



“FAN VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI”

MAVZUSIDAGI

XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN
MATERIALLARI TO‘PLAMI

II SHO‘BA III QISM

Qarshi shahri, 2026-yil 8-10-oktabr



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

IQTISODIYOT VA PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

PANCASAKTI TEGAL UNIVERSITETI

KARABÜK UNIVERSITETI

QOZON FEDERAL UNIVERSITETI

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

FAN VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI

mavzusidagi

**XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MATERIALLARI
TO‘PLAMI**

II SHO‘BA (MUHANDISLIK FANLARI SHO‘BASI 3 - QISM)

Qarshi shahri, 2026-yil 8-10-oktabr

Veb-sayt: <https://conference.ipu-edu.uz/>

**QARSHI
“ILM-FAN-MA’NAVIYAT” NASHRIYOTI
2026**

UO‘K: 001 (063)

KBK: 72я43

F 24

Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari.

Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami/

– Qarshi: «Ilm-fan-ma’naviyat» nashriyoti, 2026.

Ushbu to‘plam O‘zbekiston respublikasi oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi, Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Pancasakti tegal universiteti, Karabük universiteti, Qozon federal universiteti, Qarshi davlat universiteti hamda Qarshi davlat texnika universiteti hamkorligida “Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari” mavzusida 2026 yil 8-10 oktabr kunlari o‘tkazilgan xalqaro ilmiy-amaliy anjuman ma’ruzalari asosida tayyorlangan nashr hisoblanadi.

To‘plamga kiritilgan maqolalarda aniq fanlar (matematika, fizika, informatika, statistika va ma’lumotlar tahlili, amaliy matematika va matematik modellashtrish), muhandislik fanlari (axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, neft va gaz sanoatidagi ilg‘or texnologiyalar, energetika tizimlari va energiya tejamkor texnologiyalar, konlarni o‘zlashtirish va qatlam muhandisligi, sanoat xavfsizligi, xavflarni baholash va ishonchlik muhandisligi), tabiiy fanlar (fizika va zamonaviy fizik texnologiyalar, kimyo va kimyoviy texnologiyalar, neft-gaz sektorida atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanish, biologiya, biotexnologiya va bioinformatika, neft va gaz konlarini qidirish va qatlamlarni tavsiflash), ijtimoiy-gumanitar fanlar (Iqtisodiyot va ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish, pedagogika va zamonaviy ta’lim texnologiyalari, psixologiya va ijtimoiy jarayonlar, falsafa, sotsiologiya va fanlararo tadqiqotlar, filologiya, lingvistika va madaniyatshunoslik) mavzularidagi masalalar qamrab olingan.

To‘plamni nashrga tayyorlovchi tahrir hay’ati tarkibi:

Bozorov O.N.	- tahrir hay’ati raisi, universitet rektori;
Farmonov J.B.	- rais o‘rinbosari, ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor;
Muminov F.SH.	- a‘zo, yoshlar masalalari va ma’naviy-ma’rifiy ishlar bo‘yicha birinchi prorektor;
Raxmatov E.A.	- a‘zo, o‘quv ishlari bo‘yicha prorektor;
Boltayev Z.B.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi o‘quv ishlari bo‘yicha prorektor;
Kamolov D.P.	- a‘zo, “Tarix va ijtimoiy fanlar” kafedrası professori;
Uzoqov G‘.N.	- a‘zo, QarDTU Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor;
Bekpulatov I.R.	- a‘zo, QarDU Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo‘yicha prorektor;
Raximov X.A.	- a‘zo, aniq fanlar sho‘basi raisi;
Tog‘ayeva M.A.	- a‘zo, tabiiy fanlar sho‘basi raisi;
Bozorov J.T.	- a‘zo, muhandislik fanlari sho‘basi raisi;
Yo‘ldoshev J.T.	- a‘zo, gumanitar fanlar sho‘basi raisi;
Rahimov A.N.	- a‘zo, “Iqtisodiyot” kafedrası mudiri;
Eshmatov B.E.	- a‘zo, “Matematika” kafedrası mudiri;
Sunatov J.T.	- a‘zo, “Axborot tizimlari va texnologiyalari” kafedrası katta o‘qituvchisi;
Suropov B.	- a‘zo, “Axborot tizimlari va texnologiyalari” kafedrası mudiri;
Batirov Z.L.	- a‘zo, “Pedagogika va o‘qitish metodikasi” kafedrası mudiri;
Xalilov J.A.	- a‘zo, “Neft va gaz ishi” kafedrası mudiri;
Xazratov A.N.	- a‘zo, “Neft va gaz ishi” kafedrası dotsenti;
Fayziyeva K.A.	- a‘zo, “Fakultetlararo xorijiy tillar” kafedrası mudiri;
Rahmatillayeva Sh.Z.	- a‘zo, “O‘zbek tili va adabiyoti” kafedrası mudiri;
Eshonqulov R.T.	- a‘zo, “Xorijiy tillar” kafedrası mudiri;
Choriyeva Z.T.	- a‘zo, “Maktabgacha ta’lim” kafedrası mudiri;
Xushmanova G.I.	- a‘zo, “Rus tili va adabiyoti” kafedrası mudiri;
Mamatov Z.U.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Iqtisodiyot va muhandislik fanlari” kafedrası mudiri;
Usmonov F.N.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Psixologiya va ijtimoiy-gumanitar fanlar” kafedrası mudiri;
Turaqulov I.R.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Pedagogika” kafedrası mudiri;
Berdiev H.X.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “O‘zbek va rus tillari” kafedrası mudiri;
Qurbonov U.E.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Xorijiy tillar” kafedrası mudiri;
Sharifov Sh.S.	- a‘zo, IPU Samarqand kampusi “Iqtisodiyot va kompyuter injirining” kafedrası mudiri.
Mas’ul muharrir:	t.f.f.d., dots. Farmonov J.B.
Mas’ul kotib	t.f.d., prof. Komolov D.P.
Muharrirlar	p.f.f.d., dots. Raximov X.A., b.f.f.d. dots. Tog‘ayeva M.A., t.f.f.d., dots. Bozorov J.T. t.f.f.d., dots. Bozorov J.T., p.f.f.d., dots. Yo‘ldoshev J.T.

To‘plamga kiritilgan materiallardagi ma’lumotlar to‘g‘riligi uchun mualliflar javobgardirlar.

Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Ilmiy Kengashida muhokama qilingan va chop etishga tavsiya etilgan.

ISBN 978-9910-321-13-9

© Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, 2026 yil.

© «Ilm-fan-ma’naviyat» nashriyoti, 2026 yil.

KIRISH SO‘Z

Assalomu alaykum, hurmatli mehmonlar, aziz professor-o‘qituvchilar va olimlar, davlat va ishlab chiqarish sohasi vakillari, qadrlı hamkasblar, talabalar hamda konferensiyada onlayn ishtirok etayotgan mehmonlar!

Iqtisodiyot va pedagogika universitetida o‘tkazilayotgan **“Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumaniga xush kelibsiz.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti bugungi kunda dunyoning 40 ga yaqin yetakchi oliy ta’lim muassasalari va ilmiy-tadqiqot tashkilotlari bilan hamkorlik aloqalarini yo‘lga qo‘yib, ular bilan o‘zaro hamkorlik shartnoma va memorandumlarini imzolagan.

Universitet Malayziya, Hindiston, Qozog‘iston, Rossiya, Indoneziya, Turkiya kabi yana bir qancha davlatlarning nufuzli oliy ta’lim muassasalari bilan akademik va ilmiy aloqalarni rivojlantirib kelmoqda.

Shuningdek, Yevropa Ittifoqining “Erasmus+” dasturi doirasida Portugaliya, Ruminiya, Ispaniya, Bolgariya va Italiya kabi davlatlarning oliy ta’lim muassasalari bilan samarali hamkorlik yo‘lga qo‘yilgan. Mazkur hamkorlik doirasida professor-o‘qituvchilar va talabalar almashinuvi, akademik mobillik, tajriba almashish hamda ilmiy tashabbuslarni amalga oshirish imkoniyatlari kengayib bormoqda.

G‘urur va quvonch bilan ta’kidlash joizki, 2022–2026-yillar davomida universitetimizning 117 nafar professor-o‘qituvchilar xalqaro tajriba orttirib, malaka oshirib kelishdi. Xususan, Turkiyaning Karabuk universitetida 102 nafar, Rossiyaning Qozon federal universitetida 15 nafar professor-o‘qituvchimiz malaka oshirdi hamda 3 nafar talabamiz yozgi maktabda qatnashdi. Shuningdek, Vengriyaning Debresen universitetida 2 nafar o‘qituvchimiz ilmiy stajirovka o‘tab qaytdi. Yevropa Ittifoqining Erasmus+ dasturi doirasida Portugaliyaning Tomar politexnika institutida 2 nafar talabalarimiz ta’limni tamomladi, yana 2 nafari 1 semestr davomida tahsil olmoqda va 1 nafar o‘qituvchimiz mobillik dasturida qatnashib keldi. Ispaniyaning Leon universitetida yesa 1 nafar talabamiz o‘qib kelgan bo‘lsa, 3 nafar professor-o‘qituvchimiz kadrlar mobilligini amalga oshirdi. Ruminiyaning Luchian Blaga (Sibiu) va Piteshti universitetlarida yesa jami 6 nafar o‘qituvchimiz Erasmus+ doirasida xodimlar mobilligi bo‘yicha xalqaro tajriba orttirib qaytdilar.

Yerishilgan natijalar bilan cheklanib qolmay, 2026–2027-o‘quv yilida ham talabalar va o‘qituvchilar almashinuvini davom yettirish rejalashtirilgan. Turkiya, Rossiya va boshqa xorijiy davlatlarning nufuzli oliygohlari bilan hamkorlikda xalqaro malaka oshirish kurslari, stajirovka hamda akademik mobillik dasturlarini yanada kengaytirish ustida tizimli ishlar olib borilmoqda.

Jadal rivojlanayotgan bugungi kunda ilm-fan va innovatsiyalar jamiyat taraqqiyotining muhim harakatlantiruvchi kuchiga aylanib bormoqda. Raqamli texnologiyalar, sun‘iy intellekt, zamonaviy ta’lim yondashuvlari, iqtisodiy jarayonlarning transformatsiyasi va ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar hayotimizning barcha jabhalariga tobora chuqur kirib kelmoqda. Bunday sharoitda ilmiy izlanishlarni amaliyot bilan uyg‘unlashtirish, yangi g‘oyalarni qo‘llab-quvvatlash va xalqaro ilmiy hamkorlikni kengaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi anjuman ham aynan shu ezgu maqsadga xizmat qiladi. Unda turli soha vakillarining ilmiy qarashlari, tajribasi va ilg‘or ishlanmalari o‘zaro uyg‘unlashib, yangi ilmiy g‘oyalar va amaliy yechimlar uchun mustahkam zamin yaratishiga ishonamiz.

Hurmatli anjuman qatnashchilari!

Ayni vaqtda insoniyat oldida turgan muammolar bir-biridan alohida emas. Iqlim o‘zgarishi, energetik xavfsizlik, oziq-ovqat xavfsizligi, suv resurslaridan oqilona foydalanish, raqamli transformatsiya, innovatsion iqtisodiyot, sun‘iy intellektning jadal rivojlanishi, kiberxavfsizlik, yangi avlod ta’lim texnologiyalari, iqtisodiy tenglik va demografik jarayonlar, bularning barchasi o‘zaro chambarchas bog‘liq. Shuning uchun ham bugungi ilm-fan fanlar chegarasidan chiqib, fanlararo hamkorlik sari intilmoqda.

Menimcha, zamonaviy ilm-fanning eng katta kuchi ham aynan shunda: matematik tafakkur iqtisodiyotga, sun‘iy intellekt barcha sohalarga, biologiya axborot texnologiyalariga, muhandislik

ekologiyaga, psixologiya esa ta'lim va ijtimoiy jarayonlarga ulanmoqda. Demak, bizga bugun alohida fanlar emas, balki muammoni kompleks ko'ra oladigan ilmiy tafakkur kerak.

Kelajakdagi universitetning vazifasi faqat talabaga tayyor bilim berishdan iborat bo'lmaydi. Universitet insonni mustaqil fikrlashga, savol berishga, muammoni aniqlashga, ilmiy izlanishga va yangi yechim yaratishga o'rgatishi kerak. Chunki kelajakda insonni texnologiyadan ajratib turadigan eng katta kuch uning tanqidiy fikrlashi, ijodkorligi, axloqiy mas'uliyati va insoniy qadriyatlari bo'ladi.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti uchun ushbu masala ayniqsa muhim. Chunki faoliyatimiz markazida ikki muhim tushuncha: iqtisodiyot va ta'lim turadi. Bizning asosiy vazifamiz zamonaviy bilim va texnologiyalarni ta'lim jarayoniga samarali tatbiq etish, mehnat bozori talablariga javob beradigan, innovatsion fikrlaydigan va amaliy ko'nikmalarga ega mutaxassislarni tayyorlashdan iborat.

Hurmatli anjuman ishtirokchilari!

Universitetimiz hamkorlik qilayotgan ishlab chiqarish korxonalari, zavodlar va tashkilotlar bilan ilmiy-amaliy aloqalarni yanada kuchaytirish, ta'lim, ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasini ta'minlashni ustuvor vazifalarimizdan biri sifatida belgilagan. Kelgusida hamkor korxonalar bilan birgalikda qo'shma ilmiy loyihalarni amalga oshirish, talaba va tadqiqotchilar uchun amaliy tadqiqot maydonlarini kengaytirish, zamonaviy texnologiyalar asosida innovatsion ishlanmalarni yaratish hamda ularni ishlab chiqarishga joriy etishga alohida e'tibor qaratamiz.

Ishonamizki, bugungi anjuman doirasidagi ilmiy muloqotlar yangi ilmiy loyihalar, samarali hamkorliklar va amaliy natijalarga asos bo'ladi.

Shu ezgu niyatlar bilan "Fan va texnologiyalarning dolzarb muammolari" xalqaro ilmiy-amaliy anjumanini ochiq deb e'lon qilaman.

Barchangizga mustahkam sog'lik, ilmiy faoliyatingizda ulkan muvaffaqiyatlar, yangi ilmiy kashfiyotlar va samarali hamkorliklar tilayman!

E'tiboringiz uchun rahmat!

**Iqtisodiyot va pedagogika universiteti rektori,
texnika fanlari nomzodi, professor O.N. Bozorov**

CIVIL ENGINEERING AND ATMOSPHERIC SCIENCE MUST MERGE: AN EXAMPLE FROM AMERICA'S NORTHERN GREAT PLAINS

Robert Ettema

¹ Dept. of Civil & Environ. Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA, E-mail: Robert.Ettema@colostate.edu

Abstract. Convergences of weather patterns and other processes can create hazardous events unforeseen for water-related, civil-infrastructure design and operation. These events have low to modest probabilities of occurrence, and often relate to water's phase diagram, but the events can have disastrous effects on civil infrastructure. Though probabilities of occurrence of such events are relatively small for a given site, the combination of weather patterns, behaviour of water as a material, coupled with inadequate infrastructure design and operation can create overall extreme events (a multi-hazard event involving a convergence or sequence of processes). Such events can cause the failure of water-infrastructure such as dams, levees, and bridges, and they can lead to floods. An example is America's Northern Great Plains, one of Earth's particularly dynamic climate regions, experience rapid changes in weather conditions.

Keywords: Hydraulic structures, Weather, Ice, Material, Multi-hazard Failure, North American Great Plains.

Introduction. The basic idea advocated here is that, now, existing disciplines must work together.

Adverse convergences of weather processes, water's material behaviour, and other factors associated with the design, age, and operation of civil water-infrastructure can lead to multi-hazard events presently unforeseen for water-related infrastructure. The multi-hazard events may result in low- or modest-frequency events, but they have potentially disastrous consequences for infrastructure. Any single process (e.g., heavy rainfall, frigid air temperature, or strong wind) by itself may not be deemed an extreme event for a particular site, but the combination of water behaviour, weather processes, and infrastructure design and operation can converge to create an overall extreme event that results in the disastrous failure of infrastructure such as bridges and levees. Adverse convergences of similar (though somewhat different) processes may affect infrastructure design and operation in other places on Earth, such as North America (and Uzbekistan too for that matter).

Unfortunately, or otherwise, hydraulic structures reside essentially in the middle of water's phase diagram, as Figure 1 indicates. Changes in weather may alter the phase and quantity of water precipitation at a location and may do so in a sequence of actions occurring over a wide range of scales. Civil infrastructure, by and large designed with liquid water in mind, may become challenged when liquid water becomes a gas or a solid (ice), and once again becomes liquid; or, say, cold air is followed by warm air, and then returns to cold air.

This brief paper is part of a dialogue that seeks to bring together civil engineers and atmospheric scientists to investigate how best to mitigate multi-hazard disasters resulting from adverse combinations of weather patterns and major shortcomings in current practice in dam, levee, and bridge design and operation. The term multi-hazard herein implies multiple hazards that interact and cascade to overwhelm a certain item of infrastructure (e.g., a sequence of weather conditions that severely weakens and destroys a hydraulic structure).

Motivation. Of immediate focus here are the multi-hazard events that arise in the Northern Great Plains (NGP) of America, a region noted for rapid changes in weather conditions that include the unsteady presence of frigid air during winter and into its transitional seasons of spring and fall, and a region that involves ice. Figure 2 delineates the NGP and the general location of Uzbekistan. The multi-hazard events occur for infrastructure designs (e.g., dams and bridges on rivers) that presently do not consider the consequences of an adverse convergence of weather processes. It is usual for such designs to adhere to national guidelines unaware of the failure modes that can result from multi-hazard weather and infrastructure processes. The present paper gives an example of infrastructure failures

consequent to one adverse convergence event in the NGP. The example includes a dam and several bridges.

The topography and terrain in which civil infrastructure is located, and aspects of infrastructure operation, can potentially aggravate the occurrence of multi-hazards. For example, weather fluctuations producing rain to fall on snow, or winds causing extensive dust coverage of snow affect water runoff rates and amounts. Sand and fine-gravel accumulation (e.g., from winter highway management) in the joints of a bridge deck hamper deck movement in hot weather. When dynamic weather causes rapid changes in air temperature, streams and shallow rivers (e.g., the NGP's Platte River) respond relatively fast, because they have little heat-storage capacity so that large amounts of ice can form rapidly. The slopes of such channels are relatively steep and, thereby, propel drifting ice faster than do channels elsewhere. Consequently, dynamic weather patterns in the NGP cause many ice- related problems for bridges and dams, as these structures choke drifting ice and become subject to severe loads for which they were not designed.

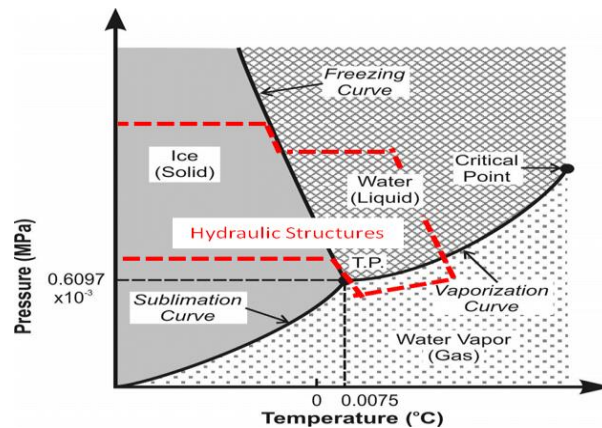


Figure 1. The material H₂O's pressure-temperature (PT) diagram for conditions prevailing on Earth's surface. The red dashes indicate the approx. position of hydraulic structures (civil infrastructure) within H₂O's PT diagram.

Here, P ≡ pressure, T ≡ temperature, and T.P. ≡ triple point of pure water

It is important to point out significant gaps in understanding of weather-related (and therefore climate) processes that substantially affect infrastructure design, and that pose sobering questions regarding how changing climate will affect multi-hazard disasters faced by the built environment in the years ahead. As an example of existing efforts to account for climate change in infrastructure decision- making, policy and regulations regarding specific types of infrastructure are being modified to account for the effects of climate change. The dam safety officials for the states of Colorado and New Mexico commissioned a study to update information about precipitation frequency, and address directly how precipitation frequency was expected to change in a warmer climate. The results of this study, which pointed to projected increases in atmospheric moisture, led to a change in Colorado's dam safety rules, to require the precipitation amounts used in dam design to be multiplied by 1.07 to account for the effects of climate change. This effort provides a basis for the present paper, and its potential usefulness for policy making. The present paper links these considerations in terms of substantially improved understanding and awareness of the processes, illumination and modeling of the recurrence statistics associated with adverse combinations of processes and needed design and inspection improvements to avert or mitigate disasters such adverse combinations processes may create.

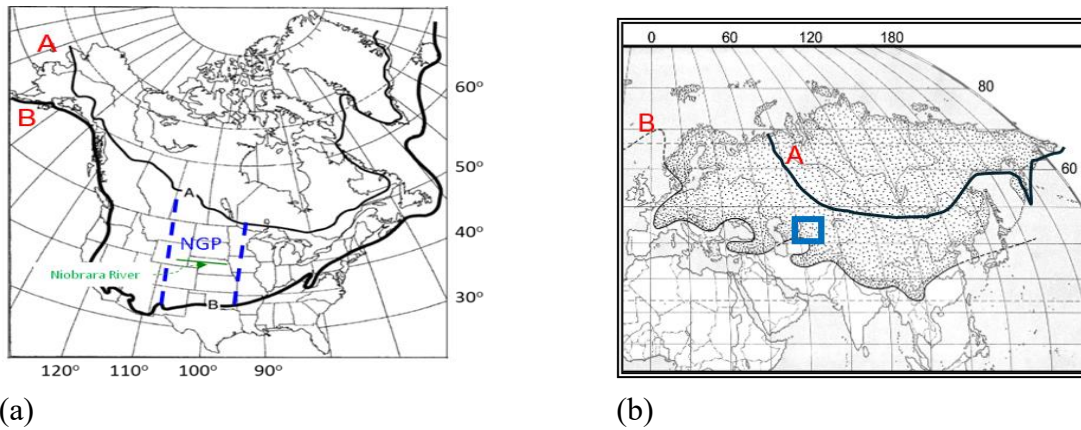


Figure 2. Schematic maps of locations in Northern Hemisphere and indicating the present locations of the A and B lines: (a) the NGP; and (b) Uzbekistan (blue square). The A and B lines relate to min. monthly ave. air temp, (A = -18°C and B = 0°C).

Pertinent background comprises the following factors associated with infrastructure subject to weather-related multi-hazards:

- Location of the NGP (Figure 2).
- Weather patterns in the NGP.
- The vulnerabilities of selected hydraulic-structure infrastructure (e.g., bridges and dams).

Taken together, these factors indicate that civil infrastructure is vulnerable to the potential multi-hazards caused by dynamic weather patterns formation and design inadequacies. The vulnerabilities motivate the present paper and are represented by example failures of bridges and dams. The examples illustrate the disaster posed by multi-hazard processes and occurred recently along one NGP river, the Niobrara River. That event involved weather dynamics that included a wet fall (in 2018), followed by long cold periods in the ensuing winter (2018-2019), and the occurrence of a bomb cyclone during the following spring, in March 2019. Figures 3 illustrates an aspect of these weather processes. The event also involved unforeseen failure modes of bridges and other dams. Several important features of the background information given here are first the dynamic nature of weather systems in this region, the inadequacies of infrastructure design, the speed with which rivers in the region form, and move large volumes of ice.

Figure 4 shows two failed hydraulic structures on the Niobrara River, Nebraska (NGP). The events causing the failures are described by Baker et al. (2020) and are examples of multi-hazard failures of hydraulic structures.

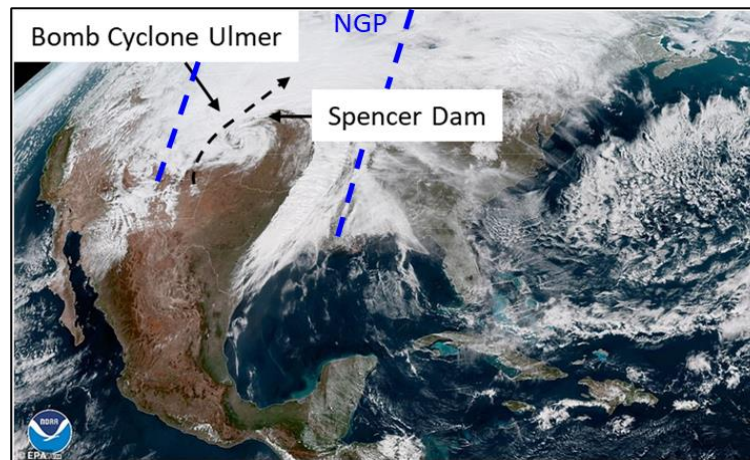


Figure 3. Winter Storm (Bomb Cyclone) Ulmer at the apex of a fast-moving extra-tropical storm became a bomb cyclone in the NGP on Wednesday, March 13, 2019. Path and dam indicated. (Source: NOAA).



(a)



(b)

Figure 4. Weather-related failures of hydraulic structure infrastructure on the Niobara River in the NGP: (a) a dam; and (b) a bridge

Conclusion. To ensure the sound design and operation of civil, water-related infrastructure, civil engineers must become aware of climate processes and weather systems in the vicinity of the site in which the infrastructure is to be placed. This requirement behoves civil engineers (especially engineers with hydrology and hydraulics expertise) to communicate with, and learn more from, atmospheric scientists knowledgeable in the processes affecting climate and weather in the vicinity of the site. However, whereas atmospheric scientists still tend to be interested in the quantity and thermal processes of water until liquid water “hits the ground”, civil engineers still are interested in liquid water once it has “hit the ground”. There is much that needs to be done in the overlap, and some civil engineers need also to be more knowledgeable about thermal processes affecting water.

References

- [1] Baker, M., Ettema, R., Teal, M. and Trojanowski, J. Spencer Dam Failure Investigation Report. Assoc. of State Dam Safety Officials, Lexington, KY, USA, 2(020.)
- [2] NOAA. Bomb Cyclone Ulmer, March 13, 2019. National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, CO, USA, <https://www.weather.gov/bou/BombCycloneMarch13th>, (2019).

MICROSTRUCTURAL EVOLUTION AND MECHANICAL PERFORMANCE OF P91 WELD METAL MODIFIED WITH TANTALUM

Fikret Kabakcı¹, Mustafa Acarer² and Mustafa Ersoz³

¹ Selçuk University, Akşehir Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering
Konya, Türkiye, E-mail: fikret.kabakci@selcuk.edu.tr

² Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering,
Konya, Türkiye, E-mail: macarer@selcuk.edu.tr

³ Selçuk University, Faculty of Science, Department of Chemical, Konya, Türkiye,
E-mail: mersoz@selcuk.edu.tr

Abstract. In this study, a welding electrode with the addition of Ta was developed for P91 steel, which is one of the most widely used creep resistant Ferritic-Martensitic steels. All-Weld metal was produced in accordance with AWS 5.5 standard using manufactured electrodes. The weld metal was subjected to post-weld heat treatment at 760 °C for 4h. In this study, nitrogen and oxygen contents of the weld metal were determined. Microstructural examinations were carried out using a scanning electron microscope (SEM). The room temperature hardness was measured using the Brinell method. In addition, the impact energies of the weld metals at temperatures of -40 °C, -20 °C, 25 °C, 40 °C and 60 °C were determined by Charpy impact test. The fracture surfaces of the impact tested samples were examined using a scanning electron microscope. In this study, it was determined that weld metals exhibited very low impact strength (8 J) at sub-zero temperatures. In addition, it was determined that the weld metal toughness properties were sensitive even to small changes in temperature.

Keywords: P91 weld metal, All weld metal, CrMo steel, Toughness.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda sudralishga chidamli ferrit-martensit po‘latlarning eng keng qo‘llaniladigan turlaridan biri bo‘lgan P91 po‘lati uchun Ta qo‘shilgan payvandlash elektrodi ishlab chiqildi. Ishlab chiqarilgan elektrodlar yordamida AWS 5.5 standarti talablariga muvofiq to‘liq payvandlangan metall olindi. Payvandlangan metall 760 °C haroratda 4 soat davomida payvandlashdan keyingi issiqlik bilan ishlov berishga duchor qilindi. Ushbu tadqiqotda payvandlangan metall tarkibidagi azot va kislorod miqdori aniqlandi. Mikrostrukturaviy tekshiruvlar skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) yordamida amalga oshirildi. Xona haroratidagi qattqlik Brinell usuli yordamida o‘lchandi. Bundan tashqari, payvandlangan metallning –40 °C, –20 °C, 25 °C, 40 °C va 60 °C haroratlardagi zarbiy energiyasi Charpy zarbiy sinovi yordamida aniqlandi. Zarbiy sinovdan o‘tkazilgan namunalarning sinish yuzalari skanerlovchi elektron mikroskop yordamida tekshirildi. Tadqiqot natijasida payvandlangan metallning noldan past haroratlarda juda past zarbiy mustahkamlikka (8 J) ega ekanligi aniqlandi. Bundan tashqari, payvandlangan metallning zarbiy qovushqoqlik xususiyatlari haroratning hatto kichik o‘zgarishlariga ham sezgir ekanligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: P91 payvandlangan metalli, to‘liq payvandlangan metall, CrMo po‘lati, qovushqoqlik.

Аннотация. В данном исследовании был разработан сварочный электрод с добавлением Та для стали P91, которая является одной из наиболее широко используемых жаропрочных ферритно-мартенситных сталей, устойчивых к ползучести. С помощью изготовленных электродов был получен металл шва в соответствии со стандартом AWS 5.5. Металл шва подвергнулся послесварочной термической обработке при температуре 760 °C в течение 4 часов. В данном исследовании было определено содержание азота и кислорода в металле шва. Микроструктурные исследования проводились с использованием сканирующего электронного микроскопа (SEM). Твёрдость при комнатной температуре измерялась методом Бринелля. Кроме того, ударная энергия металла шва при температурах –40 °C, –20 °C, 25 °C, 40 °C и 60 °C определялась с помощью испытания на ударный изгиб по Шарпи. Поверхности разрушения образцов после ударных испытаний исследовались с использованием сканирующего электронного микроскопа. В ходе исследования было установлено, что металл шва обладает очень низкой ударной прочностью (8 Дж) при температурах ниже нуля. Кроме того, было установлено, что свойства ударной вязкости металла шва чувствительны даже к незначительным изменениям температуры.

Ключевые слова: металл шва P91, металл шва, сталь CrMo, вязкость.

Introduction. 9-12%Cr ferritic-martensitic steels are widely used in power plants and petrochemical industry [1, 2].

Improving the efficiency of these facilities, which operate under high temperature conditions, is possible by increasing the operating temperature and pressure. In addition, increasing the efficiency also reduces CO₂ emissions. The high temperature creep resistance in these steels is related to the microstructure obtained by the normalization heat treatment and the subsequent tempering heat treatment [3].

P91 steel belongs to the 9–12% Cr ferritic–martensitic steel family and is widely used in industry. Compared with stainless steels, P91 steel has a lower coefficient of thermal expansion and higher thermal conductivity, and it can be used at temperatures up to 600 °C [4].

P91 steel is used in the normalized and tempered condition. The standard specifies a normalizing temperature of 1040–1080 °C and a tempering temperature of 730–800 °C [5].

P91 steel can be safely welded only when appropriate conditions are ensured. Post-weld heat treatment (PWHT) is mandatory. Similar to P91 steel, P91 weld metal forms a martensitic microstructure upon air cooling. The hardness of this martensitic microstructure can reach approximately 460 HV [6].

In this condition, its toughness and ductility remain very low. When P91 steel and its weld metal are heated above the A₁ critical transformation temperature, they must be cooled to below 80 °C before tempering and then tempered below the A₁ temperature [7].

Otherwise, untempered (fresh) martensite may remain in the microstructure, adversely affecting the mechanical properties, particularly toughness. In P91 steel weldments, the formation of Type IV cracks in the fine-grained heat affected zone under prolonged high-temperature service conditions has been reported in the literature [8, 9]. The microstructure of P91 steel consists of tempered martensite containing $M_{23}C_6$ carbides ($M = Fe, Cr, Mo, Ni, \text{ and } Mn$) and fine MX-type carbonitrides ($M = Nb \text{ and } V$; $X = C \text{ and } N$). $M_{23}C_6$ carbides are typically located along prior austenite grain boundary (PAGB), packet, block, and lath boundaries [10].

The coarsening of $M_{23}C_6$ and MX carbides, which contribute to creep resistance, under high-temperature conditions their transformation into larger precipitates, such as the Laves phase $((Fe,Cr)_2Mo)$, can adversely affect creep resistance. The literature reports that Ta addition delays the coarsening of MX-type carbides [11] and enhances strength by refining the grain size [12].

However, limited information is available in the literature regarding the effect of tantalum addition on the toughness of P91 weld metal. Therefore, this study aims to contribute to the literature by investigating the influence of tantalum on the toughness of P91 weld metal.

Experimental. Tantalum, together with other alloying elements, was added to the electrode coating, and electrodes with a diameter of 3.20 mm were manufactured. All-weld-metal specimens were produced in accordance with the AWS A5.5 standard. Using 3.20 mm-diameter electrodes, welding was performed between unalloyed steel plates in 23 passes at a welding current of 140 A and a voltage of 34 V. Welding was performed while maintaining the interpass temperature between 200 and 230 °C. Following welding, post weld heat treatment (PWHT) was carried out at 760 °C for 4 h. The chemical composition of the deposited weld metal was determined using an optical emission spectrometer (OES) and is presented in Table 1. The oxygen and nitrogen contents of the weld metal were measured using a LECO analyzer in accordance with ASTM E1019, and the results are also presented in Table 1. For microstructural examination, the specimens were ground and polished using standard metallographic procedures. A modified Vilella's reagent (2.5 g picric acid, 2.5 mL HCl, and ethanol) was used as the etchant. The weld-metal hardness was measured using the Brinell method with a 2.5 mm ball diameter and a load of 187.5 kgf, using a universal hardness-testing machine. Charpy impact test specimens machined from the weld metals were tested using a Mohr-Federhaff impact testing machine with a capacity of 300 J. Tensile testing of the weld metal was carried out at room temperature using a Mohr-Federhaff universal testing machine.

Table 1. Chemical composition of weld metal (wt.%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Ta	<u>N</u> (ppm)	<u>O</u> (ppm)	Fe.
0.09	0.23	0.74	0.013	0.004	0.36	8.73	1.03	0.21	0.04	0.016	367	441	Bal.

Results and discussion. The weld metal exhibited a tempered martensitic microstructure, with $M_{23}C_6$ and MX-type precipitates observed both at grain boundaries and within the grains. The EDX analyses of the $M_{23}C_6$ carbides are presented in Figures 1(b) and 1(c). No delta ferrite phase was detected during the microstructural analysis.

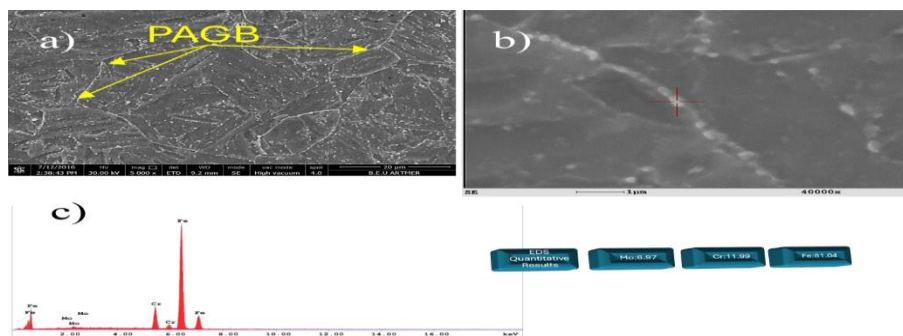


Figure 1. SEM micrographs of the weld metal: (a) with EDX analysis; (b) and (c).

The microstructure of the weld metal is similar to that of P91 steel; however, variations in prior-austenite grain boundary (PAGB) size may occur because of the welding thermal cycle, which involves rapid heating and cooling. This variation may lead to differences in hardness. Another factor affecting hardness is the size and distribution of precipitates. In this study, hardness values measured at different locations were presented as a distribution. As shown in Figure 2, the average weld metal hardness was determined to be 244 HB, with a standard deviation of 5.84.

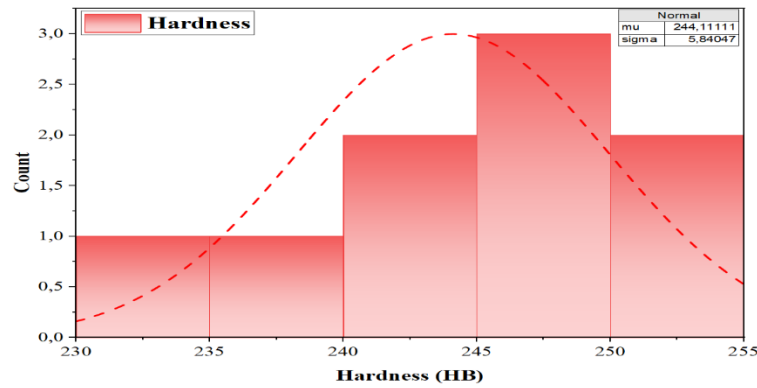


Figure 2. Weld metal Brinell hardness distribution.

The results of the Charpy impact tests conducted at -40 , -20 , 25 , 40 , and 60 °C are presented in Figure 3. The test results indicate that the ductile-brittle transition temperature (DBTT) of the P91 weld metal is close to room temperature. They also show that toughness is highly sensitive even to small temperature variations around room temperature. Similar results for weld metals containing 9% Cr have been reported in the literature [13, 14].

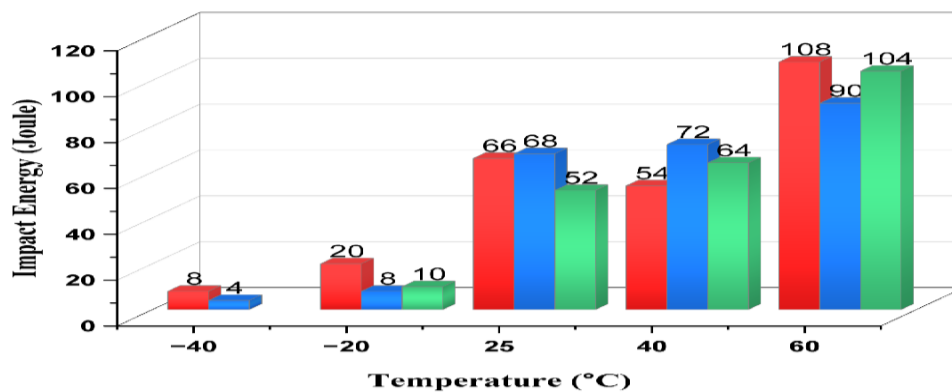


Figure 3. Charpy impact energy of the weld metal at different test temperatures.

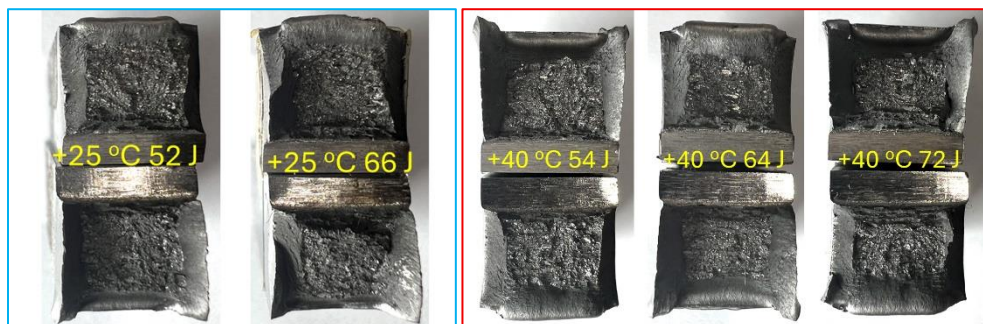


Figure 4. Macroscopic images of the Charpy impact test specimens.

Macroscopic images of the Charpy impact test specimens tested at $+25$ and $+40$ °C are presented in Figure 4. As can be seen from the images, the fracture surface of the specimen tested at $+40$ °C contains a larger ductile fracture region. SEM images of the fracture surface of the Charpy

impact test specimen tested at +25 °C are presented in Figures 5 and 6. Fracture occurred predominantly in a transgranular manner. Dimples, indicative of ductile fracture, and cleavage facets, characteristic of brittle fracture, were observed. In addition, a spherical oxide inclusion was identified within a dimple, as shown in Figure 6.

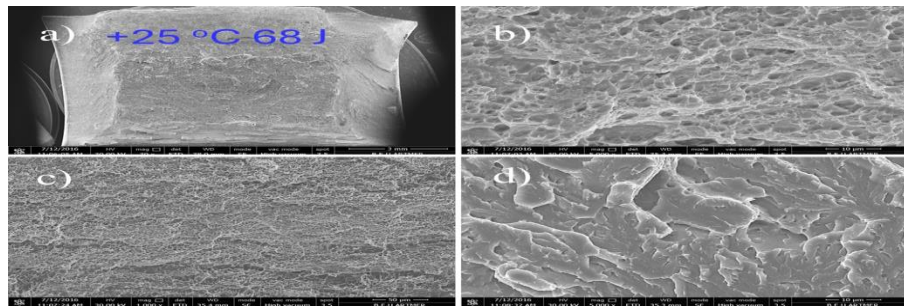


Fig.5. SEM examination of the fracture surface of the weld-metal specimen tested at +25°C.

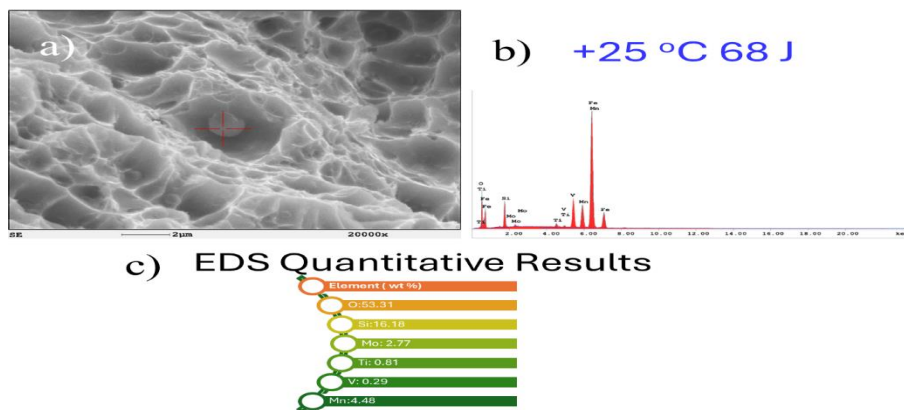


Figure 6. Inclusion on the fracture surface of the weld metal.

Table 2. Tensile test result of the weld metal

	Rp 0.2 (MPa)	Rm (MPa)	Elongation at fracture (%)
Weld Metal	625	750	18

The tensile test results of the weld metal are presented in Table 2. The yield strength, ultimate tensile strength, and elongation were determined to be 625 MPa, 750 MPa, and 18%, respectively. Compared with the tensile properties of P91 steel [10] (yield strength: 506.31 MPa; ultimate tensile strength: 676 MPa; elongation: 14.49%), the weld metal exhibited higher tensile properties. This may be attributed to the grain refining effect of Ta and microstructural differences arising from the welding conditions.

Conclusions.

1. The microstructure of the Ta-modified weld metal consisted of tempered martensite. M23C6 and MX-type carbides were observed both at grain boundaries and within the grains.
2. The toughness of the weld metal was considerably lower than that of P91 steel.
3. The weld-metal toughness was highly sensitive to small temperature variations around room temperature.
4. The tensile properties of the weld metal were higher than those of P91 steel.

References:

1. Fedoseeva A, Nikitin I, Dudova N, Kaibyshev R. Effect of creep temperature on Z-phase formation in heat-resistant 9% Cr–3% Co martensitic steel. *Materials Science and Engineering: A*. 2021;799:140271.

2. Choudhary BK, Isaac Samuel E, Christopher J, Yadav SD. Comparative Evaluation of Creep-Rupture Behavior of P9 Steel Plate and Thick Section Tubeplate Forging. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2019;28:6307–19.
3. Haribabu S, Sudha C, Srihari V, Raju S. Austenitic transformation and influence of prior ferrite formation on martensite transformation characteristics of Al-added P91 ferritic-martensitic steel. *Journal of Nuclear Materials*. 2021;545:152637.
4. Abe F. Controlling factors for creep rates and relating parameters of Gr.91 steel in transient region. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2025;216:105538.
5. Standard A. Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service. A335/A335M – 19a2020. p. 1–12.
6. KABAKCI F, ACARER M, KESKINKILIC S, ACAR FK, ÖZDEMİR U. Effect of Cobalt Content on the Microstructure and Toughness-Hardness Properties on P91 Weld Metal. 5th International Conference on Welding Technologies and Exhibition (ICWET'18)2018. p. 26–8.
7. Rhode M, Nietzke J, Richter T, Mente T, Mayr P, Nitsche A. Hydrogen effect on mechanical properties and cracking of creep-resistant 9% Cr P92 steel and P91 weld metal. *Welding in the World*. 2023;67:183–94.
8. Gong Y, Gu Z, Zhong M, Zuo P, Wang C. Enhancing the creep lifetime of P91 steel weldment via post-weld heat treatment optimization. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2026;223:105887.
9. Gu Z, Zhong M, Minkov A, Panteleyenko F, Wang C. Enhanced creep lifetime in P91 steel weldments via stabilizing tempered martensite structure. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2024;212:105361.
10. Mohanty SK, Behera S. Research on tensile deformation at elevated temperatures and fractographic analysis of P91 steel. *Mater Lett*. 2025:139931.
11. Fedoseeva A, Nikitin I, Fedoseev A, Tkachev E, Kaibyshev R. Effect of tantalum on short-term creep of a 12% Cr-3% Co-0.07% Ta martensitic steel for steam blades. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: IOP Publishing; 2020*. p. 012020.
12. Zhai X, Liu S, Zhao Y. Effect of tantalum content on microstructure and tensile properties of CLAM steel. *Fusion Engineering and Design*. 2016;104:21–7.
13. Kabakcı F, Acarer M. Effect of cobalt on Microstructure and toughness properties of 9Cr-1.8W-0.4Ni-xCo weld metal. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2024;211:105285.
14. Kabakcı F, Acarer M, Baydoğan M, Keskinılıç AS, Acar FK, Çimenoglu H. Effect of Co Addition on the Creep Rupture Properties of 9Cr-1.8 W-x Co Weld Metals. *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2021;52:129–42.

THE EFFECT OF MECHANICAL ALLOYING TIME ON MXENE-REINFORCED 316L STAINLESS STEEL COMPOSITES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Ahmet Songül, Mehmet Akif Erden, Muhammet Mevlüt Karaca, Dilmurod Juraev

¹Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0009-0009-2706-1077

²Prof. Dr., Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-1081-4713

³Asist. Prof. Dr., Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0000-0001-9644-3663

⁴Asist. Prof. Dr., Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0009-0000-2360-8770

Abstract. This study investigated the effect of mechanical alloying time on the microstructure and hardness properties of MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) reinforced 316L stainless steel matrix composites. MXene powders were obtained by removing the Al layer from the Ti_3AlC_2 MAX phase using hydrofluoric acid (HF). Composite samples were produced by powder metallurgy, and 316L stainless steel matrix was

reinforced with 5% by weight of $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene. The powder mixtures were mixed by mechanical alloying at 300 rpm for 15 min, 30 min, 1 hour, and 2.5 hours, followed by cold pressing and sintering in an argon atmosphere. The results showed that increasing the mechanical alloying time resulted in an increase in the relative density and a decrease in porosity of the composites. The relative density value increased from 92.60% at 15 minutes of mixing to 92.77% at 2.5 hours, while the porosity value decreased from 7.401% to 7.228%. This is attributed to the more homogeneous mixing of powder particles and more effective densification during sintering as the mechanical alloying time increases. Vickers hardness (HV1) measurements showed a significant increase in hardness values with increasing mechanical alloying time. The hardness value was measured as 60 HV at 15 minutes of mixing, 65 HV at 30 minutes, 80 HV at 1 hour, and 87 HV at 2.5 hours. This increase in hardness can be explained by particle fracture occurring during mechanical alloying, the more homogeneous distribution of the MXene reinforcement phase within the matrix, and the decrease in porosity. In conclusion, increasing the mechanical alloying time improved the microstructure of MXene-reinforced 316L composites, increasing density and consequently providing a significant increase in hardness values.

Keywords: 316L stainless steel, MXene, powder metallurgy, hardness, microstructure, mechanical alloying

Introduction. Powder metallurgy (P/M) is a significant manufacturing technology encompassing the production of metal powders and their transformation into semi-finished or final products, either alone or mixed with other powders. In this method, elemental or alloy powders are homogeneously mixed, usually with specific additives and lubricants, and then compressed in a suitable mold to obtain a compact structure. This compact structure is then sintered under controlled atmospheric conditions to ensure the metallurgical bonding of the powder particles. As a result of this process, solid materials with sufficient strength and density for use in various fields can be produced. The powder metallurgy method offers significant advantages, particularly in the production of porous structures, high-precision parts, and the development of composite materials. (P.C vd., 2022).

Powder metallurgy (P/M) offers significant advantages such as achieving a homogeneous microstructure, reducing material waste, and producing complex geometries. Furthermore, the mechanical properties of parts produced using the P/M method can be optimized depending on the properties of the powders used and the process parameters. (Erden vd., 2024).

Stainless steels are preferred as the main matrix material in metal matrix composite (MMC) systems. 316L stainless steel, in particular, is widely used in critical applications such as medical implants and chemical equipment due to its corrosion resistance, thermal stability, biocompatibility, and good formability (D'Andrea, 2023). However, the relatively low hardness and wear resistance of 316L alloy can be limiting in its application areas. Therefore, new generation two-dimensional (2D) materials are being investigated as reinforcement phases to improve the performance of 316L matrix composites. Among these materials, the $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ structure belonging to the MXene family is particularly noteworthy due to its properties such as high electrical conductivity, large specific surface area, and surface functionality (Fan vd., 2024). However, the dispersion behavior of these materials within the metal matrix, the interfacial stability after sintering, and the microstructure compatibility have not yet been fully optimized (Kubo vd., 2024).

Mechanical alloying is a significant method developed for the production of composite metal powders with controlled microstructures. This process differs from other production techniques in that it takes place entirely in the solid state. This allows for the dispersion of insoluble phases, such as refractory oxides, within the matrix and the addition of reactive alloying elements such as aluminum and titanium to the system. During mechanical alloying, powder particles are continuously subjected to cold welding, fracture, and recombination processes.

Thanks to these repeated deformation mechanisms, different components are homogeneously distributed within each other. As the processing time increases, a significant grain refinement occurs in the microstructure, and this refinement generally shows a logarithmic relationship with time. After a certain processing time, the system reaches a stable processing state. At this stage, the hardness of

the powders stabilizes at a certain value, and the particle size distribution remains largely unchanged. However, the microstructural refinement process may continue to a certain extent (Benjamin & Volin, 1974).

In this study, the effect of mechanical alloying time on the hardness and microstructural properties of MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$)-added 316L stainless steel matrix composites was investigated using the powder metallurgy method. Composite samples were prepared to contain 5% by weight of MXene additives, and the production process consisted of mechanical alloying, cold pressing, and sintering in an argon atmosphere at different durations.

Material and methods. In this study, 316L stainless steel powder was used as the matrix material and $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene powder was used as the reinforcement phase. The 316L stainless steel powder used has a particle size of $<149\ \mu\text{m}$, a density of $7.99\ \text{g/cm}^3$, and a purity of 99.9%, and was obtained from Höganäs. MXene production was carried out based on the method proposed by (Mahmood vd., 2022). In this context, 1 gram of commercially available Ti_3AlC_2 (Titanium Aluminum Carbide) MAX phase was added to a beaker containing 40% hydrofluoric acid (HF). The mixture was stirred for 24 hours at room temperature using a magnetic stirrer operating at 200 rpm to perform the etching process. The resulting suspension was then separated from the liquid phase by centrifugation at 500 rpm for 5 minutes. The resulting precipitate was washed several times with deionized water until its pH reached approximately 7. In the final stage, the neutralized precipitate was dried in an oven at $80\ ^\circ\text{C}$ for 10 hours to obtain MXene powder. Figure' 1 shows a SEM image of MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) powder. In this image, the characteristic layered and accordion-like structure of MXene is observed.



Figure.1. Scanning electron microscopy (SEM) image of $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ type MXene obtained by HF etching.

To prepare the composite samples, 5 wt.% MXene reinforcement was added to the 316L stainless steel matrix. The obtained powder mixtures were mechanically alloyed at 300 rpm for 15 min, 30 min, 1 hour, and 2.5 hours in order to ensure a homogeneous distribution of the reinforcement phase.

The bulk specimens were subsequently sintered at $1200\ ^\circ\text{C}$ for 1 hour in an argon atmosphere. Microstructural characterization of the produced samples was carried out using a Carl Zeiss Ultra Plus Gemini scanning electron microscope (SEM) and a Nikon Eclipse MA200 optical microscope. The density values were measured using a Radwag AS 220/C/2 precision balance equipped with a density measurement kit, while hardness measurements were determined by the HV1 Vickers

The homogenized powder mixtures were then placed into cylindrical molds with a diameter of 13 mm and subjected to cold compaction under a pressure of 700 MPa for 10 seconds. hardness test using a Qness Q10+ hardness tester. The equipment used in the specimen production process and the applied experimental procedures are schematically illustrated in Figure.2.

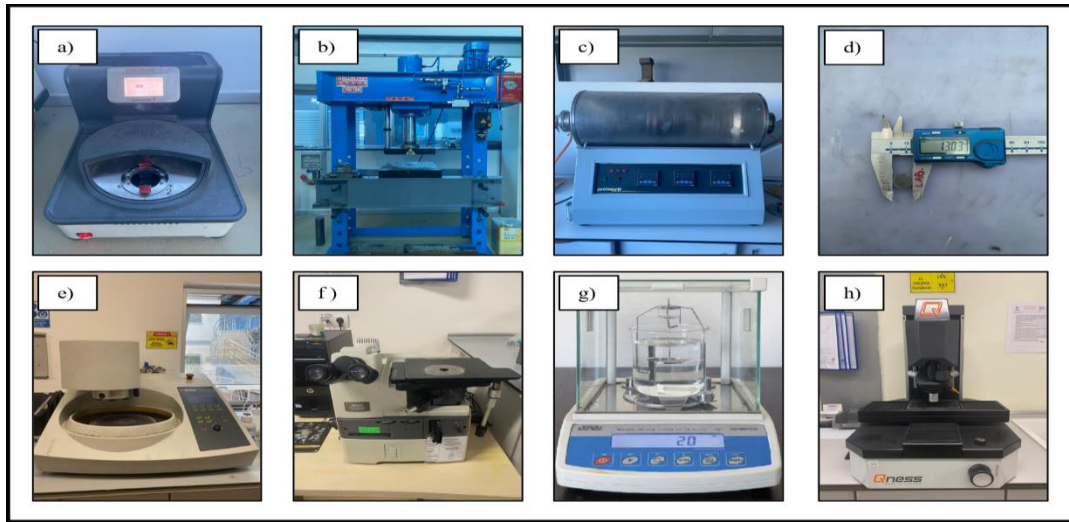


Figure.2. Experimental steps for specimen fabrication and characterization: (a) Powder mixing (Mechanical Alloying), (b) Cold compaction (hydraulic press), (c) Sintering furnace, (d) Dimension check (caliper), (e) Metallographic processes, (f) Microstructure

Microstructural characterization was carried out using an optical microscope. Prior to the analysis, the samples were ground and polished, followed by an etching process in order to make the grain boundaries more visible. For the etching process, a solution consisting of 1 part oxalic acid and 10 parts distilled water was used. The etching was applied for approximately 30 seconds to obtain sufficient contrast on the sample surface.

Experimental results and discussion. The Vickers HV1 hardness test was performed to determine the mechanical properties of the sintered samples. Hardness measurements were carried out under a load of 1 kgf with a dwell time of 15 seconds. The results of the HV1 Vickers hardness test are presented in Table 1.

According to the obtained results, a significant increase in hardness values was observed with increasing mechanical alloying time. The hardness value was measured as 60 HV1 for the sample mechanically alloyed for 15 minutes. When the mechanical alloying time was increased to 30 minutes, the hardness value increased to 65 HV1, corresponding to an increase of approximately 8.3% compared to the initial value. When the processing time reached 1 hour, the hardness value was determined as 80 HV1, representing an increase of approximately 33.3% relative to the initial value. When the mechanical alloying time was further increased to 2.5 hours, the hardness value reached 87 HV1, corresponding to an increase of approximately 45% compared to the value obtained at 15 minutes.

This increasing trend is consistent with the literature and can be explained by grain refinement, phase transformations, and the increase in dislocation density occurring with increasing mechanical alloying time. Indeed, in mechanical milling studies conducted on 316L stainless steel powders, it has been reported that the crystallite size decreases to the nanometer scale with increasing milling time, which consequently leads to an improvement in hardness and strength properties (Esmaeilzadeh vd., 2018). Similarly, it has been reported that the severe plastic deformation occurring during mechanical alloying can trigger martensitic phase transformation, and the increase in this phase contributes to the hardening of the material. (Kotan, 2015).

Furthermore, it has been clearly stated in the literature that increasing the mechanical alloying time leads to a more homogeneous distribution of the reinforcement phases within the matrix, which consequently results in an improvement in the mechanical properties of the composite (Ekinici vd., 2014). However, the determining effect of alloying time on mechanical properties has been observed not only in steel systems but also in Ti-based systems, and it has been reported that increasing the alloying time has a direct influence on hardness and strength (Chandrasekaran & Xia, 2005). In this context, the observed increase in hardness is considered to be directly related to the microstructural

improvements, phase transformations, and the more homogeneous distribution of reinforcement phases that occur as a function of increasing mechanical alloying time.

Table.1.

Hardness Results	
Mechanical alloying time	Hardness (HV1)
15 min	60
30 min	65
1 hour	80
2,5 hour	87

Figure.3 presents the optical microscope images of the samples produced at different mechanical alloying times. Examination of the microstructure reveals that the black regions correspond to porosity areas formed within the matrix. In the sample subjected to short mechanical alloying time (15 min), these regions are observed to be more densely and irregularly distributed. This can be attributed to the insufficient packing of powder particles and the lack of a homogeneous structure at the initial stage.

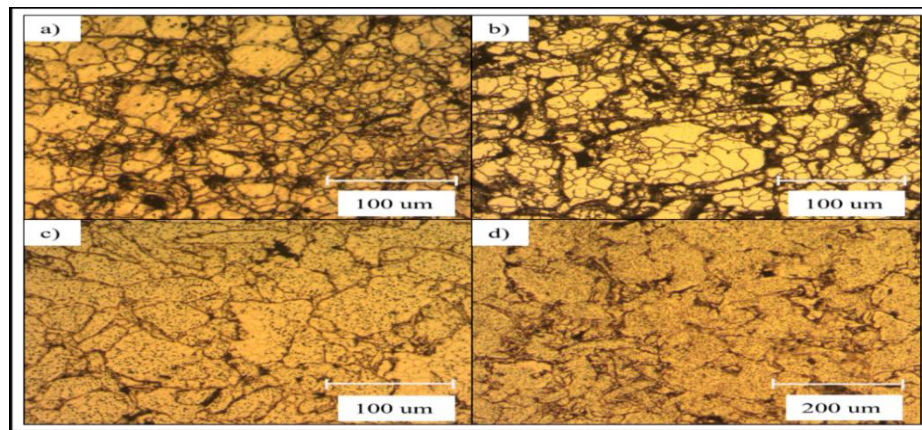


Figure.3. Optical microscope images of samples produced at different durations: a) 15 min b) 30 min c) 1 hour d) 2.5 hours

When the mechanical alloying time was increased to 30 minutes, the interaction between particles and the effect of plastic deformation increased. As a result, the amount of porosity began to decrease and the structure became more homogeneous. When the alloying time reached 1 hour, the porosity regions were observed to decrease significantly, leading to the formation of a denser microstructure.

In the sample subjected to the longest mechanical alloying time (2.5 hours), it is observed that the porosity significantly decreases and the pores become smaller and more dispersed. This behavior can be attributed to the repeated fracture, cold welding, and plastic deformation mechanisms occurring during mechanical alloying, which promote better particle packing and enhanced densification. (Suryanarayana, 2022). Overall, it can be concluded that increasing the mechanical alloying time leads to a reduction in porosity and results in a more homogeneous and denser microstructure.

The relative density and porosity values obtained as a function of mechanical alloying time are presented in Table 2. Examination of the results indicates that increasing the mixing time from 15 minutes to 2.5 hours leads to a gradual increase in the relative density values, while the porosity ratio decreases. The relative density was measured as 92.60% for the sample subjected to 15 minutes of mechanical alloying, whereas it increased to 92.77% when the alloying time reached 2.5 hours. At the same time, the porosity ratio decreased from 7.40% to 7.22%. As the mechanical alloying time increases, powder particles are subjected to repeated plastic deformation, fracture, and cold welding

mechanisms. This process promotes a finer and more homogeneous distribution of the particles, which contributes to improved particle packing during the compaction and sintering stages, ultimately resulting in higher densification (Suryanarayana, 2022).

The increase in density also positively influences the mechanical properties of the material. In samples with higher density and lower porosity, load transfer occurs more effectively, which is particularly associated with an increase in hardness values (Karaca vd., 2024).

Table.2

Density and porosity results

Mixing Time	Measured Density (gr/cm ³)	Relative Density (%)	Porosity (%)
15 min	7,386	92,60	7,401
30 min	7,233	92,615	7,385
1 hour	7,019	92,693	7,307
2.5 hour	7,008	92,772	7,228

Conclusions. In this study, the effect of mechanical alloying time on the microstructure, density and hardness properties of MXene (Ti₃C₂T_x) reinforced 316L stainless steel matrix composites produced by powder metallurgy was investigated. Based on the experimental results obtained, the following conclusions can be drawn:

1. Increasing the mechanical alloying time significantly affected the microstructural characteristics of the composites. Optical microscopy images revealed that the amount of porosity decreased and a more homogeneous microstructure was obtained as the alloying time increased.

2. Relative density values increased with increasing mechanical alloying time. The relative density increased from 92.60% at 15 minutes to 92.77% at 2.5 hours, while the porosity value decreased from 7.401% to 7.228%, indicating improved densification behavior during sintering.

3. Vickers hardness measurements showed a considerable improvement in hardness with increasing alloying time. The hardness value increased from 60 HV at 15 minutes to 87 HV at 2.5 hours, corresponding to an increase of approximately 45%.

4. The improvement in hardness and density is attributed to particle fracture, grain refinement, reduction of porosity and more homogeneous dispersion of the MXene reinforcement phase within the 316L matrix during the mechanical alloying process.

Overall, the results demonstrate that increasing the mechanical alloying time improves the microstructural homogeneity and densification of MXene-reinforced 316L composites, leading to enhanced hardness properties. These findings indicate that mechanical alloying time is a critical parameter for optimizing the performance of MXene-reinforced stainless steel matrix composites.

References:

1. Benjamin, J. S., & Volin, T. E. (1974). The mechanism of mechanical alloying. *Metallurgical Transactions*, 5(8), 1929-1934. <https://doi.org/10.1007/BF02644161>
2. Chandrasekaran, M., & Xia, Z. S. (2005). Effect of alloying time and composition on the mechanical properties of Ti alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 394(1-2), 220-228. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.11.056>
3. D'Andrea, D. (2023). Additive Manufacturing of AISI 316L Stainless Steel: A Review. *Metals*, 13(8), 1370. <https://doi.org/10.3390/met13081370>
4. Ekinici, V. S., Bağcı, C., & Arik, H. (2014). Effect of Al₂ O₃ Content and Milling Time on Microstructure and Mechanical Properties of Aluminum Metal Matrix Composites. *Experimental Techniques*, 38(2), 66-73. <https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2011.00790.x>
5. Erden, M. A., Köklü, U., Güldibi, A. S., & Elitaş, M. (2024). Effects of compaction pressure on microstructure, mechanical properties, and machining characteristics of sintered AISI 316L steel. *Materials Testing*, 66(1), 100-110. <https://doi.org/10.1515/mt-2023-0175>

6. Esmailzadeh, R., Salimi, M., Zamani, C., Hadian, A. M., & Hadian, A. (2018). Effects of milling time and temperature on phase evolution of AISI 316 stainless steel powder and subsequent sintering. *Journal of Alloys and Compounds*, 766, 341-348. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.06.325>
7. Fan, Y., Mei, X., Liu, B., Wang, J., Ye, L., Zhang, Y., & Li, X. (2024). Effect of size-variant 2D MXene on strengthening mechanism in metal matrix composites. *Journal of Alloys and Compounds*, 978, 173423. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.173423>
8. Karaca, M., Polat, S., & Esen, İ. (2024). Reciprocating dry sliding wear behaviour of BN@MXene@AA7075 composites. *Journal of Composite Materials*, 58, 2007-2026. <https://doi.org/10.1177/00219983241257665>
9. Kotan, H. (2015). Microstructural evolution of 316L stainless steels with yttrium addition after mechanical milling and heat treatment. *Materials Science and Engineering: A*, 647, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2015.09.011>
10. Kubo, I., Zhou, W., Xu, Y., Zhou, Z., & Nomura, N. (2024). Microstructure evolution and enhanced mechanical performance of multilayer MXene-reinforced silver matrix composites. *Journal of Alloys and Compounds*, 1007, 176324. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.176324>
11. Mahmood, M., Chaudhary, K., Shahid, M., Shakir, I., Agboola, P. O., & Aadil, M. (2022). Fabrication of MoO₃ Nanowires/MXene@CC hybrid as highly conductive and flexible electrode for next-generation supercapacitors applications. *Ceramics International*, 48(13), 19314-19323. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.03.226>
12. P.C, A., R, S., & B, R. (2022). *POWDER METALLURGY, SECOND EDITION: SCIENCE, TECHNOLOGY AND APPLICATIONS*. PHI Learning Pvt. Ltd.
13. Suryanarayana, C. (2022). Mechanical alloying: A critical review. *Materials Research Letters*, 10(10), 619-647. <https://doi.org/10.1080/21663831.2022.2075243>

CURRENT ISSUES IN TEACHING THE DESIGN AND MAINTENANCE OF VEHICLES POWERED BY NEW ENERGY SOURCES

Tu JIE^{1*}, Ibragimov Botir Dastamovich², Saliyeva Ug'ilo'y Kalmurat qizi²

¹Faculty of Intelligent Manufacturing, Nanjing Polytechnic Institute, Nanjing, China.

²Faculty of Automotive Transport Engineering, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan. *Corresponding author: Email address: 460263986@qq.com

Abstract. With the rapid development of Uzbekistan's new energy vehicle (NEV) industry, it increasing demand for qualified technical personnel. However, existing practical teaching systems of higher education system remain constrained by limited equipment, insufficient digital capability, and weak industry–education integration.

This study investigates the current status of NEV practical teaching in five engineering-oriented universities in Uzbekistan through field investigation, interviews, and comparative analysis. The findings reveal challenges in training infrastructure, curriculum design, teacher development, and practical teaching methods.

The article analyzes the current state of training vehicles using new types of energy sources, namely electric vehicles and hybrid vehicles, in Uzbekistan using the examples of Tashkent State Transport University, Tashkent State Technical University, Jizzakh Polytechnic Institute, Namangan State Technical University, and Andijan State Technical Institute, and also presents the Chinese experience.

Keywords: industry–education integration; Uzbekistan; virtual simulation training; NEV practical education

Аннотация. С быстрым развитием индустрии транспортных средств на новых источниках энергии (NEV) в Узбекистане растет спрос на квалифицированный технический персонал. Однако существующие практические системы обучения в системе высшего

образования по-прежнему ограничены недостатком оборудования, недостаточным цифровым потенциалом и слабой интеграцией промышленности и образования.

В данном исследовании изучается текущее состояние практического обучения NEV в пяти инженерных вузах Узбекистана посредством полевых исследований, интервью и сравнительного анализа. Результаты выявляют проблемы в учебной инфраструктуре, разработке учебных программ, развитии преподавательского состава и методах практического обучения.

В статье анализируется текущее состояние учебных машин с использованием новых видов энергии, а именно электромобилей и гибридных автомобилей, в Узбекистане на примерах Ташкентского государственного транспортного университета, Ташкентского государственного технического университета, Джизакского политехнического института, Наманганского государственного технического института и Андижанского государственного технического института, а также представлен китайский опыт.

Ключевые слова: интеграция промышленности и образования; Узбекистан; виртуальное симуляционное обучение; практическое образование NEV.

Annotatsiya. O'zbekistonda yangi turdagi energiya asosida harakatlanadigan transport vositalari (NEV), ya'ni elektromobil va gibridd transport vositalari sanoatining jadal rivojlanishi malakali texnik kadrlarga bo'lgan talabning ortishiga olib kelmoqda. Biroq, oliy ta'lim tizimining mavjud amaliy o'qitish tizimlari cheklangan jihozlar, raqamli imkoniyatlarning yetishmasligi va sanoat-ta'lim integratsiyasining zaifligi kabi muammolar bilan chegaralanib qolmoqda.

Mazkur tadqiqot dala tadqiqotlari, intervyular va qiyosiy tahlillar orqali O'zbekistondagi beshta muhandislik yo'nalishidagi universitetlarda yangi energiya vositalari bo'yicha amaliy o'qitishning hozirgi holatini o'rganadi. Natijalar o'quv infratuzilmasi, o'quv dasturlarini loyihalash, o'qituvchilarni rivojlantirish va amaliy o'qitish usullaridagi muammolarni ochib beradi.

Maqolada Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent davlat texnika universiteti, Jizzakh politehnika instituti, Namangan davlat texnika instituti va Andijon mashinasozlik instituti (Andijon davlat texnika instituti) misolida O'zbekistonda yangi turdagi energiya manbalaridan foydalanadigan o'quv mashinalari, xususan elektromobillar va gibridd avtomobillarning hozirgi holati tahlil qilinadi, shuningdek, Xitoy tajribasi taqdim etiladi.

Kalit so'zlar: sanoat-ta'lim integratsiyasi; O'zbekiston; virtual simulyatsiya mashg'ulotlari; NEV amaliy ta'limi.

Introduction. To promote green transportation and industrial upgrading, Uzbekistan has introduced a series of policies supporting the development of the new energy vehicle (NEV) industry. In December 2022, the government issued Resolution No. PQ-443, On State Support Measures for Organizing the Production of Electric Vehicles, together with policies to expand charging infrastructure. These measures accelerated the transition from vehicle import toward local manufacturing, supply chain development, and green mobility.

With the localization of NEV production and the establishment of manufacturing bases by Chinese enterprises such as BYD and JAC, demand for skilled personnel in vehicle assembly, battery systems, electronic control, charging operation, and fault diagnosis has increased rapidly. To respond to industrial transformation, Uzbekistan has promoted higher education modernization through curriculum reform, dual education, and digital development initiatives.

Materials and methods. This study employs field investigation, in-depth interviews, and comparative analysis. Five engineering universities in Uzbekistan, including Tashkent State Transport University, Tashkent State Technical University, Jizzakh Polytechnic Institute, Namangan State Technical University and Andijan State Technical Institute, were selected as research cases.

Interviews with teachers, training administrators, students, and enterprise experts were conducted to identify major challenges in practical teaching and compare differences between NEV training systems in China and Uzbekistan.

Based on Uzbekistan’s digital transformation strategy and local educational needs, this study proposes a phased and practical digital reform framework for improving NEV practical teaching. The overall research framework is shown in Fig.1.

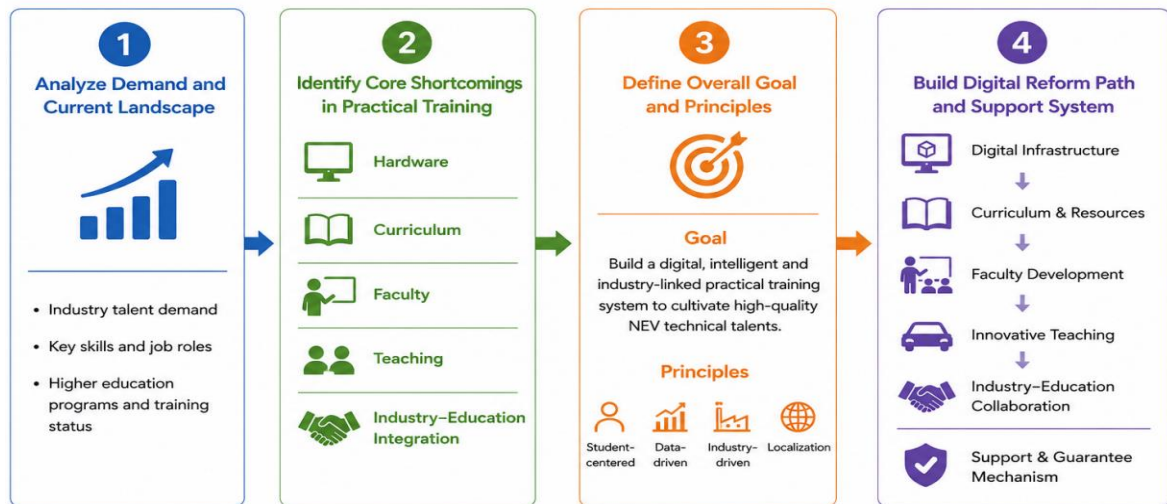


Fig.1. Digital Reform Framework for NEV Practical Training in Uzbek Universities

Current Status of NEV-Related Programs in Higher Education. Automotive education in Uzbekistan is mainly delivered by engineering universities, including Tashkent State Transport University, Jizzakh Polytechnic Institute. While most institutions offer vehicle engineering programs, only a limited number have introduced NEV-related courses and practical training.

Overall, NEV education remains at an early stage. Although some universities participating in international cooperation projects have introduced basic training equipment and simulation resources, most institutions still rely on conventional vehicle training systems. Practical teaching in battery, motor, and electronic control technologies remains insufficient, resulting in a mismatch between education and industrial demand.

Despite ongoing higher education reform, investment continues to focus on traditional laboratory construction, while limited funding for digital upgrading restricts practical teaching development. As shown in Fig.2, these challenges constrain training quality and hinder the cultivation of skilled talent for the NEV industry.

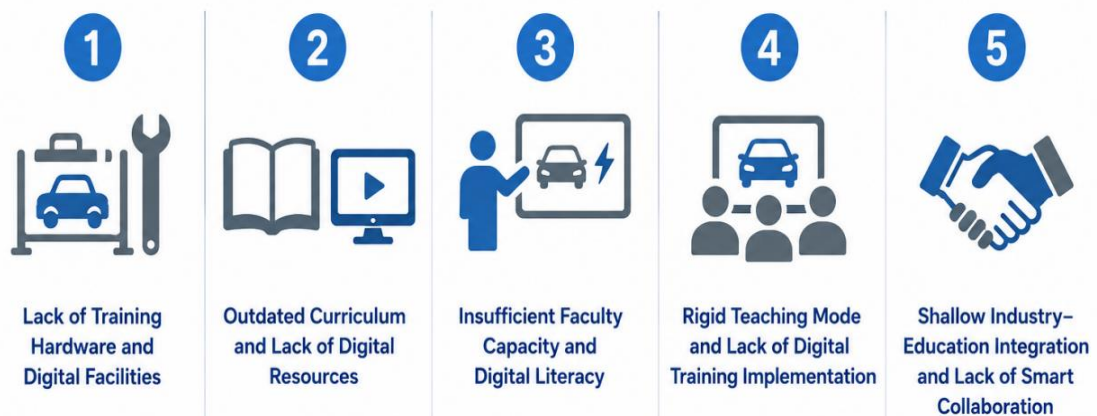


Fig. 2. Current Challenges of NEV Practical Teaching in Uzbekistan

Results and discussion. Current automotive curricula have not fully adapted to NEV industrial development. Traditional vehicle training continues to dominate practical teaching, while NEV content remains limited and lacks modular and project-based design.

Localized digital teaching resources—including bilingual materials, virtual simulation projects, enterprise cases, and online training tools—remain insufficient. In addition, assessment methods still rely heavily on teacher observation, making it difficult to evaluate complex practical competencies objectively.

Conclusion. The rapid expansion of Uzbekistan’s new energy vehicle (NEV) industry has highlighted the gap between industrial demand and practical teaching capacity in higher education. Limited training infrastructure, weak digital competence among instructors, and insufficient industry–education integration remain major challenges for talent cultivation.

Traditional training approaches can no longer meet the requirements of NEV education. This study proposes a digital reform framework based on virtual–real integration, combining localized digital resources, lightweight infrastructure upgrading, closed-loop practical training, and school–enterprise collaboration.

References

1. President of the Republic of Uzbekistan. (2022). Measures to Expand Electric Vehicle Operating Infrastructure.
2. UDaily. (2022). President of Uzbekistan approves measures to provide state support for the organization of production of electric vehicles.
3. President of the Republic of Uzbekistan. (2019). Concept for the Development of the Higher Education System of the Republic of Uzbekistan until 2030. Tashkent, Uzbekistan.
4. OECD. (2022). Digital Education Outlook 2022: Transforming Education through Technology. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bac4dc9f-en>
5. President of the Republic of Uzbekistan. (2020). Strategy for Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy for 2019–2030. Tashkent, Uzbekistan.
6. Luo, S., & Xiao, Q. (2026). Luban Workshop in the Belt and Road: Progress, Challenges, and Countermeasures. *Chinese Education & Society*, 58(5–6), 344–364.
7. Yu, Q. (2025). A Study on the Construction Path of the SCO Vocational Education Community Under the Concept of “Sense of Gain”: A Case Study of Luban Workshop. *World Vocational and Technical Education*, 1(4), 423–445.
8. Liu, X., & Wang, Y. (2024). Research on the Characteristics, Problems and Governance Strategies of the Integration of Industry and Education in Luban Workshop. *Advances in Vocational and Technical Education*, 6, 142–150.

THE EFFECT ON HARDNESS RESISTANCE OF THE SYNERGISTIC EFFECT OF TI AND TA ADDITED 316L STAINLESS STEEL COMPOSITES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Osman ELİSMAİL¹, Mehmet Akif Erden², Harun Çuğ³

¹Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0009-0002-3413-4253

²Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Prof. Dr. 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-1081-4713

³Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Asoc. Prof. Dr. 78000 Karabük, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6322-4269

Abstract. Stainless steel materials are widely preferred in biomedical applications due to their properties such as high tensile and fracture strength, production variety, electrical conductivity, and corrosion resistance. Furthermore, the mechanical and chemical properties of these materials are amenable to improvement. New properties can be imparted by adding different alloying elements to their chemical composition, thus expanding their areas of application. Elements such as tantalum, titanium, niobium, carbon, nickel, and molybdenum are used to improve the properties of stainless steel. Powder metallurgy allows for the production of high-performance and durable parts using metal powders of different sizes. The properties of the produced parts vary depending on powder size,

composition, compression conditions, and sintering parameters. This method has significant advantages such as ease of production, economic feasibility, homogeneous structure, minimal material loss, and in most cases, no need for secondary processing. Thanks to these superior properties, it has made significant contributions to the development of surgical implants, especially in recent years. It is frequently preferred in orthopedics and dentistry when materials with high load-bearing capacity and strong implant-bone bonding are needed. Although 316L stainless steel has been an important biomaterial used for many years in orthopedic implants, screw systems, dental applications, and prostheses, it has some disadvantages such as pitting-type corrosion, ion release, and low biocompatibility in long-term implantations. Therefore, studies on surface modification and powder metallurgy-based composite production have accelerated in recent years. Current research shows that sintering temperature, powder size, and additive ratio play a decisive role in biomaterial properties. Therefore, this project aims to address the gap in the literature by systematically evaluating the effect of adding titanium and tantalum in different ratios on mechanical properties.

In this study, composites were produced by adding titanium and tantalum to a stainless steel matrix using the powder metallurgy method. The microstructural and hardness strength of the obtained composites were investigated. In this study, titanium (Ti) and tantalum (Ta) elemental powders in specified amounts (0–0.5% and 1% by weight) were added individually or in pairs to a 316L stainless steel matrix using powder metallurgy (PM) technology, and the desired composition was obtained as a powder mixture. The powders used in the study were formed into blocks by unidirectional cold pressing under a compression pressure of 750 MPa. After pressing, the raw strength specimens were sintered in an atmosphere-controlled tube furnace at 1250 °C for two hours in an argon atmosphere. The microstructure and mechanical properties of the produced PM steels were characterized using optical microscopy and hardness testing. The results showed that stainless steel specimens with 0.1% (Ti and Ta) added to 316L stainless steel had the highest hardness values.

Keywords: 316L stainless steel, Titanium, Tantalum, powder metallurgy, hardness, microstructure.

1. Introduction. 316L austenitic stainless steel is a widely used biomaterial in orthopedic prostheses, dental applications, and surgical implant systems due to its high corrosion resistance, adequate mechanical strength, biocompatibility, and cost-effective manufacturability. However, its mechanical performance can deteriorate during long-term use due to low surface hardness and wear resistance. Consequently, research into improving the mechanical and microstructural properties of 316L stainless steel through the addition of various elements and production via powder metallurgy (PM) has gained momentum in recent years. The powder metallurgy method is widely preferred for producing biomedical materials due to significant advantages such as ensuring a homogeneous alloy distribution, offering near-net-shape manufacturing capabilities, minimizing material waste, and allowing for controlled porosity [1–3].

Titanium (Ti) and tantalum (Ta) are key alloying elements that enhance the mechanical properties and biological performance of stainless steels. While the addition of titanium increases hardness and wear resistance through solid solution strengthening, grain refinement, and the formation of stable carbides, tantalum is preferred—particularly in implant applications—for its high biocompatibility, superior corrosion resistance, and chemical stability. Literature indicates that the combined use of Ti and Ta promotes the formation of a finer-grained structure during sintering and facilitates the formation of precipitate phases, thereby contributing to improved mechanical properties [2,4,5].

For stainless steels produced via powder metallurgy, final mechanical properties depend not only on the alloy composition but also on the powder particle size, compaction pressure, sintering temperature, and sintering atmosphere. In particular, when production is carried out under appropriate sintering parameters, the activation of diffusion mechanisms leads to reduced porosity, increased density, and a more homogeneous microstructure. Furthermore, it has been reported that TiC-like carbide structures formed through Ti addition increase hardness by inhibiting dislocation movement, while Ta contributes to overall microstructural integrity by forming a more stable structure within the

matrix. Consequently, Ti- and Ta-doped 316L stainless steel composites have become a focal point of research interest in the field of biomedical applications in recent years [3,6–8].

In this study, stainless steel samples with three different compositions—pure 316L, 0.5%Ti-0.5%Ta-doped, and 1%Ti-1%Ta-doped—were produced using the powder metallurgy method. The hardness behavior, optical microstructures, and SEM-EDS characteristics of the produced samples were examined in detail, with the aim of elucidating the combined effects of Ti and Ta additions on microstructure, carbide formation, and hardness properties.

2. Experimental study. In this study, commercially pure 316L austenitic stainless-steel powder was used as the matrix material, while elemental titanium (Ti) and tantalum (Ta) powder particles were selected as reinforcement components. Data regarding the average particle size, specific gravity, purity, and suppliers of the powders used in the experimental process are presented in Table 1. The high purity of the 316L, Ti, and Ta powders is critical for minimizing the formation of undesirable phases during sintering.

Table 1.

Properties of the powders used in the experimental study

Elemental Powders	Powder Size (μm)	Density (g/cm ³)	Purity Value (%)	Supplier Company
316L	149	7,9	99,9	Höganäs
Tantalum	45	16,69	99,9	Nanografi
Titanium	45	4.54	99.9	Aldrich

Three different alloy compositions were prepared for the study: the first group consisted of unalloyed 316L stainless steel, while the second group incorporated 0.5 wt% Ti and 0.5 wt% Ta, and the third group incorporated 1 wt% Ti and 1 wt% Ta. The prepared alloy compositions are listed in Table 2. After homogenizing the powder mixtures, the samples were shaped via uniaxial pressing at a pressure of 750 MPa and subsequently sintered at 1250°C for 2 hours in an argon atmosphere. Following sintering, hardness measurements were performed using an Hv0.5 load; microstructural investigations were conducted using an optical microscope, while phase formation and elemental distribution maps were analyzed via SEM-EDS.

Table.2

Prepared alloy compositions

Alloys	Ti (Weight %)	Ta (Weight %)	316 L (Weight %)
Alloy 1	0	0	Rest
Alloy 2	0.5	0.5	Rest
Alloy 3	1	1	Rest

3. Experimental results and discussion.

3.1. Hardness. Hardness results for the manufactured samples are presented in Table 3. While the average hardness of the unalloyed 316L sample was determined to be 111 Hv, this value rose to 163 Hv with the addition of 0.5% Ti and 0.5% Ta. Increasing the alloying elements to the 1% Ti and 1% Ta level resulted in a hardness value of 209 Hv. These findings demonstrate that the addition of Ti and Ta has a significant enhancing effect on hardness.

The increase in hardness observed with higher additive content can be attributed to solid solution strengthening, particle refinement, and the formation of fine precipitate phases during the sintering process. The reaction of titanium with carbon to form hard TiC-like phases restricts dislocation movement, thereby increasing resistance to deformation.

Additionally, due to its high melting point, tantalum contributed to the stabilization of the microstructure during sintering, further supporting the increase in hardness values. Similar increases in hardness have been reported in the literature for Ti-alloyed 316L stainless steels produced via

powder metallurgy (PM), and the results obtained in this study are consistent with previous research [2, 4, 5].

3.2. Microstructure. The optical microstructures of the manufactured alloys are given in Figure 1. While a coarser-grained and proportionally homogeneous austenitic structure was observed in the undoped 316L sample (Figure 1a), a noticeable reduction in grain size occurred with the addition of Ti and Ta (Figure 1b). The finest grain structure was achieved in the 1% Ti-1% Ta alloy with the highest doping ratio. This shows a direct parallel with the hardness results. Grain refinement, according to the Hall-Petch mechanism, restricts dislocation movements by increasing the amount of grain boundaries, thus increasing the strength of the material. In addition, it is predicted that Ti and Ta elements prevent grain growth by altering the diffusion behavior. The agreement of these differences observed in optical microstructure studies with the hardness results reveals that alloy addition improves mechanical properties.

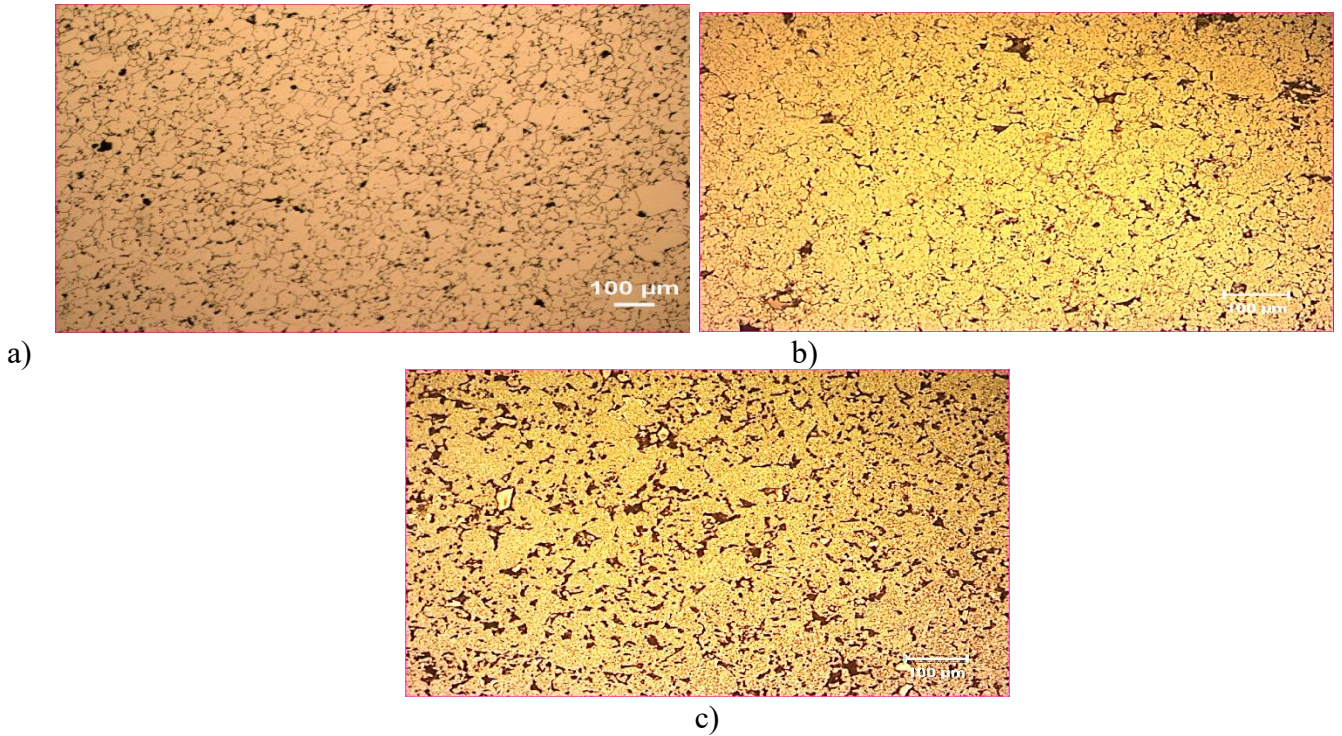
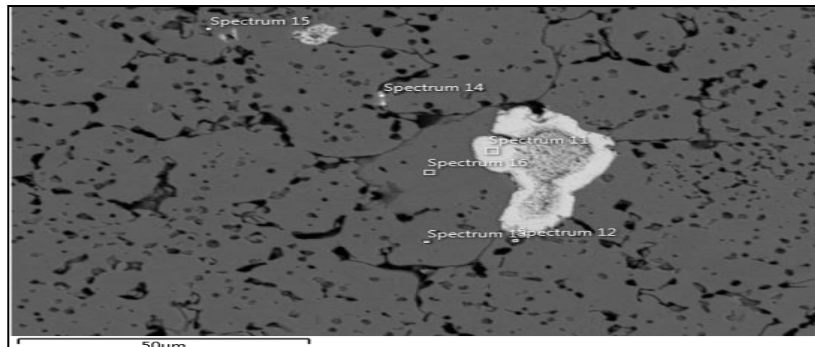


Figure 1. Numune mikroyapı görüntüleri; (a) 316L, (b) 316L-0,5Ti-0,5Ta ve (c) 316L-1Ti-1Ta.

3.3 SEM ve EDS analizleri. Numunelere ait SEM görüntüleri ve EDS analiz çıktıları Figure 2'de verilmiştir. SEM görüntülerinde matris içerisinde homojen şekilde dağılmış parlak fazların bulunduğu görülmektedir. Özellikle Ti ve Ta katkılı numunelerde matris içerisinde TiC benzeri karbür çökeltilerinin olduğu değerlendirilmiştir. Bu çökeltilerin tane sınırlarında ve matris içerisinde dağılmış olması, sertlik değerlerindeki artışın ana nedenlerinden biri olarak yorumlanmaktadır.



EDS analizleri değerlendirildiğinde 316L matrisini oluşturan Fe, Cr ve Ni elementlerinin yanında ilave edilen Ti ve Ta elementlerinin de başarıyla saptandığı görülmektedir. Bu durum alaşım elementlerinin üretim sürecinde homojen olarak dağıldığını ve sinterleme işleme müteakiben önemli bir element kaybının meydana gelmediğini göz önüne koymaktadır. Ti ve Ta elementlerinin matris içerisinde düzenli şekilde bulunması, optik mikroyapıda gözlenen tane incilmesi ve sertlikteki iyileşmeyi destekleyen önemli bir veridir.

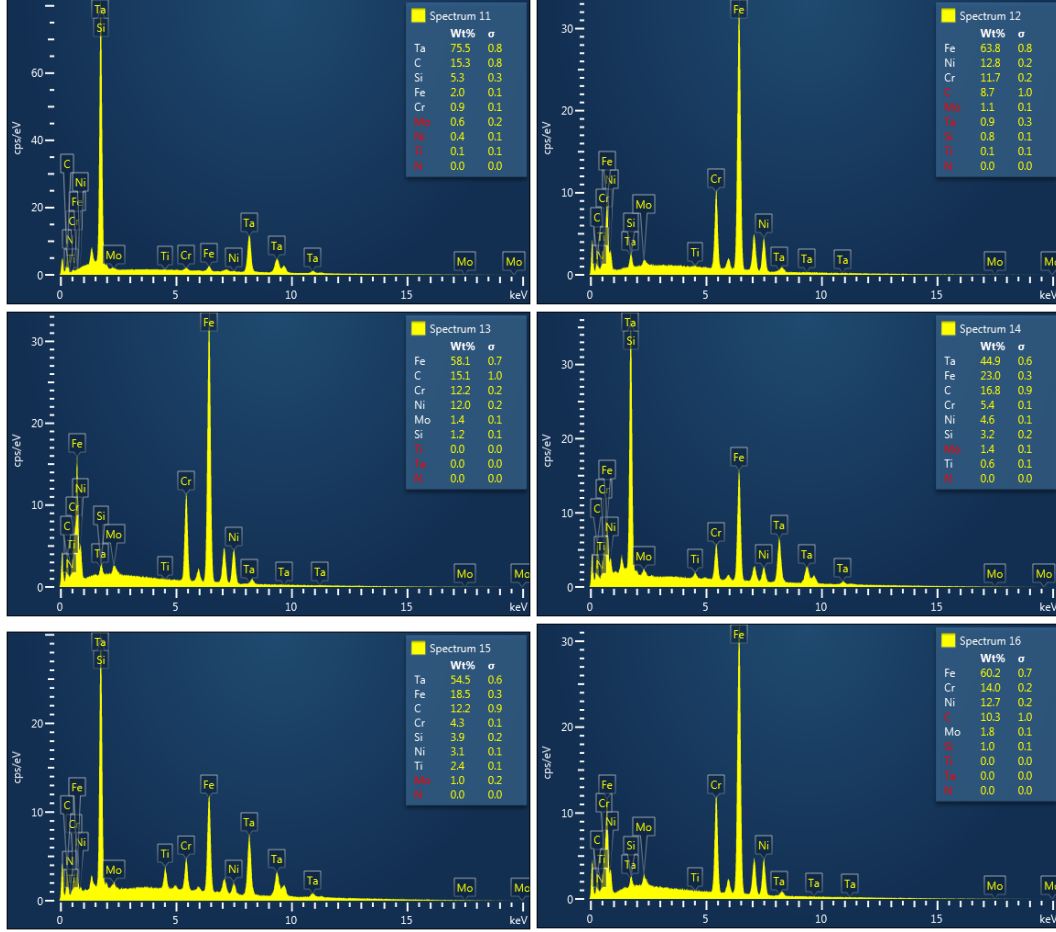


Figure 2. SEM görüntüleri ve EDS analiz sonuçları

General results. The results obtained within the scope of this study are summarized below:

1. 316L, 316L-0.5%Ti-0.5%Ta, and 316L-1%Ti-1%Ta composites were produced using the powder metallurgy method.
2. Hardness values improved with the addition of Ti and Ta; hardness was measured as 111 Hv0.5, 163 Hv0.5, and 209 Hv0.5, respectively.
3. Significant grain refinement occurred in the microstructure as the proportion of alloying elements increased, a phenomenon that manifested as an increase in hardness.
4. SEM examinations revealed TiC-like carbide precipitates; these precipitates are believed to contribute to the hardening mechanism.
5. EDS analyses indicate that the added Ti and Ta elements were successfully incorporated into the matrix and exhibited a homogeneous distribution.
6. The obtained data demonstrate that the addition of Ti and Ta is an effective method for improving the mechanical performance of 316L stainless steel for biomedical applications.

Acknowledgments. This work was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Karabuk University (Project No: KBÜBAP-26-YL-059). The authors would like to thank the Scientific Research Projects Coordination Unit of Karabuk University (Project No: KBÜBAP-26-YL-059) for supporting this research work.

References

- [1] Türkmen, M., Tanouz, A. M., Akgün, M., & Erden, M. A. (2023). The Effect of Mn and Ti Ratio on Microstructure and Mechanical and Machinability Properties of 316L Stainless Steel Used in Biomedical Applications. *Metals*, 13(11), 1804.
- [2] Erden, M. A., Uzun, F. G., Akgün, M., & Gökçe, H. (2023). Influence of Ti and Nb Addition on the Microstructure, Mechanical, and Machinability Properties of 316L Stainless Steel Fabricated by Powder Metallurgy. *Materials Testing*, 65(8), 1237–1253.
- [3] Erden, M. A., Köklü, U., Güldibi, A. S., & Elitaş, M. (2024). Effects of Compaction Pressure on Microstructure, Mechanical Properties, and Machining Characteristics of Sintered AISI 316L Steel. *Materials Testing*, 66(1), 100–110.
- [4] Erden, M. A., Demirtaş, H., & Oleiwi, F. H. (2024). Effect of Cr Limits on Microstructure and Mechanical Properties of P/M 316L Austenitic Steel. *Science of Sintering*, 56(1).
- [5] Elitaş, M., & Erden, M. A. (2022). Toz Metalürjisi Yöntemi ile Üretilen 316L Östenitik Paslanmaz Çeliğin Kaynaklanabilirliğinin İncelenmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 947–952.
- [6] Davis, J. R. (Ed.). (2003). Handbook of Materials for Medical Devices. ASM International.
- [7] German, R. M. (2005). Powder Metallurgy and Particulate Materials Processing. Metal Powder Industries Federation.
- [8] German, R. M. (2014). Sintering: From Empirical Observations to Scientific Principles. Elsevier.
- [9] Niinomi, M. (2008). Metallic Biomaterials. *Journal of Artificial Organs*, 11(3), 105–110.
- [10] Ryan, G., Pandit, A., & Apatsidis, D. P. (2006). Fabrication Methods of Porous Metals for Use in Orthopaedic Applications. *Biomaterials*, 27(13), 2651–2670.

CHEMICAL COMPOSITION AND PROCESSING PROSPECTS OF TURKESTAN RED HAWTHORN (*CRATAEGUS TURKESTANICA*) FRUIT

Jabborova Aziza Xalimovna¹, Farmonov Jasur Boyqarayevich¹, Fatih Tornuk²,
Boynazarova Yulduz Anvarovna³

¹*Iqtisodiyot va pedagogika universiteti*

²*Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye*

³*Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi shahar, O'zbekiston,*

Gmail: jabborovaa1990@gmail.com

Abstract. This article reviews scientific literature on the chemical composition of Turkestan hawthorn fruits and their potential use in food production. It summarizes findings on pectin, phenolic compounds, and phospholipids and considers the prospects for producing fruit purée, pastilles, and powder. The review highlights the need to study locally sourced fruits and finished products experimentally to assess these potential applications.

Keywords: Turkestan red hawthorn, *Crataegus turkestanica*, chemical composition, pectin, phenolic compounds, phospholipids, fruit powder.

Annotatsiya. Maqolada Turkiston do‘lanasi mevasining kimyoviy tarkibi va oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishda qo‘llanish imkoniyatlari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilindi. Pektin, fenol birikmalari va fosfolipidlarga oid ma‘lumotlar umumlashtirilib, mevadan pyure, pastila hamda kukun olish istiqbollari ko‘rib chiqildi. Ushbu yo‘nalishlarni asoslash uchun mahalliy xomashyo va tayyor mahsulotlarni tajribada o‘rganish zarurligi ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: Turkiston qizil do‘lanasi, *Crataegus turkestanica*, kimyoviy tarkib, pektin, fenol birikmalari, fosfolipidlar, meva kukuni.

Аннотация. В статье на основе научной литературы проанализированы химический состав плодов боярышника туркестанского и возможности их использования в производстве

пищевых продуктов. Обобщены сведения о пектине, фенольных соединениях и фосфолипидах; рассмотрены перспективы получения из плодов пюре, пастилы и порошка. Показана необходимость экспериментального изучения местного сырья и готовых продуктов для обоснования этих направлений.

Ключевые слова: Туркестанский красный боярышник, *Crataegus turkestanica*, химический состав, пектин, фенольные соединения, фосфолипиды, фруктовый порошок.

The use of locally available plant raw materials is an important area in the development of functional foods. When selecting such materials, consideration is given not only to their chemical composition but also to their suitability for processing, their effect on product quality, and their stability during storage. Hawthorn (*Crataegus*) fruit has attracted interest in food technology because it contains pectic substances and phenolic compounds.

Turkestan red hawthorn (*Crataegus turkestanica* Pojark.) warrants investigation as a locally available raw material. Scientific studies have reported some aspects of its chemical composition, including the phospholipid profile of the fruit pericarp. However, findings obtained for other hawthorn species do not fully describe the composition of Turkestan red hawthorn or the properties of products made from it. The origin of the raw material and the processing method may affect the characteristics of the resulting product.

Pectins are important components of functional foods. They can bind heavy metal ions, help regulate digestive function, support the gut microbiota, and provide desirable rheological properties in food products. For these reasons, pectin-rich plant materials, including *C. turkestanica* fruit, are being considered as potential ingredients for functional beverages, jams, marmalades, fruit pastilles, and other foods intended to support health [1].

In addition, fruits of species belonging to the genus *Crataegus* contain flavonoids (hyperoside, vitexin, and quercitrin), proanthocyanidins, and phenolic acids, which contribute to their antioxidant activity. These bioactive compounds can neutralize free radicals and may help reduce oxidative stress. Their potential roles in cardiovascular health and metabolic disease prevention are also being studied. Hawthorn fruit is therefore receiving increasing attention as a natural source of bioactive compounds [2, 3].

Taken together, the pectins, polyphenols, and other bioactive components found in *Crataegus turkestanica* fruit suggest that this locally available plant material has potential for use in functional foods. Further research is needed to determine whether modern processing and fermentation methods can improve the availability and biological effects of these compounds.

A comparative study of hawthorn fruits collected from different regions of Iran also examined *C. turkestanica*. Among the species compared in that study, the *C. turkestanica* samples had the lowest total phenolic content. This does not mean that the fruit contains no phenolic compounds; rather, it shows that the higher values reported for other hawthorn species cannot be assumed to apply to *C. turkestanica* [4].

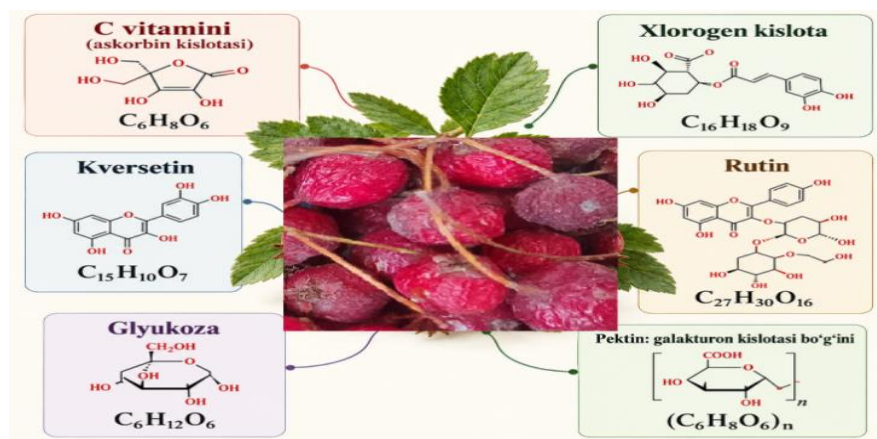


Figure 1. Selected bioactive compounds in Turkestan hawthorn fruit

Accordingly, total phenolic content, selected individual phenolic compounds, and antioxidant activity should be measured separately in both the raw fruit collected in Uzbekistan and the products made from it. A more detailed analysis of chemical composition also indicates that the lipid fraction of *C. turkestanica* fruit may be of biological interest. Studies have identified 12 phospholipid classes in the fruit pericarp, with phosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine, and phosphatidylinositol accounting for the largest proportions. These membrane lipids may improve the emulsifying properties of food products and influence the transport of bioactive compounds across cell membranes [5].

In recent years, research into functional food products made from fruits of the genus *Crataegus* has increased substantially. Studies have reported the development of functional juices, fermented beverages, water kefir, fruit wines, bioactive polysaccharides, natural antioxidant additives, Pickering emulsions, and anthocyanin-based pH-sensitive packaging films using hawthorn fruit [6, 7].

Plant raw materials used to develop functional foods should be assessed not only for their bioactive compounds but also for their suitability for processing, the stability of those compounds, and their contribution to the sensory qualities of the finished product. In this regard, fruits of the genus *Crataegus* are promising raw materials because of their chemical composition and physicochemical properties.

Hawthorn fruits contain flavonoids, phenolic acids, proanthocyanidins, triterpenoids, organic acids, vitamin C, mineral elements, and pectins. These constituents contribute to their antioxidant activity and are being investigated for potential cardiovascular and metabolic effects. In particular, flavonoids and proanthocyanidins can scavenge free radicals and inhibit lipid peroxidation, mechanisms that may be relevant to conditions associated with oxidative stress [8].

Studies of other hawthorn species have shown that drying and milling methods affect the solubility and colour of fruit powders, as well as the retention of certain phenolic compounds. These findings provide a basis for studying powder production from Turkestan hawthorn, but they do not establish which drying method is most suitable for this species [9, 10].

On the basis of the available evidence, *C. turkestanica* fruit could initially be evaluated in fruit pastilles, purées, and fruit powders. Further studies should assess fruit maturity, drying temperature, the method used to remove the stones, sensory properties, microbiological safety, and shelf life.

A review of the literature indicates that Turkestan hawthorn fruit warrants investigation as a locally available raw material for food production. Its pectins may help form the structure of food products, while the identification of phospholipids in the fruit pericarp points to the need for further analysis of its chemical composition.

Studies on the preparation of purées, fruit powders, and other processed products from different hawthorn species can help identify research directions for *C. turkestanica*. However, they do not establish the quality or beneficial properties of products made specifically from Turkestan hawthorn. Future research should measure the composition and antioxidant activity of locally collected fruit, determine suitable conditions for producing purées, fruit pastilles, and powders, and assess the safety and shelf life of the finished products.

References

1. Cui M., Cheng L., Zhou Z. et al. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and safety concerns of hawthorn (*Crataegus* genus): A comprehensive review // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2024. – Vol. 319. – Article 117229. – DOI: 10.1016/j.jep.2023.117229.
2. Li T., Fu S., Huang X. et al. Biological properties and potential application of hawthorn and its major functional components: A review // *Journal of Functional Foods*. – 2022. – Vol. 90. – Article 104988. – DOI: 10.1016/j.jff.2022.104988.
3. Yang B., Liu P. Composition and health effects of phenolic compounds in hawthorn (*Crataegus* spp.) of different origins // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2012. – Vol. 92, No. 8. – P. 1578–1590. – DOI: 10.1002/jsfa.5671.
4. Alirezalu A. et al. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compounds of hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits species for potential use in food applications // *Foods*. – 2020. – T. 9. – №. 4. – C. 436.

5. Gazizov F.Y., Glushenkova A.I. Phospholipids of the pericarp of *Crataegus turkestanica* // Chemistry of Natural Compounds. – 1996. – Vol. 31, No. 4. – P. 465–466. – DOI: 10.1007/BF01177412.
6. Yan J., Cui R., Tang Z. et al. Development of pH-sensitive films based on gelatin/chitosan/nanocellulose and anthocyanins from hawthorn (*Crataegus scabrifolia*) fruit // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2021. – Vol. 15, No. 5. – P. 3901–3911. – DOI: 10.1007/s11694-021-00978-8.
7. Liu J., Yang W., Lv Z. et al. Effects of different pretreatments on physicochemical properties and phenolic compounds of hawthorn wine // CyTA – Journal of Food. – 2020. – Vol. 18, No. 1. – P. 518–526. – DOI: 10.1080/19476337.2020.1791962.
8. Ma J.-X., Yang W., Ng C.Y.J. et al. The hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bge.) fruit as a new dietary source of bioactive ingredients with multiple beneficial functions // Food Frontiers. – 2024. – Vol. 5, No. 4. – P. 1534–1558. – DOI: 10.1002/fft2.413.
9. Tojiboyev M., Yuldashev A. Bioecological Characteristics of *Crataegus Turkestanica* Pojark. in the Kungurbuka Mountains of the Chatkal Range (Uzbekistan) // European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. – 2025. – Vol. 5, No. 1. – P. 5–10. – DOI: 10.55640/eijmrms-05-01-02.
10. Liu S. et al. Effects of different drying and milling methods on the physicochemical properties and phenolic content of hawthorn fruit powders // Journal of Food Processing and Preservation. – 2020. – T. 44. – №. 6. – С. e14460.

СИНТЕЗ АЗОТСОДЕРЖАЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО ЛИГАНДА И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С Sn(IV) ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ В ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ПЕРОВСКИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Нуруллаева Зарина Валиевна¹, Адизов Бобиржон Замирович¹, Эшметов Расул
Жумязович², Balakrishnan Chellakarungu¹**

¹Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан, Ташкент,

²Университет Маъмуна, Хива, Хорезмская область, Узбекистан

e-mail: zarinanurullaeva82@gmail.com

Аннотация. Разработан подход к синтезу азотсодержащего органического лиганда, перспективного для применения в системах на основе Sn(IV). Синтез проводили с использованием производного пиридина с последующим взаимодействием полученного промежуточного соединения с оловосодержащей системой. В качестве источника Sn(IV) использовали SnI₄. Выбор системы на основе Sn(IV) обусловлен перспективностью оловосодержащих перовскитов для применения в фотоэлектрических устройствах и необходимостью стабилизации Sn⁴⁺ в процессе формирования материала. Особое внимание уделено возможности координационного взаимодействия между азотсодержащим органическим компонентом и ионами Sn⁴⁺, что представляет интерес для регулирования химического окружения олова и процессов формирования кристаллической фазы. Полученный органический компонент может рассматриваться как перспективная составляющая координационных систем на основе Sn(IV). Полученные кристаллические продукты представляют интерес в качестве потенциальных компонентов для разработки функциональных материалов для перовскитных солнечных элементов.

Ключевые слова: органический лиганд; Sn(IV); SnI₄; координационные соединения; перовскиты; фотоэлектрические материалы.

Abstract. An approach for the synthesis of a nitrogen-containing organic ligand with potential application in Sn(IV)-based perovskite systems was developed. The synthesis was carried out using a pyridine derivative, followed by its interaction with a tin-containing system. SnI₄ was used as the Sn(IV) source. The choice of the Sn(IV)-based system is associated with the potential of tin-based

perovskites for photovoltaic applications and the need to stabilize Sn^{4+} during material formation. Particular attention was paid to the potential coordination interaction between the nitrogen-containing organic component and Sn^{4+} ions, which may contribute to controlling the chemical environment of tin and the processes of crystal-phase formation. The obtained organic component can be considered a promising constituent of $\text{Sn}(\text{IV})$ -based coordination systems. The obtained crystalline products are of interest as potential components for the development of functional materials for perovskite solar cells.

Keywords: organic ligand; $\text{Sn}(\text{IV})$; SnI_4 ; coordination compounds; perovskites; photovoltaic materials.

Annotatsiya. $\text{Sn}(\text{IV})$ asosidagi tizimlarda istiqbolli qo'llanilishi mumkin bo'lgan azot saqlovchi organik ligandni sintez qilish yondashuvi ishlab chiqildi. Sintez piridin hosilasi asosida amalga oshirilib, keyinchalik olingan oraliq birikma qalay saqlovchi tizim bilan o'zaro ta'sirlashtirildi. $\text{Sn}(\text{IV})$ manbai sifatida SnI_4 dan foydalanildi. $\text{Sn}(\text{IV})$ asosidagi tizimni tanlash qalay saqlovchi perovskitlarning fotoelektrik qurilmalarda qo'llash istiqbollari hamda material hosil bo'lish jarayonida Sn^{4+} ni barqarorlashtirish zarurati bilan bog'liq. Azot saqlovchi organik komponent va Sn^{4+} ionlari o'rtasidagi ehtimoliy koordinatsion o'zaro ta'sirga alohida e'tibor qaratildi. Bunday o'zaro ta'sir qalayning kimyoviy muhitini hamda kristall fazaning shakllanish jarayonlarini boshqarish nuqtayi nazaridan qiziqish uyg'otadi. Olingan organik komponent $\text{Sn}(\text{IV})$ asosidagi koordinatsion tizimlarning istiqbolli tarkibiy qismi sifatida qaralishi mumkin. Olingan kristall mahsulotlar perovskit quyosh elementlari uchun funksional materiallarni ishlab chiqishda potensial komponentlar sifatida qiziqish uyg'otadi.

Kalit so'zlar: organik ligand; $\text{Sn}(\text{IV})$; SnI_4 ; koordinatsion birikmalar; perovskitlar; fotoelektrik materiallar.

Введение. Перовскитные материалы рассматриваются как перспективный класс фотоактивных соединений для солнечной энергетики благодаря сочетанию высоких оптоэлектронных характеристик и технологичности получения. В этом направлении значительный интерес представляют оловосодержащие галогенидные перовскиты, рассматриваемые как потенциальная альтернатива свинецсодержащим системам. Вместе с тем их практическое применение связано с необходимостью контроля химического состояния олова и стабильности формируемой перовскитной фазы. Особое значение имеет стабилизация ионов олова и регулирование их химического окружения в процессе формирования материала [1].

Одним из перспективных подходов к регулированию химического окружения олова является использование органических лигандов, способных к координационному взаимодействию с ионами олова. Лигандная инженерия позволяет изменять характер межмолекулярных взаимодействий, координационное окружение металла и процессы формирования кристаллической структуры. Введение азотсодержащих органических компонентов, содержащих донорные атомы, представляет интерес для формирования координационных систем на основе олова и последующего использования таких соединений при разработке функциональных материалов [2].

В связи с этим разработка и исследование новых азотсодержащих органических лигандов, способных к взаимодействию с соединениями $\text{Sn}(\text{IV})$, представляет интерес для создания и изучения координационных систем, перспективных для применения в оловосодержащих перовскитных материалах. В качестве источника $\text{Sn}(\text{IV})$ может использоваться SnI_4 , позволяющий формировать оловосодержащую систему с участием органического компонента.

Целью настоящей работы являлся синтез азотсодержащего органического лиганда и исследование его взаимодействия с системой на основе $\text{Sn}(\text{IV})$ с использованием SnI_4 в качестве источника олова, а также оценка перспективности полученных соединений для дальнейшего применения при разработке оловосодержащих перовскитных материалов.

Материалы и методы. В работе исследован многостадийный подход к получению азотсодержащего органического лиганда и его последующему взаимодействию с

оловосодержащей системой на основе Sn(IV). На первой стадии проводили модификацию пиридинового фрагмента органическим алкилирующим реагентом в растворе при контролируемой температуре с последующим выделением промежуточного органического соединения. Полученный продукт использовали на следующей стадии для взаимодействия с оловосодержащей системой.

В качестве источника Sn(IV) использовали SnI₄. Выбор йодида олова(IV) обусловлен необходимостью получения оловосодержащей системы и изучения возможного координационного взаимодействия между азотсодержащим органическим компонентом и ионами Sn⁴⁺. В качестве растворителя использовали полярную органическую среду, обеспечивающую взаимодействие исходных компонентов и последующее формирование кристаллической фазы. Для одной из исследованных систем в качестве азотсодержащего органического компонента использовали 4-цианопиридин в присутствии HI и SnI₄ в среде DMF.

Формирование кристаллических продуктов осуществляли методом медленной кристаллизации. Данный подход обеспечивает постепенное пересыщение раствора и способствует формированию кристаллической фазы, пригодной для последующего структурного и физико-химического исследования.

Для установления состава и строения полученных продуктов предусмотрено использование комплекса физико-химических методов, включая ИК-спектроскопию, элементный анализ, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.

Результаты и обсуждение. В результате проведённых исследований получен азотсодержащий органический компонент, предназначенный для последующего взаимодействия с оловосодержащей системой на основе Sn(IV). Синтез включал получение промежуточного органического соединения с последующим его взаимодействием с системой на основе SnI₄. В результате медленной кристаллизации были получены кристаллические продукты, представляющие интерес для дальнейшего структурного и физико-химического исследования.

Общая последовательность синтеза и перспективного применения полученного органического компонента представлена на рис. 1.

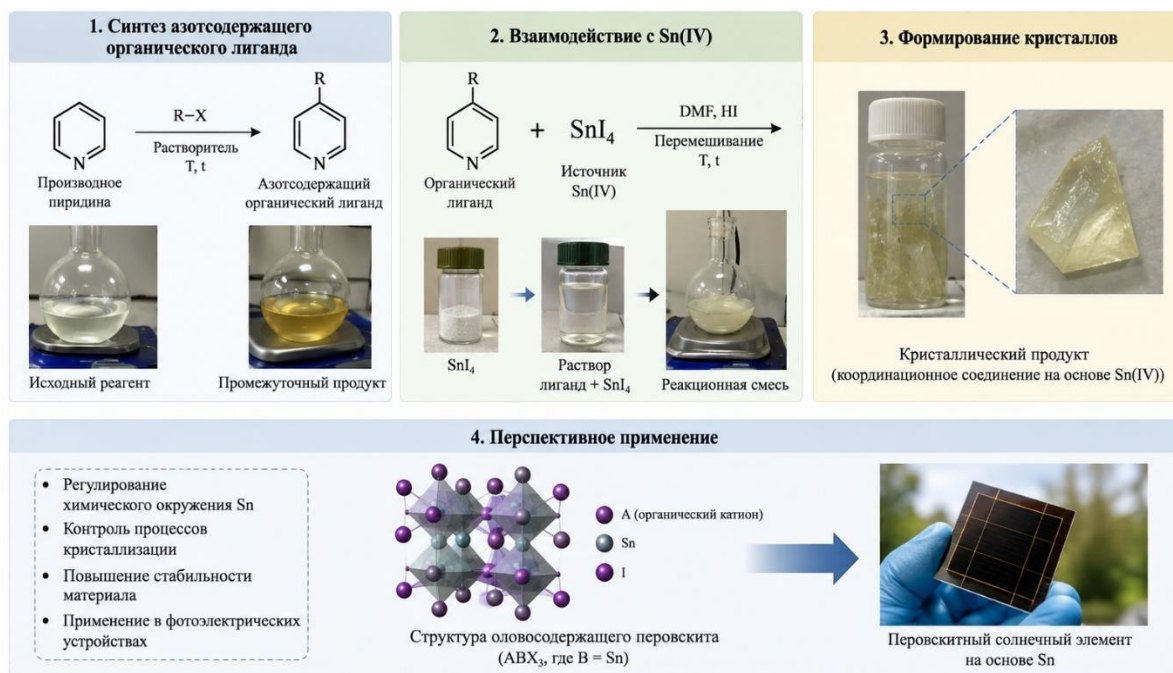


Рис. 1. Схематическое представление синтеза азотсодержащего органического лиганда, его взаимодействия с системой на основе Sn(IV) и перспективного применения полученных соединений при формировании оловосодержащих перовскитных материалов для солнечных элементов.

Выбор азотсодержащего органического компонента обусловлен наличием донорного центра, способного участвовать в потенциальном координационном взаимодействии с ионами Sn^{4+} . Пиридиновый фрагмент представляет интерес как структурная основа лиганда, поскольку его электронные и координационные характеристики могут изменяться посредством направленной функционализации. Это позволяет рассматривать полученный органический компонент как перспективную составляющую координационных систем на основе Sn(IV) .

Использование SnI_4 в качестве источника Sn(IV) позволяет сформировать оловосодержащую систему, представляющую интерес для последующего получения и исследования оловосодержащих галогенидных перовскитных материалов. Особое значение при этом имеет контроль химического окружения и состояния олова в процессе формирования материала. Введение азотсодержащего органического компонента может рассматриваться как один из подходов к регулированию координационного окружения Sn(IV) и процессов формирования кристаллической фазы.

Важным этапом исследуемого подхода является формирование кристаллической фазы методом медленной кристаллизации. В соответствии с экспериментальной схемой после смешения компонентов раствор выдерживали в течение продолжительного времени, что обеспечивало постепенное пересыщение системы и формирование кристаллов. Полученные кристаллические продукты представляют интерес для последующего установления их состава, строения и характера взаимодействия между органическим компонентом и Sn(IV) .

Таким образом, предложенная схема объединяет последовательные стадии получения азотсодержащего органического лиганда, его взаимодействия с системой на основе Sn(IV) и получения кристаллических продуктов, перспективных для дальнейшего исследования в направлении разработки оловосодержащих перовскитных материалов. При этом точный состав, кристаллическая структура целевого соединения и характер координационного взаимодействия требуют дополнительного экспериментального подтверждения.

Заключение. Получен азотсодержащий органический компонент и исследовано его взаимодействие с оловосодержащей системой на основе Sn(IV) с использованием SnI_4 в качестве источника олова. В результате проведения синтеза и последующей медленной кристаллизации получены кристаллические продукты, представляющие интерес для дальнейшего структурного и физико-химического исследования.

Полученные кристаллические продукты рассматриваются как перспективные системы для дальнейшего изучения координационного взаимодействия азотсодержащего органического компонента с Sn(IV) . Результаты исследования создают основу для последующего установления точного состава и кристаллической структуры полученных соединений, а также оценки их потенциального применения при разработке функциональных оловосодержащих перовскитных материалов для солнечных элементов.

Список литературы

1. Chen P., He D., Yan Y. et al. Efficiency and durability of tin halide perovskite photovoltaics // *Nature Reviews Clean Technology*. - 2026. - DOI: 10.1038/s44359-026-00210-0.
2. Khadka D.B., Shirai Y., Yanagida M., Tadano T., Miyano K. Alleviating Defect and Oxidation in Tin Perovskite Solar Cells Using a Bidentate Ligand // *Chemistry of Materials*. — 2023. — Vol. 35, No. 11. — P. 4250–4258. — DOI: 10.1021/acs.chemmater.3c00243.

MODERN PROBLEMS OF ENSURING FOOD SAFETY AND THE IMPORTANCE OF HEALTHY NUTRITION

Nilufar Khudoyshekurovna Kobilova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
(*Karshi State Technical University, Karshi, Republic of Uzbekistan*)

Abstract. This article analyzes modern problems of ensuring food safety, the impact of environmental factors on food quality and safety, and the importance of healthy nutrition for human

health. In addition, the biological, chemical, and physical risk factors of food products, the mechanisms of their spread through the food chain, and the role of international standards and preventive control systems in ensuring food safety are highlighted. The article scientifically substantiates the influence of environmental risks, industrial pollution, and modern technologies on the quality of food products. The importance of proper and balanced nutrition in strengthening public health is revealed, and conclusions are drawn on current issues of ensuring food safety.

Keywords: food safety, healthy nutrition, environmental risk, alimentary diseases, food quality, biological hazards, chemical contaminants, sanitation and hygiene, food chain, preventive control, international standards, human health.

Food safety is one of the most important factors in ensuring human health. The normal functioning of the human body directly depends on the quality and safety level of consumed food products. Therefore, providing the population with safe, high-quality, and biologically valuable food products is recognized as one of the priority tasks of modern society. A high level of food safety can be achieved through the implementation of improved control systems aimed at minimizing risk factors that may arise during the production and distribution processes. In this regard, agriculture, the food and processing industry, trade enterprises, regulatory authorities, scientific research institutions, and public policy play significant roles. However, due to the continuous development of food production technologies and the emergence of new risk factors, ensuring absolute food safety remains practically difficult [1].

The legislative system regulating food safety has undergone several stages of historical development. The first generation of food safety legislation, formed at the beginning of the 20th century, was mainly based on administrative-command methods and strict control principles. Food safety policy during this period focused primarily on monitoring sanitary and hygienic conditions within individual countries. Continuous monitoring of production lines, visual inspection of products, and strict compliance with hygiene standards were considered the main means of ensuring food safety. [2,3]. By the end of the 20th century and the beginning of the 21st century, a new preventive approach to ensuring food safety was developed. During this period, global concepts aimed at protecting public health evolved, and the principle of comprehensive management of food-related risks “from farm to final consumer” was introduced. As a result, modern food safety systems based on the identification and control of biological, chemical, and physical hazards at all stages of food production, processing, storage, transportation, and distribution were established.

A distinctive feature of modern food safety policy is that, in addition to environmental degradation, changes in food processing technologies, international trade, and complex logistics systems are also considered important factors in ensuring food safety. Global markets, international commodity flows, and the rapid changes in production technologies and consumer habits create new risks and require the development of new strategies for ensuring food safety.

Environmental risks also play a significant role in determining food safety strategies. Until recently, successful industrial development was closely associated with the release of large amounts of pollutants into the environment. Statistical data from various countries confirm this fact. Countries leading in industrial production volumes also occupy leading positions in terms of pollutant emissions into the atmosphere, water bodies, and soil. These countries include China, United States, Germany, Japan, India, and Brazil [6].

Despite significant achievements in improving food safety in many countries, the incidence of alimentary diseases remains high. Every year, millions of people become ill as a result of consuming unsafe food products contaminated with environmental pollutants. In addition, the increasing resistance of certain pathogenic bacteria to antimicrobial drugs in recent years has further complicated this problem. Society is becoming increasingly aware of the risks associated with pathogenic microorganisms and chemical substances present in food products. These hazardous substances mainly enter and accumulate in food products through two pathways:

1. through the biological chain, which ensures the exchange of substances both among living organisms and with air, water, and soil;

2. through the food chain, which includes all stages of agricultural and industrial production of food raw materials and food products, as well as their storage, packaging, and labeling.

Therefore, ensuring the safety and quality of food raw materials and food products is one of the main tasks of modern human society, as it determines the preservation of public health and the human gene pool.

In today's context of increasing concerns regarding food safety, the introduction of new technologies such as genetic engineering and nanotechnology requires the resolution of specific challenges. A distinctive feature of the current stage of food safety policy is that its development should be based on the principles of participatory action, transparency, and the use of internationally agreed approaches. Over the past decade, there has been a transition toward risk analysis based on more accurate scientific knowledge about foodborne diseases and their causes. This provides a foundation for the adoption of preventive measures regulating food safety at both national and international levels.

Like any other system, the existing food quality and safety control system in our country is not static. The influence of internal and external factors over time necessitates continuous modifications and improvements within the system. In order to preserve the system itself and enhance the functions it performs, constant adaptation and modernization are required. This is because nutrition is one of the most important factors determining human health. The principle that "health is a function of nutrition" has become fundamental for modern human society. In nearly all regions of the world, the sharp deterioration of environmental conditions caused by anthropogenic activities has significantly affected the quality of consumed food products.

Nutrition is a fundamental physiological need for humans. Food serves as the building material and source of renewal for every cell in the human body; therefore, it plays a primary role in determining human health. According to experts from the World Health Organization (WHO), human health is determined by the following factors: individual lifestyle (50%), heredity (20%), environmental conditions (20%), and the activity of medical services (10%). Nutrition plays a decisive role in an individual's lifestyle. It is important not only for the health of specific population groups but also for the well-being and future of entire nations.

The importance of proper nutrition for the human body was well recognized by famous ancient physicians such as Hippocrates, Galen, and Avicenna. Interestingly, the "Salerno Health Code" was developed at the Salerno Medical School in Southern Italy, which united the followers of Hippocrates and existed for nearly a thousand years. The Salerno school advised the king as follows: "If you wish to restore your health and remain free from illness, relieve yourself from sadness and avoid excessive anxiety. Eat moderately and avoid excessive wine consumption. Do not consider staying awake after meals useless, avoid sleeping during the daytime. If you follow these rules, you will live a long life. If doctors are unavailable, let these three be your physicians: Proper behavior, rest, and moderation in food. Excessive eating at dinner brings no benefit to the stomach. To sleep well, avoid overeating before bedtime..."

This document contains nearly 400 lines of poetic medical advice and has gone through more than 300 editions while remaining relevant to this day [4,5].

In conclusion, the production of healthy and safe food products and their rational consumption are among the most important factors in preserving human health, improving the quality of life, and ensuring the sustainable development of society. Proper and balanced nutrition not only satisfies the physiological needs of the human body but also plays a significant role in preventing various diseases.

Therefore, ensuring food safety, monitoring food quality indicators, and organizing production processes in accordance with environmental and sanitary-hygienic requirements remain urgent tasks of the present day. It is not without reason that the French thinker Jean Anthelme Brillat-Savarin stated that, "The destiny of nations depends on how they nourish themselves." Likewise, the famous statement of Hippocrates, "Let food be thy medicine," once again confirms the invaluable role of nutrition in human health.

References

1. World Health Organization. *Food Safety Manual*. Geneva: WHO Publishing, 2022.
2. Food and Agriculture Organization. *Food Quality and Safety Systems*. Rome: FAO, 2021.

3. Codex Alimentarius Commission. *General Principles of Food Hygiene*. Rome, 2020.
4. Hippocrates. *Aphorisms and Medical Writings*. Translated edition. New York: Medical Heritage Press, 2018.
5. Avicenna. *The Canon of Medicine*. London: Oxford University Press, 2015.
6. Jean Anthelme Brillat-Savarin. *The Physiology of Taste*. Paris: Gastronomy Classics, 2017.
7. Махмудов Р.А., Мажидов К.Х., Жабборовна N.Qobilova., Д.П. Study of amaranth seeds as the raw material for the extraction of biologically active additives. TEST Engineering Management (Scopus) May-June 2020. ISSN:0193-4120 Page.№29349-29353
8. N.Kobilova, R. Adizov, K.Madjdov. Improvement of quality and indicators wheat mixing amaranta flour. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 2020.
9. Suvanova F., Qobilova N., Tuxtamishova G. Improvement of solvent recovery technology in oil extraction production //Science and innovation. – 2023. – Т. 2. – №. А1. – С. 209-212.

SUG‘ORILADIGAN YERLARNI LAZERLI TEKISLASH AGREGATINING ISH REJIMLARINI ASOSLASH

Botirov Rustam Lutfullayevich¹, Batirov Zafar Lutfullayevich²

¹Enter Engineering Pte. Ltd, *Qarshi shahar, O‘zbekiston*

²*Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi shahar, O‘zbekiston,*
e-mail: zafarbatirov76@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada sug‘oriladigan yerlarni lazerli tekislash agregatining harakat tezligi, cho‘mich bilan kesish chuqurligi va tortish qarshiligi o‘rtasidagi bog‘liqliklarni nazariy asoslash natijalari keltirilgan. Tadqiqotning maqsadi dala yuzasini belgilangan aniqlikda tekislashni ta‘minlaydigan ruxsat etilgan harakat tezligini hamda agregat tortish qarshiligini aniqlash asosida uning oqilona ish rejimlarini belgilash va traktor tanlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda yer qazish mashinalari ish organlari nazariyasi, cho‘mich oldida hosil bo‘ladigan tuproq prizmasi geometriyasi hamda lazerli boshqaruv tizimining gidravlik kechikish vaqtini hisobga oluvchi kinematik model qo‘llanildi. Hisoblashlar ishlov berish kengligi 3,5 m bo‘lgan tekislagich uchun bajarildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, boshqaruv tizimining javob berish vaqti 0,3 s va dala yuzasining mahalliy qiyaligi 3° gacha bo‘lganda ± 2 sm tekislash aniqligini ta‘minlash uchun harakat tezligi 4,6 km/soat dan oshmasligi kerak. Kesish chuqurligi 0,02 dan 0,08 m gacha oshirilganda tortish qarshiligi 10,3 dan 22,9 kN gacha ortadi. Tekislashni ikki bosqichda – dastlabki qo‘pol tekislashni 6–8 km/soat, yakuniy tekislashni 4–5 km/soat tezlikda bajarish tavsiya etildi. Olingan natijalar lazerli tekislash agregatlarini loyihalash va ulardan samarali foydalanishda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: lazerli tekislash, tekislagich cho‘michi, tortish qarshiligi, tekislash aniqligi, harakat tezligi, suv tejash.

Аннотация. В статье приведены результаты теоретического обоснования зависимостей между скоростью движения, глубиной резания ковшем и тяговым сопротивлением агрегата для лазерной планировки орошаемых земель. Цель исследования – установление рациональных режимов работы агрегата и разработка рекомендаций по выбору трактора на основе определения допустимой скорости движения, обеспечивающей заданную точность планировки поверхности поля, и тягового сопротивления агрегата. В исследовании применены теория рабочих органов землеройных машин, геометрия призмы волочения грунта перед ковшем, а также кинематическая модель, учитывающая время гидравлического запаздывания лазерной системы управления. Расчёты выполнены для планировщика с шириной захвата 3,5 м. Результаты показали, что при времени срабатывания системы управления 0,3 с и местном уклоне поверхности поля до 3° для обеспечения точности планировки ± 2 см скорость движения не должна превышать 4,6 км/ч. При увеличении глубины резания с 0,02 до 0,08 м тяговое сопротивление возрастает с 10,3 до 22,9 кН. Рекомендовано выполнять планировку в два этапа: предварительную грубую планировку при скорости 6–8 км/ч, окончательную – при 4–5 км/ч.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании агрегатов для лазерной планировки и их эффективной эксплуатации.

Ключевые слова: лазерная планировка, ковш планировщика, тяговое сопротивление, точность планировки, скорость движения, водосбережение.

Abstract. The article presents the results of a theoretical substantiation of the relationships between travel speed, bucket cutting depth and draft resistance of a laser land levelling unit for irrigated fields. The aim of the study is to establish rational operating modes of the unit and to develop recommendations for tractor selection by determining the permissible travel speed that ensures the required levelling accuracy of the field surface, as well as the draft resistance of the unit. The study applies the theory of earth-moving machine working tools, the geometry of the soil drag prism formed in front of the bucket, and a kinematic model that accounts for the hydraulic delay time of the laser control system. Calculations were performed for a leveller with a working width of 3.5 m. The results show that with a control system response time of 0.3 s and a local field slope of up to 3°, the travel speed should not exceed 4.6 km/h to ensure a levelling accuracy of ± 2 cm. As the cutting depth increases from 0.02 to 0.08 m, draft resistance rises from 10.3 to 22.9 kN. It is recommended to carry out levelling in two stages: preliminary rough levelling at 6–8 km/h and final levelling at 4–5 km/h. The results can be used in designing laser levelling units and in their efficient operation.

Keywords: laser land levelling, leveller bucket, draft resistance, levelling accuracy, travel speed, water saving.

O'zbekistonda sug'oriladigan yerlarning asosiy qismida egatlab sug'orish usuli qo'llaniladi. Bu usulning samaradorligi ko'p jihatdan dala yuzasining tekisligiga bog'liq: notekis dalalarda suv past joylarda to'planib qoladi, baland joylar yetarli namlanmaydi, sug'orish me'yori oshadi, yer osti suvlari sathi ko'tarilib, tuproqning ikkilamchi sho'rlanish xavfi kuchayadi [4]. Shu sababli suv xo'jaligini rivojlantirish konsepsiyasida suvni tejaydigan texnologiyalarni, jumladan, yerlarni lazer yordamida tekislashni keng joriy etish vazifasi belgilangan [1].

Lazerli tekislash tizimi lazer nurlatgichi, tekislagich machtasiga o'rnatilgan qabul qilgich, boshqaruv bloki, gidravlik taqsimlagich va cho'michdan iborat. Tizim cho'michning balandligini lazer nuri tekisligiga nisbatan avtomatik ravishda rostlab, dala yuzasini belgilangan qiyalik bilan tekislaydi. Janubiy Osiyoning sholi-bug'doy almashlab ekish tizimlarida o'tkazilgan tadqiqotlar lazerli tekislash sug'orish suvi sarfini kamaytirishi va hosildorlikni oshirishini ko'rsatgan [2].

Shu bilan birga, tekislash aniqligi va agregat unumdorligi o'zaro qarama-qarshi talablar bilan bog'liq: tezlik oshganda unumdorlik ortadi, ammo boshqaruv tizimining kechikishi tufayli tekislash xatosi ham ko'payadi. Kesish chuqurligi esa tortish qarshiligini va demak, traktorga bo'lgan talabni belgilaydi. Qishloq xo'jalik mashinalari nazariyasi asoslari V.P. Goryachkin [7], tuproqni kesish va yer qazish mashinalari nazariyasi esa A.N. Zelenin [6], Yu.A. Vetrov [5] hamda N.I. Klenin va V.A. Sakun [3] ishlarida batafsil yoritilgan. Mazkur ishning maqsadi lazerli tekislash agregatining oqilona ish rejimlarini nazariy asoslashdan iborat.

Materiallar va usullar. Tadqiqot obyekti sifatida ishlov berish kengligi $B = 3,5$ m bo'lgan, g'ildirakli yurish qismiga o'rnatilgan cho'michli lazerli tekislagich qabul qilindi. Tekislagichning tortish qarshiligi yurish qismining g'ildirab yurish qarshiligi, cho'mich pichog'i bilan tuproqni kesish qarshiligi va cho'mich oldida suriladigan tuproq prizmasining ishqalanish qarshiligi yig'indisi sifatida aniqlandi [3, 5]:

$$P = f_1 \cdot G + k \cdot B \cdot h + f_2 \cdot \rho \cdot g \cdot V \quad (1)$$

bu yerda f_1 – g'ildirab yurish qarshiligi koeffitsiyenti; G – tekislagich og'irligi, N; k – tuproqning kesishga solishtirma qarshiligi, Pa; h – kesish chuqurligi, m; f_2 – tuproqning tuproqqa ishqalanish koeffitsiyenti; ρ – tuproq zichligi, kg/m³; g – erkin tushish tezlanishi, m/s²; V – tuproq prizmasi hajmi, m³. Cho'mich oldidagi tuproq prizmasining hajmi uning balandligi H va tuproqning tabiiy qiyalik burchagi φ orqali ifodalanadi [5, 6]:

$$V = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot \tan \varphi} \quad (2)$$

Lazer qabul qilgichi dala yuzasining o'zgarishini qayd etgan paytdan boshlab cho'mich gidravlik tizim orqali yangi holatga o'tguncha τ vaqt o'tadi. Shu vaqt davomida agregat v tezlik bilan harakatlanib, mahalliy qiyaligi β bo'lgan yuzada cho'michning vertikal xatosi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta z = v \cdot \tau \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (3)$$

Tekislash xatosi ruxsat etilgan $[\Delta z]$ qiymatdan oshmasligi shartidan agregatning ruxsat etilgan eng katta tezligi hamda ish unumdorligi aniqlanadi:

$$v_{\max} = \frac{[\Delta z]}{\tau \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad (4)$$

$$W = \frac{0,36 \cdot B \cdot v \cdot \tau_k}{m} \quad (5)$$

bu yerda W – unumdorlik, ga/soat; v – tezlik, m/s; τ_k – smena vaqtidan foydalanish koeffitsiyenti; m – bir joydan o'tishlar soni. Hisoblashlarda quyidagi qiymatlar qabul qilindi [3, 5, 6]: $G = 15$ kN; $f_1 = 0,15$; $k = 60$ kPa; $H = 0,4$ m; $\varphi = 35^\circ$; $\rho = 1400$ kg/m³; $f_2 = 0,7$; $[\Delta z] = 0,02$ m; $\tau = 0,2$ – $0,4$ s; $\beta = 2$ – 5° ; $\tau_k = 0,8$.

Natijalar va muhokama. (2) ifoda bo'yicha cho'mich oldidagi tuproq prizmasining hajmi $V \approx 0,40$ m³ ni tashkil etadi, bu esa tortish qarshiligiga taxminan 3,9 kN hissa qo'shadi. (1) ifoda bo'yicha tortish qarshiligining kesish chuqurligiga bog'liqligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Tekislagich tortish qarshiligining kesish chuqurligiga bog'liqligi

Kesish chuqurligi h , m	0,02	0,04	0,06	0,08
Tortish qarshiligi P , kN	10,3	14,5	18,7	22,9

Kesish chuqurligi har 0,02 m ga oshganda tortish qarshiligi 4,2 kN ga ortadi. Kesish chuqurligi 0,06 m gacha bo'lganda agregatni 2-tortish sinfidagi (nominal tortish kuchi 20 kN) traktorlar bilan, undan kattaroq chuqurliklarda esa 3-tortish sinfidagi traktorlar bilan agregatlash zarur. Katta hajmdagi tuproq ko'chirish talab etiladigan dastlabki tekislashda cho'michni to'liq chuqurlikka botirish emas, balki bir necha o'tishda kichikroq chuqurlikda ishlash traktor sirpanishini kamaytiradi va g'ildirak izlari hosil bo'lishining oldini oladi.

(4) ifoda bo'yicha ± 2 sm aniqlikni ta'minlovchi ruxsat etilgan eng katta tezlik qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Ruxsat etilgan eng katta harakat tezligi $v_{\max}$, km/soat

Javob berish vaqti τ , s	$\beta = 2^\circ$	$\beta = 3^\circ$	$\beta = 5^\circ$
0,2	10,3	6,9	4,1
0,3	6,9	4,6	2,7
0,4	5,2	3,4	2,1

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, ruxsat etilgan tezlik boshqaruv tizimining javob berish vaqtiga va dala yuzasining notekisligiga teskari proporsional. Notekisligi katta bo'lgan ($\beta = 5^\circ$) dalalarda belgilangan aniqlikni bir o'tishda ta'minlash uchun tezlikni 2–4 km/soat gacha pasaytirish kerak, bu esa unumdorlikni keskin kamaytiradi. Shu sababli tekislashni ikki bosqichda bajarish maqsadga muvofiq: birinchi bosqichda yirik notekisliklar 6–8 km/soat tezlikda qo'pol tekislanadi, natijada mahalliy qiyaliklar 2– 3° gacha kamayadi; ikkinchi bosqichda esa yakuniy tekislash 4–5 km/soat tezlikda bajariladi. (5) ifodaga ko'ra ikki marta o'tishda ($m = 2$) 5 km/soat tezlikda agregat unumdorligi 0,70 ga/soat, 8 km/soat tezlikda esa 1,12 ga/soat ni tashkil etadi.

Gidravlik tizimning javob berish vaqtini 0,4 dan 0,2 s gacha qisqartirish ruxsat etilgan tezlikni ikki barobar oshiradi. Demak, tekislagichlarning gidravlik tizimini takomillashtirish (taqsimlagichning tezkorligini oshirish, gidrosilindr va quvurlar hajmini optimallashtirish) agregat unumdorligini

oshirishning muhim zaxirasi hisoblanadi. Olingan natijalar nazariy hisoblashlarga asoslangan bo'lib, tuproq xossalari va tizimning haqiqiy dinamik tavsiflari dala sinovlarida aniqlashtirilishi lozim.

Xulosa. Lazerli tekislash agregatining nazariy tahlili asosida ishlov berish kengligi 3,5 m bo'lgan tekislagichning tortish qarshiligi kesish chuqurligi 0,02–0,08 m bo'lganda 10,3–22,9 kN ni tashkil etishi va uni 2–3-tortish sinfidagi traktorlar bilan agregatlash zarurligi aniqlandi. ± 2 sm tekislash aniqligini ta'minlash uchun boshqaruv tizimining javob berish vaqti 0,3 s va mahalliy qiyalik 3° gacha bo'lganda harakat tezligi 4,6 km/soat dan oshmasligi kerak. Tekislashni ikki bosqichda – qo'pol tekislashni 6–8 km/soat, yakuniy tekislashni 4–5 km/soat tezlikda bajarish tavsiya etiladi. Gidravlik tizimning javob berish vaqtini qisqartirish agregat unumdorligini oshirishning asosiy yo'nalishlaridan biridir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi PF-6024-son «O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Farmoni.
2. Jat M.L., Gathala M.K., Ladha J.K. et al. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice–wheat rotation: water use, productivity, profitability and soil physical properties // Soil and Tillage Research. — 2009. — Vol. 105, № 1. — P. 112–121.
3. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — 3-е изд. — М.: Колос, 1994. — 751 с.
4. Walker W.R. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. — Rome: FAO, 1989. — (FAO Irrigation and Drainage Paper 45).
5. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. — М.: Машиностроение, 1971. — 357 с.
6. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1968. — 376 с.
7. Горячкин В.П. Собрание сочинений: в 3 т. — М.: Колос, 1968.

ЧИЗЕЛ-КУЛТИВАТОР МАШИНАЛАРИ ИШЧИ ОРГАНЛАРИНИНГ ЕЙИЛИШИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ОМИЛЛАР

Қосимов Каримжон Зухриддинович¹, Махмудов Икромхон Рустамхон ўғли²

¹Андижон давлат техника институти, “Технологик машиналар ва меҳнат муҳофазаси”
кафедраси профессори, Андижон, Ўзбекистон

²Андижон давлат техника институти, “Технологик машиналар ва меҳнат муҳофазаси”
кафедраси докторанти DSc, Андижон, Ўзбекистон, Email: ikhrorbek_tm2019@mail.ru

Аннотация. Ушбу тезисда тупроққа ишлов берувчи қишлоқ хўжалиги машиналари ишчи органларининг ейилишига таъсир этувчи асосий омиллар таҳлил қилинган. Тадқиқотда тупроқнинг механик таркиби, намлиги, зичлиги, абразивлиги ва механик қўшилмалари, шунингдек, ишлаш тезлиги, ишлов бериш чуқурлиги, иш режими ва ишчи орган материали каби эксплуатацион омилларнинг таъсири ёритилган. Тупроқнинг абразивлиги ва таркибидаги ўткир қиррали заррачалар ишчи органлар юзасида микрокесиш жараёнини кучайтириб, ейилиш жадаллигини ошириши аниқланган. Тупроқ механик таркибининг оғирлашиши ишчи органларга таъсир этувчи қаршилиқ ва юкланишларнинг ортишига олиб келади. Чизел-култиватор лемехларида асосий ейилиш турлари абразив, фреттинг-коррозияли ва адгезион ейилишлар эканлиги кўрсатилган. Олинган натижалар ишчи органларнинг ейилишга чидамлилиги ва хизмат ресурсини оширишда тупроқ шароитлари ҳамда эксплуатацион режимларни комплекс ҳисобга олиш зарурлигини кўрсатади.

Калит сўзлар: тупроққа ишлов бериш машиналари, ишчи органлар, лемех, ейилиш, абразив ейилиш, тупроқ абразивлиги, механик таркиб, намлик, юкланиш, ейилиш жадаллиги, ейилишга чидамлилик, хизмат ресурси.

Аннотация. В тезисе проанализированы основные факторы, влияющие на износ рабочих органов сельскохозяйственных машин для обработки почвы. Рассмотрено влияние механического состава, влажности, плотности, абразивности и механических включений почвы, а также эксплуатационных факторов, таких как скорость движения, глубина обработки, режим работы и материал рабочих органов. Установлено, что абразивность почвы и наличие в её составе частиц с острыми гранями усиливают процесс микрорезания поверхности рабочих органов и повышают интенсивность износа. Увеличение тяжести механического состава почвы приводит к росту сопротивления и нагрузок, действующих на рабочие органы. Показано, что основными видами износа лемехов чизель-культиваторов являются абразивный, фреттинг-коррозионный и адгезионный износ. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости комплексного учёта почвенных условий и эксплуатационных режимов для повышения износостойкости и ресурса рабочих органов.

Ключевые слова: почвообрабатывающие машины, рабочие органы, лемех, износ, абразивный износ, абразивность почвы, механический состав, влажность, нагрузка, интенсивность износа, износостойкость, ресурс.

Abstract. The thesis analyzes the main factors affecting the wear of working elements of agricultural soil-tillage machines. The effects of soil mechanical composition, moisture, density, abrasiveness, and mechanical inclusions, as well as operational factors such as working speed, tillage depth, operating mode, and working-element material, are considered. It was established that soil abrasiveness and the presence of sharp-edged particles intensify the micro-cutting process on the surface of working elements and increase the wear rate. An increase in the heaviness of the soil mechanical composition leads to higher resistance and loads acting on the working elements. It was shown that the main types of wear of chisel-cultivator blades are abrasive, fretting-corrosion, and adhesive wear. The obtained results indicate the need for comprehensive consideration of soil conditions and operating modes to improve the wear resistance and service life of working elements.

Keywords: soil-tillage machines, working elements, blade, wear, abrasive wear, soil abrasiveness, mechanical composition, moisture, load, wear rate, wear resistance, service life.

Кириш. Қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришида тупроққа ишлов бериш жараёnlари экинлар ҳосилдорлигини белгилаб берувчи энг муҳим агротехник тадбирлардан бири ҳисобланади. Ушбу жараёнлар учун қўлланиладиган машиналар юқори механик юклама, абразив муҳит ва ўзгарувчан иш шароитларида фаолият юритади. Натижада машиналарнинг айрим ишчи органлари ва конструктив элементлари тез ейилишга мойил бўлиб, бу ҳолат уларнинг хизмат муддатини қисқартиради ҳамда эксплуатацион харажатларни оширади [1; 2].

Республикамизда қишлоқ хўжалиги машиналари ишчи органлари ишлаб чиқарувчи бир қанча корхоналар мавжуд. Ушбу корхоналар фойдаланаётган ишлаб чиқариш технологияси бундан 40 - 50 йил олдин яратилган бўлиб, у даврда тупроққа ишлов бериш тезлиги 1,4 м/с бўлса, ҳозирга келиб 2,2 – 2,7 м/с га етган [3; 160-163-б.].

Шу билан бирга, сўнги йилларда ҳосил йиғиш машиналарининг массаси бир неча марта ортиши туфайли тупроқнинг ортиқча зичлашишига олиб келади. Натижада ҳайдов агрегатларининг ишчи органларига тушаётган юкланиш охирги ўн йилликда 2 баробарга ортиб кетди. Аммо, мамлакатимизда шу вақт оралиғида ишчи органлар конструктив ва материалшунослик нуқтаи назаридан деярли ўзгармади. Оқибатда эса биргина Андижон вилоятининг ўзида бир мавсумда ўртача 80000 га ер майдони шудгорланишини ҳисобга олсак ўртача 4000 дона лемех ёки 20 тоннагача металл прокати сарфланишига, бу кўрсаткич республика бўйича йилига 250000 донадан ортиқ лемех ёки 1000 тоннадан ортиқ металл прокати сарфланишига олиб келмоқда [4; 161–163-б., 5; 12-б.].

Материаллар ва усуллар. Тупроққа ишлов берадиган машиналар ишчи органларининг ейилишига таъсир этувчи омиллар тупроқни (таркиби, намлиги, зичлиги, абразивлиги, механик қўшилмалари) ва эксплуатацион (тезлиги, ишлов бериш чуқурлиги, мойлаш сифати, иш режими, техник хизмат кўрсатиш давомийлиги, деталь материали) ҳамда тупроқнинг агрессив

компонентлари металл билан ўзаро таъсирлашиб, ейилишини осонлаштирувчи иккиламчи структуралар ҳосил қилувчи конструктив хусусиятлари ва кимёвий жараёнларга бўлинади. Тупроқнинг абразивлиги ва намлиги ейилиш жадаллиги ва характериға таъсир этувчи асосий факторлардан ҳисобланади [6; 68-б].

Ейилиш жараёни нуқтаи назаридан тупроқнинг ейилтирувчи қобиляти - бу тупроқни ташкил этувчи заррачалар ва қўшимчаларнинг кесиш ёки сирпаниш таъсири натижасида кесувчи элементларни емириш, уларнинг геометрик ўлчамларини ўзгартириш қобилятидир. Абразив ейилиш асосида деталлар юзасини абразив доналарнинг учлари билан микрокесиш жараёни ётади. Ейилиш жараёнининг жадаллигига қирраларнинг ўткирлиги ҳам, уларнинг сони ҳам катта таъсир кўрсатади. Заррачаларнинг ўткир қирралари қанчалик кўп бўлса, улар деталлар юзасига шунчалик юқори ейилиш таъсирини кўрсатади [6; 68-б].

Қуйида ушбу келтирилган таъсир этувчи омиллар кенгроқ ёритилади. Ерларнинг унумдорлигини белгилайдиган асосий кўрсаткичларидан бири тупроқнинг механик таркиби бўлиб, одатда енгил соз тупроқларнинг потенциал унумдорлиги юқори бўлади. Тупроқнинг механик таркибига кўра агротехник тадбирларнинг турлари ва муддатлари белгиланади. Ерга ишлов беришда қишлоқ хўжалиги машиналари ва уларнинг ишчи органларига тушаётган қаршилиқлари, ишчи органларнинг ейилиш жадаллиқлари ҳам тупроқнинг механик таркибига боғлиқ бўлади [7; 13-14-б]. Қуйидаги 1-жадвалда тупроқнинг механик таркиби бўйича нисбий ва абсолют ейилтирувчи хоссалари келтирилган.

Натижалар ва муҳокама. Маълумки тупроқнинг механик таркибини оғирлашиши ишчи органга кўрсатадиган қаршилиқни ортишига олиб келади ва натижада агрегатнинг тортишга қаршилиги ортади, иш унуми пастлайди, ёнилғи сарфи ҳам ортади. Масалан, енгил қумоқларда тупроқнинг қаршилиги $0,5 - 0,7 \text{ кг/см}^2$, ўртача қумоқларда эса $0,93 - 1,06 \text{ кг/см}^2$ ни ташкил қилса, бунда ёнилғи сарфи $10 - 12 \text{ кг}$ дан $15 - 18 \text{ кг}$ га ортади [8; 78-б].

1-жадвал

Тупроқнинг механик таркиби бўйича нисбий ва абсолют ейилтирувчи хоссалари

Тупроқнинг тури	Ўртача миқдори, %		Нисбий ейилтирувчи хоссаси, m_{et}	Л53 пўлатининг $P = 0,1 \text{ МПа}$ босимдаги ейилиш жадаллиги, mm/ha
	Қум	Гил		
Қум тупроқ	95	5	0,87	0,33
Қумоқ тупроқ	85	15	0,62	0,24
Қумоқ тупроқ:				
енгил қумоқ тупроқ	75	25	0,42	0,16
ўртача қумоқ тупроқ	65	35	0,32	0,12
оғир қумоқ тупроқ	50	50	0,22	0,08
Соз тупроқ:				
енгил соз тупроқ	35	65	0,15	0,06
ўртача соз тупроқ	25	75	0,10	0,04
оғир соз тупроқ	10	90	0,06	0,02
Кварс зарралари			1,0	0,38

Тупроқларнинг 1-жадвалда келтирилган 8 та туридан Андижон вилоятида 4 та тури мавжуд [7; 14-15-б]. Улар суғориладиган типик ва оч тусли бўз тупроқлар (ўрта қумлоқли) 25,5 фоизни, ўтлоқи бўз тупроқлар (оғир ва ўрта қумлоқли, айрим ҳолларда енгил қумлоқли) 8,0 фоизни, ўтлоқ тупроқлар (енгил қумлоқли) 35 фоизни, ўтлоқи-ботқоқ тупроқлар (оғир қумоқ) 10 фоизни ва шўрхоқ тупроқлар (оғир қумоқдан қумлоққача) 9,6 фоизни, бошқа тупроқлар 1,1 фоизни ташкил этади. [10; 5-б].

Ўўза қатор ораларига ишлов беришда чизел-култиваторнинг асосий ишчи органлари бўлиб ясси ишчи органлари (лемехи) ҳисобланади. Улар иш жараёнида тупроқдан таъсир этувчи турли хил динамик юкланишлар ҳамда ейилтирувчи муҳит билан доимий таъсирда

ишлайди. Натижада бу ишчи органлар тез ейилиб ишдан чиқади. Қишлоқ хўжалик техникалари ясси иш органларининг асосий ейилиш турлари бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: абразив ейилиш – 47 фоиз, фреттинг-коррозияли ейилиш – 16 фоиз, адгезияли ейилиш – 14 фоиз ва бошқалар – 23 фоиз [11; 57-б.]. Ушбу деталларни ейилишининг ўзига хос хусусияти ейилиш миқдорининг катталиги бўлиб, уларда ейилиш миқдори 20 – 30 мм гача етади, айрим ҳолларда иш органларнинг шаклини йўқотишига олиб келади. Шунинг учун ҳам бундай деталларнинг ишончилиги ва ресурсини сезиларли даражада орттириш талаб этилади.

Хулоса. Шу нуқтаи назардан, қишлоқ хўжалиги машиналари ишчи органларининг ишончилиги ва хизмат муддатини ошириш учун уларнинг конструкцияси ва материални танлашда тупроқнинг физик-механик хусусиятлари ҳамда реал эксплуатацион юкланишларни комплекс ҳисобга олиш муҳим аҳамиятга эга. Олинган натижалар ишчи органларнинг ейилишга чидамлилигини ошириш, уларнинг хизмат ресурсини узайтириш ва қишлоқ хўжалиги машиналаридан фойдаланиш самарадорлигини юксалтиришга қаратилган технологик ва конструктив ечимларни ишлаб чиқиш учун илмий асос бўлиб хизмат қилади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Синеоков Г.Н. Машины для обработки почвы. – М.: Колос, 1983.
2. Белик В.П. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1990.
3. Qosimov K.Z., Madazimov M.T., Qodirov N.U., Sultonov R.Sh. Plug lemexlarini o'rganish natijalar tahlili // FarPI ilmiy-texnika jurnali. -Farg'ona, 2022. T.26. - №1. 160-163-b.
4. Qosimov K.Z., Madazimov M.T., Qodirov N.U. Tuproqqa ishlov beradigan ishchi organlari o'rganilganlik darajasi // Raqamli texnologiyalar, innovatsion g'oyalar va ularni ishlab chiqarish sohasida qo'llash istiqbollari, xalqaro ilmiy- amaliy anjumani, AndMI,- Andijon. 2021. B.-161-163.
5. Madazimov M.T. Plug lemexlarini kompozitsion materiallar bilan qayta tiklab resursini oshirish texnologiyasini asoslash. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori dissertatsiya. Andijon, 2020. 12- b.
6. Н. В. Костюченков., В. А. Фурсов., А. И. Козак., Ж. Б. Шугубаев, изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих машин и способы восстановления их работоспособности // Вестник Курганской ГСХА Научный журнал, № 2, 2016.
7. Қодиров Н.У. Лемехларга термик ишлов бериб ресурсини ошириш технологиясини такомиллаштириш. Техника фанлари бўйича фалсафа доктори диссертация. Андижон-2023 й. - 142 б.
8. Xoliqov Sh., Uzoqov R., Boboxo'jaev I. Tuproqshunoslik. -Toshkent 2011. 574 b.
9. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин.- Автореф. дисс. д.т.н. Москва. ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 39 с.
10. Tshaev Sh., Xoliqov B. va b. Andijon viloyatida ekilayotgan g'o'za navlarini parvarishlash agrotexnologiyasi // O'zbekiston qishloq xo'jaligi ilmiy-ishlab chiqarish markazi paxta seleksiyasi, urug'chiligi va yetishtirish agrotexnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti PSUEAITI, - Toshkent. 2017. B 4-5.
11. Нуриев К.К. Повышение эксплуатационно-технологических показателей почвообрабатывающих машин хлопководческого комплекса. Дисс. д.т.н. Янгиюль, 2005. 540 с.

SANOAT OQOVA SUVLARIDAN Ag(I) IONLARINI OLTINGUGURT TUTUVCHI NT–EXG POLIMER SORBENTI YORDAMIDA AJRATIB OLISHNING EKOLOGIK SAMARADORLIGI

Allanov Abdigaffor Berdiyrovich¹, Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich²

¹Qarshi davlat universiteti, Qarshi shahri, O'zbekiston Respublikasi

²Toshkent kimyo texnologiyasi ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent shahri, O'zbekiston,
e-mail: abdigaffor.allanov.74@mail.ru; fnurkulov82@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat oqova suvlari va texnologik eritmalar tarkibidagi ekologik xavfli hamda iqtisodiy jihatdan qimmatli Ag(I) ionlarini ajratib olish uchun oltingugurt

tutuvchi NT–EXG polimer sorbentining sorbsion xossalari tadqiq etilgan. Sorbent epixlorogidrin va Xloriksning 1:1 massa nisbatidagi aralashmasini natriy tetrasulfid eritmasi bilan reaksiyaga kiritish va polimerlash asosida sintez qilingan. Ag(I) ionlarining sorbsiyasiga kontakt vaqti, boshlang'ich konsentratsiya, eritma pH qiymati va dinamik sharoitdagi oqim tezligining ta'siri o'rganilgan. Sorbsiya jarayonining dastlabki bosqichida Ag(I) ionlarining sorbentning tashqi yuzasi va oson kirish mumkin bo'lgan faol markazlar bilan tez bog'lanishi, keyingi bosqichda esa ichki diffuziya ta'sirida jarayon tezligining pasayishi aniqlangan. Ag(I) sorbsiyasi uchun optimal muhit pH 6–7 oralig'ida bo'lib, maksimal sorbsiya sig'imi 98,78 mg/g ni tashkil etgan. Boshlang'ich konsentratsiyaning ortishi bilan statik hajmiy sig'im 2,83 mol/L gacha osh-gan. Dinamik kolonka sharoitida 2 ml/min oqim tezligida dinamik sig'im 52 mg/g va dinamik hajmiy sig'im 2,16 mol/L ga yetgan. Besh sorbsiya–desorbsiya siklidan so'ng sorbent boshlang'ich faolligining 78 % ini saqlab qolgan. Na-tijalar NT–EXG sorbentining Ag(I) bilan ifloslangan oqova suvlarni tozalash va kumushni ikkilamchi resurs sifatida qayta ajratib olish uchun istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sanoat oqova suvlari, Ag(I) ionlari, NT–EXG sorbenti, sorbsiya, ekologik xavfsizlik.

Аннотация. В работе исследованы сорбционные свойства серосодержащего полимерного сорбента NT–EXG для извлечения экологически опасных и экономически ценных ионов Ag(I) из промышленных сточных вод и технологических растворов. Сорбент синтезирован путем взаимодействия смеси эпихлоргидрина и Xloriks, взятых в массовом соотношении 1:1, с раствором тетрасульфид натрия с последующей полимеризацией. Изучено влияние времени контакта, исходной концентрации Ag(I), pH среды и скорости потока в динамических условиях. Установлено, что на начальной стадии сорбция протекает быстро за счет доступных поверхностных активных центров, а затем замедляется вследствие внутриматричной диффузии. Оптимальная область pH составила 6–7, максимальная сорбционная емкость достигла 98,78 мг/г. При увеличении исходной концентрации статическая объемная емкость возросла до 2,83 моль/л. В колонных опытах при скорости потока 2 мл/мин динамическая емкость составила 52 мг/г, а динамическая объемная емкость — 2,16 моль/л. После пяти циклов сорбции–десорбции материал сохранил 78 % исходной активности. Полученные результаты подтверждают перспективность применения NT–EXG для очистки сточных вод, загрязненных Ag(I), и последующего возврата серебра в качестве вторичного ресурса.

Ключевые слова: промышленные сточные воды, ионы Ag(I), сорбент NT–EXG, сорбция, экологическая безопасность.

Abstract. This study investigates the sorption properties of a sulfur-containing NT–EXG polymer sorbent for removing environmentally hazardous and economically valuable Ag(I) ions from industrial wastewater and process solutions. The sorbent was synthesized by reacting a 1:1 mass mixture of epichlorohydrin and Xloriks with sodium tetrasulfide solution followed by polymerization. The effects of contact time, initial Ag(I) concentration, solution pH, and flow rate under dynamic conditions were evaluated. The results showed rapid Ag(I) uptake at the initial stage due to readily accessible surface active sites, followed by a slower stage associated with diffusion into the polymer matrix. The optimum pH range was 6–7, and the maximum sorption capacity reached 98.78 mg/g. With increasing initial concentration, the static volumetric capacity increased to 2.83 mol/L. In column experiments at a flow rate of 2 mL/min, the dynamic capacity reached 52 mg/g and the dynamic volumetric capacity was 2.16 mol/L. After five sorption–desorption cycles, the sorbent retained 78% of its initial activity. These results indicate that NT–EXG is a promising material for treating Ag(I)-contaminated wastewater and recovering silver as a secondary resource.

Keywords: industrial wastewater, Ag(I) ions, NT–EXG sorbent, sorption, environmental safety.

Kirish. Sanoat korxonalarida hosil bo'ladigan oqova suvlar tarkibidagi og'ir va qimmatbaho metall ionlari suv ekotizimlari uchun muhim ekologik xavf omillaridan biri hisoblanadi. Bunday

ifloslantir-uvchilarning suv obyektlariga tushishi ularning tabiiy biogeokimyoviy muvozanatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi, tirik organizmlarda to'planishi hamda suv resurslarining sifat ko'rsatkichlarini yomonlashtirishi mumkin [1; 2]. Shu sababli metall ionlarini oqova suvlardan yuqori samaradorlikda ajratib olish, ularning atrof-muhitga tarqalishini cheklash va imkon qadar ikkilamchi xomashyo sifatida qayta tiklash ekologik texnologiyalarning dolzarb vazifalaridan biridir [3; 4].

Kumush ionlari Ag(I) galvanika, elektrotexnika, fotoelektronika, kimyo va kon-metallurgiya jarayonlari natijasida sanoat oqova suvlari tarkibiga tushishi mumkin. Kumushning ekologik faolligi va yuqori iqtisodiy qiymati uni oqova suv tarkibidan selektiv ajratib olishga qaratilgan samarali sorbsiya materiallarini yaratishni talab etadi. Ag(I) ionlarining oltingugurt tutuvchi funksional guruhlariga yuqori moyilligi ushbu turdagi polimer sorbentlardan foydalanish imkoniyatini oshiradi [5].

Mazkur tadqiqotda epixlorogidrin va Xloriks asosida natriy tetrasulfid ishtirokida sintez qilingan NT-EXG oltingugurt tutuvchi polimer sorbentining Ag(I) ionlarini ajratib olish xususiyatlari o'rganildi. Tadqiqotning maqsadi sorbentning statik va dinamik sorbsion ko'rsatkichlarini baholash, jarayonga pH, kontakt vaqti, boshlang'ich konsentratsiya va oqim tezligining ta'sirini aniqlash hamda uning sanoat oqova suvlarini tozalash va kumushni qayta tiklashdagi ekologik istiqbolini aso-slashdan iborat.

Materiallar va usullar. NT-EXG sorbenti epixlorogidrin (EXG) va Xloriksni 1:1 massa nisbatida olib, natriy tetrasulfid eritmasi bilan reaksiyaga kiritish va keyingi polimerlanish orqali olingan. Ag(I) sorbsiyasi statik va dinamik sharoitlarda baholangan. Kinetik tajribalarda kontakt vaqti 5–180 minut oralig'ida, pH ta'siri esa pH 2–9 oralig'ida o'rganilgan. Dinamik kolonka tajribalarida 10 ml ionit hajmida eritma oqim tezligi 2–10 ml/min diapazonda o'zgartirilgan. Statik hajmiy sig'imni baholashda boshlang'ich Ag(I) konsentratsiyasi 0,10–0,50 mol/L, eritma hajmi 100 ml va ionit hajmi 10 ml bo'lgan. Sorbsiya samaradorligi q_t va q_e qiymatlari, statik hamda dinamik hajmiy sig'im va yorib chiqish vaqti bo'yicha tahlil qilingan.

Natijalar va muhokama. NT-EXG sorbentida Ag(I) sorbsiyasining kinetikasi. Kontakt vaqtining ortishi bilan q_t qiymatining muntazam oshishi kuzatildi. Dastlabki 5 minutda sorbent 3,2 mg/g Ag(I) yutgan bo'lsa, 20 minutda bu qiymat 12,3 mg/g, 60 minutda 18,5 mg/g va 180 minutda 25,1 mg/g ga yetgan. Sorbsiya jarayonini shartli ravishda ikki bosqichga ajratish mumkin. Birinchi, tez bosqichda eritmadagi Ag(I) ionlari sorbentning tashqi yuzasi va oson kirish mumkin bo'lgan faol markazlari bilan o'zaro ta'sirlashadi. Ushbu bosqichda faol markazlarning bandlik darajasi past, shuningdek eritma va sorbent orasidagi konsentratsion gradient yuqori bo'ladi.

Ikkinchi bosqichda sorbsiya tezligi kamayadi. 60 minutdan 120 minutgacha q_t faqat 18,5 dan 20,8 mg/g gacha ortgan. Buning sababi tashqi va oson kirish mumkin bo'lgan markazlarning katta qismi bog'langan bo'lishi, keyingi Ag(I) ionlarining polimer matritsaning ichki qismlariga diffuziyasi uchun uzoqroq vaqt talab etilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

1-jadval.

NT-EXG sorbentida Ag(I) sorbsiyasining vaqtga bog'liqligi

Kontakt vaqti, min	C, mg/L	q_t , mg/g
5	92	3,2
10	83	7,3
20	65	12,3
40	44	16,6
60	35	18,5
120	28	20,8
180	23	25,1

Dinamik hajmiy sig'im. Oqim tezligi 2 ml/min bo'lganda dinamik hajmiy sig'im maksimal 2,16 mol/L ni tashkil etdi. Oqim 10 ml/min gacha oshirilganda ushbu ko'rsatkich 1,26 mol/L gacha kamaygan, ya'ni pasayish 0,90 mol/L yoki 41,67 % ni tashkil etgan. Yorib chiqish vaqti ham 169

minutdan 72 minutgacha qisqargan. Mazkur natijalar massani uzatish va sorbent qatlamidagi kontakt vaqtining hal qiluvchi rolini tasdiqlaydi.

2-jadval.

NT–EXG sorbentining dinamik hajmiy sig‘imi

Q, ml/min	t _p , min	Ionit hajmi, ml	Dinamik hajmiy sig‘im, mol/L
2	169	10	2,16
4	132	10	2,01
6	110	10	1,73
8	92	10	1,52
10	72	10	1,26

Statik hajmiy sig‘imga boshlang‘ich konsentratsiyaning ta’siri. Boshlang‘ich Ag(I) konsentratsiyasi 0,10 mol/L dan 0,50 mol/L gacha oshirilganda statik hajmiy sig‘im 0,62 mol/L dan 2,83 mol/L gacha oshgan. Bu taxminan 4,56 martalik o‘shish demakdir. Biroq 0,40 mol/L dan 0,50 mol/L gacha konsentratsiya oshirilganda sig‘im faqat 2,68 dan 2,83 mol/L gacha ko‘tarilgan. Oldingi intervallarga nisbatan o‘shish sur‘atining keskin kamayishi NT–EXG sorbentining faol markazlari to‘yinishga yaqinlashayotganligini ko‘rsatishi mumkin.

3-jadval.

NT–EXG sorbentining statik hajmiy sig‘imi

C ₀ , mol/L	C _e , mol/L	V, ml	V _i , ml	Statik hajmiy sig‘im, mol/L
0,10	0,038	100	10	0,62
0,20	0,067	100	10	1,33
0,30	0,098	100	10	2,02
0,40	0,132	100	10	2,68
0,50	0,217	100	10	2,83

Muhit pH ning Ag(I) sorbsiyasiga ta’siri. Eritma pH qiymati metall ionlarining sorbsiyasini belgilovchi eng muhim omillardan biridir. NT–EXG sorbenti uchun pH 2–9 oralig‘ida tajribalar bajarilgan. pH 2 da sorbsiya sig‘imi 38,40 mg/g ni tashkil etgan. pH ortishi bilan q_e muntazam ko‘tarilib, pH 4 da 69,25 mg/g, pH 5 da 79,90 mg/g va pH 6 da maksimal 98,78 mg/g qiymatga yetgan. pH 6–7 oralig‘ida yuqori sorbsion faollik saqlanib qolgan, pH 9 da esa q_e 77,25 mg/g gacha pasaygan. Ushbu natijalar NT–EXG sorbentining Ag(I) ionlarini ajratib olish samaradorligi muhit kislotaliligiga sezilarli bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari oltingugurt tutuvchi NT–EXG polimer sorbenti Ag(I) ionlarini suvli eritmalaridan samarali ajratib olish qobiliyatiga ega ekanligini ko‘rsatdi. Sorbsiya jarayoni boshlang‘ich konsentratsiya, kontakt vaqti, pH va eritma oqim tezligiga bog‘liq bo‘lib, eng yuqori sorbsion faollik pH 6–7 oralig‘ida kuzatildi. Sorbentning yuqori statik va dinamik sig‘imi hamda takroriy sorbsiya–desorbsiya sikllarida faolligini saqlab qolishi uning regeneratsiya qilinishi va qayta foydalanish imkoniyatini tasdiqlaydi. Olingan natijalar NT–EXG sorbentidan Ag(I) ionlari bilan ifloslangan sanoat oqova suvlarini tozalash va kumushni ikkilamchi resurs sifatida qayta ajratib olishda foydalanish istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Fornasaro S., Ghezzi L., Arrighi S., Shukurov N., Petrov M., Tomei A., Petrini R. Geochemistry and risk assessment of potentially toxic elements in surface river sediments (Chirchik–Akhanganar basin, Uzbekistan) // Environmental Geochemistry and Health. – 2025. – Vol. 47. – Article 127. DOI: 10.1007/s10653-025-02441-9.

2. Gapporov K., Kulmatov R., Opp C. Assessment of quantity and quality indicators of water resources in the Zarafshan river basin (within the territory of Uzbekistan) // E3S Web of Conferences. – 2025. – Vol. 623. – Article 01010. DOI: 10.1051/e3sconf/202562301010.

3. Kodirov O., Shukurov N. Heavy Metal Distribution in Soils near the Almalyk Mining and Smelting Industrial Area, Uzbekistan // Acta Geologica Sinica – English Edition. – 2009. – Vol. 83, No. 5. – P. 985–990. DOI: 10.1111/j.1755-6724.2009.00127.x.

4. Shukurov N., Kodirov O., Peitzsch M., Kersten M., Pen-Mouratov S., Steinberger Y. Coupling geochemical, mineralogical and microbiological approaches to assess the health of contaminated soil around the Almalyk mining and smelter complex, Uzbekistan // Science of the Total Environment. – 2014. – Vol. 476–477. – P. 447–459. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.01.031.

5. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Fourth Environmental Performance Review of Uzbekistan. – Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2026.

TUPROQQA RESURSTEJAMKOR ISHLOV BERUVCHI KOMBINATSIYALASHGAN AGREGAT CHIZEL ISH ORGANLARI PARAMETRLARINI NAZARIY ASOSLASH

Chuyanov Dustmurod Shodmonovich¹, Botirov Rustam Lutfullayevich²

¹*Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi shahar, O'zbekiston*

²*Enter Engineering Pte. Ltd, Qarshi shahar, O'zbekiston*

e-mail: d.chuyanov1@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada tuproqqa minimal va resurstejamkor ishlov berish texnologiyasida qo'llaniladigan, chizel ish organlari va g'altakli zichlagichdan tashkil topgan kombinatsiyalashgan agregatning asosiy parametrlarini nazariy asoslash natijalari keltirilgan. Tadqiqotning maqsadi chizel ish organlari orasidagi masofa, ishlov berish chuqurligi va harakat tezligining agregat tortish qarshiligi hamda solishtirma energiya sarfiga ta'sirini aniqlash va ularning oqilona qiymatlarini belgilashdan iborat. Tadqiqotda V.P. Goryachkinning ratsional formulasi, ish organi ta'sirida tuproqning yon tomonga deformatsiyalanish zonasi geometriyasi, agregat ish unumdorligi va energetik ko'rsatkichlarini hisoblash usullaridan foydalanildi. Hisoblashlar o'rtacha qumoq tuproqlar uchun ilmiy adabiyotlarda keltirilgan parametr qiymatlari asosida bajarildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ishlov berish chuqurligi 0,30–0,35 m bo'lganda yumshatilgan tizmalar balandligi 5 sm dan oshmasligi uchun ish organlari orasidagi masofa 0,40–0,47 m oralig'ida bo'lishi lozim. Harakat tezligini 6 dan 12 km/soat gacha oshirish tortish qarshiligini atigi 7–8 % ga oshirgani holda agregat unumdorligini ikki barobar ko'paytiradi, ishlov berish chuqurligini 0,25 dan 0,35 m gacha oshirish esa solishtirma energiya sarfini 28–29 % ga orttiradi. Olingan natijalar kombinatsiyalashgan agregatni loyihalashda va uni traktor bilan oqilona agregatlashda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: tuproqqa minimal ishlov berish, chizel ish organi, kombinatsiyalashgan agregat, tortish qarshiligi, solishtirma energiya sarfi, ish unumdorligi.

Аннотация. В статье приведены результаты теоретического обоснования основных параметров комбинированного агрегата, состоящего из чизельных рабочих органов и катка-уплотнителя, применяемого в технологии минимальной и ресурсосберегающей обработки почвы. Цель исследования – определение влияния расстояния между чизельными рабочими органами, глубины обработки и скорости движения на тяговое сопротивление агрегата и удельные энергозатраты, а также установление их рациональных значений. В исследовании использованы рациональная формула В.П. Горячкина, геометрия зоны бокового деформирования почвы рабочим органом, а также методы расчёта производительности и энергетических показателей агрегата. Расчёты выполнены для средних суглинистых почв при значениях параметров, приведённых в научной литературе. Результаты показали, что при глубине обработки 0,30–0,35 м расстояние между рабочими органами должно составлять 0,40–

0,47 м, чтобы высота необработанных гребней не превышала 5 см. Увеличение скорости движения с 6 до 12 км/ч повышает тяговое сопротивление лишь на 7–8 %, при этом производительность агрегата возрастает в два раза, а увеличение глубины обработки с 0,25 до 0,35 м повышает удельные энергозатраты на 28–29 %. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании комбинированного агрегата и его рациональном агрегатировании с трактором.

Ключевые слова: минимальная обработка почвы, чизельный рабочий орган, комбинированный агрегат, тяговое сопротивление, удельные энергозатраты, производительность.

Abstract. The article presents the results of a theoretical substantiation of the main parameters of a combined unit consisting of chisel tines and a packer roller used in minimum and resource-saving soil tillage technology. The aim of the study is to determine the influence of tine spacing, working depth and travel speed on the draft resistance of the unit and on specific energy consumption, and to establish their rational values. The study uses V.P. Goryachkin's rational formula, the geometry of the lateral soil disturbance zone produced by a tine, and methods for calculating the productivity and energy indicators of the unit. Calculations were performed for medium loam soils using parameter values reported in the scientific literature. The results show that at a working depth of 0.30–0.35 m the tine spacing should be 0.40–0.47 m so that the height of unloosened ridges does not exceed 5 cm. Increasing travel speed from 6 to 12 km/h raises draft resistance by only 7–8 % while doubling the productivity of the unit, whereas increasing working depth from 0.25 to 0.35 m raises specific energy consumption by 28–29 %. The results can be used in designing the combined unit and in rationally matching it with a tractor.

Keywords: minimum tillage, chisel tine, combined unit, draft resistance, specific energy consumption, productivity.

Respublikamizda qishloq xo'jaligini rivojlantirish strategiyasida resurstejamkor agrotexnologiyalarni joriy etish, yoqilg'i-moylash materiallari sarfini kamaytirish va tuproq unumdorligini saqlash ustuvor vazifalar sifatida belgilangan [1]. An'anaviy texnologiyada tuproqqa asosiy va ekish oldidan ishlov berish bir necha alohida operatsiyalardan iborat bo'lib, ular dala bo'ylab traktor va mashinalarning ko'p marta o'tishini talab etadi. Bu esa yoqilg'i va vaqt sarfini oshirish bilan birga, tuproqning haydalma osti qatlamida zichlashgan qatlam ("plug tovon") hosil bo'lishiga, suv va havo o'tkazuvchanligining pasayishiga hamda ildiz tizimi rivojlanishining cheklanishiga olib keladi [8].

Jahon amaliyotida tuproq qatlamini ag'darmasdan ishlov berishga asoslangan tejamkor dehqonchilik tizimlari keng tarqalmoqda [2]. Chizel ish organlari bilan chuqur yumshatish zichlashgan qatlamni buzadi, o'simlik qoldiqlarini yuzada saqlaydi va namlik yo'qotilishini kamaytiradi. Chizel ish organlarini tuproq yuzasini maydalovchi va zichlovchi g'altak bilan bir ramaga o'rnatish bir o'tishda bir nechta texnologik operatsiyani bajarish imkonini beradi, natijada agregat o'tishlari soni va energiya sarfi qisqaradi.

Biroq kombinatsiyalashgan agregatning samaradorligi uning ish organlari parametrlariga kuchli bog'liq. Ish organlari orasidagi masofa katta bo'lsa, ular orasida yumshatilmagan tizmalar qoladi, kichik bo'lsa, tortish qarshiligi keskin ortadi va ish organlari o'simlik qoldiqlari bilan tiqilib qoladi. Tuproqqa ishlov berish mashinalari nazariyasi V.P. Goryachkin [3], G.N. Sineokov va I.M. Panov [4], N.I. Klenin va V.A. Sakun [5] ishlarida, tuproqni kesish va ish organi geometriyasining kuchlarga ta'siri esa E. McKyes [6] va R.J. Godwin [7] tadqiqotlarida atroflicha o'rganilgan. Mazkur ishning maqsadi mahalliy tuproq sharoitlari uchun chizel ish organlari orasidagi masofa, ishlov berish chuqurligi va harakat tezligining oqilona qiymatlarini nazariy asoslashdan iborat.

Materiallar va usullar. Tadqiqot obyekti sifatida ishlov berish kengligi $B = 3,0$ m bo'lgan, ramaga ikki qatorda shaxmat tartibida o'rnatilgan $n = 7$ ta chizel ish organi va ulardan keyin joylashgan

g'altakli zichlagichdan iborat kombinatsiyalashgan agregat qabul qilindi. Agregatning tortish qarshiligi V.P. Goryachkinning ratsional formulasi asosida aniqlandi [3, 5]:

$$P = f \cdot G + k \cdot a \cdot b \cdot n + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot v^2 \quad (1)$$

bu yerda f – mashinaning tuproq bilan ishqalanishini hisobga oluvchi koeffitsiyent; G – mashina og'irligi, N; k – tuproqning solishtirma qarshiligi, Pa; a – ishlov berish chuqurligi, m; b – chizel ish organi kengligi, m; n – ish organlari soni; ε – tuproq bo'lagiga kinetik energiya berilishini hisobga oluvchi koeffitsiyent, $N \cdot s^2/m^4$; v – agregat harakat tezligi, m/s.

Chizel ish organi o'z kengligidan kengroq zonada tuproqni yumshatadi. Tuproqning yon tomonga deformatsiyalanish burchagini ψ bilan belgilab, qo'shni ish organlari orasida qoladigan yumshatilmagan tizma balandligi ruxsat etilgan [h] qiymatdan oshmasligi shartidan ish organlari orasidagi masofa quyidagicha aniqlanadi [4, 6]:

$$t \leq b + 2(a - [h]) \cdot ctg \psi \quad (2)$$

Agregatning solishtirma energiya sarfi (1 ga maydonga ishlov berish uchun sarflanadigan ish) va smenaning sof ish vaqtidagi unumdorligi quyidagi ifodalar bo'yicha hisoblandi:

$$A = \frac{10^4 \cdot P}{B} \quad (3)$$

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau \quad (4)$$

bu yerda A – solishtirma energiya sarfi, J/ga; W – unumdorlik, ga/soat; v – harakat tezligi, km/soat; τ – smena vaqtidan foydalanish koeffitsiyenti. Hisoblashlarda o'rtacha qumoq tuproq uchun adabiyotlarda keltirilgan quyidagi qiymatlar qabul qilindi [4, 5]: $G = 25$ kN; $f = 0,35$; $k = 240$ kPa (ish organi frontal yuzasiga nisbatan); $\varepsilon = 3000$ $N \cdot s^2/m^4$; $b = 0,05$ m; $[h] = 0,05$ m; $\psi = 50-60^\circ$; $\tau = 0,75$.

Natijalar va muhokama. (2) ifoda bo'yicha ish organlari orasidagi ruxsat etilgan eng katta masofaning hisoblangan qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Chizel ish organlari orasidagi ruxsat etilgan eng katta masofa t , m

Ishlov berish chuqurligi a , m	$\psi = 50^\circ$	$\psi = 55^\circ$	$\psi = 60^\circ$
0,30	0,47	0,40	0,34
0,35	0,55	0,47	0,40

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, deformatsiya burchagi ortishi bilan (bu odatda tuproq namligining oshishi va bog'lanuvchanligining kamayishi bilan kuzatiladi) ish organlarini bir-biriga yaqinroq joylashtirish zarur bo'ladi. Deformatsiya burchagining o'rtacha qiymati $\psi = 55^\circ$ va ishlov berish chuqurligi 0,30–0,35 m uchun ish organlari orasidagi masofa 0,40–0,47 m ni tashkil etadi. Qabul qilingan $B = 3,0$ m kenglikda 7 ta ish organi o'rtacha $t \approx 0,43$ m masofani ta'minlaydi va bu talabga javob beradi. Ish organlarini ikki qatorda shaxmat tartibida joylashtirish esa bir qatordagi ish organlari orasidagi masofani ikki barobar oshirib, ularning o'simlik qoldiqlari bilan tiqilib qolish ehtimolini kamaytiradi.

(1) va (3) ifodalar bo'yicha agregat tortish qarshiligi va solishtirma energiya sarfining ishlov berish chuqurligi hamda harakat tezligiga bog'liqligi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Agregat tortish qarshiligi P , kN/solishtirma energiya sarfi A , MJ/ga

a , m	$v = 6$ km/soat	$v = 8$ km/soat	$v = 10$ km/soat	$v = 12$ km/soat
0,25	30,5 / 101,6	31,0 / 103,5	31,8 / 105,9	32,7 / 108,9
0,30	34,8 / 116,1	35,5 / 118,4	36,4 / 121,3	37,5 / 124,8
0,35	39,2 / 130,6	40,0 / 133,2	41,0 / 136,6	42,2 / 140,8

Hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki, tortish qarshiligiga asosan ishlov berish chuqurligi ta'sir qiladi: chuqurlik 0,25 dan 0,35 m gacha oshirilganda qarshilik va solishtirma energiya sarfi 28–29 %

ga ortadi. Harakat tezligining ta'siri esa nisbatan kichik: tezlik 6 dan 12 km/soat gacha oshirilganda tortish qarshiligi 7–8 % ga ortadi. Ayni paytda (4) ifodaga ko'ra agregat unumdorligi 1,35 dan 2,70 ga/soat gacha, ya'ni ikki barobar ko'payadi. Demak, traktor quvvati imkon bergan holda agregatni yuqoriroq tezliklarda ishlatish energetik jihatdan maqsadga muvofiq. Shu bilan birga, tezlikning haddan tashqari oshishi tuproq bo'laklarining yon tomonlarga uloqtirilishiga, dala yuzasining notekisligiga va ishlov berish chuqurligi barqarorligining pasayishiga olib kelishi mumkinligini hisobga olib, tezlikni 8–10 km/soat oralig'ida belgilash tavsiya etiladi.

Ishlov berish chuqurligi 0,35 m va tezlik 10 km/soat bo'lganda agregatning tortish qarshiligi 41,0 kN ni tashkil etadi. Traktor ilgak kuchidan foydalanish koeffitsiyentini 0,85–0,90 deb qabul qilsak, agregatni nominal tortish kuchi kamida 46–48 kN bo'lgan, ya'ni 5-tortish sinfidagi traktorlar bilan agregatlash zarur. Kamroq quvvatli traktorlar bilan ishlaganda ishlov berish kengligini yoki ish organlari sonini mos ravishda kamaytirish lozim. Ta'kidlash joizki, olingan natijalar nazariy hisoblashlarga asoslangan bo'lib, tuproqning haqiqiy fizik-mexanik xossalari (namlik, qattiqlik, zichlik) bo'yicha dala tajribalarida aniqlashtirilishi kerak.

Xulosa. Chizel ish organli va g'altakli zichlagichli kombinatsiyalashgan agregatning nazariy tahlili asosida o'rtacha qumoq tuproqlar sharoitida ishlov berish chuqurligi 0,30–0,35 m bo'lganda ish organlari orasidagi masofani 0,40–0,47 m, ish organlarini esa ikki qatorda shaxmat tartibida joylashtirish maqsadga muvofiqligi aniqlandi. Tortish qarshiligiga asosiy ta'sirni ishlov berish chuqurligi ko'rsatadi, harakat tezligining ta'siri 7–8 % dan oshmaydi, shu sababli agregatni 8–10 km/soat tezlikda ishlatish tavsiya etiladi. Ishlov berish kengligi 3,0 m bo'lgan agregat 5-tortish sinfidagi traktorlar bilan agregatlanishi lozim. Keyingi tadqiqotlarda olingan nazariy bog'liqliklarni dala tajribalari orqali tekshirish va g'altakli zichlagich parametrlarini asoslash rejalashtirilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-oktabrdagi PF-5853-son «O'zbekiston Respublikasi qishloq xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan strategiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Farmoni.
2. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. Global spread of Conservation Agriculture // *International Journal of Environmental Studies*. — 2019. — Vol. 76, № 1. — P. 29–51.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений: в 3 т. — М.: Колос, 1968.
4. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. — М.: Машиностроение, 1977. — 328 с.
5. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — 3-е изд. — М.: Колос, 1994. — 751 с.
6. McKyes E. Soil Cutting and Tillage. — Amsterdam: Elsevier, 1985. — 217 p.
7. Godwin R.J. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces // *Soil and Tillage Research*. — 2007. — Vol. 97, № 2. — P. 331–340.
8. Hamza M.A., Anderson W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions // *Soil and Tillage Research*. — 2005. — Vol. 82, № 2. — P. 121–145.

ELEKTR MAGNIT MAYDON ASOSIDA SANOAT OQOVA SUVLARINI TOZALASH TIZIMINING SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARINI BAHOLASH

Gafurova Mexrnoz Odiljonovna

Toshkent davlat texnika universiteti, “Elektr texnikasi” kafedrası katta o'qituvchisi (PhD)

ORCID: 0009-0006-7612-8221

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat oqova suvlarini elektr magnit maydon ta'sirida reagentlarsiz tozalash samaradorligi tadqiq etilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi elektromagnit maydon asosidagi qurilmaning texnologik va energetik samaradorlik ko'rsatkichlarini baholashdan iborat. Oqova suv tarkibidagi og'ir metallar va mineral tuzlarni kamaytirishda elektr magnit maydonining ta'siri o'rganilgan. Qurilmaning ish jarayonida elektromagnit maydon chastotasi, elektr parametrlari va energiya sarfining tozalash samaradorligiga ta'siri tahlil qilingan. Tajriba natijalari

elektr magnit maydon asosidagi usul sanoat oqova suvlarini tozalashda samarali va ekologik xavfsiz texnologiya ekanligini ko'rsatgan. Taklif etilgan usul kimyoviy reagentlardan foydalanmasdan oqova suvlarni tozalash va energiya sarfini maqbullashtirish imkonini beradi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi elektr magnit maydon ta'sirida oqova suvlarni tozalashning texnologik va energetik ko'rsatkichlarini kompleks baholashdan iborat. Olingan natijalar metallurgiya korxonalarida oqova suvlarni tozalash va qayta foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: sanoat oqova suvlari, elektr magnit maydon, oqova suvlarni tozalash, og'ir metallar, mineral tuzlar, reagentlarsiz tozalash, texnologik samaradorlik, energetik samaradorlik.

Аннотация. В статье исследована эффективность безреагентной очистки промышленных сточных вод под воздействием электромагнитного поля. Основной целью исследования является оценка технологических и энергетических показателей установки на основе электромагнитного поля. Изучено влияние электромагнитного поля на снижение содержания тяжелых металлов и минеральных солей в составе сточных вод. Проанализировано влияние частоты электромагнитного поля, электрических параметров и энергозатрат на эффективность процесса очистки. Результаты экспериментов показали, что метод на основе электромагнитного поля является эффективной и экологически безопасной технологией очистки промышленных сточных вод. Предложенный метод позволяет осуществлять очистку сточных вод без применения химических реагентов и оптимизировать энергозатраты. Научная новизна исследования заключается в комплексной оценке технологических и энергетических показателей очистки сточных вод под воздействием электромагнитного поля. Полученные результаты могут способствовать повышению эффективности очистки и повторного использования сточных вод на металлургических предприятиях.

Ключевые слова: промышленные сточные воды, электромагнитное поле, очистка сточных вод, тяжёлые металлы, минеральные соли, очистка без реагентов, технологическая эффективность, энергетическая эффективность.

Abstract. This article investigates the efficiency of reagent-free industrial wastewater treatment under the influence of an electromagnetic field. The main objective of the study is to evaluate the technological and energy efficiency indicators of an electromagnetic-field-based treatment unit. The influence of the electromagnetic field on the reduction of heavy metals and mineral salts in wastewater was investigated. The effects of electromagnetic field frequency, electrical parameters, and energy consumption on treatment efficiency were analyzed. The experimental results demonstrated that the electromagnetic-field-based method is an effective and environmentally safe technology for industrial wastewater treatment. The proposed method enables wastewater treatment without the use of chemical reagents and provides an opportunity to optimize energy consumption. The scientific novelty of the study lies in the comprehensive assessment of the technological and energy efficiency indicators of wastewater treatment under the influence of an electromagnetic field. The obtained results can contribute to improving the efficiency of wastewater treatment and reuse in metallurgical enterprises.

Keywords: industrial wastewater, electromagnetic field, wastewater treatment, heavy metals, mineral salts, cleaning without reagents, technological efficiency, energy efficiency.

Kirish. Zamonaviy sanoat rivojlanishida metallurgiya majmualari iqtisodiyotning yetakchi tarmoqlaridan biri bo'lib qolmoqda, ammo ushbu korxonalarning faoliyati natijasida hosil bo'ladigan katta hajmdagi sanoat oqova suvlari global ekologik muammolarni keltirib chiqarmoqda. Metallurgiya oqova suvlari tarkibida temir, mis, rux, qo'rg'oshin kabi og'ir metallar ionlari, yuqori konsentratsiyadagi mineral tuzlar, neft mahsulotlari va turli kimyoviy reagentlar qoldiqlari mavjud [1].

An'anaviy kimyoviy tozalash texnologiyalari (koagulyatsiya, flokulyatsiya, neytrallashtirish) yuqori tozalash samaradorligiga ega bo'lishiga qaramay, bir qator tizimli kamchiliklarga ega:

- Kimyoviy reagentlarning doimiy va yuqori sarfi, bu esa ekspluatatsion xarajatlarni oshiradi;
- Toksik ikkilamchi chiqindilar (kimyoviy shlam) hosil bo'lishi, ularni yo'qotish qo'shimcha iqtisodiy va ekologik yuklamani talab qiladi;

- Tozalangan suvning qayta ishlatilishi uchun qo'shimcha tayyorgarlikni talab qilishi;
- Reagentlarning noto'g'ri dozalanishi natijasida suvning ikkilamchi ifloslanish xavfi.

Shu bois, so'nggi yillarda kimyoviy reagentlardan foydalanmasdan, faqat fizikaviy maydonlar ta'sirida oqova suvlarni tozalash texnologiyalariga qiziqish ortib bormoqda. Elektr magnit maydoni (EMM) texnologiyasi ushbu yo'nalishdagi istiqbolli yechimlardan biri bo'lib, u suvli muhitdagi ionlarning harakati, kolloid zarrachalarning agregatsiyasi va mineral tuzlarning kristallanish jarayonlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi. EMM ta'sirida og'ir metallar ionlarining harakati kuchayadi, qattiq zarrachalar koagulyatsiyalanadi va cho'kmaga tushish tezlashadi, natijada tozalash samaradorligi oshadi [2].

Biroq, ushbu texnologiyaning amaliy qo'llanilishi uchun nafaqat tozalash sifati, balki qurilmaning energetik samaradorligi ham muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Elektr energiyasi sarfini optimallashtirish va texnologik jarayonning barqarorligini ta'minlash muhandislik nuqtai nazaridan hal qiluvchi ahamiyatga ega. Shu sababli, metallurgiya oqova suvlarini elektr magnit maydoni ta'sirida reagentlarsiz tozalash jarayonini kompleks tadqiq etish va uning texnologik-energetik ko'rsatkichlarini baholash ilmiy-amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi [3].

Tadqiqot obyekti sifatida, metallurgiya korxonalarining texnologik sikllarida (prokatlash, galvanizatsiya, kislotali pickling) hosil bo'ladigan sanoat oqova suvlari va ularni elektr magnit maydoni ta'sirida tozalashga mo'ljallangan eksperimental qurilma tanlab olindi. Oqova suvlar tarkibida og'ir metallar (Fe, Cu, Zn, Pb), mineral tuzlar (sulfatlar, xloridlar), qattiq zarrachalar va neft mahsulotlari mavjudligi hisobga olingan.

Tadqiqot predmetini elektr magnit maydonining oqova suv tarkibidagi ifloslantiruvchi komponentlarning (og'ir metallar ionlari, mineral tuzlar, qattiq zarrachalar) migratsiyasi, koagulyatsiyasi va cho'kmaga tushish (sedimentatsiya) jarayonlariga ta'sir mexanizmlari tashkil etadi. Shuningdek, tozalash qurilmasining texnologik (tozalash foizi, loyqallik, o'tkazuvchanlik) va energetik (quvvat sarfi, solishtirma energiya sarfi) samaradorlik ko'rsatkichlari predmet doirasiga kiradi.

Tadqiqotning maqsadi metallurgiya sanoati oqova suvlarini elektr magnit maydoni ta'sirida reagentlarsiz tozalash texnologik jarayonini eksperimental tadqiq etish, tozalash samaradorligini aniqlash va qurilmaning energetik ko'rsatkichlarini baholash asosida ushbu usulning amaliy qo'llanilishini ilmiy asoslashdan iborat.

Tadqiqotda quyidagi ilmiy-amaliy vazifalar belgilandi: Metallurgiya korxonalarida hosil bo'ladigan sanoat oqova suvlarining fizik-kimyoviy tarkibini tahlil qilish va asosiy ifloslantiruvchi komponentlarning (og'ir metallar, mineralizatsiya darajasi, qattiq zarrachalar) miqdoriy va sifat ko'rsatkichlarini aniqlash va sanoat oqova suvlarini tozalashda elektr magnit maydonidan foydalanishning nazariy mexanizmlarini (elektroforez, magnitogidrodinamik effektlar, kolloid zarrachalarning agregatsiyasi) o'rganish va jarayonning fizik-kimyoviy modelini takomillashtirish

Mavzuga oid adabiyotlar sharhi. Yilin Wang, Xin Gu, Jianing Quan o'zining "Application of Magnetic Fields to Wastewater Treatment and Its Mechanisms: A Review" maqolasida magnit maydonning oqova suvlarni tozalash samaradorligini oshirishdagi imkoniyatlarini tahlil qilib, uning og'ir metallarni magnit adsorbsiya va ajratish jarayonlarida qo'llanilishini tahlil qilgan. Shuningdek, Wang ushbu maqolada magnit maydon ta'sirining fizik-kimyoviy mexanizmlarini, jumladan, magnetorezistans va Lorens kuchi bilan bog'liq jarayonlarni tahlil qilib, magnit maydonning oqova suvlarni tozalashdagi ta'sir mexanizmlarini yanada chuqur tadqiq qilish zarurligini ta'kidlagan [4].

Yongkui Li, Suqin Li, Binbin Hu hammuallifligidagi "High-Gradient Magnetic Separator (HGMS) combined with adsorption for nitrate removal from aqueous solution" maqolasida qo'rg'oshin eritish korxonasidan hosil bo'lgan yuqori miqdordagi mishyak saqlovchi metallurgiya oqova suvlarini tozalash texnologiyasini tadqiq qilingan. Maqolada magnit maydon elektromagnit g'altak yordamida hosil qilinadi. Ustiga maxsus rod/sterjenlar joylashtiriladi. Suv tarkibidagi magnit adsorbentlar shu sterjenlarga tortiladi. Boshlang'ich mishyak konsentratsiyasi 5358 mg/l bo'lgan oqova suvdan As ni 99,06 % gacha chiqarish mumkinligini aniqlagan. Mazkur tadqiqotda, Optimal sharoitda, oqim tezligi — 7,5 mL/s; magnit maydon — 3,49 mT; nitratni chiqarish samaradorligi — 86,24%. qo'llanilgan

bo‘lib, mualliflar bu usulning qo‘rg‘oshin eritish sanoati oqova suvlarini tozalashda yuqori istiqbolga ega ekanligini ta’kidlaganlar [5].

Khalid S. Hashim, Andy Shaw, Rafid AlKhaddar, Patryk Kot va Ahmed Al-Shamma’a “Water Purification from Metal Ions in the Presence of Organic Matter Using Electromagnetic Radiation-Assisted Treatment” maqolasida elektromagnit nurlanishni elektrokoagulyatsiya bilan birgalikda qo‘llash orqali metall ionlarini suvdan chiqarish imkoniyatlarini tadqiq qilingan [6]. Organik moddalar og‘ir metallar bilan kompleks hosil qiladi va natijada metallni oddiy elektrokoagulyatsiya orqali olib tashlash qiyinlashadi. Organik moddalar mavjud bo‘lgan sharoitda an’anaviy elektrokoagulyatsiya og‘ir metallarning 69 % dan ortig‘ini chiqara olmasligini, elektromagnit mikroto‘lqin ta’sirini elektrokoagulyatsiya bilan birlashtirish esa tozalash samaradorligini 92 % gacha oshirishi aniqlangan. Elektromagnit ta’sir oddiy 250–300 Hz chastotali elektromagnit g‘altak emas. Mikroto‘lqinli elektromagnit nurlanishdan foydalanilgan. Bu yerda metallni to‘g‘ridan-to‘g‘ri suvdan ajratmaydi, metall va organik modda o‘rtasidagi kompleksni buzishni osonlashtiradi. Oddiy elektrokoagulyatsiya: 69,6% samaradorlik, mikro to‘lqinli electrocoagulation: 92% samaradorlik. Demak, elektromagnit nurlanishni qo‘shish natijasida tozalash samaradorligi sezilarli oshgan.

A.K. Tonkikh, Olga Verushkina, Zakhro R. Akhmedova “Effects of Pulse Electromagnetic Field on Wastewater in Treatment Plants” maqolasida impulsli elektromagnit maydonning ishlayotgan oqova suvlarni tozalash inshootlaridagi jarayonlarga ta’sirini o‘rganilgan. Mualliflar impulsli elektromagnit maydon oqova suvning xususiyatlariga va oqova suvni biologik tozalash jarayoniga qanday ta’sir qilishini o‘rganganlar. Suvda kislorodning maksimal eruvchanligi taxminan, 30% ga oshgan. Bu juda muhim, chunki oqova suvlarni biologik tozalashda erigan kislorod (DO) mikroorganizmlar faoliyati uchun muhim parametr hisoblanadi. [7].

Yuqoridagi tadqiqotlardan farqli ravishda, mazkur maqolada metallurgiya sanoatining murakkab tarkibli oqova suvlarini reagentlarsiz, 250–300 Hz chastotali elektr magnit maydon ta’sirida tozalash jarayoni o‘rganilib, tozalash samaradorligi bilan bir qatorda qurilmaning texnologik va energetik ko‘rsatkichlari ham kompleks baholanadi, bu esa elektromagnit ta’sirni metallurgiya oqova suvlarini tozalashning energiya samaradorligi bilan bog‘liq holda tadqiq etish imkonini beradi.

Tadqiqotda sanoat oqova suvlarini elektr magnit maydoni ta’sirida tozalash jarayonining texnologik va energetik samaradorligini aniqlashga yo‘naltirilgan kompleks metodologik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasining asosini tajribaviy, qiyosiy taqqoslash, analitik hisoblash va energetik baholash usullari tashkil etadi.

Tajribaviy usul yordamida elektr magnit maydonining sanoat oqova suvlaridagi ifloslantiruvchi komponentlarning kamayishiga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqotda elektromagnit g‘altaklardan tashkil topgan qurilma qo‘llanilib, uning ish rejimi 250–300 Hz chastota diapazonida amalga oshirildi. Tajribalar davomida oqova suvning boshlang‘ich va tozalashdan keyingi holati solishtirilib, ifloslantiruvchi komponentlarning kamayish darajasi aniqlandi [8].

Qurilma 8 soat davomida ishlaganda 440 kWh elektr energiyasi sarflaydi. Biroq qurilmaning energetik samaradorligini faqat umumiy kWh bilan baholash yetarli emas. Shu sababli bir birlik hajmdagi oqova suvni tozalash uchun sarflanadigan solishtirma energiya sarfi ham hisoblanadi:

Oqova suv hajmi, m ³	Energiya sarfi, kWh	Solishtirma energiya sarfi, kWh/m ³	Tozalash samaradorligi, %
96	440	4.58	86.47
240	440	1.83	96.66
400	440	1.10	92.66

Mazkur tadqiqotning asosiy natijasi elektr magnit maydon asosidagi qurilmaning tozalash samaradorligi, elektr energiyasi sarfi va solishtirma energiya sarfini birgalikda baholash imkonini berganligidir [9].

Tahlil natijalari asosida qurilmani sanoat sharoitida yanada samarali qo‘llash uchun quyidagi muammolarni hal qilish zarurligi aniqlandi:

- elektromagnit maydonning chastota va intensivligining optimal qiymatini aniqlash;

- oqova suvning oqim tezligi va hajmining tozalash samaradorligiga ta'sirini aniqlash;
- qurilmaning uzoq muddatli uzluksiz ishlashida energiya sarfini kamaytirish;

O'rganilgan ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, sanoat va metallurgiya oqova suvlarini tozalashda elektromagnit ta'sirdan foydalanish turli texnologik mexanizmlar asosida amalga oshirilmoqda. Kheshti va hammualliflar tomonidan taklif etilgan yuqori gradientli magnit ajratish va adsorbsiya tizimida nitratni chiqarish samaradorligi 86,24 % gacha yetkazilgan bo'lsa, Hashim va hammualliflar elektromagnit nurlanishni elektrokoagulyatsiya bilan birlashtirish orqali metall ionlarini chiqarish samaradorligini 92 % gacha oshirganlar. Tonkikh va hammualliflarning tadqiqotlarida impulsli elektromagnit maydon oqova suvlarni biologik tozalash jarayonining tezlashishiga va aeratsiya tizimining energiya sarfini kamaytirishga ijobiy ta'sir ko'rsatgani aniqlangan. Turabdzhanov va hammualliflar esa konchilik sanoati oqova suvlaridagi Cu^{2+} ionlarini kationit yordamida ion almashinish usuli orqali chiqarish imkoniyatini asoslaganlar.

Yuqoridagi tadqiqotlar elektromagnit maydon, magnit ajratish, adsorbsiya, elektrokoagulyatsiya va ion almashinish kabi usullarning oqova suvlarni tozalashdagi samaradorligini ko'rsatadi. Biroq mavjud tadqiqotlarning katta qismida elektromagnit ta'sir boshqa tozalash texnologiyasi bilan birgalikda qo'llanilgan yoki biologik oqova suvlarni tozalash jarayoniga ta'siri o'rganilgan. Metallurgiya sanoatining murakkab tarkibli oqova suvlarini 250–300 Hz chastotali elektr magnit maydon yordamida reagentlarsiz tozalash va shu bilan birga jarayonning texnologik hamda energetik samaradorligini kompleks baholash masalasi yetarli darajada o'rganilmagan.

Mazkur tadqiqotda olingan natijalar ushbu ilmiy bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan. Tajriba natijalariga ko'ra, elektr magnit maydon ta'sirida oqova suvni tozalash samaradorligi 86,47–96,66 % oralig'ida bo'ldi. Eng yuqori samaradorlik 96,66 % bo'lib, 240 m³ hajmdagi oqova suvni tozalash sharoitida qayd etildi. Ushbu natija adabiyotlarda keltirilgan 86,24 % va 92 % gacha bo'lgan samaradorlik ko'rsatkichlari bilan taqqoslaganda, elektromagnit maydonning reagentlarsiz tozalash jarayonida yuqori samaradorlikka erishish imkoniyatini ko'rsatadi. Biroq turli tadqiqotlarda oqova suv tarkibi, elektromagnit ta'sir mexanizmi va tajriba sharoitlari farq qilgani sababli ushbu qiymatlarni bevosita bir xil sharoitdagi natijalar sifatida baholash mumkin emas.

Tadqiqotning yana bir muhim natijasi elektromagnit tozalash jarayonining energetik samaradorligini baholash bilan bog'liq. Qurilmaning 55 kW quvvatda 8 soat ishlashi uchun sarflangan energiya 440 kWh ni tashkil etdi. Oqova suv hajmi 400 m³ bo'lgan holatda solishtirma energiya sarfi 1,10 kWh/m³, 240 m³ uchun 1,83 kWh/m³ va 96 m³ uchun 4,58 kWh/m³ ni tashkil etdi. Bu natijalar qurilmaning energetik samaradorligi uning yuklama va oqova suv hajmiga sezilarli darajada bog'liqligini ko'rsatadi.

Adabiyotlarda Tonkikh va hammualliflar elektromagnit maydon yordamida aeratsiya tizimining energiya sarfini 15–28 % gacha kamaytirish mumkinligini ko'rsatganlar. Mazkur natija elektromagnit texnologiyalarning faqat tozalash samaradorligini oshirish emas, balki energetik samaradorlikni yaxshilash imkoniyatiga ham ega ekanligini ko'rsatadi. Bizning tadqiqotimizda esa energiya sarfi bevosita qurilmaning elektr quvvati, ishlash vaqti va tozalangan suv hajmi orqali baholandi. Shu sababli kelgusida ushbu ko'rsatkichni yanada chuqurroq optimallashtirish talab etiladi.

Shunday qilib, adabiyotlar va o'tkazilgan tadqiqot natijalarining qiyosiy tahlili elektr magnit maydon asosidagi reagentlarsiz tozalash texnologiyasi metallurgiya sanoati oqova suvlarini tozalashning istiqbolli yo'nalishlaridan biri ekanligini ko'rsatdi. Mavjud tadqiqotlarda elektromagnit ta'sir asosan adsorbsiya, elektrokoagulyatsiya yoki biologik tozalash bilan kombinatsiyalangan bo'lsa, ushbu tadqiqotda 250–300 Hz chastotali elektr magnit maydonning metallurgiya oqova suvlariga mustaqil ta'siri, tozalash samaradorligi va solishtirma energiya sarfi o'zaro bog'liq holda baholandi. Olingan 86,47–96,66 % samaradorlik va 1,10 kWh/m³ gacha bo'lgan solishtirma energiya sarfi natijalari ushbu texnologiyaning amaliy salohiyatini ko'rsatadi. Shu bilan birga, elektromagnit maydon parametrlarini optimallashtirish va tozalash mexanizmini chuqurroq o'rganish kelgusidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abidov K.G., Gafurova M.O. Elektr magnit maydon asosida sanoat oqova suvlarni tozalashning ekologik usuli va energiya samaradorligi // Jahon miqyosida yashil iqtisodiyot va

to'rtinchi sanoat inqilobi doirasida qayta tiklanuvchi energetikaning roli: innovatsiyalar, texnologiyalar va barqaror rivojlanishni ta'minlash. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Toshkent, 2025. 431-434 b.

2. Абидов К.Г., Зарипов О.О., Гафурова М.О., Олимжонova С.О. Способ обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем // Техника yulduzlari. 2025. – С.294-298. (05.00.00; № 11).Prezident qarori

3. Wang Y., Gu X., Quan J., Xing G., Yang L., Zhao C., Wu P., Zhao F., Hu B., Hu Y. Application of Magnetic Fields to Wastewater Treatment and Its Mechanisms: A Review. Science of the Total Environment, 2021, Vol. 773, 145476. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145476.

4. Li Y., Li S., Hu B., Zhao X. et al. FeOOH and nZVI Combined with Superconducting High Gradient Magnetic Separation for the Remediation of High-Arsenic Metallurgical Wastewater. Separation and Purification Technology, 2022, Vol. 285, 120372. DOI: 10.1016/j.seppur.2021.120372

5. Hashim K.S., Shaw A., AlKhaddar R.M., Kot P., Al-Shamma'a A. Water Purification from Metal Ions in the Presence of Organic Matter Using Electromagnetic Radiation-Assisted Treatment. Journal of Cleaner Production, 2021, Vol. 280, 124427. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124427.

6. Khalid S. Hashim, Andy Shaw, Rafid Alkhaddar va Patryk Kotning "Water Purification from Metal Ions in the Presence of Organic Matter Using Electromagnetic Radiation-Assisted Treatment" nomli tadqiqoti. U Journal of Cleaner Production jurnalida 2021-yilda chop etilgan, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124427

7. Tonkikh A.K., Verushkina O.A., Akhmedova Z.R., Nadjimov U.K., Mazal V. — "Действие низкочастотных импульсных электромагнитных полей на очистку хозяйственно-бытовых сточных вод", Ecology and Industry of Russia, 2023, Vol. 27, №8, pp. 27–31. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-8-27-31.

8. Abidov K.G., Gafurova M.O. Elektromagnit maydon asosida sanoat oqova suvlarini tozalash texnologiyasi // Zarafshon vohasini kompleks innovation rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari VI-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Navoiy, O'zbekiston. 2025. 171-172 b.

9. Gafurova M.O. "Elektr magnit maydon asosida oqova suvlarni tozalash qurilmasini takomillashtirish" // Avtoreferat – Toshkent. 2026.

MASHINASOZLIKDA ISHLATILADIGAN AYLANMA HARAKATNI UZATUVCHI MEXANIZMLAR HAQIDAGI BILIM VA KO'NIKMALARNI SHAKLLANTIRISH

Urunov Abdusalil Madjidovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi dotsenti, texnika fanlari nomzodi.
urinovjasur898@gmail.com, +998974085925

Annotatsiya. Ushbu maqolada mashinasozlikda ishlatiladigan aylanma , harakatni uzatuvchi :tasmali, zanjirli va tishli mexanizmlarning turlari, ishlatilish sohalari, tuzilishi, ularni yig'ishda va ishlatishda qo'yiladigan texnik talablar yoritilgan bo'lib uzatmalar haqida bilim va ko'nikmalar hosil qilishga xizmat qiladi

Kalit so'zlar: Mashinasozlik, texnologik jarayonlar, konveyerlar, eskalatorlar, elevatorlar; aylanma harakatni uzatuvchi tishli, tasmali , zanjirli mexanizmlar; parallel,kesishuvchi va ayqash valli uzatmalar.

Аннотация. В данной статье рассмотрены типы, области применения, конструкция и технические требования к сборке и эксплуатации механизмов, передающих вращательное движение, используемых в машиностроении, а именно ременных, цепных и зубчатых передач. Статья служит для формирования знаний и навыков о передачах.

Ключевые слова: Машиностроение, технологические процессы, конвейеры, эскалаторы, лифты; зубчатые, ременные, цепные механизмы, передающие вращательное движение; передачи с параллельными, пересекающимися и скрещивающимися валами.

Abstract. This article discusses the types, fields of application, structure, and technical requirements for assembly and operation of rotational motion transmitting mechanisms used in mechanical engineering, namely belt drives, chain drives, and gear drives. The article serves to develop knowledge and skills about transmissions.

Keywords: Mechanical engineering, technological processes, conveyors, escalators, elevators; gear, belt, and chain mechanisms transmitting rotational motion; parallel, intersecting, and skew-shaft transmissions.

Kirish. Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan mashinasolikda va texnikaning turli sohalarida juda keng foydalaniladi. Zanjirli va tasmali uzatmalar asosan aylanma harakatlarni uzoq masofalarga uzatish uchun xizmat qiladi. Tasmali uzatmalar materialiga qarab ip-gazlamali, charm, rezinalangan, kapron, poliamid ipli kord to'qimali turlarga ajratiladi. Ko'ndalang kesimining shakliga ko'ra doiraviy, yassi, ponasimon, yarim ponasimon va tishli tasmalarga bo'linadi. Zanjirli uzatmalar tuzilishiga ko'ra vtulkali, vtulka-rolikli va tishli zanjirlarga bo'linadi. Ishlatilishiga qarab esa yuk, tortish va harakatlanuvchi zanjirlarga ajratiladi. Egiluvchan zvenoli tasmali va zanjirli uzatmalar tuzilishining oddiyligi, xizmat ko'rsatish osonligi bilan boshqa aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan afzal turadi [2].

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlar texnologik jarayonlarni bajarishda ham keng qo'llaniladi. Konveyerlarda sochiluvchan, donli va bo'lak – bo'lak yuklar uzluksiz tashiladi. Ularning tortish organlari asosan tasmali yoki zanjirli mexanizmlardir. Konveyerning yuk ko'tarish organlari lentali, plastinkali, kurakchali va aravachali bo'lishi mumkin. Konveyerlar 1 – 5 m/s tezlik bilan harakatlanadi, ularning uzunligi bir necha xil bo'lishi mumkin. Ular konlarda, metallurgiya zavodlarida ishlatiladi. Metallurgiya zavodlarida konveyerlardan detallarni qizdirishda, toblashda foydalaniladi. Ishlab chiqarishning boshqa sohalarida ham zanjirli uzatmalar tortish organlari sifatida ishlatiladi. Masalan, tayyor buyumlarni quritishda konveyirlarning ishchi organi sifatida qo'llaniladi.

Eskalatorlar – harakatlanuvchi zinapoyalar ko'rinishidagi ko'tarish – tashish qurilmasi bo'lib, kishilarni pastdan balandga va aksincha eltish uchun xizmat qiladi. Metropoliten stansiyalarida, ko'p qavatli jamoat binolari: magazin, teatr, vokzallarda ishlatiladi.

Eskalatorning zinopoyalari tortuvchi uzluksiz plastinkali zanjirlarga mahkamlangan bo'ladi va roliklarda yo'naluvchi izlar bo'yicha harakatlanadi. Ularning tezligi 0,5 – 1 m/s bo'lib, 30 -35° qiyalikda o'rnatiladi.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlar yuklarni tik va qiya yo'nalishda uzluksiz tashiydigan qurilma – elevatorlarda ham tortish organi sifatida qo'llaniladi.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan qishloq xo'jalik mashinalarda, tegirmonlarda ham foydalaniladi.

Tishli mexanizmlar ham mashinasozlikda eng ko'p qo'llaniladigan mexanizm hisoblanadi. Ular mashinalarning tezliklar qutisida, kardan valga turli hil tezliklarni ta'minlash uchun, mashinalarning ko'priklarida g'ildiraklarning turli burchak tezliklarida harakatlanishini boshqarish uchun, metal kesish dastgohlarida potronga mahkamlangan detalning turli tezliklarda aylanishini ta'minlash uchun, reduktorlarda ishchi valga aylanish chastotasini kamaytirib berish, multipiliyatorlarda esa ishchi valga aylanish chastotasini ko'paytirib berish uchun, har – xil tekisliklarga aylanma harakatlarni va quvvatlarni uzatish uchun xizmat qiladi. Ularning boshqa uzatmalardan afzalligi: katta quvvatlarni o'zgarmas uzatish nisbati bilan uzata olishi, uzoq muddat samarali ishlashi, ishonchliligi, foydali ish koeffitsientining yuqoriligi hisoblanadi [1-3].

Tishli mexanizmlar o'qlarining joylashishi bo'yicha 3 xil bo'ladi: 1) o'qlari parallel bo'lgan-silindrik; 2) o'qlari o'zaro perpendikulyar bo'lgan - konussimon; 3) o'qlari ayqash bo'lgan-chervyakli tishli mexanizmlar .

Tishlarning torets qismidagi shakli bo'yicha: a) evolventali; b) silindirsimon; v) doiraviy bo'ladi .

Tishlarning o'qqa nisbatan yo'nalishiga qarab: a) to'g'ri tishli; b) qiyshiq tishli; v) shevron tishli; g) egri tishli uzatmalarga bo'linadi .

Tishli g'ildiraklarning o'zaro joylashigiga qarab: a) tashqi ilashmali; b) ichki ilashmali turlarga bo'linadi.

Konstruktiv bajarilishi bo'yicha: a) ochiq; b) yopiq; v) yarim ochiq bo'ladi.

Vallarning nisbiy harakati bo'yicha: a) oddiy; b) planetar; v) differensial turlari mavjud.

Aylana tezligi bo'yicha: a) tez harakatlanadigan – $v > 15$ m/s; b) o'rtacha harakatlanadigan – $4 < v < 15$ m/s; v) sekin harakatlanadigan – $v = 3-4$ m/s turlarga ajratiladi.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan samarali foydalanish uchun yig'ishga, ishlatishga va tamirlashga qo'yiladigan texnik talablarni bilish kerak.

Zanjirli uzatmalarni ishlatishda qo'yiladigan texnik talablar:

1. Zanjir sharnirlarining yeyilishi va buning oqibatida zanjir qadamining kattalashishi va cho'zilib ketishi. Bu holda zanjirning yulduzchada noto'g'ri vaziyatda turishi zanjirning yulduzchalardan chiqib ketishiga sabab bo'ladi.

2. Vtulkalar, roliklar, plastinalarning yemirilishi yoki darz kertishi, presslab o'rnatilgan roliklarning buralib ketaverishi. Bu nuqsonlar oqibatida tutashgan detallar o'tqazish joyida tez yeyiladi, shikastlangan zvenolarni almashtirish lozim bo'ladi.

3. Yulduzchalarning o'q bo'ylab siljishi sababli plastinalar yulduzchalarning yon sirtiga ishqalanishi oqibatida shu plastinalar yon sirtining yeyilishi. Bu nuqsonni tuzatish uchun uzatmani o'rnatishda yo'l qo'yilgan xatolarni bartaraf etish talab etiladi.

4. Zarbli yuklanish ta'sir etganda roliklar yoki vtulkalar va tishlarning bir-biriga nisbatan siljishi tufayli yulduzcha tishlarining yeyilishi quyidagicha bartaraf etiladi: tishlarga metall suyuqlantirilib qoplab, keyin mexanik ishlov beriladi; yulduzchalar yoki tishli gardish (yig'ma konstruktiv bo'lsa) almashtiriladi. Tishlarning bir tomoni yeyilganda yulduzcha boshqa tomoni bilan o'girib qo'yiladi. Buning uchun gupchak simmetrik bo'lganda u qirqib tashlanadi, yulduzchaning qarama-qarshi tomoniga esa vtulka mahkamlab qo'yiladi.

5. Uzatmaning baland shovqin chiqarib va notekis ishlashi vallar o'qlarining parallel emasligi, yulduzchalarning o'q bo'ylab siljishi, yulduzchalarning radial va toretsdan tepishidan darak beradi. Aytib o'tilgan nuqsonlar bartaraf etilishi lozim [2-4].

Zanjirli uzatmalar ham aylanma harakatlarni uzatish uchun xizmat qiladi. Zanjirlar tuzilishiga ko'ra 3 xil bo'ladi: vtulkali, vtulka – rolikli va tishli(fasonli). Ishlatilishiga qarab yuk(tezligi 0,25 – 0,5 m/s), tortish(tezligi 2 – 5 m/s) va harakat tezligi turlicha bo'lgan uzatmalarga bo'linadi.

Zanjirli uzatmalarni yig'ishda quyidagi texnik talablar qo'yiladi:

1) Zanjir ko'zdan kechirilib, nuqsonli qismlari brakka chiqariladi.

2) Zanjirni yulduzchaga qo'yib ko'rib ularning bir-biriga mosligi tekshiriladi.

3) Yulduzchalar valga presslab o'rnatiladi va o'qda siljimaslik uchun qotirib qo'yiladi.

4) Yulduzchalar tishli gardishining radial tepishi (o'yiqlar aylanasi bo'ylab) va toretsdan tepishi indikator yordamida tekshiriladi; gardishning tepishi yo'l qo'yilgan qiymatlardan oshmasligi lozim.

5) Vallar o'qlarining paralleligi tekshiriladi, parallelikdan chetga chiqish statsionar mashinalar uchun 100 mm uzunlikda 0.1 mm dan, ko'chma mashinalar uchun esa 0.2 mm dan oshmasligi kerak

6) Yulduzchalar o'rta tekisligining mos kelishi tekshiriladi. Yulduzchalarning o'q bo'ylab qo'yilgan siljishi o'qlararo masofa 500 mm bo'lganda 1 mm, 500-1000 mm dan -1.5 mm va 1000 mm dan katta bo'lganda -2 mm bo'lishi lozim.

7) Agar dastgohda oldindan biriktirilgan zanjirni kiydirishning iloji bo'lmasa, zanjir yulduzchalarga kiydiriladi va uning uchlari maxsus moslama yordamida biriktiriladi. Zvenolarning soni juft bo'lgan zanjirlar biriktrish zvenosi vositasida, zvenolarning soni toq bo'lgan zanjirlar esa oraliq zveno vositasida ulanadi.

8) Zanjir keragicha taranglanadi. Bunda uzatma yaxshi ishlashi va zanjir kam yeyilishi uchun zanjir bir oz salqilanib turishi kerak, salqilanish kattaligi zanjirning yetakchi tarmog'iga chizg'ich qo'yib aniqlanadi, u gorizantal uzatmalar uchun 0,02 a va qiya uzatmalar uchun 0,01 a bo'lishi lozim. Vertikal uzatmalarning zanjiri salqilashtirmasdan o'rnatilishi kerak.

Tasmali uzatmalar aylanma harakatlarni bir valdan ikkinchi valga uzatish uchun xizmat qiladi. Ular tasmaning materialiga qarab ip-gazlamali, rezinalangan, kapron, jun va poliamid ipli kord

to'qimali turlarga, tasma ko'ndalang kesimi shakliga qarab esa yassi, ponasimon va yarim ponasimon turlarga bo'linadi.

Tasmali uzatmalarni yig'ishda va ishlatishda quyidagi texnik talablar qo'yiladi:

1. Shkivlarning ish sirti shkastlangan bo'lmasligi kerak.
2. Ponasimon tasma kirib turadigan ariqchalarning o'lchami va joylashuvi bir xil bo'lishi lozim.
3. Ish sirtlarining g'adir-budurli $R_a=2.5$ mkm dan ortiq bo'lmasligi kerak. Tezlik 5m/s dan katta bo'lganda shkiv muvozanatlangan bo'lishi lozim.
4. Shkiv valga taranglik bilan presslab o'rnatiladi. Aylantiruvchi moment shponkali yoki shlitsli birikma yordamida uzatiladi. Shkiv o'qda siljimasligi uchun u o'rnatish vintlari, shaybalar, gaykalar bilan valga mahkamlab qo'yiladi.
5. Vallarning paralleli, shkiv o'rtalarining to'g'ri kelganligi, shkivlar to'g'inlarining radial va toretsdan tepishi tekshiriladi.
6. Shkivlarga tasma kiydirilib taranglanadi va tarangligi maxsus dinamometr bilan yoki tasmaga ma'lum og'irlikdagi yuk qo'yganda tasma tarmoqlarining egilish yoyiga qarab nazorat qilinadi.
7. Tasmaning mashina korpusiga, cheklovchi kojux va boshqalarga tegishiga yo'l qo'yilmaydi.
8. Yangi qo'yolgan tasma 10...15 kun ishlagandan so'ng ancha cho'zilganligi sababli uni tez-tez ko'zdan kechirib tarangligini rostlab turish zarur.
9. Tasmalar va shkivlar toza holda saqlanishi kerak. Mineral moy dog'lari benzinda ho'llangan latta bilan tozalanadi.
10. Rezina qo'shilgan tasmlarning egiluvchanligini saqlab qolish maqsadida uning tortish xususiyatini oshirish uchun kanifoldan foydalanish mumkin emas. Charm tasmlarni moylab turish tavsiya etiladi.

Tishli uzatmalar:

1. Vazifasiga va aylanish tezligiga qarab tishli g'ildiraklar ma'lum aniqlik darajasida tayorlanishi lozim.
2. O'qlarning yo'l qo'yilgan qiyshayishi yo'l qo'yilgan paralellikning yarmiga teng.
3. Tishlarning ish profilida darzlar, o'yiqlar, tirnalishlar va boshqa nuqsonlar bo'lmaslik kerak.
4. Almashlab qo'shiladigan tishli g'ildirakning qo'zg'almas g'ildirak bilan ilashish tomonidagi tishlarning toretsi yumoloqlangan bo'lishi kerak.
5. Valga qo'zg'almas qilib o'tqazilgan g'ildiraklar qimirlamasligi, almashlab qo'shiladigan g'ildiraklar esa valda yengil va ravon surilishi lozim.
6. O'qlararo masofa yo'l qo'yilgan qiymatidan oshmasligi lozim. Bu masofa kattalashganda dinamik yuklanishlar va shovqin oshib ketadi, kichiklashganda esa tishlar qadalib qolishi va sinishi mumkin.
7. Tutashuvchi g'ildiraklar o'qlarining parallelmasligi va qiyshiqiligi yo'l qo'yilgan qiymatlardan oshmasligi lozim, aks holda tishlar kontakt zonasining haqiqiy uzunligi qisqarishi tufayli ular tez yeyilishi mumkin.
8. Tishli g'ildirak gardishi va gupchagining toretsdan tepishi yo'l qo'yilgan qiymatlardan oshmasligi lozim.
9. Tishli g'ildiraklarning aylanish tezligi 3-5 m/s dan ortiq bo'lganda ularni statik muvozzantlash tavsiya etiladi.
10. Tishli juftning to'g'ri tishlashishi bo'yoq iziga qarab tekshiriladi, buning uchun kichik g'ildirak tishlariga yupqa qilib bo'yoq surtiladi va uzatmani qo'lda bir necha marta aylantirib bo'yoq yetakchi g'ildirak tishlariga o'tkaziladi. Tishlar bir-biriga tekkanida hosil bo'lgan bo'yoq dog'lari (kontakt dog'lari) tishning o'rtasida joylashishi, tishning pastki qismida quyida ko'rsatilgandan kichik joyini egallamasligi zarur:
Aniqlik darajasi..... 6 ;7 ;8 ;9
Kontakt dog'lari yig'indisining nisbiy o'lchami, % (kamida):
tishning balandligi bo'yicha..... 50 ;45 ;40 ;30

tishning uzunligi bo'yicha..... 70; 60; 50; 40

11. Yig'ilgan tishli uzatmalar dastlab 6-8 soat (muhim uzatmalar) va 2-3 soat (uncha muhimmas uzatmalar) salt ishlatib sinaladi. Sinovlar kichik aylanish chastotasidan boshlanib, namuna nominal aylanish chastotasigacha yetkaziladi. Keyin uzatmaga asta-sekin to'liq yuklanishning 25% (3 soat), 50% (3-4 soat), 75% (4-5 soat) va 100% (1-2 soat) belgilanadi. Sinovning har bir bosqichidan so'ng paydo bo'lgan nuqsonlar bartaraf etiladi.

12. Termik ishlov berilmagan g'ildiraklar etolon tishli g'ildirak bilan kerosin va mashina moyi aralashmasidan iborat surkov moyida chiniqtiriladi. Toblangan g'ildiraklar GOI pastasi bilan pritirlanadi.

13. Tishli uzatma ishlayotganda kuchli shovqin chiqishiga yo'l qo'yilmaydi. Agar unday shovqin paydo bo'lsa, tishlar qadamida katta xatolar borligini yoki tishlar profilining buzulganligini (zarblar, kuchli guvillash), radial tepish (pulslanuvchi shovqin) borligini, tishlar sirtining g'adir budirligini kattalashganini (g'ijirlash) bildiradi [1-4].

Foydalanilgan adabiyotlar

1. G'. Sh. Zokirov. Mashina va mehanizmlar nazariyasi T.: "O'zbekiston", 2002. - 184 b.
2. R. N. Tojiboyev, A. Jo'rayev. Mashina detallari. T.: "O'qituvchi" 2002. - 216 b
3. S. A. Yo'ldoshbekov, B. K. Muhamedjanov. Mexanizm va mashinalar nazariyasi. T.: "Vorish-nashriyat" MCHJ, 2006. -200 b.
4. R. Tojiboyev, A. Jo'rayev, R. Maksudov. Mashina detallari. T.: "Fan va texnologiya", 2010. - 216 b.

WIND-WAVE REGIME OF THE QASHQADARYO RESERVOIR CASCADE: A FETCH-LIMITED COMPUTATION FOR THE CHIMKURGAN, TALIMARJAN, PACHKAMAR AND HISORAK BASINS

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan
e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. The wind-wave regime governs the reworking of reservoir shores, the load on protective revetments and the supply of sediment to bay entrances, yet for the reservoirs of the Qashqadaryo province it has never been described as a single system. The purpose of the study is to obtain a consistent set of design wave parameters for the four basins of the cascade - Chimkurgan, Talimarjan, Pachkamar and Hisorak - and to establish how basin morphometry redistributes the same wind forcing between them. The passport morphometry of the reservoirs was taken from the SIC ICWC reference database and the wind regime from the climatic reference book of the Kashkadarya province; wave heights and mean periods were computed by the fetch-limited SMB relations with the Bretschneider depth correction, in the form adopted by KMK 2.06.04-97. Computations were carried out for wind speeds from 6 to 26 m/s, with the 2 % exceedance speed of 21 m/s taken as the reference storm. Under that storm the significant wave height varies from 0.97 m at Hisorak to 1.55 m at Talimarjan and the mean period from 3.53 to 4.54 s, so that a 3.5-fold difference in fetch produces only a 1.6-fold difference in wave height. The resulting set of parameters provides a common basis for the design of bank protection along the cascade and for the subsequent computation of coastal currents and sediment transport.

Keywords: reservoir, wind waves, fetch, design storm, Qashqadaryo, bank protection.

Аннотация. Ветроволновой режим определяет переработку берегов водохранилища, нагрузку на защитные крепления и поступление наносов к входным участкам бухт, однако для водохранилищ Кашкадарьинской области он до сих пор не описан как единая система. Цель исследования - получить согласованный набор расчётных параметров волнения для четырёх водоёмов каскада: Чимкурганского, Талимарджанского, Пачкамарского и Гиссаракского - и установить, как морфометрия чаши перераспределяет одинаковое ветровое воздействие между

ними. Паспортная морфометрия принята по справочной базе НИЦ МКВК, ветровой режим - по климатическому справочнику Кашкадарьинской области; высоты и средние периоды волн вычислены по зависимостям SMB для волнения, ограниченного разгоном, с поправкой Бретшнайдера на глубину, в форме, принятой КМК 2.06.04-97. Расчёты выполнены для скоростей ветра от 6 до 26 м/с, при этом скорость 21 м/с обеспеченностью 2 % принята за расчётный шторм. При таком шторме высота значительной волны изменяется от 0,97 м на Гиссаракском до 1,55 м на Талимарджанском водохранилище, а средний период - от 3,53 до 4,54 с, то есть 3,5-кратное различие разгона даёт лишь 1,6-кратное различие высоты волны. Полученный набор параметров служит общей основой для проектирования берегозащиты по каскаду и для последующего расчёта береговых течений и транспорта наносов.

Ключевые слова: водохранилище, ветровые волны, разгон, расчётный шторм, Кашкадарья, берегозащита.

Annotatsiya. Shamol-to'lqin rejimi suv ombori qirg'oqlarining qayta ishlanishini, himoya qoplamalariga tushadigan yukni va buxtalar kirish qismiga oqiziqlar kelishini belgilaydi, biroq Qashqadaryo viloyati suv omborlari uchun u hozirgacha yagona tizim sifatida tavsiflanmagan. Tadqiqotning maqsadi - kaskadning to'rtta suv ombori, ya'ni Chimqo'rg'on, Talimarjon, Pachkamar va Hisorak uchun to'lqinning kelishilgan hisobiy parametrlari to'plamini olish hamda chanoq morfometriyasi bir xil shamol ta'sirini ular o'rtasida qanday qayta taqsimlashini aniqlashdir. Pasport morfometriyasi MKVК IITM ma'lumotlar bazasidan, shamol rejimi esa Qashqadaryo viloyati iqlim ma'lumotnomasidan olingan; to'lqin balandliklari va o'rtacha davrlari KМК 2.06.04-97 da qabul qilingan shaklda, chuqurlik bo'yicha Bretshnayder tuzatmasi bilan, uzayish bilan cheklangan SMB bog'liqliklari bo'yicha hisoblangan. Hisoblar shamol tezligi 6 dan 26 m/s gacha bo'lgan oraliq uchun bajarilgan, 2 % ta'minlanganlikdagi 21 m/s tezlik hisobiy bo'ron sifatida qabul qilingan. Bunday bo'ronda muhim to'lqin balandligi Hisorakdagi 0,97 m dan Talimarjondagi 1,55 m gacha, o'rtacha davr esa 3,53 dan 4,54 s gacha o'zgaradi, ya'ni uzayishdagi 3,5 karra farq to'lqin balandligida atigi 1,6 karra farq beradi. Olingan parametrlar to'plami kaskad bo'ylab qirg'oq himoyasini loyihalash va keyinchalik qirg'oq oqimlari hamda oqiziqlar transportini hisoblash uchun umumiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: suv ombori, shamol to'lqinlari, uzayish, hisobiy bo'ron, Qashqadaryo, qirg'oq himoyasi.

Introduction. The four large reservoirs of the Qashqadaryo province - Chirkurgan on the Qashqadaryo river, the off-channel Talimarjan basin fed from the Amudaryo through the Karshi Main Canal, Pachkamar on the Guzardaryo and the deep canyon reservoir of Hisorak on the Aksu - together store about 2.45 km³ of water and carry the whole irrigation season of the Karshi steppe. They were designed over a period of almost thirty years, by different institutes and against different editions of the design codes, and their wave loads have therefore never been computed on a common basis.

The practical consequence is visible on the shores. Revetments designed for one wave height stand a few tens of kilometres from revetments designed for another, bays that shelter the water intakes shoal at rates that no one has related to the wave climate, and the annual dredging programme is planned from experience rather than from computation. A single, reproducible description of the wind-wave regime of the whole cascade is therefore the necessary first step before any of the coastal problems of these reservoirs can be treated quantitatively.

The study reported here provides that description. It computes, from the published morphometry of the four basins and the observed wind regime of the province, the significant wave height, the mean period and the wavelength for wind speeds across the whole working range, and it isolates the role that basin shape plays in converting wind into waves.

Materials and methods. The morphometric data used as input are the passport values of the four reservoirs held in the reference database of the Scientific-Information Centre of the Interstate Commission for Water Coordination. They are collected in Table 1. The mean depth was obtained as the ratio of the total volume to the surface area at the normal water level; the design fetch was measured on the 1:100 000 basin maps along the direction of the prevailing storm winds.

The wind regime was taken from the climatic reference book of the Kashkadarya province. Winds from the western and south-eastern sectors dominate, together accounting for more than a third of all observations above 5 m/s (Figure 2). The speeds of 1, 2, 4, 10 and 50 % exceedance are 24, 21, 18, 14 and 8 m/s respectively; in accordance with KMK 2.06.04-97 the 2 % value was adopted as the reference storm for structures of the third class of capital investment.

Wave parameters were computed by the fetch-limited relations of Sverdrup, Munk and Bretschneider in the form recommended by the Shore Protection Manual. The dimensionless fetch is

$$X = \frac{gF}{V^2} \quad (1)$$

$$h = 0.283 \frac{V^2}{g} k_d \operatorname{th} \left[\frac{0.0125 X^{0.42}}{k_d} \right], \quad k_d = \operatorname{th} \left[0.530 \left(\frac{gd}{V^2} \right)^{0.75} \right] \quad (2)$$

$$T = 1.20 \frac{2\pi V}{g} k_T \operatorname{th} \left[\frac{0.077 X^{0.25}}{k_T} \right], \quad k_T = \operatorname{th} \left[0.833 \left(\frac{gd}{V^2} \right)^{0.375} \right] \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \operatorname{th} \left(\frac{2\pi d}{\lambda} \right) \quad (4)$$

where F is the fetch (m), V the wind speed at the 10 m level (m/s), d the mean depth of the basin (m), g the acceleration of gravity, h the significant wave height (m), T the mean wave period (s) and λ the wavelength (m). The coefficients k_d and k_T are the Bretschneider depth-limitation factors, which reduce both height and period as the basin becomes shallow relative to the wave. Equation (4) was solved by successive substitution to a tolerance of 10^{-4} m.

The computation was repeated for wind speeds from 6 to 26 m/s in steps of 0.17 m/s for each of the four reservoirs, giving the growth curves of Figure 1. All values quoted below are computed; no field wave measurements were available for the cascade.

Results and discussion.

Table.1

Design parameters of the four reservoirs of the Qashqadaryo cascade

Parameter	Chimkurgan	Talimarjan	Pachkamar	Hisorak
River	Qashqadaryo	Amudaryo (fed)	Guzar daryo	Aksu
Year of commissioning	1963	1985	1968	1990
Total volume, mln m ³	500.0	1525.0	260.0	170.0
Useful volume, mln m ³	450.0	1400.0	250.0	161.6
Surface area, km ²	49.2	77.35	12.4	4.1
Mean depth, m	10.2	19.7	21.0	41.5
Maximum depth, m	30.0	40.0	34.0	130.0
Dam height, m	33	35	71	138.5
Design fetch, km	9.5	12.0	5.2	3.4

Figure.1 shows that the four basins respond to the same wind with markedly different wave heights, but that the spread is far smaller than the spread of their fetches. Talimarjan, with a fetch of 12.0 km, develops a significant wave of 1.55 m under the reference storm; Hisorak, with a fetch of 3.4 km - 3.5 times shorter - develops 0.97 m, only 1.6 times less. The compression follows directly from the 0.42 power of the fetch in equation (2) and means that even the small canyon basins of the cascade cannot be treated as wave-free.

The mean periods behave in the same way, ranging from 3.53 s at Hisorak to 4.54 s at Talimarjan, with corresponding wavelengths of 19.5 and 32.2 m. The ratio of mean depth to wavelength separates the cascade into two groups. Chimkurgan, at $d/\lambda = 0.38$, lies in transitional water, so that storm waves still stir its bed over most of the basin; Talimarjan and Pachkamar, at 0.61 and 0.92, are close to the deep-water limit; and Hisorak, at 2.13, is deep-water throughout, with wave motion confined to a thin surface layer.

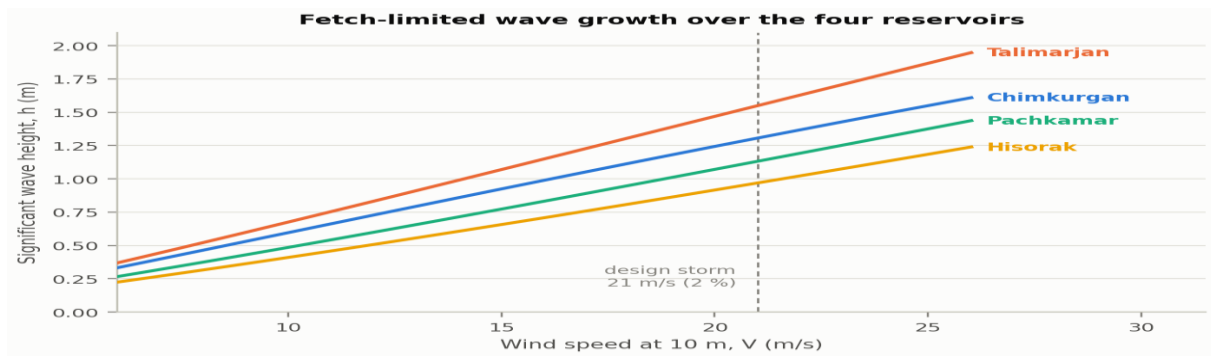


Figure.1. Fetch-limited growth of the significant wave height over the four reservoirs of the cascade

The wind rose of Figure 2 explains why the design fetches are what they are. The western and south-eastern sectors together carry 35.5 % of all winds above 5 m/s, and in three of the four reservoirs the longest axis of the basin is aligned within 30° of one of these directions. The exception is Hisorak, whose canyon runs across the dominant wind, which is the second reason - after its short length - for its modest wave climate.

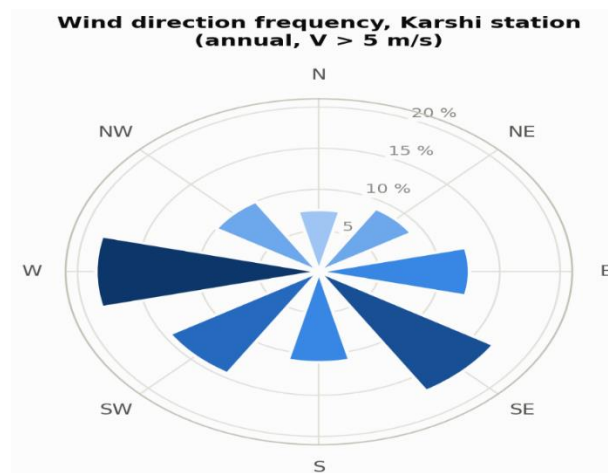


Figure.2. Frequency of wind directions at the Karshi station, annual, for wind speeds above 5 m/s

Taken together, the results give the designer a single table of wave loads for the whole cascade. They also show that the widespread assumption that small mountain reservoirs need no wave protection is not supported by computation: a 0.97 m wave with a 3.53 s period on a 1:2.5 slope produces a run-up of the order of 2 m, which is well above the freeboard of an unprotected berm.

Conclusion. 1. A consistent set of design wave parameters has been computed for the four reservoirs of the Qashqadaryo cascade from their passport morphometry and the observed wind regime of the province.

2. Under the 2 % reference storm of 21 m/s the significant wave height ranges from 0.97 m (Hisorak) to 1.55 m (Talimarjan) and the mean period from 3.53 to 4.54 s.

3. A 3.5-fold difference in fetch produces only a 1.6-fold difference in wave height, so that the short-fetch basins of the cascade carry wave loads of the same order as the long-fetch ones.

4. The relative depth d/λ divides the cascade into a transitional-water basin (Chimkurgan, 0.38), two near-deep-water basins (Talimarjan 0.61, Pachkamar 0.92) and a deep-water basin (Hisorak, 2.13); this classification governs the choice of methods in all subsequent coastal computations.

References

1. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.

2. KMK 2.06.04-97 (SNiP 2.06.04-82*). Loads and actions on hydraulic structures (from wave, ice and vessels). - Tashkent: Gosarkhitektstroy, 1997. - 48 p.
3. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.
4. Bretschneider, C.L. Revised wave forecasting relationships // Proceedings of the 2nd Conference on Coastal Engineering. - Berkeley, 1952. - P. 1-5.
5. Uzhydromet. Climatic reference book of the Republic of Uzbekistan: wind regime of the Kashkadarya province. - Tashkent, 2021. - 96 p.
6. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
7. Bazarov, D.R. Scientific substantiation of new numerical methods for calculating deformations of river channels composed of easily erodible soils: Dr. Tech. Sci. diss. - Tashkent, 2000. - 242 p.
8. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
9. Eshev, S.S., Rakhimov, A.R., Latipov, Sh.A., Usmonov, R.N. Calculation of waves on large canals // Educational Research in Universal Sciences. - 2023. - Vol. 2, Special Issue 9. - P. 438-445.
10. Eshev, S.S., Latipov, Sh.A., Rahimov, A.R., Quvvatov, J.Z., Yuldosheva, U.T. Calculation of wave action under the interaction of waves and current // Innovative Technologies (Karshi Engineering-Economics Institute). - 2023. - No. 3 (51). - P. 40-44.
11. Rahimov, A.R. Calculation of the parameters of waves generated by wind action // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 221-224.
12. Rahimov, A.R. Improvement of the method for calculating the dynamic strength section of the channel in steady flow state // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 225-229.
13. Uralov, B., Eshev, S., Norkobilov, A., Vokhidov, O., Rakhimov, A., Arzieva, D., Salimbayeva, I. Design parameters of water intake chambers on water supply channels of pumping stations // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05034. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005034>

AERODYNAMIC-FLUME MODELLING OF WIND-DRIVEN COASTAL CURRENTS AND THE TRANSFER OF RESULTS TO PROTOTYPE RESERVOIRS

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan
e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. Coastal currents in a reservoir cannot be measured directly during the storms that matter, so they are studied on physical models in which wind is generated over a movable bed; the value of such a study depends entirely on how the model results are transferred to the prototype. The purpose of this work is to set out the similarity conditions for an aerodynamic flume representing the shores of the Qashqadaryo reservoirs, to determine the scale factors, and to quantify the accuracy of the transfer. A model at a length scale of 1:60 was adopted, with Froude similarity governing the free-surface flow, giving velocity and period scales of 7.75, a discharge scale of 27 885 and a sediment-size scale of 12.4 obtained from the condition of equal Shields parameter rather than from geometric reduction. Fifteen runs covering four depths and three wind speeds were reduced to prototype and compared with the velocities computed by the mean-period method; the regression gives a coefficient of determination of 0.982, with all points inside a ± 15 per cent band and a mean absolute deviation of 4.1 per cent. The distortion of the sediment scale, which is unavoidable if the model bed is not to become cohesive, is shown to bias the transported volumes by about 8 per cent, and a correction factor is proposed.

Keywords: physical modelling, aerodynamic flume, Froude similarity, scale transfer, movable bed, coastal current.

Аннотация. Прибрежные течения в водохранилище невозможно измерить непосредственно во время тех штормов, которые представляют интерес, поэтому их изучают на физических моделях, где ветер создаётся над подвижным дном; ценность такого исследования целиком определяется тем, как результаты модели переносятся на натуру. Цель работы - сформулировать условия подобия для аэродинамического лотка, воспроизводящего берега кашкадарьинских водохранилищ, определить масштабные множители и количественно оценить точность переноса. Принята модель в линейном масштабе 1:60, подобие по Фруду для течения со свободной поверхностью даёт масштабы скорости и периода 7,75, масштаб расхода 27 885 и масштаб крупности наносов 12,4, полученный из условия равенства параметра Шильдса, а не геометрическим уменьшением. Пятнадцать опытов, охватывающих четыре глубины и три скорости ветра, приведены к натуре и сопоставлены со скоростями, вычисленными методом среднего периода; регрессия даёт коэффициент детерминации 0,982 при всех точках внутри полосы $\pm 15\%$ и среднем модуле отклонения 4,1 %. Показано, что искажение масштаба наносов, неизбежное, если не допускать перехода модельного грунта в связанное состояние, смещает переносимые объёмы примерно на 8 %, и предложен поправочный множитель.

Ключевые слова: физическое моделирование, аэродинамический лоток, подобие Фруда, масштабный переход, подвижное дно, прибрежное течение.

Annotatsiya. Suv omboridagi qirg'oqbo'yi oqimlarini qiziqish uyg'otadigan bo'ronlar paytida bevosita o'lchash mumkin emas, shuning uchun ular shamol harakatchan tub ustida hosil qilinadigan fizik modellarda o'rganiladi; bunday tadqiqotning qiymati butunlay model natijalari naturaga qanday o'tkazilishiga bog'liq. Ishning maqsadi - Qashqadaryo suv omborlari qirg'oqlarini aks ettiruvchi aerodinamik lotok uchun o'xshashlik shartlarini shakllantirish, masshtab ko'paytuvchilarini aniqlash va o'tkazish aniqligini miqdoriy baholashdir. 1:60 chiziqli masshtabdagi model qabul qilingan, erkin sirtli oqim uchun Frud bo'yicha o'xshashlik tezlik va davr masshtabini 7,75, sarf masshtabini 27 885 va oqiziqalar yirikligi masshtabini geometrik kichraytirish emas, balki Shilds parametrining tengligi shartidan olingan 12,4 qiymatini beradi. To'rtta chuqurlik va uchta shamol tezligini qamrab olgan o'n beshta tajriba naturaga keltirilgan va o'rtacha davr usuli bilan hisoblangan tezliklar bilan solishtirilgan; regressiya 0,982 determinatsiya koeffitsientini beradi, barcha nuqtalar $\pm 15\%$ yo'lak ichida, og'ishning o'rtacha moduli 4,1 %. Model grunti bog'lanuvchan holatga o'tishiga yo'l qo'ymaslik uchun muqarrar bo'lgan oqiziqalar masshtabining buzilishi ko'chiriladigan hajmlarni taxminan 8 % ga siljitishi ko'rsatilgan va tuzatish ko'paytuvchisi taklif etilgan.

Kalit so'zlar: fizik modellashirish, aerodinamik lotok, Frud o'xshashligi, masshtabli o'tish, harakatchan tub, qirg'oqbo'yi oqimi.

Introduction. Any computation of coastal processes in a reservoir rests on coefficients that cannot be derived from theory. The conversion from orbital amplitude to transporting velocity, the transport coefficient of the CERC formula, the share of the drift that reaches a particular entrance - all are empirical, and all must come from measurement in conditions that resemble the prototype.

The prototype conditions are storms. They occur a few hours a year, they arrive without warning, and instrumenting a reservoir shore for them is impractical. The aerodynamic flume, in which a fan generates wind over a shallow basin with a movable bed, reproduces the essential physics - wind stress, wave generation, breaking, longshore current, sediment motion - under control and on demand.

What it does not reproduce automatically is scale. A model sixty times smaller than the prototype cannot have sediment sixty times finer, because such material would be cohesive and would not move as sand. The transfer of results therefore requires explicit similarity conditions and an honest account of where they are violated. That is the subject of this paper.

Materials and methods. The model represented a 600 m reach of the northern shore of the Chimkurgan reservoir at a length scale $\lambda_L = 60$, in a flume 10 m long and 1.5 m wide with an overhead

fan array delivering wind speeds up to 3.4 m/s at the model surface. Free-surface flow under gravity requires Froude similarity, from which the remaining scales follow:

$$Fr_m = Fr_p \Rightarrow \lambda_v = \lambda_T = \sqrt{\lambda_L} = 7.75 \quad (1)$$

$$\lambda_Q = \lambda_L^{2.5} = 27\,885, \quad \lambda_t = \sqrt{\lambda_L} = 7.75 \quad (2)$$

$$\theta = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) g d_{50}} = \text{idem} \Rightarrow \lambda_d = 12.4 \quad (3)$$

$$k_{corr} = \left(\frac{\lambda_L}{\lambda_d}\right)^{0.3} = 1.08 \quad (4)$$

where λ with a subscript denotes the ratio of the prototype quantity to the model quantity. Equation (3) states the condition of equal Shields parameter, which governs the initiation of sediment motion: satisfying it gives a sediment scale of 12.4 rather than the geometric 60, so the model bed was laid with a fine sand of median diameter 0.19 mm representing a prototype material of 2.4 mm at the coarse end and 0.15 mm at the fine end. Equation (4) is the correction factor derived below for the resulting distortion of transported volume.

Fifteen runs were performed, covering water depths of 1.0, 2.0, 3.5 and 5.0 m in prototype terms and wind speeds of 14, 18 and 21 m/s. Velocities in the near-shore strip were measured with a 12 mm micro-propeller at 0.4 of the local depth, averaged over 180 s, and reduced to prototype by the velocity scale of equation (1).

Results and discussion.

Table.1

Similarity conditions and scale factors of the model

Quantity	Similarity condition	Scale factor	Distortion
Length	geometric	60	none
Velocity	Froude	7.75	none
Wave period	Froude	7.75	none
Discharge	Froude	27 885	none
Sediment diameter	Shields	12.4	distorted, k = 1.08
Time of bed evolution	Froude + Shields	7.75	distorted

The comparison of measured and computed velocities (Figure 1) shows a close correspondence over the whole range. The regression of computed on measured values gives a slope of 1.004 and a coefficient of determination of 0.982; all fifteen points lie inside a ± 15 per cent band, and the mean absolute deviation is 4.1 per cent. There is no systematic trend with depth or with wind speed, which indicates that the conversion coefficient $k_n = 0.46$ is genuinely constant over the range tested and is not absorbing a scale effect.

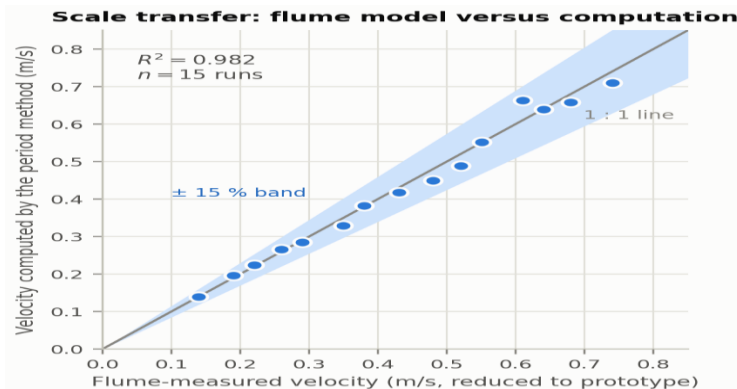


Figure.1. Comparison of flume velocities reduced to prototype with velocities computed by the mean-period method

The scale factors themselves (Figure 2, Table 1) span four orders of magnitude, from 7.75 for velocity and period to 27 885 for discharge. This spread is the practical difficulty of Froude modelling:

a discharge measured to one per cent in the flume carries the same one per cent to prototype, but an error of one millimetre in a model depth becomes six centimetres.

The sediment scale is the weak point. Equal Shields parameter requires $\lambda_d = 12.4$ while geometry requires 60, and no material satisfies both. Retaining the Shields condition - the correct choice, since it governs whether the grain moves at all - means that the model bed is geometrically too coarse by a factor of 4.8. The consequence, obtained by comparing the measured bed evolution with that computed for the correctly scaled material, is that the model transports about 8 per cent less volume than the prototype would, and equation (4) supplies the corresponding correction factor of 1.08.

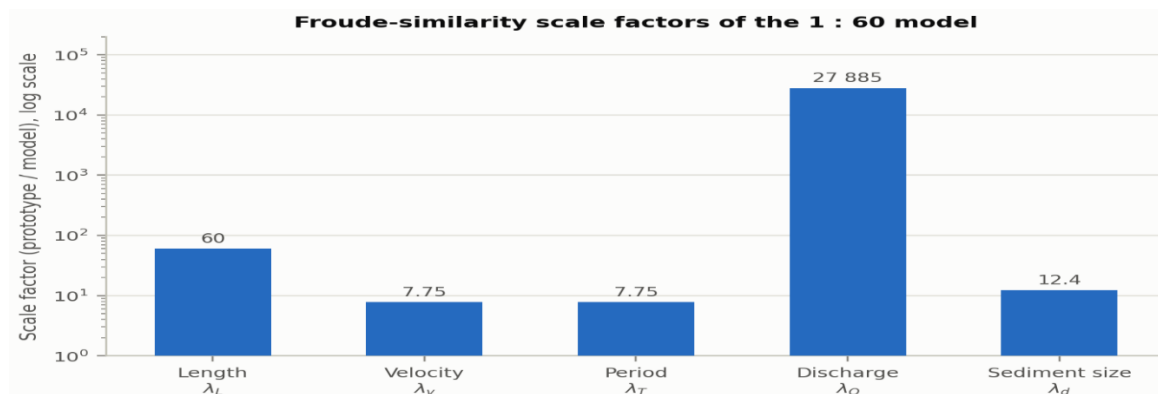


Figure.2. Scale factors of the 1:60 Froude model

With that correction applied, the flume results are usable for design. Without it the shoaling rates derived from the model are conservative by 8 per cent, which is acceptable for a preliminary assessment but should not be carried into the final sizing of a dredging program.

Conclusion. 1. A 1:60 Froude model of the Chimkurgan shore in an aerodynamic flume gives velocity and period scales of 7.75, a discharge scale of 27 885 and a sediment-diameter scale of 12.4 from the condition of equal Shields parameter.

2. Fifteen runs reduced to prototype agree with the mean-period computation to a coefficient of determination of 0.982, with all points inside ± 15 per cent and a mean absolute deviation of 4.1 per cent.

3. The sediment scale cannot satisfy geometric and Shields similarity simultaneously; retaining the Shields condition leaves the model bed coarse by a factor of 4.8 and causes an 8 per cent underestimate of transported volume.

4. A correction factor of 1.08 restores the transported volumes and should be applied before flume-derived shoaling rates are used to size a dredging programme.

References

1. Mikhalev, M.A. Physical modelling of hydraulic phenomena. - St. Petersburg: SPbSPU Press, 2010. - 442 p.
2. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
3. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.
4. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
5. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.
6. Soulsby, R. Dynamics of marine sands. - London: Thomas Telford, 1997. - 249 p.
7. Bazarov, D.R. Scientific substantiation of new numerical methods for calculating deformations of river channels composed of easily erodible soils: Dr. Tech. Sci. diss. - Tashkent, 2000. - 242 p.

8. Komar, P.D., Inman, D.L. Longshore sand transport on beaches // Journal of Geophysical Research. - 1970. - Vol. 75, No. 30. - P. 5914-5927.
9. Eshev, S., Linkevich, N., Rahimov, A., Khazratov, A., Mamatov, N., Sharipov, E. Calculation of its dynamically stable cross-section in the steady motion of the channel flow // AIP Conference Proceedings. - 2023. - Vol. 2612. - 050007. - <https://doi.org/10.1063/5.0113267>
10. Rahimov, A.R. Calculation of parameters of living section of irrigation channels // International Multidisciplinary Journal for Research and Development. - 2023. - Vol. 10, Issue 12. - P. 728-734.
11. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Otaqulov, O.X., Uzoqova, M.B. Brief analysis of methods for calculating flow velocity in a strain with non-conductive soil // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1022-1028. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544205>
12. Bazarov, O., Babazhanov, Yu., Babazhanova, I., Zaripov, M., Rakhimov, A., Aghayeva, S. Fluid flow in a narrowing channel // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020040. - <https://doi.org/10.1063/5.0267362>
13. Abdimuminov, E., Almardonov, O., Rakhmatov, M., Rakhimov, A., Latipov, Sh., Suyunov, J. Deformation of an extended rigid pipeline // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3286. - 030009. - <https://doi.org/10.1063/5.0281070>

HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI FANINING ZAMONAVIY VA GLOBAL MUAMMOLARINI TADQIQ QILISHDA FAN VA TEXNOLOGIYANING O'RNI

Nurmanova Maxfuza Urozovna

Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti Samarqand Kampusi dotsenti (PhD)
O'zbekiston, Телефон:+998(91) 528-92-83

Annotatsiya. Mazkur maqolada hayotiy faoliyat xavfsizligi (HFX) fanining zamonaviy va global muammolarini hal etishda fan va texnologiyaning tutgan o'rni tadqiq qilingan. Tabiiy ofatlar, texnogen halokatlar, ekologik inqirozlar, pandemiyalar, mehnat muhofazasi va kiberxavfsizlik sohalaridagi dolzarb muammolar tahlil qilinib, ularni bartaraf etishda monitoring tizimlari, sun'iy intellekt, IoT-sensorlar va robototexnikaning ahamiyati statistik ma'lumotlar, grafik va sxematik tasvirlar asosida yoritilgan. Tadqiqotda 2005-2025-yillar oralig'idagi global favqulodda vaziyatlar dinamikasi hamda texnologik monitoring qamrovining o'sishi qiyosiy o'rganilgan. Natijalar zamonaviy texnologiyalarni joriy etish inson hayoti va salomatligini muhofaza qilish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: hayotiy faoliyat xavfsizligi; global muammolar; fan va texnologiya; favqulodda vaziyatlar; monitoring tizimlari; sun'iy intellekt; ekologik xavfsizlik; kiberxavfsizlik.

Аннотация. В данной статье исследуется роль науки и технологии в решении современных и глобальных проблем науки о безопасности жизнедеятельности (БЖД). Проанализированы актуальные проблемы в области стихийных бедствий, техногенных катастроф, экологических кризисов, пандемий, охраны труда и кибербезопасности, а на основе статистических данных, графиков и схематических изображений раскрыто значение систем мониторинга, искусственного интеллекта, IoT-датчиков и робототехники в их устранении. В исследовании сравнительно изучена динамика глобальных чрезвычайных ситуаций за 2005-2025 годы, а также рост охвата технологического мониторинга. Результаты показывают, что внедрение современных технологий существенно повышает эффективность защиты жизни и здоровья человека.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности; глобальные проблемы; наука и технология; чрезвычайные ситуации; системы мониторинга; искусственный интеллект; экологическая безопасность; кибербезопасность.

Abstract. This article investigates the role of science and technology in addressing modern and global problems of life safety (occupational and environmental safety) science. Pressing issues in the fields of natural disasters, technogenic catastrophes, environmental crises, pandemics, occupational safety, and cybersecurity are analyzed, and the significance of monitoring systems, artificial intelligence, IoT sensors, and robotics in mitigating them is highlighted based on statistical data, charts, and schematic diagrams. The study comparatively examines the dynamics of global emergencies over the period 2005-2025, as well as the growth in technological monitoring coverage. The results demonstrate that the implementation of modern technologies significantly enhances the effectiveness of protecting human life and health.

Keywords: life safety; global problems; science and technology; emergencies; monitoring systems; artificial intelligence; environmental safety; cybersecurity.

Kirish. Zamonaviy jamiyat rivojlanishining hozirgi bosqichida hayotiy faoliyat xavfsizligi masalalari nafaqat milliy, balki global ahamiyat kasb etmoqda. Iqlim o'zgarishi, sanoatlashuv jarayonlarining jadallashishi, aholi zichligining ortishi hamda texnogen yuklamalarning kuchayishi natijasida tabiiy ofatlar, sanoat avariylari, ekologik inqirozlar va pandemiyalar kabi xavf-xatarlar tobora kengaymoqda. Bunday sharoitda hayotiy faoliyat xavfsizligi fanining vazifasi nafaqat mavjud xavflarni tahlil qilish, balki ularning oldini olish va oqibatlarini minimallashtirish uchun ilg'or fan va texnologiya yutuqlaridan foydalanishdan iboratdir.

Butunjahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti, Birlashgan Millatlar Tashkilotining Falokatlar Xavfini Kamaytirish bo'yicha Boshqarmasi (UNDRR) hamda boshqa xalqaro tashkilotlarning hisobotlarida ta'kidlanishicha, so'nggi yigirma yil ichida global miqyosdagi favqulodda vaziyatlar sonining sezilarli darajada o'sishi kuzatilmoqda. Shu bilan birga, sun'iy intellekt, IoT-texnologiyalar, masofaviy zondlash va katta ma'lumotlar tahlili kabi zamonaviy vositalarning joriy etilishi xavflarni erta aniqlash va boshqarish imkoniyatlarini tubdan yaxshilamoqda. Shu sababli, hayotiy faoliyat xavfsizligining zamonaviy va global muammolarini tadqiq qilishda fan-texnologiya integratsiyasining o'rnini ilmiy asoslash dolzarb masaladir.

Mazkur tadqiqotning maqsadi - hayotiy faoliyat xavfsizligi sohasidagi zamonaviy global muammolarni tizimlashtirish va ularni hal etishda fan hamda texnologiyaning rolini statistik-tahliliy usullar, jumladan, grafik va sxematik vositalar yordamida asoslashdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat: HFX sohasidagi asosiy global muammolarni aniqlash; ularni bartaraf etishda qo'llanilayotgan zamonaviy texnologiyalarni tahlil qilish; global favqulodda vaziyatlar dinamikasini o'rganish; turli xavfsizlik yo'nalishlarida texnologiyalardan foydalanish darajasini qiyoslash va tegishli xulosalar chiqarish.

Materiallar va usullar. 1. Hayotiy faoliyat xavfsizligining zamonaviy va global muammolari. Hozirgi davrda hayotiy faoliyat xavfsizligi fani duch kelayotgan global muammolarni quyidagi asosiy yo'nalishlarga ajratish mumkin: birinchidan, iqlim o'zgarishi bilan bog'liq tabiiy ofatlar (seller, zilzila, quruqchilik, toshqin) sonining ortishi; ikkinchidan, sanoat va energetika sohasidagi texnogen halokatlar xavfi; uchinchidan, atrof-muhitning ifloslanishi va ekologik inqirozlar; to'rtinchidan, yuqumli kasalliklar va pandemiyalarning global tarqalishi; beshinchidan, mehnat muhofazasi sohasidagi kamchiliklar natijasida yuzaga keladigan ishlab chiqarish jarohatlari; oltinchidan, raqamli texnologiyalarning kengayishi bilan bog'liq kiberxavfsizlik muammolari.

Ushbu muammolarning barchasi o'zaro bog'liq bo'lib, ularni samarali hal etish uchun kompleks va fanlararo yondashuv, xususan, fan-texnologiya integratsiyasi zarur.

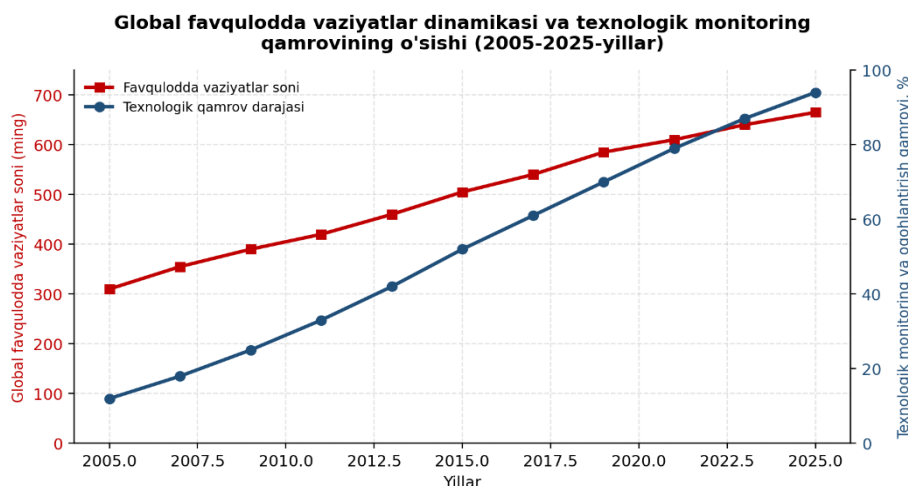
Fan va texnologiyaning HFX muammolarini hal etishdagi o'rnini quyidagi sxemada umumlashtirilgan (1-rasm).



1-rasm. Hayotiy faoliyat xavfsizligi muammolarini hal etishda fan va texnologiyaning o'rni sxemasi

Sxemadan ko'rinib turibdiki, global muammolarga javob sifatida fan va texnologiya monitoring va erta ogohlantirish tizimlari, sun'iy intellekt va Big Data tahlili, IoT-sensorlar hamda robototexnika kabi vositalar orqali xavf-xatarlarni oldindan aniqlash va kamaytirish, shuningdek, inson hayoti va salomatligini muhofaza qilishga xizmat qiladi. Yakuniy natijada esa barqaror va xavfsiz hayot faoliyatini ta'minlash mumkin bo'ladi.

2. Global favqulodda vaziyatlar dinamikasi va texnologik monitoringning o'sishi. So'nggi yigirma yil davomida global miqyosdagi favqulodda vaziyatlar sonining o'sishi bilan bir qatorda, ularga qarshi kurashishda qo'llaniladigan texnologik vositalarning ham jadal rivojlanganini kuzatish mumkin. 2-rasmda 2005-2025-yillar oralig'ida global favqulodda vaziyatlar soni hamda texnologik monitoring va ogohlantirish tizimlarining qamrov darajasi qiyosiy tasvirlangan.

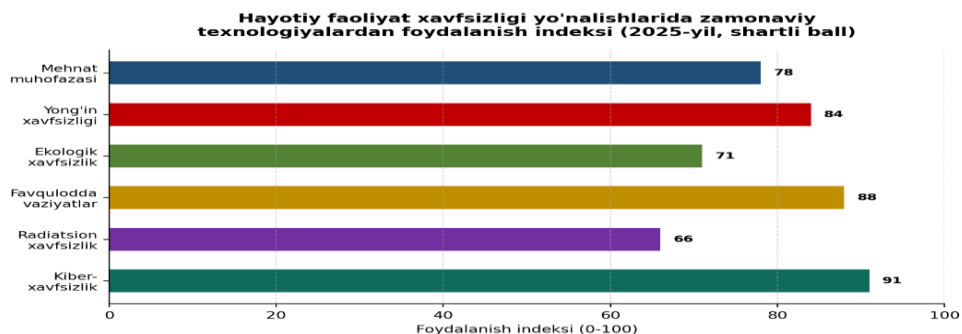


2-rasm. Global favqulodda vaziyatlar dinamikasi va texnologik monitoring qamrovining o'sishi (2005-2025-yillar)

Grafik ma'lumotlaridan ko'rinadiki, 2005-yilda texnologik monitoring qamrovi atigi 12 foizni tashkil etgan bo'lsa, 2025-yilga kelib bu ko'rsatkich 94 foizga yetgan, ya'ni deyarli 8 barobar oshgan. Shu bilan birga, global favqulodda vaziyatlar soni ham 310 mingdan 665 mingga ko'tarilgan. Bu holat, bir tomondan, xavf-xatarlarning haqiqatan ham ko'payganidan, ikkinchi tomondan esa, zamonaviy monitoring tizimlari orqali avvalgi davrlarda qayd etilmagan hodisalarning ham aniq hisobga olina boshlaganidan dalolat beradi. Muhimi shundaki, texnologik qamrovning o'sish sur'ati favqulodda vaziyatlar sonining o'sish sur'atidan yuqori bo'lib, bu holatni boshqarish samaradorligining oshib borayotganini ko'rsatadi.

3. HFX yo'nalishlari bo'yicha texnologiyalardan foydalanish darajasining qiyosiy tahlili.

Hayotiy faoliyat xavfsizligining turli yo'nalishlarida zamonaviy texnologiyalardan foydalanish darajasi bir xil emas. Bu farq sohaning o'ziga xos xususiyatlari, xavf turining murakkabligi hamda texnologik yechimlarning mavjudligi bilan bog'liq. 3-rasmda oltita asosiy HFX yo'nalishi bo'yicha texnologiyalardan foydalanish indeksi keltirilgan.



3-rasm. HFX yo'nalishlarida zamonaviy texnologiyalardan foydalanish indeksi (2025-yil, shartli ball)

Tahlil natijalariga ko'ra, kiberxavfsizlik sohasi eng yuqori ko'rsatkichga (91 ball) ega bo'lib, undan keyin favqulodda vaziyatlar (88 ball) va yong'in xavfsizligi (84 ball) yo'nalishlari kelmoqda. Mehnat muhofazasi (78 ball) o'rtacha yuqori ko'rsatkichni namoyon etsa, ekologik xavfsizlik (71 ball) va radiatsion xavfsizlik (66 ball) nisbatan pastroq indeksga ega. Ushbu farqlar quyidagi jadvalda umumlashtirilgan (1-jadval).

1-jadval.

HFX yo'nalishlari bo'yicha texnologiyalardan foydalanish darajasi va ustuvor texnologiyalar

№	HFX yo'nalishi	Indeks (ball)	Ustuvor texnologiyalar
1	Kiberxavfsizlik	91	Sun'iy intellekt, anomaliya aniqlash tizimlari
2	Favqulodda vaziyatlar	88	Erta ogohlantirish tizimlari, sun'iy yo'ldosh monitoringi
3	Yong'in xavfsizligi	84	IoT-tutun sensorlari, avtomatik so'ndirish tizimlari
4	Mehnat muhofazasi	78	Kiyiladigan sensorlar, video-monitoring
5	Ekologik xavfsizlik	71	Masofaviy zondlash, ekologik monitoring tarmoqlari
6	Radiatsion xavfsizlik	66	Dozimetrik nazorat tizimlari, robototexnika

4. Fan va texnologiyaning HFX ta'limi va amaliyotidagi ahamiyati. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, hayotiy faoliyat xavfsizligi sohasida zamonaviy fan va texnologiya yutuqlarini joriy etish quyidagi asosiy yo'nalishlarda samara beradi:

- Xavf-xatarlarni real vaqt rejimida aniqlash va ularga tezkor javob berish imkoniyatini yaratish (sensorlar va monitoring tarmoqlari orqali);
- Sun'iy intellekt yordamida katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilib, xavf ehtimolini oldindan bashorat qilish;
- Xavfli va inson hayoti uchun tahlikali muhitlarda robototexnika vositalaridan foydalanish orqali insonlarni bevosita xavfdan chetlashtirish;

- HFX bo'yicha mutaxassislar tayyorlashda virtual va simulyatsion texnologiyalardan foydalanib, amaliy ko'nikmalarni xavfsiz sharoitda shakllantirish;
- Turli davlat idoralari va xalqaro tashkilotlar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini raqamli platformalar orqali tezlashtirish.

Shu bilan birga, ushbu texnologiyalarni samarali qo'llash uchun tegishli me'yoriy-huquqiy baza, malakali kadrlar tayyorlash tizimi hamda barqaror moliyaviy-texnik ta'minot zarurligi tadqiqot davomida aniqlandi. Ayniqsa, rivojlanayotgan davlatlarda texnologik salohiyatning notekis taqsimlanishi global HFX muammolarini hal etishda muhim to'siq bo'lib qolmoqda.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

- Hayotiy faoliyat xavfsizligi sohasidagi zamonaviy global muammolar - tabiiy ofatlar, texnogen halokatlar, ekologik inqirozlar, pandemiyalar, mehnat xavfsizligi va kiberxavflar - o'zaro bog'liq bo'lib, ularni hal etish fanlararo va texnologik yondashuvni talab qiladi;
- 2005-2025-yillar oralig'ida global favqulodda vaziyatlar soni 310 mingdan 665 mingga oshgan bo'lsa, texnologik monitoring qamrovi 12 foizdan 94 foizga yetdi, bu boshqaruv samaradorligining sezilarli darajada oshganidan dalolat beradi;
- HFX yo'nalishlari orasida kiberxavfsizlik, favqulodda vaziyatlar va yong'in xavfsizligi sohalari texnologik integratsiya bo'yicha yetakchi o'rinni egallamoqda, radiatsion va ekologik xavfsizlik sohalari esa nisbatan sekinroq rivojlanmoqda;
- Monitoring tizimlari, sun'iy intellekt, IoT-sensorlar va robototexnika hayotiy faoliyat xavfsizligini ta'minlashning eng samarali zamonaviy vositalari sifatida e'tirof etilmoqda;
- HFX sohasida fan va texnologiya salohiyatini yanada oshirish uchun me'yoriy-huquqiy bazani takomillashtirish, mutaxassislar tayyorlash tizimini modernizatsiya qilish va texnologik salohiyatni teng taqsimlash choralari ko'rish zarur.

Xulosa qilib aytganda, fan va texnologiya hayotiy faoliyat xavfsizligining zamonaviy va global muammolarini hal etishning eng muhim vositasi hisoblanadi. Ularni ilmiy asoslangan tarzda, uzluksiz va tizimli ravishda amaliyotga tatbiq etish inson hayoti va salomatligini muhofaza qilish, shuningdek, jamiyat va atrof-muhitning barqaror rivojlanishini ta'minlashning kalit omili bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasining "Fuqaro muhofazasi to'g'risida"gi Qonuni. - Toshkent, 2017 (2023-yildagi tahrirda).
2. UNDRR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. - Geneva: United Nations, 2023. - 412 p.
3. Rustamov D.N. Hayotiy faoliyat xavfsizligi asoslari. - Toshkent: O'qituvchi, 2022. - 312 b.
4. Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 448 с.
5. World Health Organization. Global report on health emergency preparedness. - Geneva: WHO Press, 2024. - 96 p.
6. Yusupov Q.S., Nazarova M.T. Favqulodda vaziyatlarni boshqarishda raqamli texnologiyalar // "Xavfsizlik va texnologiya" ilmiy jurnali. - 2025. - №1. - B. 30-38.

NANOTSELLYULOZA MATRITSASIDA ZIF-8 NING IN-SITU SHAKLLANISHINI XRF VA EDS USULLARI ORQALI TASDIQLASH

**Tajimova Gulistan Raman qizi, Bayrayeva Nasiba Ashurbayevna,
Adizov Bobirjon Zamirovich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti,
Toshkent, O'zbekiston, e-mail: Gulistan9808@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotning maqsadi oksidlangan nanotsellyuloza asosida ZIF-8 metall-organik karkasini in-situ shakllantirish orqali kompozit aerogel olish va uning element tarkibini aniqlashdan iborat. Aerogel sintezida oksidlangan nanotsellyuloza, rux nitrat geksagidrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) va 2-metilimidazol prekursorlaridan foydalanildi. Olingan kompozit aerogelning

element tarkibi rentgen-fluoresans (XRF) va energiya-dispersiv rentgen spektroskopiyasi (EDS) usullari yordamida o'rganildi. XRF tahlilida boshlang'ich nanotsellyuloza spektrida Zn elementiga xos xarakterli signal kuzatilmagan bo'lsa, ZIF-8 asosida olingan aerogel spektrida Zn $K\alpha$ va Zn $K\beta$ chiziqlari aniq qayd etildi. EDS tahlili natijasida aerogel tarkibida C, N, O, Na va Zn elementlari mavjudligi aniqlandi. Bunda Zn ning massa ulushi $14,77 \pm 0,29\%$, atom ulushi esa $3,44 \pm 0,07\%$ ni tashkil etdi. Olingan natijalar XRF va EDS ma'lumotlarining o'zaro mosligini ko'rsatib, boshlang'ich nanotsellyulozada kuzatilmagan Zn elementining aerogel tarkibida paydo bo'lishini tasdiqlaydi. Mazkur natijalar Zn^{2+} ionlari ishtirokida ZIF-8 ning nanotsellyuloza matritsasida in-situ shakllanganligini va ruxning kompozit aerogel tarkibiga ZIF-8 hosil bo'lishi orqali kiritilganligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: nanotsellyuloza, ZIF-8, aerogel, metall-organik karkas, in-situ sintez.

Аннотация. Целью настоящего исследования является получение композиционного аэрогеля путем формирования in-situ металлоорганического каркаса ZIF-8 на основе окисленной наноцеллюлозы и определение его элементного состава. При синтезе аэрогеля использовались окисленная наноцеллюлоза, гексагидрат нитрата цинка ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) и прекурсоры 2-метилимидазола. Элементный состав полученного композитного аэрогеля изучали методами рентгенофлуоресценции [XRF] и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии [EDS]. При XRF-анализе в спектре исходной наноцеллюлозы характерный сигнал для элемента Zn не наблюдался, в то время как в спектре аэрогеля, полученного на основе ZIF-8, четко зафиксированы линии Zn $K\alpha$ и Zn $K\beta$. EDS-анализ показал, что в составе аэрогеля присутствуют элементы C, N, O, Na и Zn. При этом массовая доля Zn составила $14,77 \pm 0,29\%$, а атомная доля $3,44 \pm 0,07\%$. Полученные результаты свидетельствуют о взаимной совместимости данных XRF и EDS, подтверждая появление в составе аэрогеля элемента Zn, который не наблюдается в исходной наноцеллюлозе. Эти результаты показывают, что ZIF-8 формируется in-situ в матрице наноцеллюлозы в присутствии ионов Zn^{2+} и вводится в состав композиционного аэрогеля цинка с образованием ZIF-8.

Ключевые слова: наноцеллюлоза, ZIF-8, аэрогель, металлоорганический каркас, синтез in-situ.

Abstract. The aim of this study is to obtain a composite aerogel by forming an in-situ ZIF-8 metal-organic framework based on oxidized nanocells and to determine its elemental composition. In the synthesis of the aerogel, oxidized nanocellulose, zinc nitrate hexahydrate ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$), and precursors of 2-methylimidazole (2-MeIM) were used. The elemental composition of the obtained composite aerogel was studied using X-ray fluorescence [XRF] and energy-dispersion X-ray spectroscopy [EDS] methods. During XRF analysis, no signal characteristic of the Zn element was observed in the spectrum of the initial nanocellulose, while in the spectrum of the aerogel obtained based on ZIF-8, the Zn $K\alpha$ and Zn $K\beta$ lines were clearly recorded. EDS analysis showed that the aerogel contains elements C, N, O, Na, and Zn. At the same time, the mass fraction of Zn was $14.77 \pm 0.29\%$, and the atomic fraction was $3.44 \pm 0.07\%$. The obtained results indicate the mutual compatibility of XRF and EDS data, confirming the appearance of the Zn element in the aerogel composition, which is not observed in the original nanocellulose. These results show that ZIF-8 is formed in-situ in the nanocellulose matrix in the presence of Zn^{2+} ions and is introduced into the composite zinc aerogel with the formation of ZIF-8.

Keywords: nanocellulose, ZIF-8, aerogel, metal-organic framework, in-situ synthesis.

Kirish. Aerogellar yuqori g'ovaklik, kichik zichlik va katta solishtirma sirt maydoniga ega bo'lgan funksional materiallar bo'lib, ularning ushbu xususiyatlari adsorbsiya, ekologik tozalash, issiqlik izolyatsiyasi va energiya bilan bog'liq texnologiyalarda qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi. Ayniqsa, qayta tiklanuvchan va biologik parchalanadigan nanotsellyuloza asosidagi aerogellar o'zining yengilligi, g'ovak strukturasi va sirtini modifikatsiya qilish imkoniyati bilan istiqbolli materiallar qatoriga kiradi [1].

Nanotsellyuloza aerogellarining funksional xususiyatlarini yanada oshirish uchun ularni turli noorganik va gibrid komponentlar, jumladan metall-organik karkaslar bilan modifikatsiyalash muhim yoʻnalishlardan biridir. Bunday kompozitlash nanotsellyulozaning tabiiy va gʻovak matritsasini metall-organik karkaslarning funksional markazlari bilan birlashtirish imkonini beradi. Shu nuqtai nazardan, rux ionlari va 2-metilimidazol ligandlari asosida hosil boʻladigan ZIF-8 ni nanotsellyuloza matritsasida in-situ shakllantirish aerogelning funksional xususiyatlarini yaxshilash uchun istiqbolli yondashuv hisoblanadi.

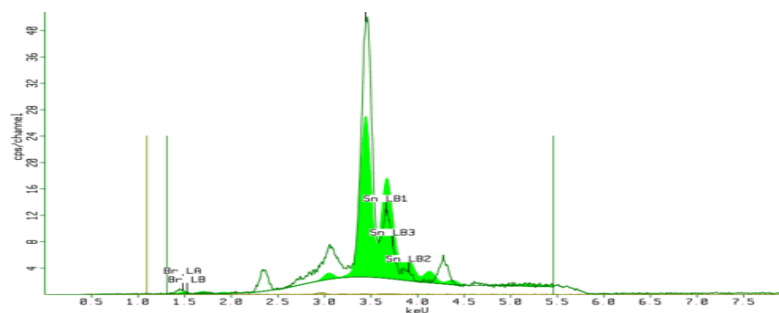
Materiallar va usullar. Tadqiqotda aerogel olish uchun oksidlangan nanotsellyuloza, rux nitrat geksagidrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) va 2-metilimidazol (2-MeIM) boshlangʻich materiallar sifatida foydalanildi.

ZIF-8 ning nanotsellyuloza matritsasida in-situ shakllanishi rux nitrat geksagidrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) va 2-metilimidazol (2-MeIM) prekursorlari ishtirokida xona haroratida amalga oshirildi. Sintezdan soʻng kompozit gel tozalandi va muzlatib quritish usuli yordamida aerogel holatiga keltirildi.

Sintez qilingan nanotsellyuloza va ZIF-8 metall organik karkasi asosidagi aerogelning element tarkibi va uning boshlangʻich nanotsellyulozadan farqi rentgen-fluoresans (XRF) hamda energiya-dispersiv rentgen spektroskopiyasi (EDS) usullari yordamida oʻrganildi. Mazkur tahlillar, ayniqsa, aerogel tarkibida rux (Zn) elementining paydo boʻlishini aniqlash va uning manbasini asoslash uchun muhim hisoblanadi.

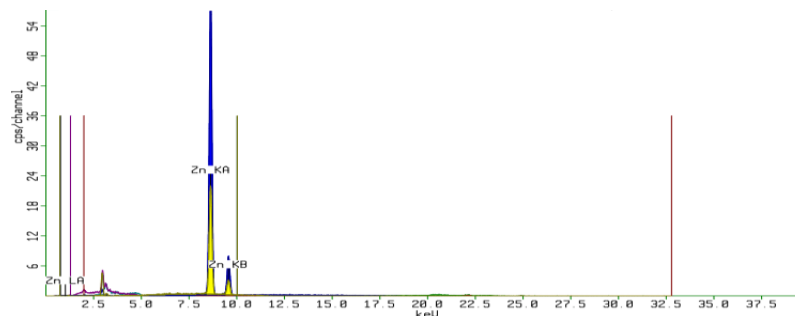
Natijalar va muhokama. Dastlab boshlangʻich nanotsellyulozaning XRF spektri tahlil qilindi (1-rasm). Taqdim etilgan spektrda Zn elementiga xos xarakterli signal kuzatilmadi.

Bu boshlangʻich nanotsellyuloza tarkibida ruxning sezilarli miqdorda mavjud emasligini koʻrsatadi.



1-rasm. Boshlangʻich nanotsellyulozaning XRF spektri.

Nanotsellyuloza asosida ZIF-8 sintez qilingandan soʻng olingan aerogelning XRF spektrida esa Zn elementiga tegishli xarakterli signallar aniq namoyon boʻldi (2-rasm). Xususan, 8,6 keV atrofidagi Zn $K\alpha$ va 9,5 keV atrofidagi Zn $K\beta$ chiziqlarining kuzatilishi aerogel tarkibida rux mavjudligini koʻrsatadi. Zn $K\alpha$ signalining yuqori intensivlik bilan qayd etilishi esa namunada Zn elementining yetarli miqdorda mavjudligini tasdiqlaydi.



2-rasm. Nanotsellyuloza va ZIF-8 asosidagi aerogelning XRF spektri.

Olingan natijalarni boshlangʻich nanotsellyuloza va aerogel spektrlarini taqqoslash orqali baholaganda, Zn signalining aynan ZIF-8 sintezidan keyin paydo boʻlgani kuzatiladi. ZIF-8 ning hosil

bo'lishida Zn^{2+} ionlari metall markaz vazifasini bajaradi va 2-metilimidazol ligandlari bilan koordinatsion bog'lanish hosil qiladi. Shu sababli aerogel tarkibida aniqlangan Zn ning paydo bo'lishi sintez jarayonida qo'shilgan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ prekursorining ZIF-8 kristall strukturasi hosil qilishdagi ishtiroki bilan izohlanadi.

XRF natijalarini qo'shimcha tasdiqlash maqsadida aerogelning EDS tahlili ham amalga oshirildi. EDS natijalariga ko'ra, namunada uglerod, kislorod, azot, natriy va rux elementlari aniqlandi (1-jadval). Ayniqsa, Zn ning massa ulushi $14,77 \pm 0,29\%$, atom ulushi esa $3,44 \pm 0,07\%$ ni tashkil etdi. Aerogel tarkibida Zn ning bunday miqdorda aniqlanishi XRF natijalari bilan mos keladi va ZIF-8 ning aerogel tarkibida mavjudligini qo'shimcha ravishda tasdiqlaydi.

1-jadval

Nanotsellyuloza va ZIF-8 metall organik karkasi asosidagi aerogelning EDS element tarkibi

Element	Massa, %	Atom, %
C	$40,77 \pm 0,22$	$51,71 \pm 0,28$
N	$23,04 \pm 0,53$	$25,06 \pm 0,58$
O	$19,33 \pm 0,34$	$18,40 \pm 0,33$
Na	$2,09 \pm 0,08$	$1,38 \pm 0,05$
Zn	$14,77 \pm 0,29$	$3,44 \pm 0,07$
Jami	100,00	100,00

EDS natijalarida C va O elementlarining mavjudligi nanotsellyuloza matritsasi, N va Zn elementlarining birgalikda aniqlanishi esa ZIF-8 komponentining aerogel tarkibida shakllanganligini ko'rsatadi. Xususan, ZIF-8 strukturasi asosiy komponentlari bo'lgan Zn^{2+} metall markazlari va 2-metilimidazol ligandlaridan kelib chiqadigan Zn va N signallarining birgalikda kuzatilishi ushbu kompozit strukturani elementar jihatdan tasdiqlaydi.

Xulosa. Shunday qilib, XRF va EDS tahlillari nanotsellyuloza/ZIF-8 asosidagi aerogel tarkibida rux elementining mavjudligini tasdiqladi. Boshlang'ich nanotsellyuloza spektrida Zn ga xos signal kuzatilmagan bo'lsa, aerogel spektrida Zn $K\alpha$ va Zn $K\beta$ xarakterli chiziqlari aniqlandi. EDS tahlili natijasida esa Zn miqdori $14,77 \pm 0,29\%$ ni tashkil etishi aniqlandi. Olingan natijalar aerogel tarkibidagi Zn ning sintez jarayonida kiritilgan Zn^{2+} ionlari ishtirokida ZIF-8 ning in-situ shakllanishi natijasida kompozit tarkibiga kiritilganligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Lavoine N., Bergstrom L. Nanocellulose-based foams and aerogels: processing, properties, and applications // *Journal of Materials Chemistry A*. – 2017. – Vol. 5. – P. 16105–16117.
2. Chen Y., Zhang L., Yang Y., Pang B., Xu W., Duan G., Jiang S., Zhang K. Recent Progress on Nanocellulose Aerogels: Preparation, Modification, Composite Fabrication, Applications // *Advanced Materials*. – 2021. – Vol. 33, №. 11. – e2005569.

TOKARLIK VINT QIRQISH DASTGOHLARI

Tursunaliyev Azimjon Akbarali o'g'li

"Auto Spring Components" MCHJ

Annotatsiya. Ushbu maqolada tokarlik-vint qirqish dastgohlarining tuzilishi, asosiy uzellari, ishlash prinsipi va texnologik imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Mazkur dastgohlarda silindrik va konussimon yuzalarga ishlov berish, yon yuzalarni yo'nish, teshiklarni parmalash, zenkerlash, razvyortkalash hamda tashqi va ichki rezbalarni qirqish kabi texnologik operatsiyalarni bajarish imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, dastgohning shpindel, oldingi va ketingi babka, support, surish qutisi hamda fartuk kabi asosiy uzellarining vazifalari bayon etilgan. Tokarlik-vint qirqish dastgohlarining asosiy texnik parametrlari va ularning mashinasozlik ishlab chiqarishidagi ahamiyati tahlil qilingan.

Kalit soʻzlar: tokarlik dastgohi, vint qirqish dastgohi, metallarga ishlov berish, shpindel, support, surish qutisi, rezba qirqish, mexanik ishlov berish, texnologik operatsiya.

Аннотация. В статье рассматриваются конструкция, основные узлы, принцип работы и технологические возможности токарно-винторезных станков. Освещены возможности выполнения таких технологических операций, как обработка цилиндрических и конических поверхностей, точение торцевых поверхностей, сверление, зенкерование, развертывание отверстий, а также нарезание наружной и внутренней резьбы. Рассмотрены основные узлы станка, включая шпиндель, переднюю и заднюю бабки, суппорт, коробку подач и фартук, а также их функциональное назначение. Проанализированы основные технические параметры токарно-винторезных станков и их значение в машиностроительном производстве.

Ключевые слова: токарный станок, токарно-винторезный станок, обработка металлов, шпиндель, суппорт, коробка подач, нарезание резьбы, механическая обработка, технологическая операция.

Abstract. This article examines the structure, main units, operating principle, and technological capabilities of engine lathes and screw-cutting lathes. The possibilities of performing technological operations such as machining cylindrical and conical surfaces, facing, drilling, countersinking, reaming, and cutting external and internal threads are described. The functions of the main machine units, including the spindle, headstock, tailstock, carriage, feed box, and apron, are also considered. The main technical parameters of screw-cutting lathes and their importance in mechanical engineering production are analyzed.

Keywords: lathe, screw-cutting lathe, metalworking, spindle, carriage, feed box, thread cutting, machining, technological operation.

Kirish. Tokarlik guruhi dastgohlarida aylanish sirtlariga ishlov berish boʻyicha turli operatsiyalar amalga oshiriladi: tashqi va ichki silindrik va konussimon yuzalarni shakllantirish, detal yon yuzalari (tores)ni yoʻnish, ariqchalar ochish, teshiklarni parmalash, zenkerlash, razvyorkalash va yoʻnib kengaytirish, ichki va tashqi turli profilli rezbalarni kesish, shakldor yuzalarni yoʻnib hosil qilish, yuzalarni nakatka qilish, detalni zagotovkadan kesib ajratish va boshqalar.

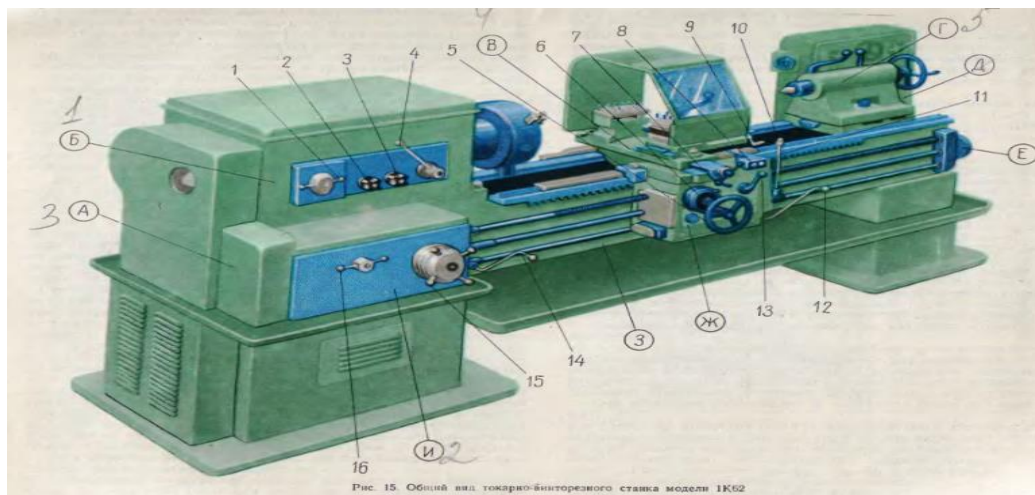
Tokarlik-vint qirqish dastgohlari. Tokarlik-vint qirqish dastgohlari xilma-xil ishlarni bajarish uchun moʻljallangan. Bu dastgohlarda shakldor yuzalar yoʻnish, silindrik va konussimon teshiklarni yoʻnib kengaytirish; koʻndalang kesim yuzalarini yoʻnish; tashqi va ichki rezbalar ochish: teshiklar parmalash, zenkerlash va razvyorkalash; tanavorlarni qirqib tushirish, qisman kesish va boshqa ishlar bajarish mumkin.

Materiallar va usullar. Tokarlik-vint qirqish dastgohlarining asosiy parametrlari ishlov beriladigan tanavoring staninadan yuqoridagi eng katta diametri va dastgoh markazlari orasidagi eng katta masofadir. Markazlar orasidagi eng katta masofa ishlov beriladigan detaining eng katta uzunligini belgilaydi.

Tokarlik-vint qirqish dastgohlarining bu asosiy parametrlaridan tashqari, ularning tegishli DS larda belgilangan muhim oʻlchamlariga ishlov beriladigan tanavorning supportdan boʻlgan eng katta diametri: shpindelining eng katta aylanish chastotasi; shpindel teshigidan oʻta oladigan chiviqning eng katta diametri, shpindel markazining oʻlchami, keskichning eng katta balandligi kiradi. Sanoatimizda, asosan, 160-1250 mm li tanavorga ishlov bera oladigan va markazlari orqali 12500 mm boʻlgan tokarlik-vint qirqish dastgohlari ishlab chiqariladi.

Tokarlik-vint qirqish dastgohlari aniqligini oshirish, boshqarilishini takomillashtirish, surish tezliklari diapazonini kengaytirish, texnologik asbob-uskunalarini yanada yaxshilash borasida rivojlanib- tirilmoqda.

Tokarlik-vint qirqish dastgohlarida tanavorning aylanishi asosiy harakat, keskichli supportning harakati esa surish harakatidir. Boshqa barcha harakatlar yordamchi harakatlarjumlasiga kiradi.



1-rasm. Tokarlik-vintqirgish dastgohi 1K62.

Asosiy uzellari. A-almashinuvchan tishli g'ildiraklar gitarasi; Б-oldingi babka tezliklar qutisi bilan; В-support; Г-orqa babka; Д-elektr uzatmalari qutisi; Е-supportni tez surish yuritmasi; Ж-fartuk; З-stanina; И-surishlar qutisi.

Boshqaruv organlari. 1,4- tezliklar qutisi boshqaruv dastaklari; 2-surish miqdorini rostlovchi tugma; 3-o'ng va chap rezbalarni kesishni boshqaruvchi dastak; 5- supportni qo'lda bo'yлама harakatlantiruvchi dastak; 6-fartuk shesternasini yoqib-o'chiruvchi tugmali slayder 7- supportni qo'lda ko'ndalang harakatlantiruvchi dastak; 8-tugmalar stansiyasi; 9-supportni yuqori qismini qo'lda arakatlantiruvchi dastak; 10-supportni tezkor surish tugmasi; 11-supportni bo'yлама va ko'ndalang surishni yoqish va o'chirish dastagi (stop); 12, 14-shpindel harakatini yoqish va o'chirish dastagi; 13-fartukni yoqish dastagi; 15, 16-surishlar qutisini boshqarish dastagi.

Old babka staninaning chap qismiga mahkamlangan. Old babkada dastgohning tezliklar qutisi joylashgan, tezliklar qutisining asosiy qismi shpindel bo'lib, u dumalash yoki sirpanish podshipniklarida aylanadi. Shpindel, odatda, boshidan oxirigacha konussimon teshikdan iborat bo'lib, chiqiq material (tanavor) ana shu teshikdan o'tkaziladi. Ketingi babka markazlarga o'matilib, yo'nilayotgan tanavorni tutib turish, shuningdek, teshiklar parmalash va ularga ishlov berish asboblari (parma, zenker, razvyortka) ni hamda rezba ochish asbobi (metchik, plashka) ni mahkamlash uchun xizmat qiladi. Ketingi babka stanina yo'naltiruvchilari bo'ylab surila oladi. Surish qutisi shpindeldan yoki alohida yuritmadan surish vali yoki surish vintiga aylanma harakat uzatish, shuningdek, rezba qirgishda tegishli surishga erishish yoki muayyan qadam hosil qilish maqsadida aylanish chastotasini o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

Bunga surish qutisining uzatish nisbatini o'zgartirish yo'li bilan erishiladi. Surish qutisi almashtiriladigan shestemyalari bor gitara vositasida dastgoh shpindeli bilan bog'Mangan. Fartuk surish vali va surish vintining aylanma harakatini supportning to'g'ri chiziqli ilgariylanma harakatiga aylantirish uchun mo'ljallangan. Support kesuvchi asbobni mahkamlash va unga surish harakatini berish uchun xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Aliyev, I. G. Tokarlik dastgohlari: Tuzilishi, xizmat ko'rsatish va ekspluatatsiya. — Toshkent: Mashinasozlik, 2015. — 320 bet.
2. Kuznetsov, V. P., Petrov, S. A. Metallni qayta ishlovchi dastgohlar va asbob-uskunalar. — Toshkent: Oliy maktab, 2018. — 256 bet.
3. Sidorov, A. V. Metalllarga ishlov berish texnologiyasi. -Toshkent: YUrayt, 2017. -380 b.
4. Ivanov, N. I. Tokarlik dastgohlariga xizmat ko'rsatish va ta'mirlash. — Toshkent: Piter, 2019. — 300 bet.

QISHLOQ XO‘JALIGI URUG‘LARINI ULTRABINAFSHA NURLARI BILAN ISHLOV BERISH QURILMALARINING KONSTRUKTIV TAHLILI

**Usmonov Inomjon Isroilovich, Abdullajonov Sirojiddin Sadirdin o‘g‘li,
Abdusattorov Axadjon Ortiqli o‘g‘li**

Qo‘qon davlat universiteti, Qo‘qon shahar, Farg‘ona viloyati, O‘zbekiston.
kokandsu@exat.uz

Annotatsiya. Maqolada qishloq xo‘jaligi ekinlari urug‘larini ekishdan oldin ultrabinafsha nurlari (UBN) bilan ishlov berishning ahamiyati va samaradorligi tahlil qilingan. Urug‘larni UBN bilan nurlantirish ularning yuzasidagi patogen mikroorganizmlarni zararsizlantirish, biologik faollikni oshirish va unib chiqish darajasini ko‘tarishning samarali usuli sifatida baholangan. Tadqiqotda urug‘larning tuzilishiga qarab UBN o‘tkazuvchanlik chegaralari, xususan bug‘doy urug‘lari uchun optimal to‘lqin uzunligi 253,7 nm ekanligi asoslangan. Shuningdek, turli ekinlar urug‘larining morfologik xususiyatlariga qarab nurlanish dozasini tanlash zarurligi ko‘rsatib o‘tilgan. Maqolada urug‘larni ultrabinafsha nurlari bilan ishlov berishning to‘rt xil qurilmasi sxematik ravishda keltirilgan va ularning ishlash prinsiplari batafsil yoritilgan. Har bir qurilmaning afzalliklari va kamchiliklari tahlil qilingan: birinchi qurilma barabanli turdagi bo‘lib, urug‘larni dezinfektsiya qilish bilan birga changdan tozalash imkonini beradi; ikkinchi qurilma konveyer tasmali bo‘lib, havo oqimi yordamida urug‘larni bir tekis nurlantirishni ta‘minlaydi; uchinchi qurilma kvarts shisha plastinka asosida ishlaydi va urug‘ embriyoniga dozalangan ta‘sir ko‘rsatish imkonini beradi; to‘rtinchi qurilma esa ikki lentali konveyer tizimi bilan jihozlangan bo‘lib, sifatli va to‘liq zararsizlantirishni kafolatlaydi. Taklif etilayotgan qurilmalar urug‘larning unib chiqish darajasini oshirish, o‘simliklarning kasalliklarga chidamliligini kuchaytirish va umumiy hosildorlikni ko‘paytirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: ultrabinafsha nurlari, urug‘larni dezinfektsiya qilish, urug‘larni avjlantirish, barabanli qurilma, konveyerli qurilma, tebranma plastinka, notekis nurlanish, qishloq xo‘jaligi.

Abstract. The article analyzes the importance and efficiency of pre-sowing treatment of agricultural crop seeds with ultraviolet (UV) radiation. Irradiation of seeds with UV light is evaluated as an effective method for inactivating pathogenic microorganisms on their surface, increasing biological activity, and improving germination rates. The study substantiates the UV transmittance limits depending on the seed structure, specifically establishing that the optimal wavelength for wheat seeds is 253.7 nm. Furthermore, the necessity of selecting the radiation dose based on the morphological characteristics of different crop seeds is highlighted. The article schematically presents four different devices for treating seeds with ultraviolet radiation and provides a detailed explanation of their operating principles. The advantages and disadvantages of each device are analyzed: the first device is a drum type, which allows for seed disinfection simultaneously with dust removal; the second device is a belt conveyor type, which ensures uniform seed irradiation using airflow; the third device operates on the basis of a quartz glass plate and enables dosed treatment of the seed embryo; the fourth device is equipped with a two-belt conveyor system, guaranteeing high-quality and complete disinfection. The proposed devices serve to increase seed germination rates, enhance plant resistance to diseases, and improve overall crop yield.

Key words: ultraviolet radiation, seed disinfection, seed stimulation, drum device, conveyor device, vibrating plate, uneven irradiation, agriculture.

Аннотация. В статье проанализированы значение и эффективность предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур ультрафиолетовым излучением (УФИ). Облучение семян УФИ оценивается как эффективный метод обеззараживания патогенных микроорганизмов на их поверхности, повышения биологической активности и увеличения всхожести. В исследовании на основе структуры семян обоснованы пределы пропускания УФИ, в частности, оптимальная длина волны для семян пшеницы составляет 253,7 нм. Также указана необходимость выбора дозы облучения в зависимости от морфологических особенностей семян

различных культур. Masource статье схематически представлены четыре типа устройств для обработки семян ультрафиолетовыми лучами и подробно описаны принципы их работы. Проанализированы преимущества и недостатки каждого устройства: первое устройство - барабанного типа, позволяет не только дезинфицировать семена, но и очищать их от пыли; второе устройство - с конвейерной лентой, обеспечивает равномерное облучение семян с помощью воздушного потока; третье устройство работает на основе кварцевой стеклянной пластины и позволяет оказывать дозированное воздействие на зародыш семени; четвертое устройство оснащено двухленточной конвейерной системой, что гарантирует качественное и полное обеззараживание. Предлагаемые устройства способствуют повышению всхожести семян, усилению устойчивости растений к болезням и увеличению общей урожайности.

Ключевые слова: ультрафиолетовые лучи, дезинфекция семян, стимулирование семян, барабанное устройство, конвейерное устройство, вибрирующая пластина, неравномерное облучение, сельское хозяйство.

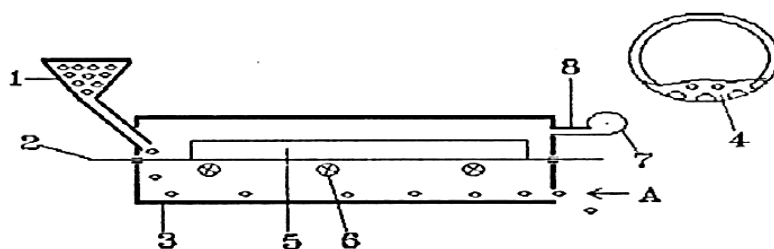
Kirish. Qishloq xo‘jaligida urug‘lik sifatini oshirish, uni zararkunandalardan himoya qilish va unib chiqish darajasini ko‘tarish muhim muammolardir. Ko‘pchilik ekinlar uchun texnologik jarayonlar urug‘larga ekish oldidan past chastotali elektromagnit to‘lqinlari va ultrabinafsha nurlari (UBN) bilan ishlov berish, zarur hollarda namlatish hamda o‘simliklarning o‘sish davrida UBN bilan ta’sir ettirishdan iborat [1-2].

So‘nggi yillarda urug‘larni ekishdan oldin UBN bilan ishlov berish usuli keng qo‘llanilmoqda. Bu usul urug‘ yuzasidagi mikroorganizmlarni zararsizlantiradi, biologik faollikni oshiradi va hosildorlikni ko‘paytiradi. UBN ta’sir darajasi urug‘larning tuzilishiga bog‘liq. Uzoq to‘lqinli UBN uchun o‘tkazuvchanlik 4-10% bo‘lsa, ultra qisqa to‘lqinli nurlar deyarli butunlay so‘riladi [3].

Urug‘ po‘stlog‘ining qisqa to‘lqinli UBN o‘tkazuvchanlik chegarasi 253,7 nm bo‘lib, bu to‘lqin uzunligida o‘tkazish koeffitsienti eng yuqori.

1 – rasmda urug‘larni ultrabinafsha nur bilan avjlantirish qurilmasi keltrilgan. Qurilmadan foydalanish urug‘likni nurlash bilan bir vaqtda uni dezinfeksiya qilish va urug‘ sifatini yaxshilash imkonini beradi.

Urug‘larni ultrabinafsha nurlari bilan avjlantirib ishlov berish moslamasi urug‘lik idishi 1 -va ichki yuzasida 4- katakchalari bo‘lgan val 2-da aylanadigan baraban 3- dan iborat. Begona o‘t urug‘lari uchun idish 5- baraban valiga o‘rnatilgan va ultrabinafsha nurlanish manbalari 6- idishning pastki qismida joylashgan. Urug‘lik idishining qarama-qarshi tomoniga ventilyator 7- o‘rnatilgan va barabanning ichki qismiga egiluvchan shlang 8- orqali ulangan (1-rasm). [3-4].



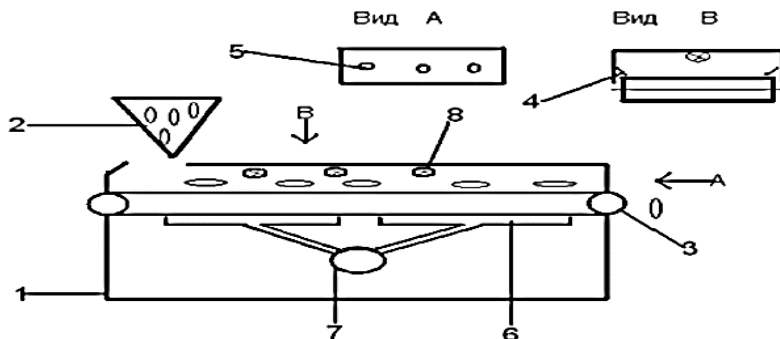
1 - rasm. Urug‘larni ultrabinafsha nur bilan avjlantirish qurilmasi

Qurilma quyidagicha ishlaydi. Bug‘doy urug‘lari 1-idishga joylashtiriladi, u yerdan ular 3-barabanga yuboriladi. Begona o‘t urug‘lari 4-idishga tushadi, yuqoriga ko‘tariladi va 5-idishga tushadi. Tashish paytida urug‘lar ultrabinafsha nurlanishidan o‘tadi, bu ularni dezinfeksiya qiladi va keyingi unib chiqishni rag‘batlantiradi. Urug‘larning harakati paytida ko‘p miqdorda chang hosil bo‘ladi, bu ultrabinafsha manbalariga joylashadi va dezinfeksiya ta’sirini kamaytiradi. 7-ventilyator egiluvchan shlang 8 orqali havoni chiqarib, baraban ichidan changni olib tashlaydi.

Ma’lum bo‘lgan qurilmaning kamchiligi uning ultrabinafsha nurlarining notekis taqsimlanishi – agar moslamada nur manbai (masalan, 5-raqamli qism) faqat bir tomondan yoki bir nuqtadan nurlantirsa, urug‘lar bir tekisda ultrabinafsha nurlari bilan ta’minlanmaydi. Bu esa ba’zi

urug'larning yetarlicha stimulyatsiya olmasligiga yoki haddan tashqari nurlanishiga olib kelishi mumkin.

2 – rasmda Urug'larga ultrabinafsha nur berish moslamasi keltirilgan. Ushbu moslama 1-ramka, urug'lar uchun bunker 2- ni o'z ichiga oladi, uning ostida himoya tomoni 4- va teshiklari 5- bo'lgan konveyer tasmasi 3- o'rnatilgan. Konveyer tasmasi pastki qismida ventilator 7- ga ulangan havo qutilari 6-, konveyer tasmasi ustida esa ultrabinafsha nurlanish manbalari 8 joylashgan (2-rasm). [5-6].

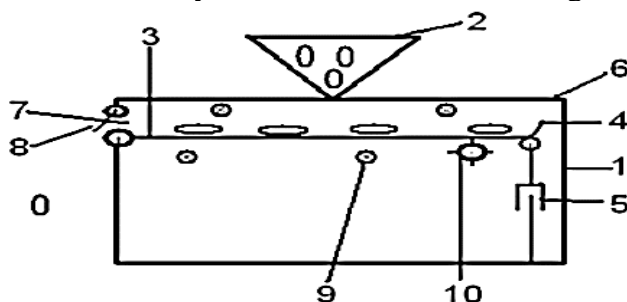


2 - rasm. Urug'larga ultrabinafsha nur berish moslamasi

Don urug'lari 2-bunkerdan 3-konveyer tasmasi ustiga uzatiladi, u yerda ular vaqti-vaqti bilan ventilyator 7 tomonidan hosil bo'ladigan havo oqimi orqali konveyer tasmasi ustiga ko'tariladi va tushiriladi. Qayta ishlangan urug'lar bir necha bor aralashtiriladi va ultrabinafsha nurlanishi bilan bir tekisda nurlantiriladi. Himoya qirrasini 4 qayta ishlangan urug'larning konveyer tasmasidan uchib ketishining oldini oladi. Taklif qilinayotgan qurilmadan foydalanish urug'lik materialini bir xilda dezinfeksiya qilish va unib chiqishini rag'batlantirish imkonini beradi, bu esa bahorgi bug'doy hosildorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Qurilma kamchiligi - qurilmada ultrabinafsha nurlarining tarqalib ketishi xavfi bor. Agar himoya qopqog'i (masalan, 1-raqamli detal) yetarli darajada germetik bo'lmasa, nurlar tashqariga chiqib ketishi mumkin, agar ultrabinafsha chiroq (masalan, 5-raqamli detal) faqat bir tomonda joylashgan bo'lsa, urug'lar bir tekis nurlanmaydi. Ba'zi urug'lar yetarlicha nurlansa, boshqalari yetarli darajada nurlanmasligi mumkin.

3 – rasmda urug'larni ultrabinafsha nurlari bilan ishlov berish uchun moslama taklif qilingan. U 1-ramka, 2-yuklash bunkeridan iborat bo'lib, uning ostida bir tomondan romga mahkamlangan va ikkinchi tomondan gidravlik silindrga 5 o'rnatilgan 4-chegara bilan kvarts shisha plastinka 3 joylashgan. Plastinka yuqori qismida korpus 6 bilan qoplangan, unda urug'larni tushirish uchun oyna 7 kesilgan, 8-amortizator bilan yopilgan. Ultrabinafsha nurlanish manbalari 9 plastinkaning ustida va ostida o'rnatilgan. Plastinka vibrator 10 yordamida tebranish harakatiga o'rnatiladi (45-rasm). [7].



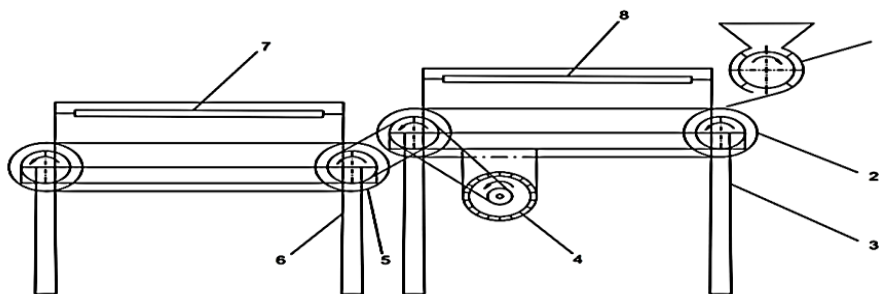
3 - rasm. Urug'larni ultrabinafsha nurlari bilan ishlov berish moslamasi

Bug'doy urug'lari 2-bunkerga yuklanadi, u yerdan ular 3-plastinkaga o'tkaziladi. 3-plastinka vibrator 10 yordamida tebranish harakatiga o'rnatiladi. Bug'doy urug'lari tebranganda, ular qavariq tomoni yuqoriga, boshqa tomoni esa pastga qaragan holda yo'naltiriladi. Bug'doy kariopsisining embrioni qavariq (dorsal) tomonida joylashgan va yuqori qismida bo'ladi. Kariopsis massasi embrion yuqoriga qaragan holda barqarorlashgandan so'ng, embrion yoki endosperm uchun zarur bo'lgan dozaga qarab, pastki, yuqori yoki ikkalasida ham ultrabinafsha lampalar 9 yoqiladi. Urug'lar

nurlantirilgandan so'ng, 8-klapan ochiladi, gidravlik silindr 5 3-plastinkani ko'taradi va ishlov berilgan urug'lar qo'yib yuboriladi. 4-qirra 3-plastinkadan urug'larning yo'qolishining oldini oladi.

Taklif qilinayotgan qurilmadan urug'larni ultrabinafsha nurlari bilan ishlov berish uchun foydalanish, kerakli maqsadga (donni dezinfeksiya qilish, mutatsiyalarni olish va boshqalar) qarab, endosperm yoki don embrionini dozalangan ishlov berish imkonini beradi. Ushbu qurilmaning kamchiligi - qurilma asosan notekis nurlanish, agar UV chiroq (5) faqat bir tomonda joylashgan bo'lsa, urug'lar bir tekis nurlanmaydi, xavfsizlik va foydalanish qulayligi bilan bog'liq kamchiliklarga ega.

Taklif etilayotgan 4 – rasmda keltirilgan qurilma sxemasida qishloq xo'jaligi ekinlari urug'larini ultrabinafsha nur bilan davolashda, xususan, ularni zararsizlantirish va rag'batlantirish uchun ishlatilishi mumkin.



4-rasm. Urug'larni ekishdan oldin ishlov berish uchun qurilma

Qurilma qishloq xo'jaligi ekinlari urug'larini ultrabinafsha nurlari bilan davolashda, xususan, ularni zararsizlantirish va rag'batlantirish uchun ishlatilishi mumkin. Qishloq xo'jaligi ekinlari urug'larini ultrabinafsha nur bilan tozalash moslamasi yuklash bunker, lentali konveyerlar, ramalar, tasmali konveyerlar uchun elektr haydovchi va ultrabinafsha chiroqni o'z ichiga oladi. Bunday holda, ikkinchi tarmoqli konveyer va ultrabinafsha chiroq qurilmaga qo'shimcha ravishda ulanadi. Qishloq xo'jaligi ekinlari urug'larini ultrabinafsha nurlar bilan davolash uchun taklif etilayotgan qurilma ularni sifatli va to'liq zararsizlantirish va rag'batlantirish imkonini beradi.

Xulosa. Taklif etilayotgan qurilmalar orasida eng samaralisi – urug'larni ikki tomondan nurlantirish imkonini beruvchi va havo oqimi yordamida changni tozalovchi tizimlar hisoblanadi. Biroq, ular ham yuqorida qayd etilgan kamchiliklardan xoli emas. Shu sababli, urug'larni ultrabinafsha nurlari bilan ishlov berish qurilmalarini takomillashtirish, xususan, nurlarning bir tekis taqsimlanishini ta'minlash, changdan tozalash tizimini yaxshilash, xavfsizlik darajasini oshirish va foydalanish qulayligini ta'minlash bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini davom ettirish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. А.Мухаммадиев., И.Турапов., А.Арипов. Ўсимликларни электравж-лантириш. Тошкент, 2006.

2. М.Хўжаев., А.Мухаммадиев., А.Холиев., Ш.Атаева. Ғўза ўсимлигининг минерал элементларни ўзлаштиришига электротехнологиянинг таъсири. Аналитик кимё ва экология муаммолари. Халқаро илмий Амалий анжуман тўплами. Самарқанд, 2000.

3. Bhat, S., & Patil, S. (2018). *Effect of ultraviolet radiation on seed germination and its physiological effects on crop plants*. Journal of Agricultural Science, 56(4), 233-245. <https://doi.org/10.1016/j.jagsci.2018.02.004>

4. Huang, H., Li, S., & Zhang, Y. (2020). *The effects of ultraviolet radiation on seed disinfection and germination in agricultural crops*. Environmental and Experimental Botany, 174, 103876. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.103876>

5. Schwarz, D., & Hughes, K. (2017). *Ultraviolet light as a tool for seed treatment in sustainable agriculture*. Agricultural Innovations, 32(3), 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.agriinnov.2017.07.001>

6. Liu, F., & Wang, J. (2019). *Ultraviolet radiation on seed germination and subsequent plant growth: A review*. Plant Biology Journal, 18(2), 221-233. <https://doi.org/10.1111/plb.12345>

7. Patel, M. R., & Patel, N. A. (2016). *Enhancing seed quality by ultraviolet radiation: Potential benefits in modern farming*. Journal of Plant Physiology and Ecology, 47(5), 577-589. <https://doi.org/10.1016/j.jppe.2016.04.006>.

LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT AS THE SOURCE OF ENTRANCE SHOALS IN THE RESERVOIRS OF THE QASHQADARYO CASCADE

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan

e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. The shoal that forms across the entrance of a reservoir bay is built from material that the waves carry along the shore and that the change of shoreline direction forces them to release. The purpose of this study is to compute the longshore transport rate for the four reservoirs of the Qashqadaryo cascade, to establish how it depends on the angle at which the waves meet the shore, and to convert it into an annual drift towards the bay entrances. Transport rates were computed by the CERC formula in its immersed-weight form, with the breaking wave height taken as 0.92 of the deep-water significant height from the fetch-limited computation and a transport coefficient of 0.39 appropriate to the fine sands of these shores; the annual drift was then obtained by weighting the storm transport with the duration of each wind class from the regional wind rose. The computation gives a peak storm transport at a breaking angle of 45° , reaching 18 300 m³/day at Talimarjan and 5 600 m³/day at Hisorak. Weighted over the year the net drift towards the principal bay entrance is 2 870 m³/yr at Talimarjan, 2 150 at Chimkurgan, 1 180 at Pachkamar and 540 at Hisorak. These values account for between a third and a half of the observed shoaling of the entrances, the remainder being river-borne material.

Keywords: longshore transport, CERC formula, breaking angle, entrance shoal, Qashqadaryo reservoirs.

Аннотация. Бар, формирующийся поперёк входа в бухту водохранилища, сложен материалом, который волны несут вдоль берега и который они вынуждены отложить при изменении направления береговой линии. Цель работы - вычислить расход вдольберегового переноса для четырёх водохранилищ кашкадарьинского каскада, установить его зависимость от угла подхода волн к берегу и перевести его в годовой сток наносов ко входам бухт. Расходы вычислены по формуле CERC в форме погружённого веса, при высоте волны в точке обрушения, принятой равной 0,92 глубоководной высоты значительной волны из расчёта волнения, ограниченного разгоном, и коэффициенте переноса 0,39, соответствующем мелким пескам этих берегов; годовой сток получен взвешиванием штормового расхода по продолжительности каждого класса ветра из региональной розы ветров. Расчёт даёт максимум штормового переноса при угле обрушения 45° , достигающий 18 300 м³/сут на Талимарджанском и 5 600 м³/сут на Гиссаракском водохранилище. В среднем за год чистый снос ко входу главной бухты составляет 2 870 м³/год на Талимарджанском, 2 150 на Чимкурганском, 1 180 на Пачкамарском и 540 на Гиссаракском водохранилище. Эти величины объясняют от трети до половины наблюдаемого заноса входов, остальное приходится на речной материал.

Ключевые слова: вдольбереговой перенос, формула CERC, угол обрушения, входной бар, водохранилища Кашкадарьи.

Annotatsiya. Suv ombori buxtasi kirish qismi ko'ndalangida hosil bo'ladigan sayozlik to'lqinlar qirg'oq bo'ylab olib keladigan va qirg'oq chizig'i yo'nalishi o'zgarganda cho'ktirishga majbur bo'ladigan materialdan tashkil topadi. Ishning maqsadi - Qashqadaryo kaskadining to'rtta suv ombori uchun qirg'oq bo'ylab ko'chish sarfini hisoblash, uning to'lqinlarning qirg'oqqa kelish burchagiga bog'liqligini aniqlash va uni buxtalar kirish qismiga yillik oqiziq oqimiga aylantirishdir. Sarflar CERC

formulasining cho'kkan og'irlik shaklida, sinish nuqtasidagi to'lqin balandligi uzayish bilan cheklangan hisobdan olingan chuqur suvdagi muhim to'lqin balandligining 0,92 qismi deb qabul qilinib va bu qirg'oqlarning mayda qumlariga mos 0,39 ko'chish koeffitsientida hisoblangan; yillik oqim esa bo'ron sarfini mintaqaviy shamol gulidan olingan har bir shamol sinfining davomiyligi bo'yicha vaznlash orqali topilgan. Hisob 45° sinish burchagida bo'ron ko'chishining maksimumini beradi, u Talimarjonda 18 300 m³/sut va Hisorakda 5 600 m³/sut ga yetadi. Yil davomida o'rtacha hisobda asosiy buxta kirish qismiga sof ko'chish Talimarjonda 2 870 m³/yil, Chimqo'rg'onda 2 150, Pachkamarda 1 180 va Hisorakda 540 m³/yil ni tashkil etadi. Bu kattaliklar kirish qismlari kuzatilgan loyqalanishining uchdan biridan yarmigacha qismini izohlaydi, qolgani daryo materialiga to'g'ri keladi.

Kalit so'zlar: qirg'oq bo'ylab ko'chish, CERC formulasi, sinish burchagi, kirish sayozligi, Qashqadaryo suv omborlari.

Introduction. When a wave breaks obliquely on a beach it does two things at once: it lifts material from the bed and it drives a current along the shore. The product of the two is the longshore transport, and it is the mechanism by which sand travels for kilometres along a shoreline without ever leaving the surf zone.

The transport continues as long as the shoreline runs straight. Where it turns - at the mouth of a bay, at a headland, at the entrance of an intake pocket - the current weakens and the material it was carrying is released. The shoal that grows across the entrance is the visible result, and it is the single most common operational problem of the intakes in the Qashqadaryo cascade.

This paper computes the longshore transport for all four reservoirs of the cascade and converts the storm rates into annual drift towards the entrances, so that the coastal contribution to entrance shoaling can be separated from the river-borne one.

Materials and methods. The breaking wave height was taken as 0.92 of the deep-water significant height obtained from the fetch-limited computation, that is 1.20 m at Chimkurgan, 1.43 m at Talimarjan, 1.04 m at Pachkamar and 0.89 m at Hisorak under the 2 % reference storm. The transport rate was computed by the CERC formula in the immersed-weight form:

$$Q = \frac{K \rho \sqrt{g/\gamma} h_b^{2.5} \sin 2\theta_b}{16 (\rho_s - \rho) (1-p)} \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{h_b}{d_b} = 0.78, \quad p = 0.40, \quad K = 0.39 \quad (2)$$

$$Q_{year} = \sum_i Q(V_i, \theta_i) \cdot t_i \quad (3)$$

$$\Delta z_e = \frac{Q_{year} t}{F_e} \quad (4)$$

where Q is the volumetric transport rate (m³/s), K the empirical transport coefficient, ρ and ρ_s the densities of water and of the solid phase, h_b the breaking wave height, θ_b the angle between the wave crest at breaking and the shoreline, γ the breaker index and p the porosity of the deposit. The coefficient K was taken as 0.39, the value recommended for fine sands of median diameter 0.15 to 0.25 mm, which corresponds to the beach material of these reservoirs.

The annual drift of equation (3) was obtained by summing the storm transport over the wind classes of the regional wind rose, each weighted by its annual duration, and over the directional sectors, with the sign of sin(2θ) carrying the direction of transport. Equation (4) converts the accumulated drift into a rise of the bed at an entrance of plan area F_e.

Results and discussion.

Table.1

Longshore transport and its contribution to entrance shoaling

Reservoir	h _b , m	Peak Q, m ³ /day	Net drift, m ³ /yr	Entrance area, km ²	Share of shoaling, %
Chimkurgan	1.20	12 000	2 150	0.61	38
Talimarjan	1.43	18 300	2 870	0.88	47
Pachkamar	1.04	8 350	1 180	0.42	34
Hisorak	0.89	5 600	540	0.11	31

The dependence on the breaking angle (Figure 1) is the familiar sine of twice the angle, with a maximum at 45° and zeros at normal and grazing incidence. The magnitude at the maximum scales as the 2.5 power of the breaking wave height, so that the 27 per cent difference in wave height between Talimarjan and Chimkurgan becomes a 53 per cent difference in transport: 18 300 against 12 000 m^3/day .

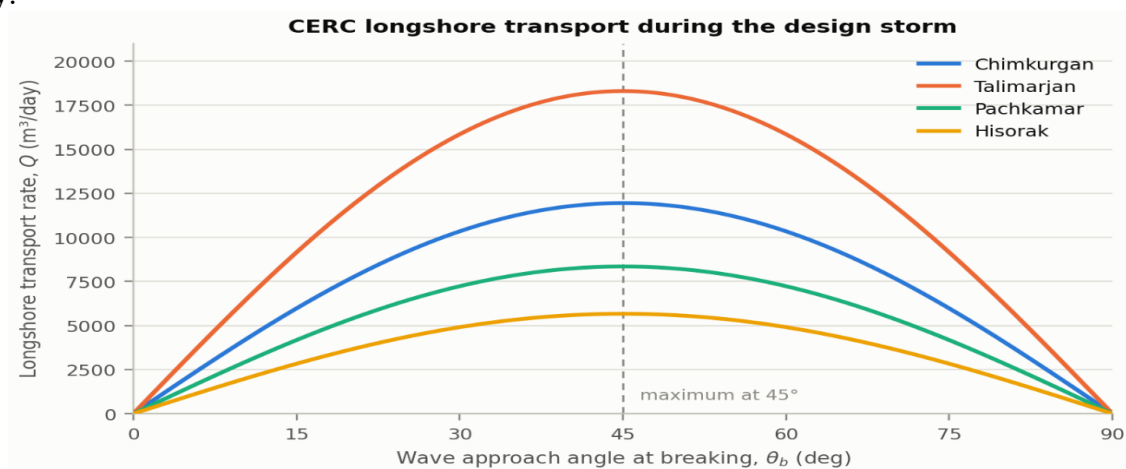


Figure.1. Longshore transport rate as a function of the breaking angle under the design storm

These are storm rates, sustained only for the few hours a year that the 2 % wind blows. Weighted by duration over the wind rose, the net annual drift towards the principal bay entrance is far smaller (Figure.2, Table.1): 2 870 m^3/yr at Talimarjan, 2 150 at Chimkurgan, 1 180 at Pachkamar and 540 at Hisorak. The ordering follows the wave climate, but the ratios are compressed relative to the storm rates because the wind rose is similar over the whole province.

Converting the drift into a rise of the bed shows how much of the observed shoaling it explains. At Pachkamar, where the entrance has a plan area of 0.42 km^2 , the annual drift raises the bed by 2.8 mm/yr, against a total observed rise of about 8.2 mm/yr over the record. The coastal contribution is thus 34 per cent; the remaining 66 per cent is river-borne material delivered through the backwater. The corresponding shares for the other basins are 38, 47 and 31 per cent.

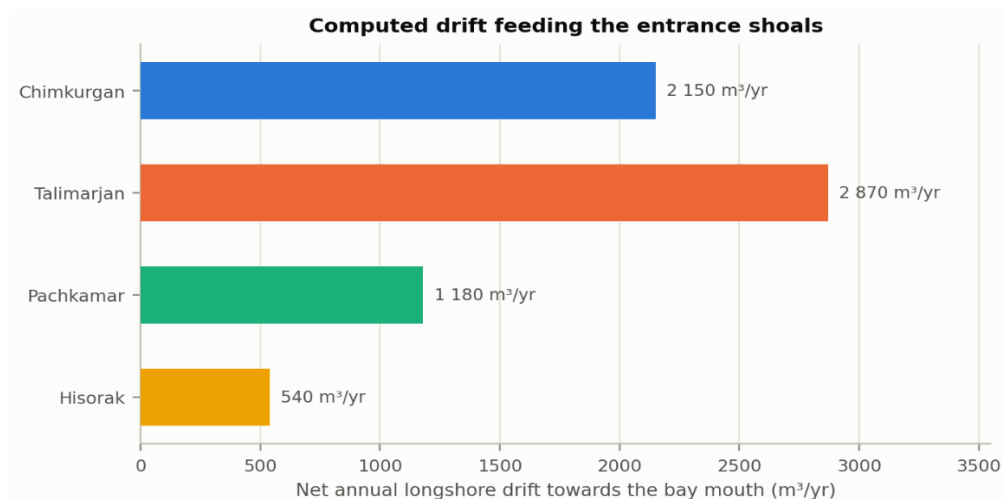


Figure.2. Computed net annual drift towards the principal bay entrance of each reservoir

The engineering conclusion is that neither source can be neglected. A protective spur that intercepts the longshore drift removes at most half of the problem, and it must be combined with measures directed at the river load - sediment flushing in the case of the valley reservoirs, or

maintenance of the settling pools of the Karshi Main Canal in the case of Talimarjan. Conversely, flushing alone leaves the coastal contribution untouched, and at Talimarjan that contribution is nearly half.

Conclusion. 1. Peak longshore transport under the 2 % design storm occurs at a breaking angle of 45° and amounts to 18 300 m³/day at Talimarjan, 12 000 at Chinkurgan, 8 350 at Pachkamar and 5 600 at Hisorak.

2. Weighted over the annual wind rose, the net drift towards the principal bay entrance is 2 870, 2 150, 1 180 and 540 m³/yr respectively.

3. This drift accounts for 31 to 47 per cent of the observed shoaling of the entrances; the remainder is river-borne material delivered through the backwater.

4. Entrance protection intercepting the longshore drift can therefore remove at most about half of the shoaling and must be combined with measures directed at the river load.

References

1. Komar, P.D., Inman, D.L. Longshore sand transport on beaches // Journal of Geophysical Research. - 1970. - Vol. 75, No. 30. - P. 5914-5927.

2. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.

3. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.

4. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.

5. Soulsby, R. Dynamics of marine sands. - London: Thomas Telford, 1997. - 249 p.

6. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.

7. Morris, G.L., Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. - New York: McGraw-Hill, 1998. - 805 p.

8. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.

9. Gayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, Sh., Rakhimov, A., Guliyeva, S. Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020041. - <https://doi.org/10.1063/5.0275207>

10. Rahimov, A.R. Calculation of sediment transport in the unsteady motion of water in earth channels // International Scientific Journal of Biruni. - 2023. - Vol. 2, Issue 4. - P. 133-137. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.10558017>

11. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Bozorov, B.E., Uzoqova, M.B. A brief analysis of methods for calculating liquid transport in rivers // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1030-1035. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544214>

12. Eshev, S., Gayimnazarov, I., Rahimov, A., Bobomurodov, F., Arziyeva, D. Calculation of parameters of subsurface ridges in a steady flow of groundwater channels // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05022. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005022>

13. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Otaqulov, O.X., Uzoqova, M.B. Brief analysis of methods for calculating flow velocity in a strain with non-conductive soil // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1022-1028. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544205>

INVESTIGATION OF SELF-STARTING OF ELECTRIC MOTORS IN DISTRIBUTION NETWORKS CONSIDERING RELAY PROTECTION

Gafurova Mekhrnoz Odiljonova¹, Abidov Kudrat Gayratovich²

¹PhD, Associate Professor, Department of Electrical Engineering
Tashkent State Technical University

²Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Electrical Engineering
Tashkent State Technical University

Annotatsiya. Taqsimlovchi elektr tarmoqlarida o'z-o'zidan qayta ishga tushish jarayonlari ko'rib chiqilgan. Ko'rsatilganki, ko'plab sxema va rejim holatlarida elektr dvigatellari rotorlarining erkin aylanish jarayonida to'xtab qolish ehtimoli yuqori bo'ladi. Bunda elektr dvigatellarining o'z-o'zidan qayta ishga tushishining eng og'ir holati sifatida rotorning qo'zg'almas holatidan, elektr dvigateli chiqish qisqichlarida minimal qoldiq kuchlanish mavjud bo'lgan sharoitda ishga tushishi qaraladi. Aniqlanganki, rele himoyasining ishga tushish parametrlarini tanlashda ushbu rejimni hisobiy rejim sifatida qabul qilish lozim. Agar taqsimlovchi elektr tarmog'ida o'z-o'zidan qayta ishga tushish jarayonida ishtirok etuvchi yuqori kuchlanishli yirik elektr dvigatellari mavjud bo'lsa, elektr dvigateli-mexanizm agregatlari hamda elektr tizimining aniq parametrlarini hisobga olgan holda o'z-o'zidan qayta ishga tushish hisob-kitoblarini amalga oshirish zarur.

Аннотация. Рассмотрены процессы самозапуска в распределительных электрических сетях. Показано, что во многих схемно-режимных ситуациях высока вероятность останова роторов электродвигателей в процессе выбега. Наиболее тяжелым вариантом самозапуска электродвигателей при этом можно считать пуск из неподвижного состояния ротора при минимальном остаточном напряжении на зажимах электродвигателей. Установлено, что этот режим следует принимать в качестве расчетного при выборе параметров срабатывания релейной защиты. При наличии в распределительной сети крупных электродвигателей высокого напряжения, участвующих в самозапуске, необходимо выполнять расчет самозапуска с учетом конкретных параметров агрегатов электродвигатель-механизм и электрической системы.

Abstract. Self-starting processes in electrical distribution networks are considered. It is shown that, under many circuit and operating conditions, there is a high probability of electric motor rotor stoppage during the rundown process. The most severe self-starting condition of electric motors can be regarded as starting from a stationary rotor state at the minimum residual voltage at the motor terminals. It has been established that this operating condition should be adopted as the design condition when selecting relay protection operating parameters. If large high-voltage electric motors participating in self-starting are present in the distribution network, self-starting calculations must be performed taking into account the specific parameters of the motor-mechanism units and the electrical power system.

Introduction. Attention to the limiting capabilities of electrical power systems has diminished. People have become so accustomed to electrical energy that they intuitively tend to regard it as an almost unlimited natural resource. However, power supply systems have limitations that must be taken into account.

The effort to provide an increasing number of technological processes with an uninterrupted power supply has resulted in large groups of electric-motor loads at the 0.4 kV voltage level being predominantly connected to the supply network through switching devices with a latched ON position.

Moreover, such a connection is now easily implemented using various circuit breakers. Dedicated disconnection of electric motors (EMs) during a decrease in the supply voltage (undervoltage protection) is provided only in certain cases, mainly for high-voltage 6-10 kV motors.

For this reason, an increasing number of EMs in electrical power systems remain connected to the supply network with the switch position latched during loss and subsequent restoration of power. Under these conditions, the load imposed on the electrical power system inevitably increases when the power supply is restored. Transient processes become more severe and are accompanied by excessively high currents.

The maximum currents and other parameters characterizing these processes in modern electrical power systems differ substantially from those recommended in regulatory and other documents of previous years for selecting the operating settings of relay protection and automation (RPA). Therefore, evaluating the limiting parameters of EM self-starting processes under present-day conditions is a relevant task, and its solution can improve the accuracy and reliability of RPA operation [1].

Main Part. Self-starting is understood as the restoration of normal EM operation without personnel intervention after a short-term interruption of power supply or a deep voltage dip. If the power-supply disturbance is rapidly cleared by RPA operation, a successful self-start does not constitute an emergency and practically no damage occurs. If self-starting is unsuccessful, the EM rotors stop, and the resulting damage may be significant, especially if a complex technological process is disrupted.

In all cases, the implementation of self-starting must be justified. It should be applied only to those mechanisms for which it is genuinely necessary and permitted. The main purpose of self-starting is to maintain the operability of the technological process during a short-term disturbance of power supply.

Successful EM self-starting makes it possible to keep technological equipment in operation during short circuits (SCs) in the network, during automatic transfer to a reserve supply (ATS), and during automatic reclosing (AR). It also accelerates the restoration of technological processes disturbed by deterioration in power quality. In some cases, it ensures the safe shutdown of equipment involved in complex technological processes.

The list of EMs driving critical mechanisms that must participate in self-starting is determined from the conditions required to ensure normal operation of technological equipment during power-supply disturbances, taking into account the capability of the power-supply system to provide successful self-starting. As a rule, this decision is made by the chief engineer of the electricity-consuming enterprise.

In some cases, when self-starting is required for technological reasons but the power-supply system is unable to support simultaneous self-starting, several self-starting stages are provided, i.e., several groups of motors are self-started sequentially.

It must also be taken into account that restoration of power after an emergency interruption often occurs under conditions of reduced total source capacity (for example, when one of two incoming feeders of a supply substation is disconnected due to an emergency and the entire load is automatically transferred to the other feeder). An unjustified increase in the total rating of EMs participating in self-starting under such conditions may result in unsuccessful self-starting and, consequently, further development of the emergency.

The self-starting process comprises two clearly defined stages.

The first stage is EM rundown, which is essentially deceleration following loss or sag of the supply voltage. The parameters of the rundown process are determined mainly by the mechanical characteristics of the motor-mechanism units.

The second stage is acceleration and restoration of normal operation. Acceleration takes place at a reduced supply voltage, the value of which depends on the network parameters, EM characteristics, and other connected electrical loads.

The nature of the self-starting process is determined by the following principal operating features:

- as a rule, several EMs (a group of motors) simultaneously participate in rundown and acceleration;

- at the instant power restoration begins, EM rotors may either continue rotating or be stationary; various combinations of motors with rotating and stationary rotors are possible;
- EM self-starting occurs under load.

During rundown, the equivalent electrical impedance of the EM decreases. The longer the voltage dip or the no-voltage interval lasts, the closer the equivalent impedance of the EM approaches its starting impedance, and the self-starting current approaches the starting current.

Methods. Induction motors are the principal and most numerous participants in self-starting processes. To a large extent, they determine the parameters of these processes.

The physical processes in an induction motor are similar to those occurring in a transformer. Therefore, by analogy with transformers, equivalent circuits are used to analyze the operating conditions of induction machines. While the validity of representing an induction motor by an equivalent circuit is evident for a stationary rotor, such a representation requires justification for a rotating rotor.

Thus, for a rotating rotor, in addition to the change in the electromotive force (EMF) of the rotor winding E_2 , the rotor-winding leakage reactance also changes as a function of slip (i.e., the rotor-current frequency) (Fig. 1):

$$X_2 = sX_{2k}.$$

Here X_{2k} and X_2 are the leakage reactances of the rotor winding for the stationary and rotating rotor, respectively. Taking this into account and using quantities referred to the stator winding, the following equation can be written for the rotor circuit:

$$s\dot{E}'_{2k} + j\dot{I}'_2 sX_{2k} + j\dot{I}'_2 R_2 = 0.$$

Dividing this equation by s and solving it with respect to the current, we obtain: $\dot{I}'_2$

$$\dot{I}'_2 = \frac{\dot{E}'_{2k}}{R_2/s + jX_{2k}}.$$

This is the equation of a circuit in which a complex impedance is connected to the EMF source $\dot{E}'_{2k}$

$$R_2/s + jX_{2k}.$$

As can be seen, only the active component of this impedance depends on slip. After referring the parameters to the stator circuit, the following equality is obtained: $\dot{E}_2$

$$\begin{aligned} \dot{E}'_{2k} = k_E \dot{E}_{2k} &= \left(\frac{w_1 k_{o61}}{w_2 k_{o62}} \right) 4,44 f_1 w_2 k_{o62} \dot{\Phi} = \\ &= 4,44 k_{o61} f_1 w_1 \dot{\Phi} = \dot{E}_1 = \dot{E}. \end{aligned}$$

Thus, with equal rotor and stator EMFs of the same frequency, their circuits can be represented by a single equivalent circuit (Fig. 2) [2].

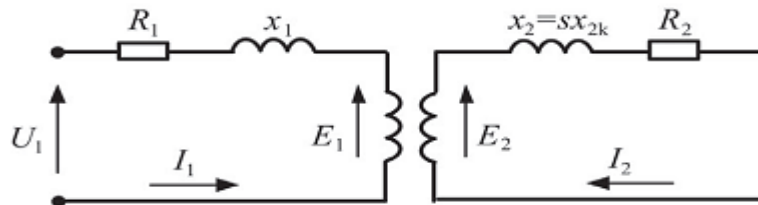


Fig. 1. Diagram of the physical transformer-type coupling between the stator and rotor circuits of an induction machine

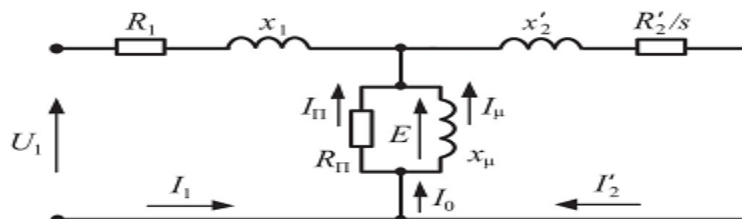


Fig. 2. T-shaped equivalent circuit of an induction machine

The following designations are used in the equivalent circuit:

R_0 and x_0 - equivalent resistance representing core losses and the magnetizing reactance;

R_1 and x_1 - active resistance and leakage reactance of the stator winding;

I_0 - magnetizing current; I_μ and I_R - reactive and active components of the magnetizing current;

U_1 - phase supply voltage.

For practical calculations, it is more convenient to use an L-shaped equivalent circuit in which the magnetizing branch is transferred to the supply-source terminals (Fig. 3). For calculations in which a deviation of the circuit parameters within 5% is acceptable, these parameters may be taken equal to those of the original T-shaped equivalent circuit. If higher accuracy is required, the parameters must be determined using correction factors [2].

Energy conversion in induction motors is inevitably accompanied by electrical, magnetic, mechanical, and additional losses. The active power P_1 supplied to a three-phase induction motor from the power network is partly consumed in covering the magnetic losses in the core and the electrical losses in the stator winding

$$P_1 = 3U_1 I_1 \cos \varphi.$$

The active power transferred from the stator to the rotor is determined in accordance with the equivalent circuit

$$P_2 = 3(I_2')^2 R_2 / s.$$

This power is transferred to the rotor through the magnetic field, which is why it is referred to as electromagnetic power. Part of the electromagnetic energy is dissipated in the rotor winding as electrical losses, while the remainder is converted into total mechanical power.

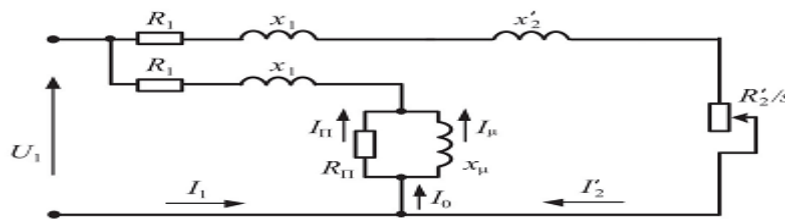


Fig. 3. L-shaped equivalent circuit of an induction motor

The useful mechanical power P_2 at the motor shaft is lower than the total mechanical power by the amount of mechanical and additional losses. The ratio of useful mechanical shaft power to the consumed active electrical power is the efficiency of the induction motor

$$\eta = P_2 / P_1.$$

The difference between these two powers is equal to the total losses:

$$P_{11} = P_1 - P_2.$$

It should be emphasized that the motor nameplate indicates the rated values of useful shaft power ($P_N = P_2$), line supply voltage (U_N), efficiency (η_N), and power factor ($\cos \varphi_N$).

For example, if the nameplate indicates $P_N = 15$ kW, $U_N = 380$ V, $\cos \varphi_N = 0.8$, and $\eta_N = 0.75$, then, under rated operating conditions, the motor draws the following active power from the supply network

$$P_1 = \frac{P_N}{\eta_N} = \frac{15}{0.75} = 20$$

The dependence of induction-motor torque on slip is of major practical importance for analyzing self-starting processes.

The electromagnetic torque M developed by an induction motor is related to the electromagnetic power by the following expression [2]:

$$M = \frac{P_2}{\omega_1} = 3(I_2')^2 R_2 / s \omega_1.$$

It should be noted that the torque of an induction motor is proportional to the active power dissipated in the active resistance of the rotor winding. Using the equivalent circuit, this relationship can be expressed in terms of the stator and rotor parameters:

$$M = \frac{3U_1^2 R_2'}{\omega_1 s \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}.$$

First of all, it should be noted that EM torque depends on three groups of quantities: the first group consists of quantities determined by the motor design; the second group characterizes the power source (voltage level and frequency); and the third group is associated with the mechanical load (load torque, slip, or rotor rotational speed). R_1, R_2', x_1, x_2'

Figure 4 shows the natural mechanical characteristic of an induction motor at constant supply voltage and frequency.

The characteristic points corresponding to the starting torque M_{st} , maximum torque M_{max} , and rated torque M_N are of particular importance for evaluating the operating properties of an induction machine in motor mode ($0 < S < 1$).

During motor starting, while the rotor is stationary, the slip is equal to 1; therefore, the EMF and current of the rotor winding are at their maximum values. Accordingly, the stator-winding current exceeds the rated motor current several times. The motor develops a comparatively small torque, commonly referred to as the starting torque. The discrepancy between the starting current and the starting torque is associated with the predominance of the reactive component in the rotor-winding impedance during starting, whereas the torque, as noted above, is proportional to the active component of this impedance.

The motor starting torque is determined as follows:

$$M_{\Pi} = \frac{3U_1^2 R_2'}{\omega_1 \left[(R_1 + R_2')^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}.$$

For the motor to accelerate under load, its starting torque must exceed the resisting torque of the driven mechanism. Under the action of the starting torque, the motor rotor begins to rotate, slip decreases, and torque increases.

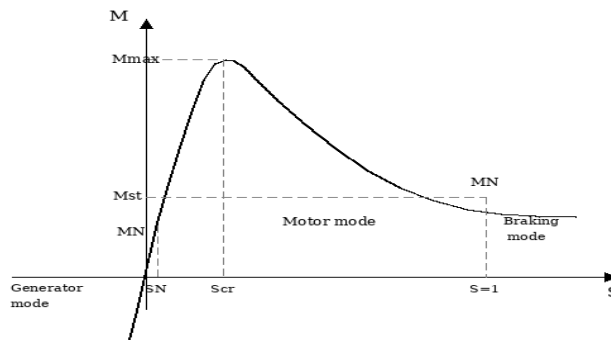


Fig. 4. Natural mechanical characteristic of an induction motor

At a certain value of slip S_{cr} , referred to as the critical slip, the motor torque reaches its maximum value M_{max} .

By differentiating the electromagnetic torque with respect to slip and setting the derivative equal to zero, an equation in terms of slip can be obtained. The solution of this equation gives the value of slip at which the torque reaches its maximum value:

$$s = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_2'^2 + (x_1 + x_2')^2}}.$$

Here, the plus sign corresponds to motor operation and the minus sign to generator operation. Using this slip value, the maximum motor torque can be determined:

$$M_M = \frac{3U_1^2}{2\omega_1 \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \right]}.$$

For electric motors rated above 1 kW, the corresponding resistance condition is practically always satisfied, and the usual simplifying assumption may be adopted. The formulas for critical slip and maximum torque are then simplified [3-6]: $R_1 \ll (x_1 + x_2')R_1 = 0$

$$s \approx \pm \frac{R_2'}{x_1 + x_2'}; \quad M_M \approx \frac{3U_1^2}{2\omega_1 (x_1 + x_2')}.$$

The ratio of the current torque value to the maximum torque gives the following simplified and widely used expression for the motor mechanical characteristic in per-unit form:

$$\frac{M}{M_M} = \frac{2}{\frac{s}{s_{kp}} + \frac{s_{kp}}{s}}.$$

This relationship makes it possible to construct the mechanical characteristic from catalog data. The rated motor torque corresponds to the rated slip, whose value usually lies within the range 0.01 to 0.1, with lower values corresponding to larger motors and higher values to smaller motors. The torque is determined as follows:

$$M_M = \frac{P_{2H}}{\omega_H} = \frac{60P_{2H}}{2\pi n_H} = 9,55 \frac{P_{2H}}{n_H}, \quad (\text{N}\cdot\text{m}),$$

where P_{2H} is the rated useful mechanical power at the shaft, W;

$\omega_H = 2\pi n_H/60$ is the rated angular speed of the rotor, s^{-1} ;

n_H is the rated rotor speed, rpm.

When the motor operates at low slip values from 0 to s_{cr} , which also includes the rated operating point, an increase in slip under the action of the braking torque causes an increase in motor torque. This ensures stable motor operation when the mechanical load changes [7-8].

References

1. Булычев А.В., Силанов Д.Н. Двухуровневая цифровая система релейной защиты с резервированием в распределительных сетях // Релейная защита и автоматизация. – 2020. - №4 (41). - С. 8-13.
2. Абидов К.Г., Гафурова М.О. Исследование переходных процессов в устройствах систем управления // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы систем электроснабжения». – ТГТУ–КГУ, 2024. – Б. 106–113.
3. Булычев А.В., Ванин В.К., Меркурьев Г.В. Методы и технические средства контроля параметров и защиты электродвигателей переменного тока. - СПб.: РАО «ЕЭС России» ГВЦ Энергетики Северо-Западный филиал, 1996. - 96 с.
4. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных электродвигателей. - М.Л.: Госэнергоиздат, 1963. - 528 с.
5. Курбангалиев У.К. Самозапуск двигателей собственных нужд электростанций. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. - 64 с.
6. Булычев А.В., Ларионова Е.Г. Электромеханические процессы в электрических системах: примеры и задачи с решениями. - Чебоксары: ИПК РЗА, 2019. – 132 с.
7. Абидов К.Г. Энергоэффективные способы самозапуска электроприводов насосных станций / К.Г. Абидов // Вестник ТГТУ. – Ташкент. 2015. – Спец. выпуск. – С.90-94.
8. Абидов К.Г. Влияние длительности токовой паузы на процесс самозапуска электропривода / К.Г. Абидов // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент. 2016. – № 3-4. – С.96-100.

IPAKCHILIK SANOATIDA PILLADAN XOM IPAKNI CHUVISHDA SUVNING AHAMIYATI

Qodirov Ziyodulla Abdumuxtarovich

t.f.f.d. (PhD), dotsent, Andijon davlat texnika instituti, Andijon, O'zbekiston,

Tel: +998(91) 615 80 25, E-mail: ziyodulla.78@mail.ru

Annotatsiya. Ipakchilik sanoatida hom ipak ishlab chiqarishda asosan suvdan foydalaniladi. Pillani chuvishdan oldin pilla tarkibidagi seritsinni yumshatish va pilla ichiga suv to'ldirish zarur bo'ladi. Ushbu texnologik jarayonlarda pillalarga har xil haroratdagi suvlar orqali ishlov beriladi. Demak suvning harorati, bosimi va boshqa xususiyatlarini bilishni, suvning xususiyatlarini yaxshiroq o'rganish muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: pilla, xom ipak, texnologik suv, bug'lash, qaynatish, pillani chuvish, seritsin, fibroin, suvning qattiqligi, suvning ishqoriyligi, suvning harorati, bosim.

Аннотация. В шелковой промышленности при производстве шелка-сырца в основном используется вода. Перед размотки коконов, необходимо смягчить серицин, содержащийся в коконе, и наполнить кокон водой. В этих технологических процессах коконы обрабатываются водой разной температуры. Следовательно, знание температуры, давления и других свойств воды, а также более глубокое изучение свойств воды имеет важное значение.

Ключевые слова: кокон, шелк-сырец, технологическая вода, пропаривание, кипячение, промывка кокона, серицин, фиброин, жесткость воды, щелочность воды, температура воды, давление.

Absract. In the silk industry, water is mainly used to produce raw silk. Before unwinding the cocoons, it is necessary to soften the sericin contained in the cocoon and fill the cocoon with water. In these technological processes, the cocoons are treated with water of different temperatures. Therefore, knowledge of the temperature, pressure and other properties of water, as well as a deeper study of the properties of water, are important.

Key words: cocoon, raw silk, process water, steaming, boiling, cocoon washing, sericin, fibroin, water hardness, water alkalinity, water temperature, pressure.

Kirish. Oxirgi yillarda Respublikamizda ipakchilik va pillakashlik tarmoqlarida, pilla yetishtirish va xom ipak ishlab chiqarish tobora rivojlanib bormoqda.

2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasida, jumladan, "...milliy iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshirish, iqtisodiyotda energiya va resurslar sarfini kamaytirish, ishlab chiqarishga energiya tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish..." vazifasi belgilab berildi. Ushbu vazifani amalga oshirishda, jumladan tirik pillani yetishtirish, quruq pillani saqlash va chuvish texnologik jarayonlarida, pilla xom ashyosidan sifatli xom ipak ishlab chiqarishning samarali texnologiyasini yaratish muhim masalalardan biri hisoblanadi [1].

Ipakchilik sanoatida hom ipak ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini suvsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Pillani bug'lash, sovutish, qaynatish, pilla losidan tozalash, yakka uchini topish va chuvish texnologik jarayonlari asosan suvda olib boriladi. Demak, suvning harorati, bosimi va boshqa xususiyatlarini bilish va suvning xususiyatlarini yaxshiroq o'rganishni taqozo qiladi.

Materiallar va usullar. Xom ipakning tarkibi asosan fibroin va seritsin moddalaridan tashkil topgan bo'lib, seritsin yelimsimon modda hisoblanadi. Pillani chuvish jarayonida suv yordamida pillaning tarkibidagi seritsin yumshatiladi. Bundan tashqari chiqindilarni qayta ishlashda ham suvdan keng foydalaniladi. Pillakashlikdagi texnologik jarayonlarda suvning sifati va tarkibi pilla sifatiga ta'sir qiladi. 1kg xom ipak ishlab chiqarish uchun o'rtacha 1,5 m³ texnologik suv sarf bo'ladi [2]. Pillakashlikda ishlatiladigan suvning asosiy sifat ko'rsatkichlari quyidagilar: rangi, ta'mi, xidi, tiniqligi, tarkibidagi aralashmalar loyqa bo'lmasligi, tarkibidagi bakteriyalar, oksidlanishi, qattiqligi va ishqoriyligi. Texnologik suv tiniq bo'lishi va loyqa bo'lmasligi kerak. Suvning qattiqligini uning

tarkibidagi Sa^{2+} va Mg^{2+} kationlarining xususiyatlari aniqlaydi. Suvning umumiy qattiqligi karbonat va karbonat bo'lmagan qattiqlikka bo'linadi.

Natijalar va muhokama. Suvning ishqoriyligi unda eritilgan OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} ionlarning umumiy konsentratsiyasiga bog'liq va 1 litr suvda erigan milligramm-ekvivalentlarda ifodalanadi.

Suvning tarkibidagi dvukisliy tuzlar kaliy K va magniy Mg larning 0,3 magniy ekvivalentlardan ko'p bo'lishi seritsinning erishini kuchaytiradi va xom ipakning uzilishini kamaytiradi. Tarkibidagi sernokislo tuzlarning 0,5 magniy ekvivalentlardan ko'p bo'lishi seritsinning nam tortishini sekinlashtiradi, natijada pilla ipining uchini topilishini qiyinlashtiradi. Kaliyning 0,01 magniy ekvivalentlaridan ko'p bo'lishi pilla qobig'idagi chuvaluvchanligini yomonlashtiradi va xom ipak chiqish uzunligini kamaytiradi. Xlorli tuzlar Na va Sa xlorni 1,5 magniy ekvivalentdan ko'p bo'lishi seritsinni erishini susaytiradi, ipakning mustahkamligini va uzunligini kamaytiradi. Texnologik suvni suv tayyorlash stantsiyalarida tayyorlab beriladi [3].

Suvning zichligi $100^0\text{-}4^0\text{S}$ oralig'ida ko'pgina boshqa suyuqliklarga o'xshab oshib boradi va $3,98^0\text{S}$ da maksimum qiymati $=1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/sm}^3$ ga erishadi. Haroratning pasayishi bilan suvning zichligi kamayib boradi va muzlaganda keskin tushib ketadi. Suvning yopishqoqligi bosimning oshishi bilan boshqa suyuqliklardan farqli, kamayib boradi [4].

Ipakchilik korxonalarida pilladan hom ipakni chuvish jarayonida pillalar suvda bo'lishi uchun ipning tortilish tezligiga qarshilik ko'rsatadigan kuch kerak bo'ladi. Shuning uchun pillani ichiga suv to'ldirilib, og'irlashtiriladi [5].

Xulosa. Ma'lumki, pillalarni chuvishga tayyorlash bo'yicha jarayonlar fibroin va seritsinning xolati, o'zgaruvchan xususiyatiga, fizik-mexanik, kimyoviy ta'siriga bog'liq. Qobiqqa yelimlangan (yopishgan) ipakning kuchi katta bo'lib, u 0,73-3,0 SN oraliqda tebranib turadi. Shuning uchun pillalarni chuvishga tayyorlash jarayoni, adgeziya kuchini kamaytirish uchun seritsinni yumshatish va pilla ipi uzluksiz chuvish uchini topishdan iborat. Bunda, jarayonning asosiy vazifasi kam xarajat sarflash va xom ipak ishlab chiqish uchun ko'proq miqdorda qobiqdagi ipakni saqlab qolish hisoblanadi [6].

Shunday qilib, ipakchilik sanoatida hom ipak ishlab chiqarishda asosan suvdan foydalaniladi. Shuning uchun ham suvning xususiyatlarini o'rganish muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. "2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son farmoni.
2. Э.Б. Рубинов «Технология шелка» (кокономотание). Учебник. Москва «Легкая и пищевая промышленность», 1981 год.
3. Э.Б. Рубинов, М.М. Мухаммедов и др. Шелкосырьё и кокономотание. -2е изд.перер. и доп.-М.:Легпромбытиздат, -1986.
4. A. Arifjanov, I. Axmedxodjaeva, A.Fatxullaev "Suv resurslari" o'quv qo'llanma, © Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti, 2008 yil.
5. H.A. Alimova, N.M. Islambekova, A.E. Gulamov, SH.R. Fayzullaev "Ipak ishlab chiqarish texnologiyasi". Darslik, Toshkent – 2015.
6. U. O. Axunbabaev "Zamonaviy pilla chuvish uskunalarida yuqori sifatli xom ipak olish texnologiyasini takomillashtirish", Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (phd) dissertatsiyasi avtoreferati. Toshkent – 2020.

YO'L-TRANSPORT HODISASI SODIR BO'LGANDA HAYDOVCHINING MAJBURIYATLARI VA PIYODALARNING MAJBURIYATLARI

X.B. Ubaydullayev

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti "Tabiiy va muhandislik fanlari" kafedrasasi assistenti

Annotatsiya. Mazkur mavzuda yo'l-transport hodisasi (YTH) sodir bo'lganda haydovchi va piyodalarning qonunchilikda belgilangan majburiyatlari, ularning harakat xavfsizligini ta'minlashdagi

mas'uliyati hamda hodisa oqibatlarini bartaraf etish tartibi yoritiladi. Yo'l-transport hodisasi sodir bo'lgan paytda haydovchining transport vositasini darhol to'xtatishi, avariya chiroqlarini yoqishi, hodisa joyini tark etmasligi, jabrlanganlarga birinchi yordam ko'rsatishi va zarur hollarda tez tibbiy yordam hamda tegishli vakolatli organlarni chaqirishi kabi majburiyatlari ko'rib chiqiladi.

Shuningdek, YTH sodir bo'lgan joyda xavfsizlikni ta'minlash, boshqa transport vositalarining harakatiga to'sqinlik qilmaslik yoki hodisa izlarini saqlab qolish zarur bo'lgan hollarda tegishli choralarni ko'rish, guvohlar va hodisaga aloqador boshqa shaxslar to'g'risidagi ma'lumotlarni qayd etish masalalariga e'tibor qaratiladi.

Mavzuning ikkinchi qismida YTHga bevosita yoki bilvosita aloqador bo'lgan piyodalarning majburiyatlari, hodisa joyida o'zini tutish qoidalari, jabrlangan shaxslarga yordam ko'rsatish, voqea haqida tegishli xizmatlarga xabar berish hamda hodisa tafsilotlarini aniqlashga ko'maklashish masalalari bayon etiladi.

Mavzuni o'rganishdan asosiy maqsad — talabalarda yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda to'g'ri va qonuniy harakat qilish, inson hayoti va sog'lig'ini himoya qilish, hodisa oqibatlarini kamaytirish, dalillarni saqlash hamda harakat xavfsizligini ta'minlash bo'yicha amaliy ko'nikmalarni shakllantirishdan iborat.

Kalit so'zlar: yo'l-transport hodisasi, haydovchi, piyoda, majburiyat, harakat xavfsizligi, jabrlanuvchi, birinchi yordam, hodisa joyi, avariya chirog'i, tez tibbiy yordam, yo'l harakati qoidalari, huquqiy javobgarlik.

Аннотация. В данной теме рассматриваются обязанности водителей и пешеходов, установленные законодательством при возникновении дорожно-транспортного происшествия (ДТП), их ответственность за обеспечение безопасности дорожного движения, а также порядок устранения последствий происшествия. Раскрываются такие обязанности водителя при возникновении ДТП, как немедленная остановка транспортного средства, включение аварийной световой сигнализации, недопустимость оставления места происшествия, оказание первой помощи пострадавшим, а при необходимости — вызов скорой медицинской помощи и соответствующих уполномоченных органов.

Особое внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности на месте ДТП, принятию необходимых мер в случаях, когда требуется освободить проезжую часть от препятствий для движения других транспортных средств либо сохранить следы происшествия, а также фиксации сведений о свидетелях и других лицах, имеющих отношение к происшествию.

Во второй части темы рассматриваются обязанности пешеходов, имеющих непосредственное или косвенное отношение к ДТП, правила поведения на месте происшествия, оказание помощи пострадавшим, информирование соответствующих служб о произошедшем, а также содействие в установлении обстоятельств и деталей происшествия.

Основная цель изучения темы заключается в формировании у студентов практических навыков правильного и законного поведения при возникновении дорожно-транспортного происшествия, защиты жизни и здоровья людей, минимизации последствий происшествия, сохранения доказательств и обеспечения безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, водитель, пешеход, обязанности, безопасность дорожного движения, пострадавший, первая помощь, место происшествия, аварийная световая сигнализация, скорая медицинская помощь, правила дорожного движения, юридическая ответственность.

Abstract. This topic examines the obligations of drivers and pedestrians established by legislation in the event of a road traffic accident (RTA), their responsibility for ensuring road safety, and the procedure for dealing with the consequences of the accident. The driver's obligations in the event of a road traffic accident are considered, including immediately stopping the vehicle, switching on the hazard warning lights, remaining at the scene of the accident, providing first aid to injured persons, and, where necessary, calling an ambulance and the relevant competent authorities.

Particular attention is paid to ensuring safety at the scene of a road traffic accident, taking appropriate measures when it is necessary to prevent obstruction to the movement of other vehicles or to preserve the traces and evidence of the accident, as well as recording information about witnesses and other persons involved in or related to the incident.

The second part of the topic addresses the obligations of pedestrians who are directly or indirectly involved in a road traffic accident, rules of conduct at the scene, providing assistance to injured persons, reporting the incident to the relevant services, and assisting in establishing the circumstances and details of the accident.

The main purpose of studying this topic is to develop students' practical skills in acting correctly and lawfully in the event of a road traffic accident, protecting human life and health, minimizing the consequences of the accident, preserving evidence, and ensuring road traffic safety.

Keywords: road traffic accident, driver, pedestrian, obligations, road traffic safety, injured person, first aid, accident scene, hazard warning lights, emergency medical assistance, traffic rules, legal liability.

Yo'l-transport hodisalari zamonaviy jamiyatda inson hayoti va sog'lig'iga, transport vositalariga hamda moddiy boyliklarga jiddiy zarar yetkazishi mumkin bo'lgan muhim ijtimoiy muammolardan biridir. Avtomobil transportining jadal rivojlanishi, transport vositalari sonining ortishi va yo'l harakatining intensivlashuvi yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash masalasiga alohida e'tibor qaratishni talab etmoqda. Yo'l-transport hodisalarining oldini olishda nafaqat yo'l infratuzilmasining texnik holati, balki haydovchi va piyodalarning yo'l harakati qoidalariga rioya qilishi ham muhim ahamiyatga ega.

Yo'l-transport hodisasi sodir bo'lgan vaqtda hodisa ishtirokchilarining to'g'ri harakat qilishi uning oqibatlarini kamaytirish, jabrlanganlarning hayotini saqlab qolish, boshqa yo'l harakati qatnashchilarining xavfsizligini ta'minlash hamda hodisaning kelib chiqish sabablarini aniqlash uchun muhim hisoblanadi. Ayniqsa, haydovchining hodisa sodir bo'lganidan keyingi dastlabki harakatlari katta ahamiyatga ega. Transport vositasini to'xtatish, avariya chiroqlarini yoqish, jabrlanganlarga yordam ko'rsatish, tez tibbiy yordam va tegishli vakolatli organlarga xabar berish kabi majburiyatlarning o'z vaqtida bajarilishi inson hayoti uchun hal qiluvchi ahamiyat kasb etishi mumkin.

Piyodalar ham yo'l-transport hodisasi sodir bo'lgan vaziyatda muayyan majburiyatlarga ega. Hodisa joyida vahimaga berilmaslik, jabrlanganlarga imkon qadar yordam ko'rsatish, tegishli xizmatlarga xabar berish va hodisa tafsilotlarini aniqlashga ko'maklashish fuqarolik mas'uliyatining muhim ko'rinishlaridan hisoblanadi.

Mazkur maqolada yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda haydovchi va piyodalarning majburiyatlari, hodisa joyida xavfsizlikni ta'minlash, jabrlanganlarga yordam ko'rsatish, hodisa izlarini saqlash va tegishli organlar bilan hamkorlik qilish masalalari ilmiy-amaliy jihatdan tahlil qilinadi.

Tadqiqotning asosiy obyekti yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda haydovchi va piyodalarning xatti-harakatlari hamda ularning yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashdagi majburiyatlari hisoblanadi. Tadqiqot predmeti esa YTH sodir bo'lgan paytda bajarilishi lozim bo'lgan tashkiliy, huquqiy va amaliy chora-tadbirlar majmuasidan iborat.

Mavzuni o'rganishda tizimli tahlil, taqqoslash, umumlashtirish, mantiqiy tahlil va amaliy vaziyatlarni baholash usullaridan foydalanildi. Shuningdek, yo'l harakati xavfsizligi sohasidagi me'yoriy-huquqiy talablar, haydovchi va piyodalarning majburiyatlari hamda YTH oqibatlarini bartaraf etish bilan bog'liq amaliy holatlar tahlil qilindi.

Yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda haydovchining asosiy vazifalarini bir necha bosqichga ajratish mumkin. Birinchi navbatda, haydovchi transport vositasini darhol to'xtatishi va imkon qadar transport vositasining holatini o'zgartirmasligi kerak. Keyingi bosqichda avariya chiroqlarini yoqish va boshqa yo'l harakati qatnashchilarini xavf mavjudligidan ogohlantirish zarur.

Agar hodisa natijasida insonlar jarohatlangan bo'lsa, haydovchi jabrlanganlarga birinchi yordam ko'rsatish imkoniyatlarini baholashi va zarur tibbiy yordamni chaqirishi lozim. Bunday

vaziyatda har bir daqiqa muhim bo'lib, tez tibbiy yordamning o'z vaqtida yetib kelishi jabrlangan shaxsning hayoti va sog'lig'ini saqlab qolishga yordam beradi.

Hodisa joyini tark etmaslik ham haydovchining muhim majburiyatlaridan biridir. Hodisa joyini asossiz ravishda tark etish nafaqat hodisaning holatlarini aniqlashni qiyinlashtiradi, balki qonunchilikda belgilangan javobgarlikka sabab bo'lishi mumkin.

Yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda haydovchining majburiyatlarini to'g'ri bajarishi hodisa oqibatlarini kamaytirishning asosiy shartlaridan biridir. Haydovchi, avvalo, o'zining va boshqa yo'l harakati qatnashchilarining xavfsizligini ta'minlashi kerak. Buning uchun transport vositasini xavfsiz joyda to'xtatish, avariya chiroqlarini yoqish va zarur hollarda avariya to'xtash belgisini o'rnatish muhim hisoblanadi.

YTH sodir bo'lgan joyda transport vositalarining joylashuvi hodisaning sabablarini aniqlashda muhim dalillardan biri bo'lishi mumkin. Shu sababli, qonunchilikda nazarda tutilgan holatlardan tashqari, transport vositasini yoki hodisaga tegishli predmetlarni asossiz ravishda joyidan siljitish maqsadga muvofiq emas.

Biroq ayrim holatlarda yo'l qatnov qismida transport vositasining qolishi boshqa transport vositalarining harakatiga xavf tug'dirishi mumkin. Bunday vaziyatda hodisa joyining xavfsizligini ta'minlash bilan birga, hodisa izlari va transport vositalarining dastlabki holatini imkon qadar qayd etish zarur.

Haydovchining yana bir muhim vazifasi — hodisa haqida tegishli vakolatli organlarga xabar berishdir. Hodisa to'g'risidagi ma'lumotlar imkon qadar aniq yetkazilishi, hodisaning joyi, jabrlanganlar mavjudligi va boshqa muhim holatlar haqida xabar qilinishi kerak.

Jabrlangan shaxsga birinchi yordam ko'rsatish masalasi ham alohida ahamiyatga ega. Birinchi yordam tibbiy xodimlar yetib kelguniga qadar jabrlangan shaxsning hayotini saqlab qolishga qaratilgan dastlabki choralarni anglatadi. Bunda yordam ko'rsatuvchi shaxs o'z imkoniyatlari va bilimlari doirasida harakat qilishi, jabrlanganga qo'shimcha zarar yetkazmaslikka e'tibor qaratishi lozim.

Piyodalarning YTH sodir bo'lgan paytdagi harakatlari ham yo'l harakati xavfsizligi nuqtai nazaridan muhimdir. Piyoda hodisa joyida xavfsizlik talablariga rioya qilishi va o'zining hamda boshqa shaxslarning hayotiga xavf tug'dirmasligi kerak. Agar piyoda hodisaning guvohi bo'lsa, voqea haqida tegishli xizmatlarga xabar berishi va mavjud ma'lumotlarni yetkazishi mumkin.

Piyoda jabrlangan shaxsga yordam ko'rsatish imkoniyatiga ega bo'lsa, tegishli yordamni tashkil etishda ishtirok etishi mumkin. Ayniqsa, hodisa joyida tez tibbiy yordamga ehtiyoj mavjud bo'lsa, tegishli xizmatlarni chaqirish muhim hisoblanadi.

Guvohlarning ma'lumotlari ham YTH holatini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Hodisa qanday sodir bo'lganligi, transport vositalarining harakat yo'nalishi, svetoforming holati, yo'l va ob-havo sharoiti kabi ma'lumotlar hodisaning sabablarini aniqlashga yordam berishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, YTH sodir bo'lganda quyidagi ketma-ketlikka amal qilish maqsadga muvofiq:

1. Transport vositasini to'xtatish.
2. Avariya chiroqlarini yoqish.
3. Hodisa joyida xavfsizlikni ta'minlash.
4. Jabrlanganlarning holatini baholash.
5. Birinchi yordam ko'rsatish.
6. Tez tibbiy yordam va tegishli vakolatli organlarni chaqirish.
7. Hodisa joyini imkon qadar saqlab qolish.
8. Guvohlar va hodisaga aloqador shaxslar haqidagi ma'lumotlarni qayd etish.
9. Vakolatli organlar yetib kelgunga qadar hodisa joyini asossiz tark etmaslik.

Mazkur ketma-ketlik haydovchining stressli vaziyatda to'g'ri qaror qabul qilishiga yordam beradi. Ayniqsa, inson salomatligi va hayoti xavf ostida bo'lgan holatlarda vaziyatni tez baholash va ustuvor choralarni belgilash muhimdir.

Piyodalar uchun ham YTH joyida xavfsizlikni saqlash muhim. Hodisa joyiga to'planib qolish, qatnov qismida tartibsiz harakatlanish yoki boshqa transport vositalarining harakatiga xalaqit berish

qo'shimcha xavf tug'dirishi mumkin. Shuning uchun piyodalar hodisa joyida ehtiyotkorlik bilan harakat qilishi va zarur hollarda vakolatli xizmatlarning ko'rsatmalariga amal qilishi lozim.

Umuman olganda, YTHning oldini olish va uning oqibatlarini kamaytirishda "haydovchi – transport vositasi – yo'l – atrof-muhit – piyoda" tizimining barcha elementlari o'zaro bog'liq holda faoliyat yuritadi. Haydovchi va piyodalarning yo'l harakati qoidalariga rioya qilishi, mas'uliyatli xulq-atvori hamda favqulodda vaziyatlarda to'g'ri harakat qilishi yo'l harakati xavfsizligining muhim shartlaridan biridir.

Yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda haydovchi va piyodalarning to'g'ri harakat qilishi inson hayoti va sog'lig'ini himoya qilish, hodisa oqibatlarini kamaytirish hamda yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Haydovchi transport vositasini darhol to'xtatishi, avariya chiroqlarini yoqishi, hodisa joyida xavfsizlikni ta'minlashi, jabrlanganlarga imkon qadar birinchi yordam ko'rsatishi va zarur xizmatlarni chaqirishi lozim.

Hodisa joyini asossiz tark etmaslik, hodisa izlarini saqlash, transport vositalarining joylashuvini imkon qadar o'zgartirmaslik hamda guvohlar haqidagi ma'lumotlarni qayd etish YTH holatlarini xolisona aniqlash uchun muhim hisoblanadi.

Piyodalar ham YTH sodir bo'lgan joyda xavfsizlik qoidalariga rioya qilishi, zarur hollarda jabrlanganlarga yordam ko'rsatishi, tegishli xizmatlarga xabar berishi va hodisa tafsilotlarini aniqlashga ko'maklashishi mumkin.

Shunday qilib, yo'l-transport hodisasi oqibatlarini samarali bartaraf etish faqat vakolatli xizmatlarning faoliyatiga emas, balki haydovchilar, piyodalar va boshqa yo'l harakati qatnashchilarining mas'uliyatli xatti-harakatlariga ham bog'liq. Yo'l harakati ishtirokchilarining huquq va majburiyatlarini yaxshi bilishi, favqulodda vaziyatlarda to'g'ri harakat qila olishi hamda o'zaro hamkorlik qilishi yo'l-transport hodisalarining og'ir oqibatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Azizov K.X. Harakat xavfsizligini tashkil etish asoslari T.: Fan va texnologiya. 2009 y. - 242b.
2. Джереми Шапиро. Моделирование цепи поставок. Перевод с англ. Под ред. В.С. Лукинского - СПб. Питер, 2006-720 с. Научное пособие для специалистов.
3. Ш.А. Бутаев, Ю.Мадаминов. Совершенствование методов управления процессами автомобильных перевозок грузов. Ташкент.: Фан, 1988.- 152 с.
4. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие./ Под ред. В.С.Лукинского. – СПб. Питер, 2007.- 448с.
5. "2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishlari bo'yicha HAKAKATLAR STRATEGIYaSI" O'zb. R. PF-4947-son, 2017 yil 7 fevral, Toshkent sh.
6. Sh.M. Mirziyoyev. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. - T.: O'zbekiston, 2016.
7. Sh.M. Mirziyoyev. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash - yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. T.: O'zbekiston, 2017.
8. Транспортная логистика: Учебное пособие / Под общей ред. Л.Б. Миротина. -М.: Экзамен, 2005. – 512С
9. Sh.A.Butaev, Q.M.Sidiqnazarov, A.S.Murodov, A.O'.Qo'ziev.Logistika. "EXTRIMUM-PRESS", 2012. - 580 b.

PIYODALARNING O'TISH JOYLARI VA YO'NALISHLI TRANSPORT VOSITALARINING BEKATLARI

Ubaydullayev X.B.

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti "Tabiiy va muhandislik fanlari" kafedrasasi assistenti

Annotatsiya. Mazkur mavzuda piyodalarning yo'lni kesib o'tish joylari hamda yo'nalishli transport vositalarining bekatlaridan foydalanish tartibi, ularning yo'l harakati xavfsizligini

ta'minlashdagi ahamiyati yoritiladi. Piyodalar o'tish joylarining turlari, ularni belgilash va jihozlash talablari, tartibga solinadigan va tartibga solinmaydigan piyodalar o'tish joylarida piyodalar hamda transport vositalari haydovchilarining harakatlanish qoidalari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, piyodalarning yo'lni belgilangan o'tish joylaridan kesib o'tish majburiyatlari, svetofor va tartibga soluvchi signallariga rioya qilish, transport vositalarining piyodalarga nisbatan ustuvorligi va aksincha, ayrim holatlarda haydovchilarning piyodalarga yo'l berish tartibi tahlil qilinadi. Piyodalar o'tish joylarida xavfsizlikni ta'minlash, ko'rinish cheklangan sharoitlarda ehtiyot choralarini ko'rish hamda yo'l-transport hodisalarining oldini olish masalalariga alohida e'tibor qaratiladi.

Mavzuning keyingi qismida yo'nalishli transport vositalarining bekatlari, ularning joylashuvi va belgilanishi, bekatlarda avtobus, trolleybus va boshqa yo'nalishli transport vositalarining to'xtash tartibi, yo'lovchilarning bekatlarda kutishi va transport vositasiga chiqish-tushish jarayonida rioya qilishi lozim bo'lgan xavfsizlik talablari yoritiladi. Bekatlar yaqinida transport vositalarining harakatlanish xususiyatlari va piyodalarning xavfsizligini ta'minlash choralarini ham ko'rib chiqiladi.

Mavzuni o'rganishdan asosiy maqsad — talabalarda piyodalar o'tish joylari va yo'nalishli transport vositalari bekatlarida yo'l harakati qoidalariga qat'iy rioya qilish, piyodalar va yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlash, yo'l-transport hodisalarining oldini olish hamda yo'l harakatini to'g'ri tashkil etish bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni shakllantirishdan iborat.

Kalit so'zlar: piyoda, piyodalar o'tish joyi, yo'nalishli transport vositasi, bekat, yo'l harakati xavfsizligi, svetofor, yo'l berish, piyoda xavfsizligi, yo'lovchi, avtobus, transport vositasi, yo'l harakati qoidalari.

Аннотация. В данной теме рассматривается порядок использования пешеходных переходов и остановочных пунктов маршрутных транспортных средств, а также их значение в обеспечении безопасности дорожного движения. Рассматриваются виды пешеходных переходов, требования к их обозначению и оборудованию, правила движения пешеходов и водителей транспортных средств на регулируемых и нерегулируемых пешеходных переходах.

Также анализируются обязанности пешеходов переходить проезжую часть в установленных местах, соблюдать сигналы светофора и регулировщика, приоритет транспортных средств по отношению к пешеходам и, наоборот, порядок предоставления водителями преимущества пешеходам в отдельных случаях. Особое внимание уделяется обеспечению безопасности на пешеходных переходах, соблюдению мер предосторожности в условиях ограниченной видимости и предотвращению дорожно-транспортных происшествий.

В следующей части темы рассматриваются остановочные пункты маршрутных транспортных средств, их расположение и обозначение, порядок остановки автобусов, троллейбусов и других маршрутных транспортных средств на остановках, а также требования безопасности, которые должны соблюдать пассажиры во время ожидания на остановках, посадки в транспортное средство и выхода из него. Рассматриваются также особенности движения транспортных средств вблизи остановок и меры по обеспечению безопасности пешеходов.

Основная цель изучения темы заключается в формировании у студентов теоретических знаний и практических навыков по строгому соблюдению правил дорожного движения на пешеходных переходах и остановках маршрутных транспортных средств, обеспечению безопасности пешеходов и пассажиров, предотвращению дорожно-транспортных происшествий и правильной организации дорожного движения.

Ключевые слова: пешеход, пешеходный переход, маршрутное транспортное средство, остановка, безопасность дорожного движения, светофор, уступить дорогу, безопасность пешеходов, пассажир, автобус, транспортное средство, правила дорожного движения.

Abstract. This topic examines the procedure for using pedestrian crossings and stops for route-based public transport, as well as their importance in ensuring road traffic safety. The types of pedestrian crossings, requirements for their designation and equipment, and the rules governing the

movement of pedestrians and vehicle drivers at regulated and unregulated pedestrian crossings are considered.

The topic also analyzes pedestrians' obligations to cross the roadway only at designated crossing points, comply with traffic light and traffic controller signals, and observes the priority of vehicles in relation to pedestrians and, conversely, the situations in which drivers are required to give way to pedestrians. Particular attention is paid to ensuring safety at pedestrian crossings, taking appropriate precautions under conditions of limited visibility, and preventing road traffic accidents.

The next part of the topic covers stops for route-based public transport, their location and designation, the stopping procedures for buses, trolleybuses, and other route-based vehicles, as well as the safety requirements that passengers must follow while waiting at stops and during boarding and alighting. The characteristics of vehicle movement near public transport stops and measures to ensure pedestrian safety are also considered.

The main purpose of studying this topic is to develop students' theoretical knowledge and practical skills in strictly complying with traffic rules at pedestrian crossings and route-based public transport stops, ensuring the safety of pedestrians and passengers, preventing road traffic accidents, and properly organizing road traffic.

Keywords: pedestrian, pedestrian crossing, route-based public transport vehicle, stop, road traffic safety, traffic light, give way, pedestrian safety, passenger, bus, vehicle, traffic rules.

Bugungi kunda shahar va aholi punktlarida avtomobillashtirish darajasining ortishi, transport oqimlarining jadallashuvi hamda aholining harakatchanligi yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash masalasini yanada dolzarb qilib qo'yimoqda. Ayniqsa, piyodalar harakati avtomobil transporti bilan bevosita kesishadigan hududlarda — piyodalar o'tish joylari, chorrahalar, maktab va ta'lim muassasalari oldi, jamoat transporti bekatlari hamda gavjum ko'chalarda xavfsizlik masalasi alohida ahamiyat kasb etadi.

Piyodalar o'tish joyi faqatgina yo'l yuzasiga chizilgan chiziqlar majmuasi emas, balki piyodaning qatnov qismini xavfsiz kesib o'tishini ta'minlaydigan kompleks muhandislik yechimi hisoblanadi. Bunda yo'l belgilari, yo'l chiziqlari, svetoforlar, yoritish vositalari, piyodalar yo'laklari, xavfsizlik orolchalari va zarur hollarda baland piyodalar o'tish joylari yoki turli sathdagi o'tish inshootlari o'zaro bog'langan holda ishlashi lozim. Bunday yondashuv xalqaro yo'l harakati xavfsizligi amaliyotida ham qo'llab-quvvatlanadi. UNECE O'zbekiston bo'yicha yo'l harakati xavfsizligi sharhida piyodalar o'tish joylarini oddiy yo'l chizig'i sifatida emas, balki butun transport va yo'l infratuzilmasining tarkibiy qismi sifatida rejalashtirish zarurligini ta'kidlaydi.

O'zbekistonda ham so'nggi yillarda piyodalar xavfsizligini oshirishga qaratilgan infratuzilmaviy chora-tadbirlar kuchaytirildi. Jumladan, 2025-yil yakunlari bo'yicha aholi punktlaridagi tartibga solinmagan piyodalar o'tish joylarining bir qismini svetoforlar bilan jihozlash, baland piyodalar o'tish joylarini tashkil etish, yo'l chiziqlarini yangilash va piyodalar yo'laklarini qurish bo'yicha ishlar amalga oshirilgan.

Yo'nalishli transport vositalarining bekatlari ham yo'l harakati xavfsizligining muhim elementi hisoblanadi. Bekat noto'g'ri joylashtirilgan yoki uning atrofidagi piyodalar harakati yaxshi tashkil etilmagan taqdirda avtobusga chiqish-tushish jarayoni, yo'lni kesib o'tish va transport oqimining harakatlanishi o'rtasida xavfli vaziyatlar yuzaga kelishi mumkin.

Shu sababli zamonaviy transport tizimida piyodalar o'tish joylari va yo'nalishli transport vositalari bekatlarini alohida obyekt sifatida emas, balki yagona "piyoda – jamoat transporti – avtomobil – yo'l infratuzilmasi" tizimining o'zaro bog'liq elementlari sifatida ko'rib chiqish zarur.

Tadqiqotning asosiy obyekti piyodalar o'tish joylari va yo'nalishli transport vositalarining bekatlarida harakat xavfsizligini tashkil etish jarayonidir. Tadqiqot predmeti esa ushbu obyektlarning joylashuvi, jihozlanishi, ulardan foydalanish shartlari va ular atrofida piyodalar hamda transport vositalarining o'zaro harakatlanish xususiyatlaridan iborat.

Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, kuzatish, umumlashtirish va muhandislik-transport yondashuvlaridan foydalanildi. Shuningdek, O'zbekistonda 2025–2026-yillarda piyodalar

xavfsizligini ta'minlash va jamoat transporti infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha amalga oshirilayotgan amaliy ishlar tahlil qilindi.

Piyodalar o'tish joylarini tashkil etishda birinchi navbatda ularning **ko'rinuvchanligi** ta'minlanishi kerak. Haydovchi piyodalar o'tish joyini yetarli masofadan ko'rishi, piyoda esa transport vositalarining yaqinlashayotganini baholay olishi zarur. Buning uchun yo'l belgilarining aniq o'rnatilishi, yo'l chiziqlarining yaxshi holatda bo'lishi, tungi vaqtda yoritishning yetarli darajada ta'minlanishi muhim.

Ikkinchi muhim omil — piyodalar o'tish joyining yo'lining real piyoda oqimlariga mos joylashtirilishidir. Piyodalar ko'p harakatlanadigan hududda o'tish joyining mavjud emasligi odamlarni qatnov qismini belgilanmagan joydan kesib o'tishga majbur qilishi mumkin. Aksincha, piyodalar ehtiyojiga mos ravishda tashkil etilgan o'tish joyi yo'l harakati ishtirokchilarining tartibli harakatlanishini ta'minlaydi.

Uchinchi omil — harakat tezligi. Transport vositalarining tezligi yuqori bo'lgan yo'llarda oddiy belgilangan piyodalar o'tish joyi har doim ham yetarli xavfsizlikni ta'minlamasligi mumkin. Bunday hududlarda svetofor bilan tartibga solish, markaziy xavfsizlik orolchalari, baland piyodalar o'tish joylari yoki turli sathdagi piyodalar o'tish inshootlaridan foydalanish imkoniyati ko'rib chiqilishi lozim.

Piyodalar o'tish joylarining xavfsizlikdagi o'rni. Piyodalar o'tish joyining asosiy vazifasi piyodaning avtomobil yo'lining qatnov qismini transport oqimlari bilan xavfsiz tarzda kesishishini ta'minlashdir. Buning uchun piyoda va haydovchi bir-birini o'z vaqtida ko'rishi hamda harakatni oldindan baholashi mumkin bo'lgan sharoit yaratilishi kerak.

Piyodalar o'tish joylari funksional jihatdan tartibga solinadigan va tartibga solinmaydigan shakllarda tashkil etilishi mumkin. Tartibga solinadigan o'tish joylarida svetofor yoki yo'l harakatini tartibga soluvchi vositalar piyoda va transport vositalari harakatining navbatini belgilaydi. Tartibga solinmaydigan o'tish joylarida esa xavfsizlik yo'l belgilari, yo'l chiziqlari, haydovchi va piyodaning o'zaro ehtiyotkorligi hamda yo'l sharoitlariga bog'liq bo'ladi.

Ayniqsa, ko'p polosali va serqatnov yo'llarda piyodaning bir vaqtning o'zida barcha transport oqimlarini nazorat qilishi qiyinlashadi. Shu sababli bunday joylarda markaziy xavfsizlik orolchalari yoki svetofor bilan tartibga solish kabi yechimlardan foydalanish maqsadga muvofiq.

O'zbekistonda ushbu yo'nalishda amaliy ishlar kengaymoqda. 2025-yil davomida shahar va tuman markazlaridagi tartibga solinmagan piyodalar o'tish joylarining bir qismida baland piyodalar o'tish joylari tashkil etilgan, qolgan ayrim o'tish joylarini svetoforlar bilan jihozlash ishlari olib borilgan.

2026-yil mart oyida Chirchiq shahrida yangi yer osti piyodalar yo'li foydalanishga topshirilgani ham turli sathdagi piyodalar infratuzilmasiga e'tibor kuchayayotganini ko'rsatadi. Mazkur inshootning kirish-chiqish yo'laklari 23 metr, ichki qismi esa 45 metr uzunlikda ekani va u transport qatnovi yuqori hududda xavfsiz piyoda harakatini tashkil etishga xizmat qilishi qayd etilgan.

Piyodalar o'tish joylarida ko'rinuvchanlik muammosi. Piyodalar bilan bog'liq YTHlarning oldini olishda o'tish joyining mavjudligi bilan bir qatorda, uning haydovchi uchun qanchalik ko'rinadiganligi ham muhimdir.

Ko'rinishni daraxtlar, reklama konstruksiyalari, noto'g'ri parkovka qilingan avtomobillar, savdo obyektlari yoki boshqa to'siqlar cheklashi mumkin. Natijada haydovchi piyodani kech payqaydi, piyoda esa yaqinlashayotgan transport vositasini o'z vaqtida ko'rmasligi mumkin.

Shu sababli piyodalar o'tish joylarini loyihalashda faqat yo'lining geometrik parametrlari emas, balki ko'rish uchburchagi, tungi yoritish, transport vositalarining to'xtash joylari va piyodalar oqimining yo'nalishi ham hisobga olinishi kerak.

Baland piyodalar o'tish joylarining ahamiyati. Baland piyodalar o'tish joylari transport vositalarining tezligini tabiiy ravishda pasaytirishga yordam beradigan muhandislik vositalaridan biridir. Bunday konstruksiya piyodalar uchun o'tish yuzasini qatnov qismi sathidan biroz ko'tarib, haydovchini tezlikni kamaytirishga undaydi.

O'zbekistonda 2024-yil 30-noyabrda tegishli hukumat qarori asosida shahar va tuman markazlaridagi ayrim tartibga solinmagan piyodalar o'tish joylarida baland piyodalar o'tish joylarini tashkil etish ishlari amalga oshirilgani rasmiy ma'lumotlarda qayd etilgan.

Biroq baland piyodalar o'tish joyini tashkil etish faqat uning o'zini qurish bilan cheklanmasligi kerak. Unga olib keluvchi piyodalar yo'laklari, panduslar, yo'l belgilarining ko'rinishi, tungi yoritish va transport vositalarining tezligini boshqarish elementlari ham kompleks tarzda ko'rib chiqilishi lozim.

Yo'nalishli transport vositalari bekatlarining transport tizimidagi o'rni. Yo'nalishli transport vositalari bekati yo'lovchilarni xavfsiz kutib olish, avtobus yoki boshqa jamoat transporti vositasiga chiqarish va tushirish hamda transport oqimiga xizmat ko'rsatish uchun mo'ljallangan maxsus transport infratuzilmasi hisoblanadi.

Bekatni joylashtirishda faqat yo'lovchining uyiga yaqinlik mezonini asos qilib olinmasligi kerak. Bekatning joylashuvi yo'lovchilar oqimi, mavjud jamoat transporti yo'nalishlari, yo'lining geometrik parametrlari, piyodalar harakati, chorrahalar, muhandislik kommunikatsiyalari va umumiy yo'l harakati xavfsizligi bilan bog'liq holda belgilanadi.

Bu masala bo'yicha 2026-yil iyul oyida Buxoro shahrida e'lon qilingan rasmiy ma'lumotda ham bekatlar joylashuvi loyiha-smeta hujjatlari, yo'lovchilar oqimi, jamoat transporti yo'nalishlari, yo'lining geometrik ko'rsatkichlari, piyodalar harakati va xavfsizlik talablari asosida belgilanishi qayd etilgan. Shuningdek, shahar ko'chalarida bekatlar orasidagi tavsiya etiladigan masofa odatda 400–600 metr atrofida bo'lishi ko'rsatilgan.

Demak, bekatlarning haddan tashqari zich joylashtirilishi transport vositalarining tez-tez to'xtashiga, yo'lining o'tkazuvchanlik qobiliyati pasayishiga va tirbandliklarning ortishiga olib kelishi mumkin. Bekatlarning juda uzoq joylashtirilishi esa piyodalarning transportga yetib borish uchun yo'lni belgilanmagan joydan kesib o'tish ehtimolini oshirishi mumkin.

Bekat va piyodalar o'tish joyining o'zaro bog'liqligi. Bekatlarni piyodalar o'tish joylaridan butunlay ajratilgan holda loyihalash ham, ularni haddan tashqari yaqin joylashtirish ham muayyan xavflarni yuzaga keltirishi mumkin.

Masalan, yo'lovchi avtobusdan tushgandan so'ng yo'lining narigi tomoniga o'tishi kerak bo'lsa, eng qisqa yo'lni tanlashga harakat qiladi. Agar yaqin atrofda piyodalar o'tish joyi bo'lmasa, u qatnov qismini belgilanmagan joydan kesib o'tishi mumkin. Shu sababli bekat va piyodalar o'tish joyining o'zaro joylashuvi transport rejalashtirishning muhim masalalaridan biridir.

Optimal yechim quyidagi elementlarning o'zaro uyg'unligiga asoslanadi:

- bekatning qulay va xavfsiz joylashuvi;
- piyodalar uchun uzluksiz trotuar;
- piyodalar o'tish joyiga xavfsiz kirish;
- yo'l belgilarining aniq ko'rinishi;
- yetarli tungi yoritish;
- transport vositalarining tezligini nazorat qilish;
- nogironligi bo'lgan shaxslar uchun pandus va qulay kirish;
- bekat hududida transport va piyoda oqimlarini imkon qadar ajratish.

Zamonaviy infratuzilma va raqamli texnologiyalar. Bugungi kunda piyodalar xavfsizligini ta'minlashda an'anaviy yo'l belgilaridan tashqari zamonaviy texnologiyalardan foydalanish imkoniyatlari ham kengaymoqda.

Piyodalar tugmachali svetoforlari, videokuzatuv kameralari, avtomatik foto-video qayd etish vositalari, yoritiladigan piyodalar belgilaridan foydalanish va transport oqimlarini real vaqt rejimida monitoring qilish tizimlari yo'l harakatini boshqarish samaradorligini oshirishi mumkin.

O'zbekistonda ham piyodalar xavfsizligini oshirish bo'yicha bunday infratuzilmalar kengaytirilmoqda. Masalan, 2025-yil yakunlariga oid rasmiy ma'lumotlarda maktablar oldida tezlikni cheklovchi belgilar, piyodalar svetoforlari, piyodalar yo'laklari va piyodalar o'tish joylaridagi yo'l chiziqlarini yangilash ishlari amalga oshirilgani qayd etilgan.

2026-yil fevral oyida esa M-37 avtomagistralining serqatnov hududlaridan birida yangi svetofor o'rnatilib, piyodalar va transport vositalari harakatini xavfsiz tartibga solish imkoniyati yaratilgan.

Bu tajriba piyodalar xavfsizligini ta'minlashda "bitta universal yechim"dan ko'ra, yo'lining real sharoitiga mos kompleks muhandislik yechimi samaraliroq ekanini ko'rsatadi.

Piyodalar xavfsizligini oshirishning taklif etilayotgan modeli

Tahlil natijalariga ko'ra, piyodalar o'tish joylari va jamoat transporti bekatlarining xavfsizligini oshirish uchun quyidagi ketma-ketlikdan foydalanish mumkin:

1. Hududni diagnostika qilish → piyodalar va transport oqimini o'rganish.
2. Xavfli nuqtalarni aniqlash → YTH, tezlik, ko'rinuvchanlik va noqonuniy kesib o'tish holatlarini tahlil qilish.
3. Muhandislik yechimini tanlash → svetofor, baland o'tish joyi, xavfsizlik orolchasi yoki turli sathdagi o'tish inshootini belgilash.
4. Bekatni optimal joylashtirish → yo'lovchilar oqimi va piyodalar yo'nalishlarini hisobga olish.
5. Yoritish va ko'rinuvchanlikni ta'minlash → ayniqsa tungi vaqtda.
6. Nazorat va monitoring → o'rnatilgan vositalarning real xavfsizlik samaradorligini muntazam baholash.

Bunday yondashuv faqat yangi obyektlar qurishga emas, balki mavjud piyodalar o'tish joylari va bekatlarning xavfsizlik darajasini muntazam ravishda qayta baholashga imkon beradi.

Piyodalar o'tish joylari va yo'nalishli transport vositalarining bekatlari yo'l harakati tizimining o'zaro chambarchas bog'liq bo'lgan ikki muhim elementi hisoblanadi. Ularning xavfsizligi faqat yo'l belgisi yoki yo'l chizig'ining mavjudligi bilan belgilanmaydi. Piyodalar oqimi, transport intensivligi, transport vositalarining tezligi, ko'rinuvchanlik, tungi yoritish, yo'lining geometrik parametrlari va jamoat transporti yo'nalishlari kompleks ravishda hisobga olinishi kerak.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, zamonaviy piyodalar o'tish joyi **"belgi + chiziq"** tamoyili bilan cheklanmasdan, piyodalar yo'lagi, yoritish, xavfsizlik orolchasi, svetofor, tezlikni boshqarish vositalari va zarur hollarda turli sathdagi o'tish inshootlarini o'z ichiga olgan kompleks tizim sifatida tashkil etilishi kerak.

Yo'nalishli transport vositalari bekatlarini ham aholining individual ehtiyojlari asosida tasodifiy joylashtirish emas, balki yo'lovchilar oqimi, piyodalar harakati, transport yo'nalishlari, yo'lining geometrik xususiyatlari va xavfsizlik talablariga asoslangan holda rejalashtirish zarur. 2026-yilgi amaliy loyihalar ham bekat joylashuvi ushbu omillarni kompleks hisobga olgan holda belgilanayotganini ko'rsatmoqda.

Kelgusida O'zbekistonda piyodalar xavfsizligini oshirish uchun xavfli o'tish joylarini muntazam audit qilish, piyodalar va transport oqimlarini raqamli monitoring qilish, bekatlarni piyodalar infratuzilmasi bilan integratsiyalash, maktab va ta'lim muassasalari atrofida xavfsiz transport zonalarini kengaytirish hamda nogironligi bo'lgan shaxslar uchun to'siqsiz muhit yaratishga alohida e'tibor qaratish maqsadga muvofiq.

Shunday qilib, piyodalar o'tish joylari va yo'nalishli transport vositalari bekatlarini to'g'ri tashkil etish nafaqat yo'l-transport hodisalarining oldini olish, balki shaharlarda harakatlanish qulayligini oshirish, jamoat transportining samaradorligini ta'minlash va inson hayoti hamda sog'lig'ini himoya qilishning muhim sharti hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Azizov K.X. Harakat xavfsizligini tashkil etish asoslari T.: Fan va texnologiya. 2009 y. -242 b.
2. Джереми Шапиро. Моделирование цепи поставок. Перевод с англ. Под ред. В.С. Лукинского - С пб. Питер, 2006-720 с. Научное пособие для специалистов.
3. Ш.А. Бутаев, Ю.Мадаминов. Совершенствование методов управления процессами автомобильных перевозок грузов. Ташкент.: Фан, 1988.- 152 с.
4. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие./ Под ред. В.С.Лукинского. – СПб. Питер, 2007.- 448с.

5. "2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishlari bo'yicha HAKIKATLAR STRATEGIYA SI" O'zb. R. PF-4947-son, 2017 yil 7 fevral, Toshkent sh.
6. Sh.M. Mirziyoyev. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. - T.: O'zbekiston, 2016.
7. Sh.M. Mirziyoyev. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash - yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. T.: O'zbekiston, 2017.
8. Транспортная логистика: Учебное пособие / Под общей ред. Л.Б. Миротина. -М.: Экзамен, 2005. – 512 С.
9. Sh.A. Butaev, Q.M.Sidiqzazarov, A.S.Murodov, A.O'.Qo'ziev.Logistika. "EXTRIMUM-PRESS", 2012. - 580 b.

MASHINASOZLIKDA ISHLATILADIGAN AYLANMA HARAKATNI UZATUVCHI MEKANIZMLAR HAQIDAGI BILIM VA KO'NIKMALARNI SHAKLLANTIRISH

Urunov Abduxalil Madjidovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti Samarqand kampusi dotsenti, texnika fanlari
nomzodi.urinovjasur898@gmail.com, +998974085925.

Annotatsiya: Ushbu maqolada mashinasozlikda ishlatiladigan aylanma , harakatni uzatuvchi :tasmali, zanjirli va tishli mexanizmlarning turlari, ishlatilish sohalari, tuzilishi, ularni yig'ishda va ishlatishda qo'yiladigan texnik talablar yoritilgan bo'lib uzatmalar haqida bilim va ko'nikmalar hosil qilishga xizmat qiladi

Kalit so'zlar: Mashinasozlik, texnologik jarayonlar, konveyerlar, eskalatorlar, elevatorlar; aylanma harakatni uzatuvchi tishli, tasmali , zanjirli mexanizmlar; parallel,kesishuvchi va ayqash valli uzatmalar.

Аннотация: В данной статье рассмотрены типы, области применения, конструкция и технические требования к сборке и эксплуатации механизмов, передающих вращательное движение, используемых в машиностроении, а именно ременных, цепных и зубчатых передач. Статья служит для формирования знаний и навыков о передачах.

Ключевые слова: Машиностроение, технологические процессы, конвейеры, эскалаторы, лифты; зубчатые, ременные, цепные механизмы, передающие вращательное движение; передачи с параллельными, пересекающимися и скрещивающимися валами.

Abstract: This article discusses the types, fields of application, structure, and technical requirements for assembly and operation of rotational motion transmitting mechanisms used in mechanical engineering, namely belt drives, chain drives, and gear drives. The article serves to develop knowledge and skills about transmissions.

Keywords: Mechanical engineering, technological processes, conveyors, escalators, elevators; gear, belt, and chain mechanisms transmitting rotational motion; parallel, intersecting, and skew-shaft transmissions.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan mashinasozlikda va texnikaning turli sohalarida juda keng foydalaniladi. Zanjirli va tasmali uzatmalar asosan aylanma harakatlarni uzoq masofalarga uzatish uchun xizmat qiladi. Tasmali uzatmalar materialiga qarab ip-gazlamali, charm, rezinalangan, kapron, poliamid ipli kord to'qimali turlarga ajratiladi. Ko'ndalang kesimining shakliga ko'ra doiraviy, yassi, ponasimon, yarim ponasimon va tishli tasmalarga bo'linadi. Zanjirli uzatmalar tuzilishiga ko'ra vtulkali, vtulka-rolikli va tishli zanjirlarga bo'linadi. Ishlatilishiga qarab esa yuk, tortish va harakatlantruvchi zanjirlarga ajratiladi. Egiluvchan zvenoli tasmali va zanjirli uzatmalar tuzilishining oddiyligi, xizmat ko'rsatish osonligi bilan boshqa aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan afzal turadi [2].

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlar texnologik jarayonlarni bajarishda ham keng qo'llaniladi. Konveyerlarda sochiluvchan, donli va bo'lak – bo'lak yuklar uzluksiz tashiladi. Ularning tortish organlari asosan tasmali yoki zanjirli mexanizmlardir. Konveyerning yuk ko'tarish organlari lentali, plastinkali, kurakchali va aravachali bo'lishi mumkin. Konveyerlar 1 – 5 m/s tezlik bilan harakatlanadi, ularning uzunligi bir necha xil bo'lishi mumkin. Ular konlarda, metallurgiya zavodlarida ishlatiladi. Metallurgiya zavodlarida konveyerlardan detallarni qizdirishda, toblashda foydalaniladi. Ishlab chiqarishning boshqa sohalarida ham zanjirli uzatmalar tortish organlari sifatida ishlatiladi. Masalan, tayyor buyumlarni quritishda konveyirlarning ishchi organi sifatida qo'llaniladi.

Eskalatorlar – harakatlanuvchi zinapoyalar ko'rinishidagi ko'tarish – tashish qurilmasi bo'lib, kishilarni pastdan balandga va aksincha eltish uchun xizmat qiladi. Metropoliten stansiyalarida, ko'p qavatli jamoat binolari: magazin, teatr, vokzallarda ishlatiladi.

Eskalatorning zinopoyalari tortuvchi uzluksiz plastinkali zanjirlarga mahkamlangan bo'ladi va roliklarda yo'naluvchi izlar bo'yicha harakatlanadi. Ularning tezligi 0,5 – 1 m/s bo'lib, 30 -35° qiyalikda o'rnatiladi.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlar yuklarni tik va qiya yo'nalishda uzluksiz tashiydigan qurilma – elevatorlarda ham tortish organi sifatida qo'llaniladi.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan qishloq xo'jalik mashinalarda, tegirmonlarda ham foydalaniladi.

Tishli mexanizmlar ham mashinasozlikda eng ko'p qo'llaniladigan mexanizm hisoblanadi. Ular mashinalarning tezliklar qutisida, kardan valga turli hil tezliklarni ta'minlash uchun, mashinalarning ko'priklarida g'ildiraklarning turli burchak tezliklarida harakatlanishini boshqarish uchun, metal kesish dastgohlarida potronga mahkamlangan detalning turli tezliklarda aylanishini ta'minlash uchun, reduktorlarda ishchi valga aylanish chastotasini kamaytirib berish, multipilyatorlarda esa ishchi valga aylanish chastotasini ko'paytirib berish uchun, har – xil tekisliklarga aylanma harakatlarni va quvvatlarni uzatish uchun xizmat qiladi. Ularning boshqa uzatmalardan afzalligi: katta quvvatlarni o'zgarmas uzatish nisbati bilan uzata olishi, uzoq muddat samarali ishlashi, ishonchliligi, foydali ish koeffitsientining yuqoriligi hisoblanadi [1-3].

Tishli mexanizmlar o'qlarining joylashishi bo'yicha 3 xil bo'ladi: 1) o'qlari parallel bo'lgan-silindrik; 2) o'qlari o'zaro perpendikulyar bo'lgan - konussimon; 3) o'qlari ayqash bo'lgan-chervyakli tishli mexanizmlar.

Tishlarning torets qismidagi shakli bo'yicha: a) evolventali; b) silindrsimon; v) doiraviy bo'ladi.

Tishlarning o'qqa nisbatan yo'nalishiga qarab: a) to'g'ri tishli; b) qiyshiq tishli; v) shevron tishli; g) egri tishli uzatmalarga bo'linadi.

Tishli g'ildiraklarning o'zaro joylashigiga qarab: a) tashqi ilashmali; b) ichki ilashmali turlarga bo'linadi.

Konstruktiv bajarilishi bo'yicha: a) ochiq; b) yopiq; v) yarim ochiq bo'ladi.

Vallarning nisbiy harakati bo'yicha: a) oddiy; b) planetar; v) differensial turlari mavjud.

Aylana tezligi bo'yicha: a) tez harakatlanadigan – $v > 15$ m/s; b) o'rtacha harakatlanadigan – $4 < v < 15$ m/s; v) sekin harakatlanadigan – $v = 3-4$ m/s turlarga ajratiladi.

Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlardan samarali foydalanish uchun yig'ishga, ishlatishga va tamirlashga qo'yiladigan texnik talablarni bilish kerak.

Zanjirli uzatmalarni ishlatishda qo'yiladigan texnik talablar:

1. Zanjir sharnirlarining yeyilishi va buning oqibatida zanjir qadamining kattalashishi va cho'zilib ketishi. Bu holda zanjirning yulduzchada noto'g'ri vaziyatda turishi zanjirning yulduzchalardan chiqib ketishiga sabab bo'ladi.

2. Vtulkalar, roliklar, plastinalarning yemirilishi yoki darz kertishi, presslab o'rnatilgan roliklarning buralib ketaverishi. Bu nuqsonlar oqibatida tutashgan detallar o'tqazish joyida tez yeyiladi, shikastlangan zvenolarni almashtirish lozim bo'ladi.

3. Yulduzchalarning o'q bo'ylab siljishi sababli plastinalar yulduzchalarning yon sirtiga ishqalanishi oqibatida shu plastinalar yon sirtining yeyilishi. Bu nuqsonni tuzatish uchun uzatmani o'rnatishda yo'l qo'yilgan xatolarni bartaraf etish talab etiladi.

4. Zarbli yuklanish ta'sir etganda roliklar yoki vtulkalar va tishlarning bir-biriga nisbatan siljishi tufayli yulduzcha tishlarining yeyilishi quyidagicha bartaraf etiladi: tishlarga metall suyuqlantirilib qoplab, keyin mexanik ishlov beriladi; yulduzchalar yoki tishli gardish (yig'ma konstruksiyali bo'lsa) almashtiriladi. Tishlarning bir tomoni yeyilganda yulduzcha boshqa tomoni bilan o'girib qo'yiladi. Buning uchun gupchak simmetrik bo'lganda u qirqib tashlanadi, yulduzchaning qarama-qarshi tomoniga esa vtulka mahkamlab qo'yiladi.

5. Uzatmaning baland shovqin chiqarib va notekis ishlashi vallar o'qlarining parallel emasligi, yulduzchalarning o'q bo'ylab siljishi, yulduzchalarning radial va toretsdan tepishidan darak beradi. Aytib o'tilgan nuqsonlar bartaraf etilishi lozim [2-4].

Zanjirli uzatmalar ham aylanma harakatlarni uzatish uchun xizmat qiladi. Zanjirlar tuzilishiga ko'ra 3 xil bo'ladi: vtulkali, vtulka – rolikli va tishli(fasonli). Ishlatilishiga qarab yuk(tezligi 0,25 – 0,5 m/s), tortish(tezligi 2 – 5 m/s) va harakat tezligi turlicha bo'lgan uzatmalarga bo'linadi.

Zanjirli uzatmalarni yig'ishda quyidagi texnik talablar qo'yiladi:

- Zanjir ko'zdan kechirilib, nuqsonli qismlari brakka chiqariladi.
- Zanjirni yulduzchaga qo'yib ko'rib ularning bir-biriga mosligi tekshiriladi.
- Yulduzchalar valga presslab o'rnatiladi va o'qda siljimaslik uchun qotirib qo'yiladi.
- Yulduzchalar tishli gardishining radial tepishi (o'yiqlar aylanasi bo'ylab) va toretsdan tepishi indikator yordamida tekshiriladi; gardishning tepishi yo'l qo'yilgan qiymatlardan oshmasligi lozim.
- Vallar o'qlarining paralleligi tekshiriladi, parallelikdan chetga chiqish statsionar mashinalar uchun 100 mm uzunlikda 0.1 mm dan, ko'chma mashinalar uchun esa 0.2 mm dan oshmasligi kerak
- Yulduzchalar o'rta tekisligining mos kelishi tekshiriladi. Yulduzchalarning o'q bo'ylab qo'yilgan siljishi o'qlararo masofa 500 mm bo'lganda 1 mm, 500-1000 mm dan -1.5 mm va 1000 mm dan katta bo'lganda -2 mm bo'lishi lozim.
- Agar dastgohda oldindan biriktirilgan zanjirni kiydirishning iloji bo'lmasa, zanjir yulduzchalarga kiydiriladi va uning uchlari maxsus moslama yordamida biriktiriladi. Zvenolarning soni juft bo'lgan zanjirlar biriktrish zvenosi vositasida, zvenolarning soni toq bo'lgan zanjirlar esa oraliq zveno vositasida ulanadi.

– Zanjir keragicha taranglanadi. Bunda uzatma yaxshi ishlashi va zanjir kam yeyilishi uchun zanjir bir oz salqilanib turishi kerak, salqilanish kattaligi zanjirning yetakchi tarmog'iga chizg'ich qo'yib aniqlanadi, u gorizantal uzatmalar uchun 0,02 a va qiya uzatmalar uchun 0,01 a bo'lishi lozim. Vertikal uzatmalarning zanjiri salqilashtirmasdan o'rnatilishi kerak.

Tasmali uzatmalar aylanma harakatlarni bir valdan ikkinchi valga uzatish uchun xizmat qiladi. Ular tasmaning materialiga qarab ip-gazlamali, rezinalangan, kapron, jun va poliamid ipli kord to'qimali turlarga, tasma ko'ndalang kesimi shakliga qarab esa yassi, ponasimon va yarim ponasimon turlarga bo'linadi.

Tasmali uzatmalarni yig'ishda va ishlatishda quyidagi texnik talablar qo'yiladi:

- Shkivlarning ish sirti shkastlangan bo'lmasligi kerak.
- Ponasimon tasma kirib turadigan ariqchalarning o'lchami va joylashuvi bir xil bo'lishi lozim.
- Ish sirtlarining g'adir-budurligi $R_a=2.5$ mkm dan ortiq bo'lmasligi kerak. Tezlik 5m/s dan katta bo'lganda shkiv muvozanatlangan bo'lishi lozim.
- Shkiv valga taranglik bilan presslab o'rnatiladi. Aylantiruvchi moment shponkali yoki shlitsli birikma yordamida uzatiladi. Shkiv o'qda siljimasligi uchun u o'rnatish vintlari, shaybalar, gaykalar bilan valga mahkamlab qo'yiladi.
- Vallarning paralleligi, shkiv o'rtalarining to'g'ri kelganligi, shkivlar to'g'inlarining radial va toretsdan tepishi tekshiriladi.
- Shkivlarga tasma kiydirilib taranglanadi va tarangligi maxsus dinamometr bilan yoki tasmaga ma'lum og'irlikdagi yuk qo'yganda tasma tarmoqlarining egilish yoyiga qarab nazorat qilinadi.
- Tasmaning mashina korpusiga, cheklovchi kojux va boshqalarga tegishiga yo'l qo'yilmaydi.

- Yangi qo'yolgan tasma 10...15 kun ishlagandan so'ng ancha cho'zilganligi sababli uni tez-tez ko'zdan kechirib tarangligini rostdab turish zarur.
- Tasmalar va shkiqlar toza holda saqlanishi kerak. Mineral moy dog'lari benzinda ho'llangan latta bilan tozalanadi.
- Rezina qo'shilgan tasmlarning egiluvchanligini saqlab qolish maqsadida uning tortish xususiyatini oshirish uchun kanifoldan foydalanish mumkin emas. Charm tasmlarni moylab turish tavsiya etiladi.

Tishli uzatmalar:

- Vazifasiga va aylanish tezligiga qarab tishli g'ildiraklar ma'lum aniqlik darajasida tayorlanishi lozim.
- O'qlarning yo'l qo'yilgan qiyshayishi yo'l qo'yilgan paralellikning yarmiga teng.
- Tishlarning ish profilida darzlar, o'yiqlar, timalishlar va boshqa nuqsonlar bo'lmaslik kerak.
- Almashlab qo'shiladigan tishli g'ildirakning qo'zg'almas g'ildirak bilan ilashish tomonidagi tishlarning toretsi yumoloqlangan bo'lishi kerak.
- Valga qo'zg'almas qilib o'tqazilgan g'ildiraklar qimirlamasligi, almashlab qo'shiladigan g'ildiraklar esa valda yengil va ravon surilishi lozim.
- O'qlararo masofa yo'l qo'yilgan qiymatidan oshmasligi lozim. Bu masofa kattalashganda dinamik yuklanishlar va shovqin oshib ketadi, kichiklashganda esa tishlar qadalib qolishi va sinishi mumkin.
- Tutashuvchi g'ildiraklar o'qlarining parallelmasligi va qiyshiqiligi yo'l qo'yilgan qiymatlardan oshmasligi lozim, aks holda tishlar kontakt zonasining haqiqiy uzunligi qisqarishi tufayli ular tez yeyilishi mumkin.
- Tishli g'ildirak gardishi va gupchagining toretsdan tepishi yo'l qo'yilgan qiymatlardan oshmasligi lozim.
- Tishli g'ildiraklarning aylanish tezligi 3-5 m/s dan ortiq bo'lganda ularni statik muvozzantlash tavsiya etiladi.

Tishli juftning to'g'ri tishlashishi bo'yoq iziga qarab tekshiriladi, buning uchun kichik g'ildirak tishlariga yupqa qilib bo'yoq surtiladi va uzatmani qo'lda bir necha marta aylantirib bo'yoq yetakchi g'ildirak tishlariga o'tkaziladi. Tishlar bir-biriga tekkanida hosil bo'lgan bo'yoq dog'lari (kontakt dog'lari) tishning o'rtasida joylashishi, tishning pastki qismida quyida ko'rsatilgandan kichik joyini egallamasligi zarur:

Aniqlik darajasi.....	6 ;7 ;8 ;9
Kontakt dog'lari yig'indisining nisbiy o'lchami,	% (kamida):
tishning balandligi bo'yicha.....	50 ;45 ;40 ;30
tishning uzunligi bo'yicha.....	70; 60; 50; 40

Yig'ilgan tishli uzatmalar dastlab 6-8 soat (muhim uzatmalar) va 2-3 soat (uncha muhimmas uzatmalar) salt ishlatib sinaladi. Sinovlar kichik aylanish chastotasidan boshlanib, namuna nominal aylanish chastotasigacha yetkaziladi. Keyin uzatmaga asta-sekin to'liq yuklanishning 25% (3 soat), 50% (3-4 soat), 75% (4-5 soat) va 100% (1-2 soat) belgilanadi. Sinovning har bir bosqichidan so'ng paydo bo'lgan nuqsonlar bartaraf etiladi.

Termik ishlov berilmagan g'ildiraklar etolon tishli g'ildirak bilan kerosin va mashina moyi aralashmasidan iborat surkov moyida chiniqtiriladi. Toblangan g'ildiraklar GOI pastasi bilan pritirlanadi.

Tishli uzatma ishlayotganda kuchli shovqin chiqishiga yo'l qo'yilmaydi. Agar unday shovqin paydo bo'lsa, tishlar qadamida katta xatolar borligini yoki tishlar profilining buzulganligini (zarblar, kuchli guvillash), radial tepish (pulslanuvchi shovqin) borligini, tishlar sirtining g'adir budirligini kattalashganini (g'ijirlash) bildiradi [1-4].

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. G'. Sh. Zokirov. Mashina va mexanizmlar nazariyasi T.: "O'zbekiston", 2002. - 184 b.
2. R. N. Tojiboyev, A. Jo'rayev. Mashina detallari. T.: "O'qituvchi" 2002. - 216 b

3. S. A. Yo'ldoshbekov, B. K. Muhamedjanov. Mexanizm va mashinalar nazariyasi. T.: "Vorish-nashriyot" MCHJ, 2006. -200 b.
4. R. Tojiboyev, A. Jo'rayev, R. Maksudov. Mashina detallari. T.: "Fan va texnologiya", 2010. - 216 b.

KORXONALARDA ENERGIYA TEJAMKOR USKUNALARGA INVESTITSİYALARNING QOPLANISH MUDDATINI BAHOLASH

Ulug'bekov Javohir Ulug'bek o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika Universiteti NTM 2-bosqich "Iqtisodiyot" mutaxassisligi
magistranti, e-mail: javohirulugbekov55@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada energiya tejamkor uskunalarga investitsiyaning oddiy qoplanish muddati elektr dvigatelini almashtirish misolida baholanadi. Tadqiqotda adabiyotlar tahlili, variantlarni taqqoslash va sezgirlik tahlili qo'llanildi. Shartli ssenariyda valdagi foydali quvvat 30 kVt, yillik ish vaqti 4 000 soat, eski va yangi dvigatel samaradorligi mos ravishda 88 va 94 foiz deb olindi. Hisob-kitobga ko'ra, yillik elektr tejalishi 8 704 kVt·soatni, 1 000 so'm/kVt·soat narxda pul tejalishi 8,70 mln so'mni tashkil etadi. 30 mln so'mlik investitsiyaning oddiy qoplanish muddati 3,45 yilga teng. Natijalar investitsiya qarorida haqiqiy yuklama, ish vaqti hamda montaj va xizmat xarajatlarini hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: energiya samaradorligi, investitsiya, qoplanish muddati, elektr dvigateli, sezgirlik tahlili.

Аннотация. В статье оценивается простой срок окупаемости инвестиций в энергосберегающее оборудование на примере замены электродвигателя. Использованы анализ литературы, сравнение вариантов и анализ чувствительности. В условном сценарии полезная мощность составляет 30 кВт, годовое время работы — 4 000 часов, а КПД старого и нового двигателя — 88 и 94% соответственно. Расчётная годовая экономия электроэнергии составляет 8 704 кВт·ч, или 8,70 млн сумов при цене 1 000 сумов/кВт·ч. При инвестициях 30 млн сумов простой срок окупаемости равен 3,45 года. Результаты показывают необходимость учитывать фактическую нагрузку, продолжительность работы, стоимость монтажа и эксплуатационные расходы при принятии инвестиционного решения.

Ключевые слова: энергоэффективность, инвестиции, срок окупаемости, электродвигатель, анализ чувствительности.

Abstract. The article evaluates the simple payback period of investment in energy-efficient equipment using an electric motor replacement scenario. The study applies literature review, alternative comparison and sensitivity analysis. The scenario assumes 30 kW of useful shaft output, 4,000 annual operating hours and motor efficiencies of 88% and 94% before and after replacement. Annual electricity savings are estimated at 8,704 kWh, equivalent to UZS 8.70 million at UZS 1,000/kWh. With an investment of UZS 30 million, the simple payback period is 3.45 years. The results show that actual load, operating hours, installation costs and additional operating expenses should be considered before making an investment decision.

Keywords: energy efficiency, investment, payback period, electric motor, sensitivity analysis.

Kirish. Korxonada energiya samaradorligini oshirish ishlab chiqarish hajmini saqlagan holda energiya sarfini kamaytirishga qaratiladi. Biroq energiya tejamkor uskuna xaridi dastlabki mablag' talab qiladi. Shuning uchun texnik tejamkorlikni pul oqimiga aylantirib, investitsiya qancha muddatda qaytishini aniqlash zarur. Ushbu maqolada masala elektr dvigatelini almashtirish bilan chegaralanadi; elektr ishlab chiqarish yoki butun taqsimlash tarmog'idagi yo'qotishlar hisoblanmaydi.

Xalqaro energetika agentligining 2023 va 2024-yilgi hisobotlari energiya samaradorligini narxlar, investitsiyalar va iqtisodiy siyosat bilan bog'liq holda o'rganadi [1; 2]. Agentlikning 2025-

yilgi sanoat tahlilida samarador dvigatellar va o'zgaruvchan yuklamada tezlikni boshqarish vositalari muhim yo'nalish sifatida ko'rsatilgan [3]. Ushbu ishning tadqiqot savoli quyidagicha: bir xil foydali ish bajarilganda dvigatel samaradorligi oshishi investitsiyaning qoplanish muddatiga qanday ta'sir qiladi?

Materiallar va usullar. Tadqiqot 2023–2026-yillar doirasidagi ochiq axborotga asoslangan uslubiy-hisobiy ishdir. Adabiyotlar 2023–2025-yillarda e'lon qilingan. 2026-yilning to'liq yillik statistikasi qo'llanilmadi. Korxona hisoblagichlari yoki tijorat takliflari berilmagani sababli uskuna parametrlari va investitsiya qiymati shartli ssenariy sifatida olindi. Ular bozorning o'rtacha ko'rsatkichi deb talqin qilinmaydi.

Bir xil val quvvati va ish vaqti sharoitida yillik elektr tejalishi quyidagicha topiladi:

$$\Delta E = P \times h \times (1/\eta_0 - 1/\eta_1) \quad (1)$$

Bu yerda ΔE — yillik tejalgan elektr, kVt·soat; P — valdagi foydali quvvat, kVt; h — yillik ish vaqti, soat; η_0 va η_1 — eski va yangi dvigatelning foydali ish koeffitsiyenti. Nominal quvvat haqiqiy o'rtacha yuklamaga teng deb avtomatik qabul qilinmaydi; ssenariyda P alohida berilgan doimiy foydali quvvatdir.

$$S = \Delta E \times p - \Delta C; \quad T = I/S \quad (2)$$

S — yillik sof operatsion tejash, so'm; p — elektrning hisobiy narxi, so'm/kVt·soat; ΔC — yangi variantning qo'shimcha yillik xizmat xarajati; I — xarid, montaj va ishga tushirishni qamrab olgan jami investitsiya; T — oddiy qoplanish muddati, yil. Hisob S musbat bo'lganda qo'llanadi. Bazaviy variantda ΔC nol deb olingan, bu xizmat xarajatlari real hayotda yo'q degani emas.

Natijalar va muhokama.

1-jadval.

Hisobiy ssenariyning boshlang'ich shartlari

Ko'rsatkich	Qiymat
Valdagi foydali quvvat	30 kVt
Yillik ish vaqti	4 000 soat
Eski / yangi dvigatel samaradorligi	88% / 94%
Jami boshlang'ich investitsiya	30 mln so'm
Elektrning bazaviy hisobiy narxi	1 000 so'm/kVt·soat
Qo'shimcha yillik xizmat xarajati	0 so'm (faraz)

Eski dvigatel yiliga 136 363,64 kVt·soat, yangi dvigatel esa 127 659,57 kVt·soat elektr sarflaydi. Farq 8 704,06 kVt·soat yoki eski sarfning 6,38 foiziga teng. Shu sababli foydali ish koeffitsiyentining 6 foiz punktga oshishini elektr sarfining aynan 6 foizga kamayishi deb yozish noto'g'ri. Hisobiy pul tejalishi yiliga 8,704 mln so'm, oddiy qoplanish muddati esa $30 / 8,704 = 3,45$ yil bo'ladi.

2-jadval.

Qoplanish muddatining shartlarga sezgirligi

Variant	Ish vaqti, soat	Narx, so'm/kVt·soat	Tejash, mln so'm/yil	Qoplanish, yil
Ish vaqti past	2 000	1 000	4,35	6,89
Bazaviy	4 000	1 000	8,70	3,45
Ish vaqti yuqori	6 000	1 000	13,06	2,30
Narx -20%	4 000	800	6,96	4,31
Narx +20%	4 000	1 200	10,44	2,87

Jadval ish vaqti loyihaning iqtisodiy natijasini kuchli belgilashini ko'rsatadi. Masalan, yiliga 2000 soat ishlaydigan uskuna uchun bir xil investitsiya deyarli ikki baravar uzoq qoplanadi. Agar korxona shartli ravishda uch yillik qoplanish chegarasini belgilasa, bazaviy tejashda maqbul investitsiya ko'pi bilan 26,11 mln so'm bo'ladi. 30 mln so'mlik loyiha ushbu ichki mezondan o'tmaydi. Bu mezon normativ talab emas, boshqaruv qarorining namunasi hisoblanadi.

Moliyaviy rag'bat xarajatni qoplash sharti bilan bog'lanishi mumkin. Masalan, faqat ssenariy sifatida investitsiyaning 20 foizi qaytarilmaydigan qo'llab-quvvatlash hisobidan qoplansa, korxonaning 24 mln so'mlik mablag'i 2,76 yilda qaytadi. Bunda loyihaning jami 30 mln so'mlik resurs xarajati o'zgarmaydi. Demak, korxona uchun qoplanishning tezlashishi bilan loyihaning umumiy iqtisodiy samaradorligini ajratish lozim; mazkur hisob amaldagi subsidiya dasturi mavjudligini bildirmaydi.

IEAning 2025-yilda 1 000 sanoat korxonasi bo'yicha o'tkazgan so'rovida respondentlarning qariyb 70 foizi so'nggi besh yilda joriy etilgan samaradorlik choralari bo'yicha investitsiya rentabelligi 10 foizdan yuqori bo'lganini bildirgan [5]. Bu xalqaro so'rov natijasi O'zbekistondagi dvigatel xaridi uchun kafolatlangan daromad emas. Shu manbada dastlabki mablag' va axborot yetishmasligi to'siq sifatida qayd etiladi; korxona darajasida audit va tekshiriladigan tejash hisobi ushbu muammoni kamaytirishi mumkin.

Oddiy qoplanish pulning vaqt qiymatini, uskuna xizmat muddatini, qoldiq qiymatni va kredit foizini hisobga olmaydi. Jiddiy xarid oldidan diskontlangan pul oqimi bahosi ham talab etiladi. Shuningdek, eski uskunani muddatidan oldin almashtirishda jami xarajat, rejalashtirilgan almashtirishda esa oddiy va tejamkor yangi uskuna o'rtasidagi qo'shimcha xarajat to'g'ri taqqoslanishi kerak. Natijani tekshirishda mahsulot hajmi va yuklama bir xil asosga keltiriladi.

Xulosa. Elektr dvigatelini almashtirish ssenariysi energiya tejallishini investitsiya mezoniga aylantirishning sodda tartibini ko'rsatdi. Belgilangan shartlarda yiliga 8 704 kVt·soat tejallib, 30 mln so'mlik investitsiya 3,45 yilda qoplanadi. Natija ish vaqti, xarid-montaj qiymati va elektr narxiga bog'liq; uni barcha korxonalarga umumlashtirish mumkin emas. Amaliy tavsiya — avval haqiqiy yuklama va xarajatlarni o'lchash, so'ng bazaviy hamda noqulay ssenariyni taqqoslash. Moliyaviy rag'batlar tasdiqlangan tejashga bog'lansa, mablag'ning samarasiz sarflanishi xavfi kamayadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. — Paris: IEA, 2023. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>
2. International Energy Agency. Energy Efficiency 2024. — Paris: IEA, 2024. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>
3. International Energy Agency. Energy Efficiency 2025: Industry. — Paris: IEA, 2025. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025/industry>
4. "Hududiy elektr tarmoqlari" AJ. Eng ko'p beriladigan savollar: 2025-yil tariflari haqidagi ma'lumot. <https://www.het.uz/oz/pages/view/savol> (murojaat: 12.09.2026).
5. International Energy Agency. Gaining an Edge: Unlocking the potential of energy efficiency. — Paris: IEA, 2025. <https://www.iea.org/reports/gaining-an-edge/unlocking-the-potential-of-energy-efficiency>

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ

Фахриддинова Сарвиноз Фазлиддиновна

Самаркандский институт экономики и сервиса. Г. Самарканд
sarvinozfakhriddinova@gmail.com

Аннотация. При нахождении решения ряда конкретных транспортных задач часто бывает необходимо учитывать дополнительные ограничения, которые не встречались выше при рассмотрении простых вариантов данных задач. Здесь рассмотрим определение оптимального плана транспортных задач, имеющих некоторые усложнения в их постановке.

Ключевые слова: модель, оптимизация, рациональное использование, промышленные смеси, производственная мощность, объем производства, ресурсы предприятия, материальные ресурсы.

Annotatsiya: Bir qator aniq transport masalalarining yechimini topishda ko'pincha yuqorida ushbu masalalarning oddiy variantlarini ko'rib chiqishda uchramagan qo'shimcha cheklovlarni

hisobga olish zarur bo'ladi. Bu yerda qo'yilishida ba'zi murakkabliklar mavjud bo'lgan transport masalalarining optimal rejasini aniqlashni ko'rib chiqamiz.

Tayanch iboralar: model, optimallashtirish, oqilona foydalanish, sanoat aralashmalari, ishlab chiqarish quvvati, ishlab chiqarish hajmi, korxona resurslari, moddiy resurslar.

Abstract: When finding the solution to a number of specific transport problems, it is often necessary to consider additional limitations that were not encountered above when considering simple versions of these problems. Here, we will consider determining the optimal plan for transport problems that have some complications in their formulation.

Keywords: model, optimization, rational use, industrial mixtures, production capacity, production volume, enterprise resources, material resources.

Остановимся подробнее на некоторых возможных усложнениях в постановке транспортных задач.

1. При некоторых реальных условиях перевозки груза из определённого пункта отправления A_i в пункт назначения B_j не могут быть осуществлены (запрещены перевозки или блокирование соответствующих клеток таблицы данных задачи). Для определения оптимальных планов таких задач предлагают, что тариф перевозки единицы груза из пункта A_i в пункт B_j является сколь угодно большой величиной M , и при этом условии известными методами находят решение новой транспортной задачи. При таком предположении исключается возможность при оптимальном плане транспортной задачи перевозить груз из A в B .

2. В отдельных транспортных задачах дополнительным условием является обеспечение перевозки по соответствующим маршрутам определенного количества груза. Пусть, например, из пункта отправления A_i в пункт назначения B_j требуется обязательно перевести d_{ij} единиц груза. Тогда в клетку таблицы данных транспортной задачи, находящуюся на пересечении строки A_i и столбца B_j , записывают указанное число d_{ij} и в дальнейшем эту клетку считают свободной со сколь угодно большим тарифом перевозок M . Для получения, таким образом новой транспортной задачи находят оптимальный план (запасы и потребности делаются меньше на d_{ij}).

3. В некоторых транспортных задачах требуется найти оптимальный план перевозок при условии, что из пункта отправления A_i в пункт назначения B_j перевозится не больше чем α_{ij} единиц груза, т.е. $x_{ij} \leq \alpha_{ij}$.

Сформулированную задачу можно решить так. В таблице исходных данных задачи для каждого j -го ограничения предусматривают дополнительный столбец, т.е. вводят дополнительный пункт назначения. В данном столбце записывают те же тарифы, что и в столбце B_j , за исключением тарифа, находящегося в i -й строке. Здесь тариф равен M . При этом потребности B_j считают равными α_{ij} , а потребности вновь введенного пункта назначения полагают равными $b_j - \alpha_{ij}$. Решается полученная транспортная задача методом потенциалов, и будет найден оптимальный план или установлена неразрешимость исходной задачи.

Метод минимальной стоимости. Суть метода состоит в том, что из всей таблицы стоимостей выбирают наименьшую и в клетку, которая ей соответствует, помещают меньшее из чисел a_i или b_j . Затем из рассмотрения исключают либо строку, соответствующую поставщику, запасы которого полностью израсходованы, либо столбец, соответствующий потребителю, потребности которого полностью удовлетворены, либо и строку и столбец, если израсходованы запасы поставщика и удовлетворены потребности потребителя. Из оставшейся части таблицы стоимостей снова выбирают наименьшую стоимость, и процесс распределения запасов продолжают пока все запасы не будут распределены, а потребности удовлетворены.

Составим с помощью этого метода опорный план уже рассмотренной задачи. Выбираем в таблице наименьшую стоимость (эта стоимость, помещенная в клетке A_2B_3). Помещаем туда 120 единиц. Исключаем из рассмотрения 3-й столбец и распределим дальше, пока все запасы не будут распределены, а потребности удовлетворены.

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	Запасы
A_1	60 ²	70 ³	⁴	10 ²	⁴	140
A_2	⁸	⁴	120 ¹	¹⁴	60 ¹	180
A_3	⁹	⁷	³	120 ⁷	40 ²	160
Потребности	60	70	120	130	100	480

В результате получаем план: $X=(x_{11}=60, x_{12}=70, x_{14}=10, x_{23}=120, x_{25}=60, x_{34}=120, x_{35}=40)$, остальные переменные равны нулю. План не содержит циклов и состоит из семи положительных перевозок, следовательно, является невырожденным опорным планом. Определим его стоимость:

$$Z = 60 \cdot 2 + 70 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 120 \cdot 1 + 60 \cdot 1 + 120 \cdot 7 + 40 \cdot 2 = 1450 (\text{единиц}).$$

Общая стоимость уменьшилась. Этот метод дает более близкий к оптимальному план, чем метод северо-западного угла. Еще существуют такие методы построения первоначального опорного плана, как метод двойного предпочтения.

Литература:

1. Данко П.Е., и др. Экономико-математические методы и модели в упражнениях и задачах. – М: Высшая школа. 1998 ч. 1.2
2. Шапкин А.С. Задачи с решениями по высшей математике, теории вероятностей, математической статистике, математическому программированию. –М.: 2008. -432с.
3. Крамер Н.Ш., Путко Б.А. Тришин И.М. Математика для экономистов: от арифметики до эконометрики. Учебное справочное пособие. –М. : Высшее образование. 2009. -646с.
4. Красс М.С. , Чупринов Б.П. Основы математики и её приложения в экономическом образовании: Учебник. –М. : Дело. 2006. -720с.
5. Эрмаков В.И. «Общий курс высшей математики для экономистов».- Экономико-математические методы и модели для экономистов. Учебник.-МИ.: ЮНИТИ-ДАНА. 2008.- 479 с.

YER OSTI POLIETILEN QUVURLARIGA TRANSPORT VOSITALARIDAN TUSHADIGAN YUKLARNING TA'SIR PARAMETRLARI

Abdimuminov E.A., Almardonov O.M.

Qarshi davlat texnika universiteti professori,

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, e-mail: oalmardonov2811@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada yo'l ostida ko'milgan polietilen (PE) quvurlarga transport vositalaridan uzatiladigan tashqi yuklar, tuproq-quvur o'zaro ta'siri, vertikal bosim, halqasimon kuchlanish va quvurning diametr deformatsiyasi ko'rib chiqiladi. Marston yuk modeli, prism yuklamasi hamda egiluvchan quvurlar uchun Spangler-Iowa yondashuvi asosida hisoblash ifodalari

keltiriladi. Transport yuklarining salbiy ta'sirini kamaytirishda ko'milish chuqurligi, zichlangan qumshag'al yotqizig'i, yon to'ldirgichni sifatli zichlash, yo'l qoplamasini kuchaytirish va quvur parametrlarini to'g'ri tanlashning ahamiyati ko'rsatiladi.

Kalit so'zlar: polietilen quvur, transport yuklamasi, tuproq bosimi, Marston modeli, Iowa formulasi, diametr deformatsiyasi, halqasimon kuchlanish, ko'milish chuqurligi, qayta to'ldirish.

Аннотация. В статье рассматриваются внешние нагрузки, передаваемые от транспортных средств на заглубленные под автомобильными дорогами полиэтиленовые (ПЭ) трубы, взаимодействие системы «грунт–труба», вертикальное давление, кольцевые напряжения и деформации диаметра трубы. Приведены расчетные зависимости, основанные на модели Марстона, призмной нагрузке, а также подходе Спанглера–Айовы для гибких труб. Показано значение глубины заложения, уплотненной песчано-гравийной подушки, качественного уплотнения боковой засыпки, усиления дорожного покрытия и правильного выбора параметров трубы для снижения негативного воздействия транспортных нагрузок.

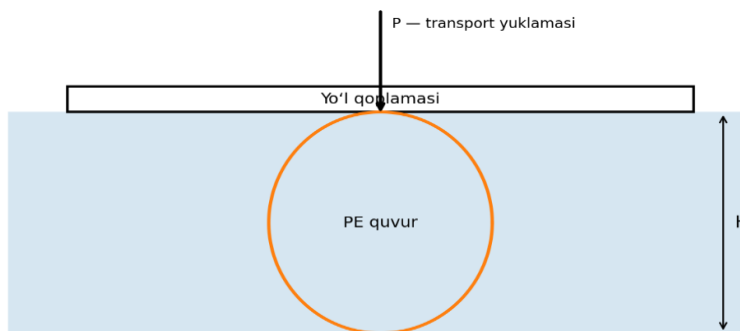
Ключевые слова: полиэтиленовая труба, транспортная нагрузка, давление грунта, модель Марстона, формула Айовы, деформация диаметра, кольцевое напряжение, глубина заложения, обратная засыпка.

Abstract. The article considers the external loads transferred from vehicles to polyethylene (PE) pipes buried beneath roads, soil–pipe interaction, vertical pressure, circumferential stresses, and pipe diameter deformation. Calculation relationships based on the Marston load model, prism load, and the Spangler–Iowa approach for flexible pipes are presented. The importance of burial depth, a compacted sand-and-gravel bedding layer, proper compaction of the side backfill, strengthening of the road pavement, and appropriate selection of pipe parameters in reducing the adverse effects of traffic loads is demonstrated.

Keywords: polyethylene pipe, traffic load, soil pressure, Marston model, Iowa formula, diameter deflection, hoop stress, burial depth, backfilling.

Kirish. Yer osti PE quvurlari yo'l, ko'cha va sanoat hududlarida joylashtirilganda ularga nafaqat gruntning o'z og'irligi, balki transport vositalarining takroriy va dinamik yuklamalari ham ta'sir qiladi. PE quvurlar metall yoki beton quvurlarga nisbatan egiluvchan bo'lgani sababli ularning tashqi yuklarga javobi quvur va atrofdagi gruntning birgalikdagi deformatsiyasi bilan belgilanadi. Zamonaviy hisoblash yondashuvlarida tuproq–quvur tizimi, quvur devorining qattiqligi va yonlama grunt tayanchi birgalikda qaraladi [1–3].

1-rasm. Transport yuklamasining ko'milgan PE quvurga uzatilishi



Transport g'ildirigidan tushadigan yuk yo'l qoplamasi va to'ldiruvchi qatlamlar orqali chuqurlikka tarqaladi. Qoplama qalinligi oshishi bilan yukning bevosita quvur tojiga ta'siri kamayadi. AWWA M55 ma'lumotlarida transport yuklari PE quvurlar uchun tashqi yuklarning muhim tarkibiy qismi sifatida qaraladi; yukning quvurga uzatilishi transport vositasi og'irligi, shina bosimi, yo'l qoplamasi, yuk nuqtasidan quvurgacha bo'lgan masofa va ko'milish chuqurligiga bog'liq. [2]

Oddiy dastlabki baholashda gruntning prizma yuklamasi:

$$p_g = \gamma H \quad (1)$$

bu yerda γ — gruntning hajmiy og'irligi, kN/m³; H — quvur tojidan yer yuzasigacha bo'lgan qoplama qalinligi, m. Marston yondashuvida esa gruntning yon devorlar bilan ishqalanishi hisobga olinadi va yuklama koeffitsiyent orqali kamayishi yoki o'zgarishi mumkin: [1,3]

$$W_m = C_d \gamma B_d H \quad (2)$$

bu yerda C_d — Marston yuk koeffitsiyenti; B_d — quvur toj sathidagi transheya kengligi.

Transport yuklamasining soddalashtirilgan hisobiy ko'rinishi:

$$p_t = \alpha(H, D) \frac{PF}{A_{eff}} \quad (3)$$

bu yerda P — g'ildirak yoki o'q yuklamasi; F — dinamik (zarba) koeffitsiyenti; A_{eff} — yukning chuqurlikdagi samarali tarqalish maydoni; $\alpha(H, D)$ — qoplama qalinligi va quvur diametriga bog'liq tarqalish koeffitsiyenti. Aniq hisobda amaldagi yo'l, transport va me'yoriy yuk sxemasi qabul qilinadi.

Tashqi vertikal bosim quvur kesimini yassilashga intiladi. Egiluvchan quvurlarda yukning bir qismi yon tomondagi zichlangan gruntga uzatiladi. Spangler–Iowa formulasi quvur diametrining nisbiy o'zgarishini baholashda qo'llanadi: [1]

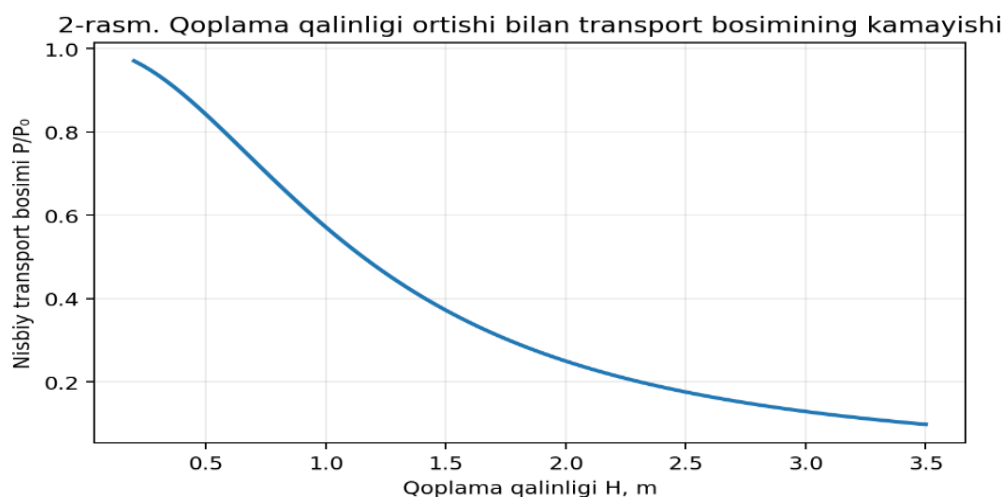
$$\Delta D = \frac{D_l K \cdot w_c}{E_p I / r^3 + 0,061 E'} \quad (4)$$

bu yerda ΔD — diametr o'zgarishi; D_l — deformatsiyaning vaqt bo'yicha rivojlanishini hisobga oluvchi koeffitsiyent; K — yotqizish sharoiti koeffitsiyenti; w_c — quvurga ta'sir etuvchi grunt yuklamasi; E_p — PE materialining elastiklik moduli; I — quvur devorining birlik uzunlikka to'g'ri keladigan inertsia momenti; r — quvur o'rtacha radiusi; E' — yon gruntning passiv qarshilik modulidir. [1]

Quvur devoridagi halqasimon kuchlanishning dastlabki muhandislik bahosida tashqi bosimning halqa bo'ylab taqsimlanishi va quvur kesimining deformatsiyasi hisobga olinadi. Bosim bir tekis taqsimlangan deb qabul qilinadigan soddalashtirilgan holatda:

$$\sigma_\theta \approx \frac{pD}{2\delta} \quad (5)$$

bu yerda σ_θ — halqasimon kuchlanish; p — hisobiy bosim; D — tashqi diametr; δ — devor qalinligi. PE quvurlar uchun uzoq muddatli xossalar, harorat va materialning viskoelastikligi sababli yakuniy loyihada ishlab chiqaruvchi va tegishli standartlarda berilgan ruxsat etilgan qiymatlar tekshirilishi lozim [2, 4].



- Quvur tojining pastga siljishi va vertikal diametrning kamayishi;
- Quvur kesimining yassilanishi natijasida halqasimon deformatsiyaning ortishi;
- Yetarlicha zichlanmagan yon grunt sababli quvurning yonlama tayanchining kamayishi;
- Qoplama qalinligi kichik bo'lganda transport yukining quvurga yuqori miqdorda uzatilishi;
- Takroriy transport yuklari ta'sirida deformatsiyaning vaqt o'tishi bilan ortishi.

Natijalar va muhokama. Transport yuklamalarini kamaytirishning eng samarali yo'li quvur–grunt tizimining konstruktiv sifatini oshirishdir. Bunda quyidagi choralar tavsiya etiladi:

- quvur ustidagi himoya qatlamining yetarli qalinligini ta'minlash;
- quvur ostiga va yonlariga donador, drenaj xususiyatli materialdan yotqizish qatlamini tayyorlash;
- yon to'ldirgichni quvur devoriga zarar yetkazmaydigan bosqichlarda bir tekis va me'yoriy zichlash;
- yo'l qoplamasi va asos qatlamlarining yukni keng maydonga tarqatish qobiliyatini oshirish;
- chuqurligi kichik bo'lgan uchastkalarda qo'shimcha himoya plitasi yoki yuk tarqatuvchi konstruktiv qatlamdan foydalanish;
- quvurning diametri, SDR/DR ko'rsatkichi va material sinfini tashqi yuklamalar bo'yicha tekshirish;
- hisobda gruntning uzoq muddatli deformatsiyasi, suv sathi va zarur hollarda dinamik yuk koeffitsiyentini hisobga olish.

Faraz qilamiz: $D = 0,40$ m, $H = 1,20$ m, gruntning hajmiy og'irligi $\gamma = 18$ kN/m³. Prizma yuklamasi bo'yicha quvur tojidagi grunt bosimi:

$$p_g = \gamma H = 18 \cdot 1,20 = 21,6 \text{ kPa}$$

Agar transport yuklamasining hisobiy qo'shimcha bosimi $p_t = 12$ kPa deb olinsa, tashqi vertikal bosimning soddalashtirilgan yig'indisi:

$$\sum p = p_g + p_t = 21,6 + 12 = 33,6 \text{ kPa}$$

Bu qiymat yakuniy loyiha bosimi sifatida avtomatik qabul qilinmaydi: Marston yuk koeffitsiyenti, yo'l qoplamasi, transport sxemasi, gruntning zichligi, PE quvurining SDR/DR ko'rsatkichi va uzoq muddatli deformatsiyasi bo'yicha alohida tekshiruv talab etiladi.

Yer osti PE quvurlarining transport yuklamalariga chidamliligi faqat quvur materialining mustahkamligi bilan emas, balki quvur atrofidagi gruntning sifati va quvur–grunt tizimining birgalikdagi ishlashi bilan belgilanadi. Qoplama qalinligini oshirish, sifatli yotqizish va yon to'ldirgichni zichlash transport yukining quvur tojiga uzatilishini kamaytiradi va yonlama tayanchni yaxshilaydi. Hisoblashda prizma yoki Marston yuk modeli bilan bir qatorda PE quvurning deformatsiyasi va uzoq muddatli ishlash xususiyatlari tekshirilishi kerak. AWWA M55 va zamonaviy tadqiqotlarda tashqi yuklar, jumladan transport yuklari, quvurning deformatsiyasi va bukilishga barqarorligini tekshirish bilan birgalikda baholanadi [1–7].

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Numerical analysis of buried pipes under field geo-environmental conditions. International Journal of Geo-Engineering.
2. AWWA Manual M55. PE Pipe—Design and Installation. American Water Works Association.
3. Zha S.X., Wu Y., Jin P.W. Reliability analysis of buried polyethylene pipeline subject to traffic loads. Journal of Engineering, 2019.
4. Stress analysis in the buried polyethylene pipes with viscoelastic behavior: a finite element study. Discover Applied Sciences, 2024.
5. Абдимуминов Э, Алмардонов О.М. Давление грунта по контуру трубы. О'zbekiston Milliy Axbopot agentligi O'Za Ilm – fan bo'limi Elektron jurnal 2024-yil, iyun soni, №7
6. Almardonov O.M. Basic Methods and Tools for Solving Contact Issues. American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture, Vol. 1.10, pp.292-294. (2023).

MINTAQADA ENERGIYA SAMARADORLIGIGA IJTIMOIIY OMILLARNING TA'SIRINI KO'P OMILLI REGRESSIYA MODELI ASOSIDA BAHOLASH: ALOHIDA ZICHLIGI VA URBANIZATSIYA DARAJASI NUQTAI NAZARIDAN (QASHQADARYO VILOYATI MISOLIDA)

Safarov Akbar Shokirovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Orcid: 0009-0005-5091-8674,

E-mail: safarovakbar357@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada mintaqada energiya samaradorligiga ijtimoiy-demografik omillarning ta'sirini ko'p omilli regressiya modeli asosida baholash masalalari Qashqadaryo viloyati misolida ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda energiya samaradorligi indeksi (EE) aholi zichligi, urbanizatsiya darajasi hamda qayta tiklanuvchi energiya (QTE) ulushiga bog'liq holda 2016–2025-yillar uchun ko'p omilli chiziqli regressiya (OLS) yordamida modellash tirilgan. Model yuqori umumiy monandlikka ega ($R^2 = 0,995$), bunda barcha uchta omil musbat ishoraga ega bo'lib, aholi zichligi nisbatan eng yuqori ahamiyatlilik darajasiga yaqin ($p = 0,098$) natija ko'rsatgan. Natijalar shaharlashuv jarayonlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirishning birgalikda energiya samaradorligini oshirishga xizmat qilishini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar. Energiya samaradorligi, ijtimoiy-demografik omillar, ko'p omilli regressiya, aholi zichligi, urbanizatsiya, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, Qashqadaryo viloyati.

Kirish. Hududlarda energiya samaradorligini oshirish jarayoni nafaqat texnologik va iqtisodiy, balki ijtimoiy-demografik omillar bilan ham chambarchas bog'liq. Aholi zichligi va urbanizatsiya darajasi energiya infratuzilmasidan foydalanish samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi: zich joylashgan shahar hududlarida markazlashgan energiya tarmoqlaridan foydalanish, tarqoq qishloq hududlariga nisbatan, odatda yuqoriroq samaradorlik bilan tavsiflanadi. Shu bilan birga, so'nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalari, xususan quyosh energetikasi, mintaqaviy energiya balansining muhim qismiga aylanib bormoqda.

Qashqadaryo viloyati mamlakat elektr energiyasi ishlab chiqarishining qariyb 19 foizini ta'minlovchi yetakchi mintaqalardan biri bo'lib, unda urbanizatsiya jarayonlari barqaror sur'atlarda davom etmoqda. Ushbu ikki jarayon — urbanizatsiya va qayta tiklanuvchi energiyaning kengayishi — energiya samaradorligiga birgalikda qanday ta'sir ko'rsatishini ko'p omilli regressiya modeli asosida aniq baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot muammosi. Ushbu tadqiqot quyidagi aniq muammoni hal etishga qaratilgan: Qashqadaryo viloyatida aholi zichligi va urbanizatsiya darajasining oshishi, shuningdek qayta tiklanuvchi energiya ulushining kengayishi energiya samaradorligiga qanday va qay miqdorda ta'sir qiladi, hamda ushbu omillardan qaysi biri nisbatan kuchliroq ta'sirga ega?

Adabiyotlar tahlili. Ismoilov H.A. va Tojimirzayev D.S. O'zbekistonda muqobil energiya manbalaridan foydalanish istiqbollari o'rganib, qayta tiklanuvchi energiyaning keng qo'llanilishi mamlakatning ustuvor energiya xavfsizligi vazifalariga mos kelishini, "O'zbekenergo" AJ tomonidan gidroenergetika salohiyatini rivojlantirish bo'yicha katta ishlar amalga oshirilayotganini ko'rsatgan [1].

Energetika tarmog'ining mamlakat iqtisodiyotiga ta'sirining nazariy-uslubiy jihatlarini tahlil qilgan tadqiqotda iqtisodiy o'sish va energiya iste'moli o'rtasidagi bog'liqlik dinamik va ko'p omilli xarakterga ega ekanligi, hududiy demografik jarayonlarning bu bog'liqlikka bevosita ta'sir ko'rsatishi ko'rsatilgan [2]. Ekonometrik modellarni qurish bosqichlarini tizimli o'rgangan tadqiqotda ko'p omilli regressiya modellarining ijtimoiy-demografik va energetik ko'rsatkichlar orasidagi bog'liqlikni tahlil qilishdagi ahamiyati asoslab berilgan [3]. Ushbu manbalarni umumlashtirib aytish mumkinki, qayta tiklanuvchi energiya va energiya samaradorligining alohida jihatlarini o'rganilgan bo'lsa-da, aholi zichligi va urbanizatsiya kabi ijtimoiy-demografik omillarni qayta tiklanuvchi energiya ulushi bilan birgalikda ko'p omilli regressiya modeliga kiritib tahlil qilish masalasi, xususan Qashqadaryo viloyati misolida, ilmiy adabiyotda hali yetarli darajada yoritilmagan.

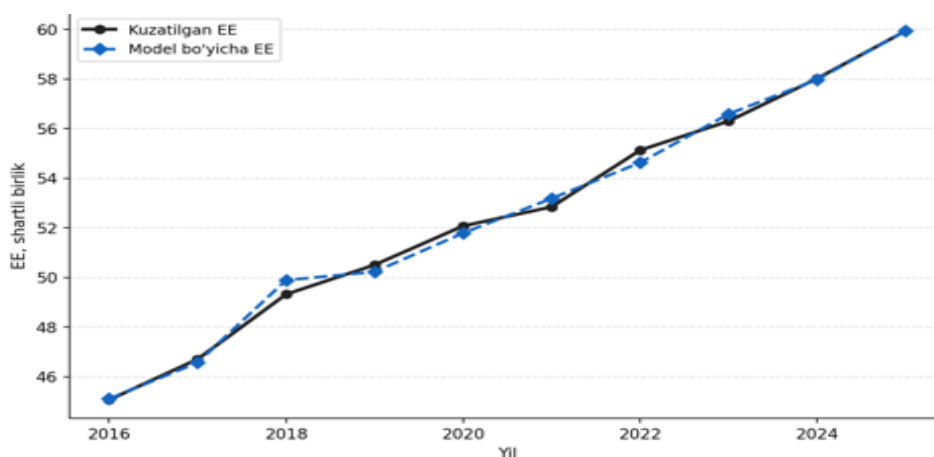
Metodologiya. Tadqiqotda energiya samaradorligi indeksi (EE) bog‘liq o‘zgaruvchi sifatida, aholi zichligi (POPD, kishi/km²), urbanizatsiya darajasi (URB, %) va qayta tiklanuvchi energiya ulushi (REN, %) mustaqil o‘zgaruvchilar sifatida qabul qilindi. Model quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi: $EE = \beta_0 + \beta_1 \cdot POPD + \beta_2 \cdot URB + \beta_3 \cdot REN + \varepsilon$. Tadqiqotning empirik bazasini 2016–2025-yillar uchun yillik ko‘rsatkichlar tashkil etadi; kirish ma'lumotlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Tadqiqotda qo‘llanilgan kirish ma'lumotlari (2016–2025)

Yil	Aholi zichligi	Urbanizatsiya, %	QTE ulushi, %	EE
2016	58,2	34,3	2,4	51,9
2017	59,8	34,8	3,9	53,2
2018	62,4	35,4	5,7	55,8
2019	63,6	35,9	6,4	55,9
2020	65,9	36,7	7,4	57,4
2021	67,8	37,7	8,5	59,3
2022	69,4	38,7	10,1	61,0
2023	70,9	39,4	11,7	62,1
2024	72,7	40,7	13,3	64,3
2025	74,4	41,4	14,7	65,9

Tahlil va Natijalar. Ko‘p omilli regressiya modeli 10 ta yillik kuzatuv asosida EKKU yordamida baholandi. Model dinamikasi 1-rasmda, natijalar esa 2-jadvalda keltirilgan.



1-rasm. Energiya samaradorligi indeksi (EE) ning kuzatilgan va model bo‘yicha qiymatlari (2016-2025)

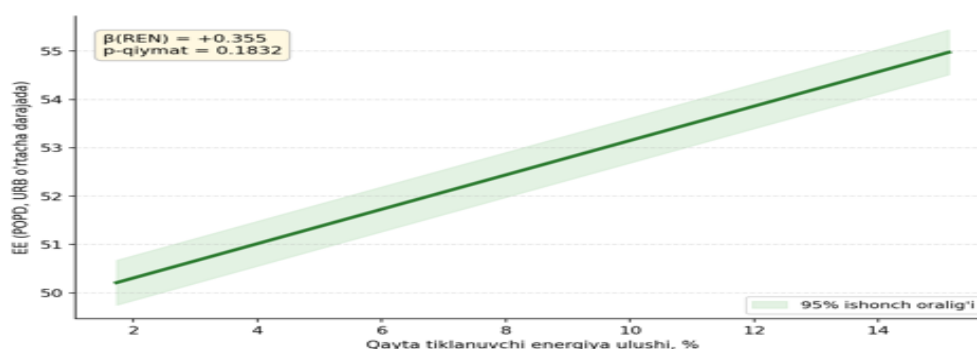
Ko'p omilli regressiya modelning baholash natijalari

O'zgaruvchi	Koeffitsient	Standart xato	t-statistika	p-qiyamat
Konstanta (β_0)	4,93	11,78	0,42	0,690
Aholi zichligi (POPD)	0,40	0,21	1,96	0,098
Urbanizatsiya darajasi (URB)	0,48	0,33	1,45	0,197
QTE ulushi (REN)	0,36	0,24	1,50	0,183

Model umumiy ko'rsatkichlari: $R^2 = 0,995$; tuzatilgan $R^2 = 0,993$; F -statistika = 411,3 ($p < 0,001$); kuzatuvlar soni $n = 10$.

2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, barcha uchta omil — aholi zichligi, urbanizatsiya darajasi va qayta tiklanuvchi energiya ulushi — musbat ishoraga ega, biroq an'anaviy 5 foizlik ahamiyatlilik darajasida alohida-alohida statistik jihatdan ahamiyatli emas ($p > 0,05$), garchi aholi zichligi eng past p-qiyamatga (0,098) ega bo'lsa-da. Bu holat, avvalgi tadqiqotlarda ham qayd etilganidek, uchta o'zgaruvchining tahlil qilinayotgan davrda deyarli bir yo'nalishda o'sib borgan, ya'ni ular orasida yuqori multikollinearlik mavjudligi bilan izohlanadi. Shunga qaramay, modelning umumiy statistik ahamiyatliliigi ($F = 411,3$; $p < 0,001$) va yuqori R^2 ko'rsatkichi (0,995) uchala omil majmuasining energiya samaradorligini deyarli to'liq izohlashini tasdiqlaydi.

Qayta tiklanuvchi energiya ulushining marginal ta'siri 2-rasmda alohida ko'rsatilgan.



2-rasm. Qayta tiklanuvchi energiya ulushining energiya samaradorligiga marginal ta'siri

2-rasmdan ko'rinib turibdiki, qayta tiklanuvchi energiya ulushi 2 foizdan 15 foizgacha oshganda, boshqa omillar o'rtacha darajada ushlab turilganda, energiya samaradorligi indeksi taxminan 5 birlikka oshishi kutiladi. Bu natija, garchi statistik jihatdan qat'iy tasdiqlanmagan bo'lsa-da ($p = 0,183$), qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kengaytirishning energiya samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatish yo'nalishini nazariy jihatdan qo'llab-quvvatlaydi.

Xulosa va takliflar. Tadqiqotning boshida qo'yilgan muammoga javoban, natijalar shuni ko'rsatadiki, aholi zichligi, urbanizatsiya darajasi va qayta tiklanuvchi energiya ulushi birgalikda energiya samaradorligini yuqori darajada ($R^2 = 0,995$) izohlaydi, biroq ularning yuqori o'zaro bog'liqligi sababli har birining alohida hissasini aniq statistik ishonch bilan ajratib bo'lmaydi. Shunga qaramay, barcha omillarning musbat yo'nalishi shaharlashuv va qayta tiklanuvchi energiya birgalikda energiya samaradorligini oshirishga xizmat qilishini ko'rsatadi.

Amaliy tavsiya sifatida quyidagilarni keltirish mumkin: mintaqaviy energiya siyosatini shakllantirishda urbanizatsiya jarayonlarini qayta tiklanuvchi energiya infratuzilmasini rivojlantirish bilan uyg'unlashtirib olib borish; kelgusi tadqiqotlarda multikollinearlik muammosini bartaraf etish

uchun uzunroq vaqt qatoridan yoki panel ma'lumotlardan foydalanish; hamda aholi zichligi yuqori bo'lgan shahar hududlarida markazlashgan qayta tiklanuvchi energiya loyihalarini ustuvor joylashtirish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ismoilov Hasanboy Abduvali o'g'li, Tojimirzayev Dilshodbek Sirojiddin o'g'li. Prospects for the use of alternative energy sources in Uzbekistan. Namangan Engineering-Construction Institute (2024). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12619728>
2. Energetika tarmog'ining mamlakat iqtisodiyotiga ta'sirining nazariy-uslubiy jihatlari. ResearchGate, 2026. <https://www.researchgate.net/publication/410762909>
3. Ekonometrik modellarni qurish bosqichlari. Cyberleninka, 2025–2026. <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonometrik-modellarni-qurish-bosqichlari/pdf>

ICHKI BOSIM TA'SIRIDAGI YER OSTI PE80 VA PE100 POLIETILEN QUVURLARINING ZO'RIQISH–DEFORMATSIYA HOLATINI SONLI MODELLASHTIRISH ASOSIDA QIYOSIY BAHOLASH

Abdimo'minov E., Almardonov O.M.

Qarshi davlat universiteti professori, Qarshi shahri,
Qarshi davlat universiteti dotsenti, Qarshi shahri,

Annotatsiya. Mazkur maqolada ichki bosim ta'sirida ishlaydigan yer osti PE80 va PE100 polietilen quvurlarining zo'riqish–deformatsiya holati qiyosiy o'rganilgan. Tadqiqot uchun tashqi diametri 110 mm, devor qalinligi 10 mm va SDR 11 o'lcham nisbatiga ega quvur modeli tanlangan. Quvurning zichlangan qumloq gruntida 1,2 m chuqurlikda joylashishi hamda unga 0,4; 0,8 va 1,2 MPa miqdoridagi ichki bosimlar ta'sir etishi qabul qilingan. Quvur–grunt tizimining uch o'lchamli geometrik modeli ANSYS Workbench dasturining Static Structural modulida chekli elementlar usuli asosida tahlil qilinadi. Hisoblash jarayonida quvur devoridagi ekvivalent kuchlanishlar, halqasimon deformatsiyalar, radial siljishlar va quvur ko'ndalang kesimining ovalizatsiyasi baholanadi. PE80 va PE100 materiallari uchun olingan natijalarni taqqoslash orqali material mustahkamligi va qattiqligining quvur deformatsiyalanishiga ta'siri aniqlanadi. Tadqiqot nat yer osti bosimli quvurlarini loyihalashda quvur materiali va ishchi bosimni oqilona tanlashga xizmat qiladigan hisoblash yondashuvini taklif etadi.

Kalit so'zlar: polietilen quvur, PE80, PE100, ichki bosim, yer osti quvuri, quvur–grunt tizimi, zo'riqish, deformatsiya, chekli elementlar usuli, ANSYS Workbench.

Аннотация. В статье проведена сравнительная оценка напряжённо-деформированного состояния подземных полиэтиленовых труб PE80 и PE100 под воздействием внутреннего давления. В качестве объекта исследования выбрана полиэтиленовая труба с наружным диаметром 110 мм, толщиной стенки 10 мм и стандартным размерным отношением SDR 11. Рассмотрен случай прокладки трубы в уплотнённом супесчаном грунте на глубине 1,2 м от поверхности земли до верхней образующей трубы. Исследование выполнено при значениях внутреннего давления 0,4; 0,8 и 1,2 МПа. Для определения кольцевых, продольных и эквивалентных напряжений проведены аналитические расчёты. Разработана методика трёхмерного моделирования системы «труба–грунт» в модуле Static Structural программного комплекса ANSYS Workbench с использованием метода конечных элементов. Результаты расчётов показали линейное увеличение напряжений и деформаций с ростом внутреннего давления. При одинаковых геометрических параметрах труба PE100 характеризуется меньшей деформацией и более высоким условным запасом прочности по сравнению с трубой PE80. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании подземных напорных трубопроводов, выборе материала труб и оценке их эксплуатационной надёжности.

Ключевые слова: полиэтиленовая труба, PE80, PE100, внутреннее давление, подземный трубопровод, напряжение, деформация, взаимодействие трубы с грунтом, метод конечных элементов, ANSYS.

Abstract. This article presents a comparative assessment of the stress–strain state of buried PE80 and PE100 polyethylene pipes subjected to internal pressure. A polyethylene pipe with an outer diameter of 110 mm, a wall thickness of 10 mm, and a standard dimension ratio of SDR 11 was selected as the research object. The pipe was assumed to be installed in compacted sandy loam at a burial depth of 1.2 m, measured from the ground surface to the pipe crown. Internal pressures of 0.4, 0.8, and 1.2 MPa were considered. Analytical calculations were performed to determine the circumferential, longitudinal, and von Mises equivalent stresses. A three-dimensional finite element modelling methodology for the pipe–soil system was developed using the Static Structural module of ANSYS Workbench. The calculation results demonstrated a linear increase in stresses and deformations with increasing internal pressure. Under identical geometric and loading conditions, the PE100 pipe exhibited lower deformation and a higher conditional strength margin than the PE80 pipe. The obtained results can be used in the design of buried pressure pipelines, pipe-material selection, and assessment of their operational reliability.

Keywords: polyethylene pipe, PE80, PE100, internal pressure, buried pipeline, stress, deformation, pipe–soil interaction, finite element method, ANSYS.

Kirish. Hozirgi vaqtda polietilen quvurlar suv ta'minoti, gaz uzatish, drenaj, kanalizatsiya hamda turli texnologik suyuqliklarni tashish tizimlarida keng qo'llanilmoqda. Ularning metall quvurlarga nisbatan korroziyaga chidamliligi, egiluvchanligi, kichik solishtirma massasi, tashish va montaj qilish qulayligi hamda uzoq muddat xizmat qilishi muhim afzallik hisoblanadi [1, 2].

ISO 4427-1:2019 standartida polietilen quvurlarning ichimlik va texnik suv, bosimli drenaj hamda kanalizatsiya tizimlarida yer osti va yer usti sharoitlarida qo'llanishi nazarda tutilgan. Mazkur standart bo'yicha quvurlarning hisobiy ishlash harorati 20 °C, maksimal ruxsat etilgan ish bosimi esa 25 bargacha bo'lishi mumkin [1].

Yer osti polietilen quvurlarining yuklanish holati yer ustida joylashgan quvurlarnikiga qaraganda murakkab hisoblanadi. Bunday quvurlarga ichki bosim bilan birgalikda gruntning o'z og'irligi, yer yuzasidagi transport va boshqa tashqi yuklar, gruntning yon bosimi, harorat o'zgarishi hamda quvur–grunt kontaktidagi ishqalanish kuchlari ta'sir qiladi [3, 4].

Polietilen materialining mexanik xususiyatlari yuklanish davomiyligi va haroratga bog'liq. Uning viskoelastik xususiyati tufayli uzoq muddatli yuklanishda quvur deformatsiyasi vaqt davomida ortishi mumkin. Shuning uchun yer osti polietilen quvurlarini loyihalashda faqat qisqa muddatli elastiklik modulidan foydalanish har doim ham quvurning haqiqiy ishlash holatini to'liq ifodalamaydi [2, 3, 5].

Yer osti PE quvurlariga bag'ishlangan tadqiqotlarda quvurning yotqizilish chuqurligi, grunt xususiyatlari, ichki bosim, transport yuklari va materialning viskoelastik xususiyatlari quvur devoridagi kuchlanish hamda deformatsiyalar taqsimotiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [3–6]. Xususan, M. Shishesaz va boshqalar tomonidan bajarilgan tadqiqotda 1,2 m chuqurlikda joylashgan, SDR 11 o'lcham nisbatiga ega polietilen quvurning zo'riqish holati ANSYS dasturida chekli elementlar usuli bilan o'rganilgan [3].

PE80 va PE100 belgilari polietilen materialining uzoq muddatli minimal mustahkamligi — MRS ko'rsatkichi bilan bog'liq. PE80 materiali uchun MRS qiymati 8 MPa, PE100 uchun esa 10 MPa ni tashkil etadi [7, 8]. Binobarin, PE100 materiali PE80 bilan solishtirilganda uzoq muddatli yuklanishlarga nisbatan yuqoriroq mustahkamlik ko'rsatkichiga ega. Shu sababli bir xil geometrik o'lcham va yuklanish sharoitida ushbu materiallarning zo'riqish–deformatsiya holatini qiyosiy o'rganish quvur materialini asosli tanlash imkonini beradi.

Quvur devorida ichki bosim ta'sirida hosil bo'ladigan kuchlanishlarni dastlabki baholashda yupqa devorli silindr nazariyasidan foydalanish mumkin. Biroq mazkur analitik usul quvur–grunt kontaktini, grunt qatlamlarining xususiyatlarini, quvur kesimi deformatsiyasini va kuchlanishlarning

notekis taqsimlanishini to'liq hisobga olmaydi [4, 6]. Shu bois murakkab yuklanish sharoitida ishlaydigan yer osti quvurlarini tadqiq etishda chekli elementlar usulidan foydalanish maqsadga muvofiq [3–6].

Tadqiqotning maqsadi — ichki bosimning turli qiymatlarida yer ostiga yotqizilgan PE80 va PE100 polietilen quvurlarining kuchlanishi, deformatsiyasi va mustahkamlik zaxirasini analitik hisoblash hamda ANSYS dasturidagi sonli modellastirish asosida qiyosiy baholash.

Tadqiqot maqsadiga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. PE80 va PE100 quvurlari uchun yagona geometrik va yuklanish parametrlarini tanlash.
2. Quvur–grunt tizimining uch o'lchamli chekli elementlar modelini ishlab chiqish.
3. Ichki bosimning 0,4–1,2 MPa oralig'ida quvur kuchlanishi va deformatsiyasiga ta'sirini aniqlash.
4. Analitik va sonli hisoblash natijalarini o'zaro solishtirish.
5. PE80 va PE100 quvurlarining mustahkamlik zaxirasini qiyosiy baholash.

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqot obyekti sifatida PE80 va PE100 materiallaridan tayyorlangan SDR 11 bosimli polietilen quvurlar tanlandi. Quvur geometrik o'lchamlarini tanlashda ISO 4427 standartining bosimli suv uzatish quvurlariga qo'yilgan umumiy talablari e'tiborga olindi [1].

Quvurning geometrik parametrlari quyidagicha qabul qilindi: tashqi diametri — $D_o=110$ mm; devor qalinligi — $t=10$ mm; ichki diametri — $D_i=90$ mm; hisobiy uzunligi — $L=2000$ mm; o'rtacha diametri — $D_m=100$ mm.

Quvurning standart o'lcham nisbati quyidagicha aniqlandi:

$$SDR = \frac{D_o}{t} = \frac{110}{10} = 11. \quad (1)$$

SDR 11 o'lcham nisbatiga ega quvurlardan yer osti bosimli suv va gaz uzatish tizimlarida foydalaniladi [1, 3]. PE80 va PE100 materiallari bir xil geometrik o'lchamlarda qabul qilinishi ularning mexanik holatini teng sharoitda qiyoslash imkonini beradi.

Hisoblash variantlari. Quvur devorining zo'riqish–deformatsiya holati ichki bosimning quyidagi uchta qiymatida o'rganiladi:

$$P_1 = 0,4 \text{ MPa}, \quad P_2 = 0,8 \text{ MPa}, \quad P_3 = 1,2 \text{ MPa}.$$

Bosimning 0,4 MPa qiymati avvalgi sonli tadqiqotlarda yer osti PE quvurlarining hisobiy yuklanishi sifatida qo'llanilgan [3, 6]. Ushbu maqolada ichki bosim ta'sirining o'zgarish qonuniyatini aniqlash uchun bosim qiymatlari 1,2 MPagacha oshirildi.

Quvurning gruntida joylashish sharoiti. Quvur zichlangan qumloq gruntida, yer yuzasidan quvur tepasigacha 1,2 m chuqurlikda joylashtirilgan deb qabul qilindi. Bunday yotqizish chuqurligi yer osti polietilen quvurlarini modellastirishga bag'ishlangan tadqiqotlarda ham qo'llanilgan [3, 6].

Gruntning hisobiy xususiyatlari quyidagicha qabul qilindi: zichligi — $\rho_s=1800$ kg/m³; elastiklik moduli — $E_s=25$ MPa; Puasson koeffitsiyenti — $\nu_s=0,30$; quvur va grunt orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti — $\mu=0,30$.

Quvur–grunt o'zaro ta'sirini to'g'ri ifodalash yer osti quvurlarining kuchlanishi va deformatsiyasini aniqlashda muhim ahamiyatga ega [3, 4]. Grunt quvurga tashqi yuk beradi, shu bilan birga uning ko'ndalang yo'nalishdagi deformatsiyasini cheklaydi.

Analitik hisoblash usuli. Sonli modellastirish natijalarini nazorat qilish uchun quvur devoridagi halqasimon kuchlanish yupqa devorli silindr formulasi asosida hisoblanadi:

$$\sigma_h = \frac{PD_i}{2t}, \quad (2)$$

bu yerda σ_h — halqasimon kuchlanish, MPa; P — ichki bosim, MPa; D_m — quvurning o'rtacha diametri, mm; t — devor qalinligi, mm.

Quvur uchlari yopiq deb qaralganda bo'ylama kuchlanish:

$$\sigma_l = \frac{PD_i}{4t} \quad (3)$$

formula yordamida aniqlanadi.

Murakkab kuchlanish holatidagi ekvivalent kuchlanish von Mises mezonini bo'yicha hisoblanadi:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_l^2 - \sigma_h \sigma_l}. \quad (4)$$

Analitik formulalar quvur devoridagi nominal kuchlanishlarni aniqlash imkonini beradi. Biroq ular grunt bosimi va quvur–grunt kontaktining mahalliy ta'sirlarini to'liq hisobga olmaydi. Shu sababli analitik natijalardan chekli elementlar modelini tekshirish vositasi sifatida foydalaniladi [3, 4].

Sonli modelni ishlab chiqish. Quvur–grunt tizimining uch o'lchamli modeli ANSYS Workbench dasturining Static Structural modulida ishlab chiqiladi. Quvur va grunt alohida jismlar sifatida modellastirilib, ularning tutashgan yuzalari o'rtasida ishqalanishli kontakt belgilanadi. Yer osti PE quvurlarini modellastirishda uch o'lchamli chekli elementlar va kontakt elementlaridan foydalanish quvur devoridagi kuchlanishlarning taqsimlanishini aniqlash imkonini beradi [3, 6].

Modelda quyidagi yuklanishlar hisobga olinadi: quvurning ichki yuzasiga ta'sir qiluvchi bosim; gruntning o'z og'irligi; quvur ustidagi grunt qatlamining statik bosimi; quvur va grunt o'rtasidagi kontakt ta'siri.

Grunt blokining pastki yuzasidagi barcha siljishlar cheklanadi. Grunt blokining yon yuzalarida ushbu yuzalarga normal yo'nalishdagi siljishlar cheklanib, vertikal deformatsiyaga ruxsat beriladi. Quvurning chetki kesimlariga simmetriya va uzun quvur sharoitiga mos chegaraviy shartlar beriladi [3].

Chekli elementlar to'ring natijalarga ta'sirini kamaytirish uchun kamida uch xil to'r o'lchamida yaqinlashuv tahlili o'tkazilishi kerak. Oldingi tadqiqotlarda to'r zichligi oshirilishi hisoblangan maksimal von Mises kuchlanishining barqarorlashishiga olib kelgani ko'rsatilgan [3].

Natijalar va ularning muhokamasi. Dastlab PE80 va PE100 quvurlari devorida ichki bosim ta'sirida hosil bo'ladigan nominal kuchlanishlar analitik usulda hisoblandi. Quvurlarning geometrik o'lchamlari bir xil bo'lganligi sababli elastik sohada halqasimon, bo'ylama va ekvivalent kuchlanishlarning qiymatlari ikkala material uchun ham bir xil bo'ladi. Materiallar orasidagi farq asosan deformatsiya miqdori va mustahkamlik zaxirasida namoyon bo'ladi.

Hisoblashlarda quvurning o'rtacha diametri $D_m=100 \text{ mm}$ va devor qalinligi $t=10 \text{ mm}$ deb qabul qilindi. Hisoblash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Ichki bosim ta'sirida quvur devorida hosil bo'ladigan nominal kuchlanishlar

Ichki bosim, MPa	Halqasimon kuchlanish, MPa	Bo'ylama kuchlanish, MPa	Von Mises ekvivalent kuchlanishi, MPa
0,4	2,00	1,00	1,73
0,8	4,00	2,00	3,46
1,2	6,00	3,00	5,20

Natijalardan ichki bosim 0,4 MPadan 1,2 MPagacha, ya'ni uch baravar oshirilganda, halqasimon kuchlanish 2,00 MPadan 6,00 MPagacha oshishi aniqlandi. Bo'ylama kuchlanish tegishli 1,00–3,00 MPa, von Mises ekvivalent kuchlanishi esa 1,73–5,20 MPa oralig'ida o'zgardi. Demak, qabul qilingan chiziqli-elastik hisoblash sharoitida ichki bosim bilan quvur devoridagi kuchlanish o'rtasida to'g'ri proporsional bog'lanish mavjud.

Shunga o'xshash bog'lanishlar yer osti polietilen quvurlarini chekli elementlar usulida o'rgangan tadqiqotlarda ham qayd etilgan. Biroq ularda ichki bosimga qo'shimcha ravishda grunt og'irligi, transport yuki, harorat va quvur–grunt kontakti hisobga olinganligi sababli kuchlanishlarning quvur devori bo'ylab notekis taqsimlanishi kuzatilgan [3, 4, 6].

Hisoblangan halqasimon kuchlanish barcha bosim variantlarida bo'ylama kuchlanishdan ikki baravar katta bo'ldi. Bu holat ichki bosim ostida ishlaydigan yopiq uchli silindrik quvurlarning nazariy kuchlanish holatiga mos keladi. Shuning uchun polietilen quvurning mustahkamligini baholashda halqasimon yo'nalishdagi kuchlanish asosiy ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi [3, 4].

Natijalarning umumiy muhokamasi. O'tkazilgan analitik hisoblashlar ichki bosim quvur devoridagi kuchlanish va deformatsiyani belgilovchi asosiy omillardan biri ekanini ko'rsatdi. Ichki

bosimning uch baravar oshirilishi kuchlanish va elastik deformatsiyaning ham taxminan uch baravar ortishiga olib keldi.

PE80 va PE100 quvurlarining geometrik o'lchamlari bir xil bo'lganida ichki bosimdan hosil bo'ladigan nominal kuchlanishlar teng bo'ldi. Shunga qaramay, PE100 materialining elastiklik moduli va minimal uzoq muddatli mustahkamligi yuqoriroq bo'lganligi sababli uning deformatsiyasi kamroq, mustahkamlik zaxirasi esa kattaroq bo'ldi.

Olingan qonuniyatlar yer osti polietilen quvurlarini sonli modellashtrish bo'yicha ilgari bajarilgan tadqiqotlarning umumiy xulosalariga mos keladi [3, 4, 6]. Shu bilan birga, avvalgi ishlarda mufta, mahalliy nuqson, transport yuki va viskoelastik xususiyatlarga alohida e'tibor qaratilgan bo'lsa [3, 4, 6], mazkur tadqiqotning asosiy farqi bir xil geometrik hamda grunt sharoitida PE80 va PE100 quvurlarining ichki bosimga reaksiyasini qiyosiy baholashdan iborat.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda yer ostiga yotqizilgan PE80 va PE100 polietilen quvurlarining ichki bosim ta'siridagi zo'riqish-deformatsiya holatini baholash uchun analitik hisoblash va chekli elementlar usuliga asoslangan sonli modellashtrish metodikasi ishlab chiqildi. Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Ichki bosim 0,4 MPadan 1,2 MPagacha oshirilganda quvur devoridagi halqasimon kuchlanish 2,00 MPadan 6,00 MPagacha, bo'ylama kuchlanish 1,00 MPadan 3,00 MPagacha va von Mises ekvivalent kuchlanishi 1,73 MPadan 5,20 MPagacha ortdi. Bu ichki bosim bilan quvur devoridagi kuchlanishlar o'rtasida chiziqli bog'lanish mavjudligini ko'rsatdi.

2. Quvurlarning geometrik o'lchamlari bir xil bo'lganligi sababli PE80 va PE100 materiallarida ichki bosimdan hosil bo'ladigan nominal kuchlanishlar teng bo'ldi. Materiallar o'rtasidagi asosiy farq ularning deformatsiyasi va mustahkamlik zaxirasida namoyon bo'ldi.

3. PE100 materialining elastiklik moduli yuqoriroq bo'lgani sababli uning hisoblangan diametr deformatsiyasi PE80 quvuriniqiga nisbatan taxminan 20 foizga kam bo'ldi. Ichki bosim 1,2 MPa bo'lganda PE80 quvurining diametr o'zgarishi 0,581 mm, PE100 quvuriniqi esa 0,465 mm ni tashkil etdi.

4. Eng katta nisbiy diametr deformatsiyasi PE80 quvurida 0,646 foiz, PE100 quvurida esa 0,517 foizni tashkil etdi. Mazkur qiymatlar polietilen quvurlar uchun qabul qilingan 3 foizlik chegaradan sezilarli darajada kichik bo'lib, tanlangan geometrik parametrlarning ko'rib chiqilgan yuklanish sharoitida qoniqarli ekanini ko'rsatdi.

5. Ichki bosim 1,2 MPa bo'lganda MRS ko'rsatkichiga nisbatan aniqlangan shartli mustahkamlik zaxirasi PE80 uchun 1,54, PE100 uchun esa 1,92 ni tashkil etdi. Natijada PE100 quvuri bir xil geometrik va yuklanish sharoitida PE80 quvuriga nisbatan yuqoriroq mustahkamlik zaxirasiga ega ekanligi aniqlandi.

6. Ishlab chiqilgan ANSYS modeli ichki bosim, gruntning o'z og'irligi va quvur-grunt kontaktini birgalikda hisobga olish imkonini beradi. Sonli natijalarning ishonchliligini ta'minlash uchun to'r zichligiga bog'liqlik tahlilini o'tkazish hamda hisoblangan kuchlanishlarni analitik qiymatlar bilan taqqoslash zarur.

Umuman, yuqori ichki bosim sharoitida PE100 quvurlaridan foydalanish deformatsiyani kamaytirish va quvur tizimining mustahkamlik zaxirasini oshirish imkonini beradi. Olingan natijalardan yer osti bosimli quvurlarini loyihalash, quvur materialini tanlash va ularning ekspluatatsion ishonchliligini baholashda foydalanish mumkin.

Kelgusidagi tadqiqotlarda polietilenning vaqtga bog'liq viskoelastik xususiyatlari, harorat o'zgarishi, transport yuklari, gruntning turli holatlari va quvurdagi mahalliy nuqsonlarning kuchlanish-deformatsiya holatiga ta'sirini kompleks o'rganish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ISO 4427-1:2019. Plastics piping systems for water supply and for drainage and sewerage under pressure — Polyethylene (PE) — Part 1: General. International Organization for Standardization, Geneva, 2019.

2. Plastic Pipe Institute. Handbook of Polyethylene Pipe. Chapter 3: Material Properties. 2nd ed. Irving, Texas: Plastic Pipe Institute, 2008.

3. Shishesaz M., Gatea A.H., Moradi S., Yaghoubi S. Stress analysis in the buried polyethylene pipes with viscoelastic behavior: a finite element study // Discover Applied Sciences. 2024. Vol. 6. Article 616. DOI: 10.1007/s42452-024-06331-0.
4. Khademi-Zahedi R., Shishesaz M. Application of a finite element method to stress distribution in buried patch repaired polyethylene gas pipes // Underground Space. 2019. Vol. 4. P. 48–58. DOI: 10.1016/j.undsp.2018.05.001.
5. Muntakim A.H., Dhar A.S., Reza A. Modelling time dependent behavior of buried polyethylene pipes using ABAQUS // Proceedings of GeoEdmonton 2018. Edmonton, Canada, 2018.
6. Khademi-Zahedi R. Application of the finite element method for evaluating the stress distribution in buried damaged polyethylene gas pipes // Underground Space. 2019. Vol. 4. P. 59–71. DOI: 10.1016/j.undsp.2018.05.002.
7. ISO 12162:2009. Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications — Classification, designation and design coefficient. International Organization for Standardization, Geneva, 2009.
8. Teodorescu-Draghicescu H. et al. Finite-element-analysis-based study of a failure of a polyethylene pipe in natural gas distribution networks // Materials. 2023. Vol. 16, No. 21. Article 6944. DOI: 10.3390/ma16216944.
9. Абдимуминов Э, Алмардонов О.М. Давление грунта по контуру трубы. O‘zbekiston Milliy Axbopot agentligi O‘Za Ilm – fan bo‘limi Elektron jurnal 2024-yil, iyun soni, №7
10. Almaridonov O.M. Basic Methods and Tools for Solving Contact Issues. American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture, Vol. 1.10, pp.292-294. (2023).

MAHALLIY SINTEZ QILINGAN PLASTIFIKATORLARNING TEXNOLOGIK SAMARADORLIGINI IMPORT ANALOGLARI BILAN QIYOSIY BAHOLASH

Jo‘rayev Sunnat Anvar o‘g‘li, Sottikulov Elyor Sotimboyevich

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti doktoranti va t.f.d., professor. 111116,
Toshkent viloyati, Toshkent tumani, Sho‘ro-bozor p/b jorayevsunnat0525@gmail.com.

Annotatsiya. Tadqiqotda beton qorishmalarida qo‘llaniladigan import va mahalliy plastifikatorlarning asosiy fizik-kimyoviy hamda texnologik xossalari qiyosiy o‘rganildi. Tadqiqot uchun Sika 4336, PR-196, DAB miks-1, PCH-40 va PCT-40 plastifikatorlari tanlandi. Ularning quruq qoldiq miqdori, pH ko‘rsatkichi, suv sarfini kamaytirish darajasi va tashqi ko‘rinishi aniqlandi. Natijalarga ko‘ra, Sika 4336 va PR-196 plastifikatorlarida quruq qoldiq miqdori 30–30,8 % ni, suv sarfini kamaytirish darajasi esa 28-30 % ni tashkil etdi. DAB miks-1 qo‘shimchasida ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 32,6 va 23 % bo‘ldi. PCH-40 va PCT-40 plastifikatorlarida quruq qoldiq miqdori 50,5-51,5 % ga yetib, suv sarfini kamaytirish samaradorligi 38-40 % ni tashkil etdi. Ushbu natijalar sintez qilingan plastifikatorlarda faol modda konsentratsiyasi yuqoriligini va sement zarrachalarining dispersiyalanishini samarali ta‘minlashini ko‘rsatadi. PCH-40 va PCT-40 ning texnologik ko‘rsatkichlari import analoglari bilan raqobatbardosh ekanligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: plastifikator, beton qorishmasi, suv sarfi, quruq qoldiq, pH ko‘rsatkichi, sement gidratatsiyasi.

Аннотация. В исследовании проведено сравнительное изучение основных физико-химических и технологических свойств импортных и отечественных пластификаторов, применяемых в бетонных смесях. Для исследования были выбраны пластификаторы Sika 4336, PR-196, DAB микс-1, РСН-40 и РСТ-40. Определены содержание сухого остатка, показатель pH, степень снижения расхода воды и внешний вид пластификаторов. Согласно полученным результатам, содержание сухого остатка в пластификаторах Sika 4336 и PR-196 составило 30–30,8 %, а степень снижения расхода воды — 28–30 %. Для добавки DAB микс-1 данные показатели составили соответственно 32,6 и 23 %. В пластификаторах РСН-40 и РСТ-40

содержание сухого остатка достигало 50,5–51,5 %, а эффективность снижения расхода воды составляла 38–40 %. Полученные результаты свидетельствуют о более высокой концентрации активного вещества в синтезированных пластификаторах и их эффективном диспергировании частиц цемента. Установлено, что технологические показатели РСН-40 и РСТ-40 являются конкурентоспособными по сравнению с импортными аналогами.

Ключевые слова: пластификатор, бетонная смесь, расход воды, сухой остаток, показатель рН, гидратация цемента.

Abstract. The study comparatively investigated the main physicochemical and technological properties of imported and locally produced plasticizers used in concrete mixtures. The plasticizers Sika 4336, PR-196, DAB miks-1, PCH-40, and PCT-40 were selected for the study. The dry residue content, pH value, water-reduction rate, and appearance of the plasticizers were determined. According to the results, the dry residue content of Sika 4336 and PR-196 was 30-30.8%, while their water-reduction rates were 28-30%. For DAB miks-1, these values were 32.6% and 23%, respectively. The dry residue content of PCH-40 and PCT-40 reached 50.5-51.5%, with water-reduction efficiencies of 38-40%. These results indicate a higher concentration of active substances in the synthesized plasticizers and their effective ability to disperse cement particles. It was established that the technological performance of PCH-40 and PCT-40 is competitive with that of imported analogues.

Keywords: plasticizer, concrete mixture, water consumption, dry residue, pH value, cement hydration.

Kirish. Qurilish sanoati dunyo iqtisodiyotining eng yirik tarmoqlaridan biri bo'lib, beton ushbu sohada eng ko'p qo'llaniladigan kompozitsion material hisoblanadi. Urbanizatsiyaning jadallashuvi, infratuzilma loyihalarining kengayishi va yuqori qavatli binolar qurilishining ortishi yuqori sifatli hamda uzoq muddat xizmat qiladigan betonlarga bo'lgan talabni yildan-yilga oshirmoqda. Shu sababli betonning texnologik va ekspluatatsion xossalari yaxshilash zamonaviy qurilish materialshunosligining ustuvor ilmiy yo'nalishlaridan biriga aylangan [1].

Beton ishlab chiqarishda qorishmaning yoyiluvchanligi, ishlov berish qulayligi va qotish vaqtini boshqarish nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Kimyoviy qo'shimchalardan oqilona foydalanish sement va suv sarfini kamaytiradi, energiya iste'molini optimallashtiradi, ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytiradi hamda beton konstruksiyalarining xizmat muddatini uzaytiradi. Natijada qurilish jarayonining samaradorligi oshadi va ekspluatatsiya xarajatlari kamayadi [2].

Hozirgi vaqtda beton texnologiyasida polikarboksilat efir asosidagi superplastifikatorlar (PCE), lignosulfonatlar, organik kislotalar, nanomodifikatorlar va boshqa funksional qo'shimchalar keng qo'llanilmoqda. Ushbu qo'shimchalar neft-kimyosanoati, yog'ochni qayta ishlash sanoati hamda kimyosanoatida olinadigan xomashyolar asosida ishlab chiqariladi. So'nggi yillarda esa qayta ishlangan materiallar, biomassa hosilalari va sanoat chiqindilaridan olingan ekologik qo'shimchalarga qiziqish ortib bormoqda. Bu esa tabiiy resurslardan foydalanishni qisqartirish va uglerod izini kamaytirishga xizmat qiladi [3].

Kimyoviy qo'shimchalarni ishlab chiqarish texnologiyasi ularning molekulyar tuzilishini boshqarish va sement zarrachalari bilan o'zaro ta'sirini optimallashtirishga asoslanadi. Ayniqsa, polikarboksilat asosidagi superplastifikatorlar yuqori dispersiyalash qobiliyati tufayli beton qorishmasining yoyiluvchanligini uzoq muddat saqlash bilan birga suv-sement nisbatini kamaytirish imkonini beradi. Qotishni sekinlashtiruvchi qo'shimchalar esa sementning gidratatsiya tezligini nazorat qilib, issiq iqlim sharoitida, uzoq masofaga beton tashishda va yirik hajmli betonlash ishlarida samarali qo'llaniladi [4].

Bugungi kunda beton texnologiyasida kimyoviy qo'shimchalarni sun'iy intellekt, nanomateriallar va ekologik bog'lovchi tizimlar bilan uyg'unlashtirish bo'yicha keng ko'lamli ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Kelajakda biologik asosdagi qo'shimchalar, aqlli (smart) qo'shimchalar va uglerod chiqindisi past bo'lgan innovatsion modifikatorlarni ishlab chiqish beton sanoatini yanada barqaror va resurs tejankor yo'nalishga olib chiqishi kutilmoqda [5].

Tadqiqotlar uchun tanlangan plastifikatorlarning hossalari ham o'rganildi. Unda turli markadagi import va mahalliy plastifikatorlar bilan birga Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti olimlari tomonidan sintez qilingan plastifikatorlar ham o'rganildi.

1-jadval

Plastifikatorlarning hossalari

Ko'rsatkich nomi	Sika 4336	PR-196	DAB miks-1	PCH-40	PCT-40
Quruq qoldiq miqdori, %	30	30,8	32,6	50,5	51,5
pH	5-6	5-6	5-7	5-6	5-7
Suv sarfini kamaytirish darajasi, %	28	30	23	40	38
Tashqi ko'rinishi	och sariq	och sariq	och qo'ng'ir	Tiniq rangsiz	Tiniq rangsiz

Keltirilgan 1-jadvalda tadqiqot uchun tanlab olingan plastifikatorlarning asosiy fizik-kimyoviy va texnologik ko'rsatkichlari qiyosiy tarzda aks ettirilgan bo'lib, ularning kelib chiqishi, tarkibiy xususiyatlari hamda sement tizimiga ta'sir darajasi o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilindi. Import plastifikatorlar Sika 4336 -va PR-196 nisbatan past quruq qoldiq miqdori (30–30,8 %) bilan tavsiflanadi. Shu bilan birga, ushbu qo'shimchalar suv sarfini kamaytirish bo'yicha yuqori samaradorlikka ega bo'lib (28-30 %), zamonaviy polikarboksilat asosidagi superplastifikatorlarga xos yuqori dispersiyalash qobiliyatini namoyon etadi. pH qiymatlarining 5-6 oralig'ida bo'lishi sement tizimi uchun maqbul bo'lib, gidratatsiya jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatmasligini bildiradi.

Mahalliy ishlab chiqarilgan DAB miks-1 plastifikatori import analoglariga nisbatan biroz yuqoriroq quruq qoldiq miqdoriga (32,6 %) ega bo'lsa-da, suv sarfini kamaytirish darajasi 23 % bilan cheklanadi.

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti olimlari tomonidan sintez qilingan PCH-40 va PCT-40 plastifikatorlarida quruq qoldiq miqdori sezilarli darajada yuqori (50,5–51,5 %) bo'lib, bu faol moddaning yuqori konsentratsiyasini va kamroq dozada qo'llash imkoniyatini anglatadi. PCH-40 ning HPEG-2400, PCT-40 ning esa TPEG asosida sintez qilinganligi ularning makromolekulyar yon zanjir uzunligi va konfiguratsiyasi farqlanishini ko'rsatadi, bu esa suv sarfini kamaytirish darajasida ham aks etadi (38-40 %). Tashqi ko'rinishining tiniq va rangsiz bo'lishi yuqori darajada tozalanganligini hamda arxitektura va oq sement asosidagi betonlarda qo'llash uchun qulayligini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, jadval ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, sintez qilingan PCH-40 va PCT-40 plastifikatorlari asosiy texnologik ko'rsatkichlar bo'yicha import analoglaridan qolishmaydi.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida import va mahalliy plastifikatorlarning asosiy fizik-kimyoviy hamda texnologik ko'rsatkichlari qiyosiy baholandi. Sika 4336, PR-196 va DAB miks-1 plastifikatorlariga nisbatan mahalliy sintez qilingan PCH-40 va PCT-40 qo'shimchalarida quruq qoldiq miqdori yuqoriligi hamda suv sarfini kamaytirish samaradorligi 38-40 % gacha yetishi aniqlandi. Bu holat mazkur plastifikatorlarda faol modda konsentratsiyasi yuqoriligi va sement zarrachalarini samarali dispersiyalash xususiyati bilan izohlanadi. PCH-40 va PCT-40 ning pH ko'rsatkichlari 5-7 oralig'ida bo'lib, sement tizimi bilan texnologik mosligini ta'minlaydi. Olingan natijalar mahalliy sintez qilingan plastifikatorlarning import analoglariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini va ularni zamonaviy beton texnologiyalarida qo'llash istiqbolli ekanligini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Хаирова Д.Р., Сайфуллаева М. И. Тенденции развития цементной индустрии в Узбекистане //Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №. 6. С. 358-362. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/67/40>

2. Шахова Л.Д., Черноситова Е. С., Денисова Ю. В. Исследование влияния технологических добавок на реологические свойства цементного порошка //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2017. №. 10. С. 123-128. https://DOI:10.12737/article_59cd0c62ea5830.10657970
3. Перевощикова А. Н. и др. Исследование физико-механических свойств бетона с добавлением многофункциональной добавки //Нанотехнологии в строительстве. – 2024. Т. 16. №. 2. С. 170 <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2024-16-2-170-179>
4. Фонтана К.А., Ерзнкян Б.А., «Умная фабрика» и ключевые технологии Индустрии 4.0. Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление, 4, 2022, с. 53-67. <https://doi.org/10.17308/econ.2022.4/10575>
5. Р.О. Резаев, А.А. Дмитриев, Д.В. Чернявский, Применение вероятностных подходов для построения моделей «состав-свойство», 4-5, 2022, с. 25-37 <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-614-6-12-24>

QUYOSH KOLLEKTORIDA ISSIQLIK SAQLOVCHI MATERIALLARDAN FOYDALANISH

Safarova Setora Ulug‘bek qizi¹, Ergashev Shaxriyor Hamidullayevich²

¹tayanch doktorant (PhD), Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi shahri, O‘zbekiston

²texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi shahri, O‘zbekiston, ORCID: 0009-0000-5220-7124; 0000-0002-3336-9942

Annotatsiya. Tezisdagi quyosh kollektorlarida issiqlikni akkumulyatsiya qilish uchun mahalliy va arzon materiallardan foydalanish imkoniyatlari baholangan. Pishgan g‘isht, beton, keramika, tosh, qum, tuproq hamda fazani o‘zgartiruvchi material sifatida parafinning zichligi, issiqlik sig‘imi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va issiqlikni saqlash davomiyligi taqqoslangan. Hisoblashlar parafinning issiqlikni taxminan 9 soatgacha saqlashi, pishgan g‘isht va betonning esa arzonligi hamda mavjudligi sababli amaliy jihatdan maqbul ekanini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: quyosh kollektori, issiqlik akkumulyatsiyasi, parafin, pishgan g‘isht, beton, issiqlik sig‘imi.

Dolzarblik va maqsad. Hozirgi vaqtda an‘anaviy yoqilg‘i resurslarining cheklanganligi, energiya narxining oshishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishni talab etmoqda. O‘zbekiston hududida quyoshli kunlar sonining ko‘pligi quyosh issiqlik qurilmalarini joriy etish uchun qulay sharoit yaratadi. Biroq quyosh radiatsiyasining sutka davomida o‘zgaruvchanligi kollektor orqali olingan issiqlikdan uzluksiz foydalanishni cheklaydi. Kunduz kuni yig‘ilgan energiyani kechki va tungi vaqtda ishlatish uchun kollektor tarkibida issiqlik akkumulyatori bo‘lishi zarur. Akkumulyator tizimning issiqlik yuklamasini tenglashtiradi, tashqi energiya manbalariga ehtiyojni kamaytiradi va qurilmaning foydali ish vaqtini uzaytiradi. Qimmat import texnologiyalari o‘rniga mahalliy qurilish materiallaridan foydalanish tizim tannarxini pasaytirib, uning ta‘mirlash va xizmat ko‘rsatish jarayonini ham soddalashtiradi. Tadqiqotning maqsadi quyosh kollektoriga mos arzon issiqlik saqlovchi materiallarni termofizik ko‘rsatkichlari, issiqlikni saqlash muddati, mavjudligi va amaliy qo‘llash qulayligi bo‘yicha taqqoslash hamda samarali variantlarni tavsiya etishdan iborat.

Issiqlik akkumulyatsiyasining nazariy asoslari. Issiqlik energiyasini saqlash usullari odatda sezgir, latent va termo-kimyoviy akkumulyatsiyaga ajratiladi. Sezgir issiqlik saqlashda materialning harorati oshadi, uning agregat holati esa o‘zgarmaydi. Bunda to‘planadigan energiya material massasi, solishtirma issiqlik sig‘imi va haroratlar farqiga bog‘liq. G‘isht, beton, tabiiy tosh, qum va tuproq ushbu guruhga kiradi. Latent issiqlik saqlashda esa material erish yoki qotish jarayonida katta miqdordagi energiyani nisbatan tor harorat oralig‘ida yutadi va qaytaradi. Parafin fazani o‘zgartiruvchi material sifatida shu xususiyati bilan ajralib turadi. Akkumulyator tanlashda faqat issiqlik sig‘imi emas, balki issiqlik o‘tkazuvchanligi, zichlik, ishchi harorat diapazoni, kimyoviy barqarorlik, korroziy faollik,

yong'in xavfsizligi, takroriy qizdirish-sovitish sikllariga chidamlilik va narx ham hisobga olinishi lozim. Shuning uchun yuqori energiya sig'imiga ega material har doim ham iqtisodiy va konstruktiv jihatdan eng maqbul yechim bo'lavermaydi.

Tadqiqot usuli. Tadqiqotda issiqlik akkumulyatsiyasi sezgir va latent issiqlik saqlash mexanizmlari asosida qiyosiy tahlil qilindi. Materialdagi sezgir issiqlik zaxirasi $Q=m \cdot c \cdot \Delta T$ ifodasi yordamida aniqlandi; bunda m – material massasi, c – solishtirma issiqlik sig'imi, ΔT esa boshlang'ich va yakuniy haroratlar farqidir. Material massasi uning zichligi va egallagan hajmi orqali hisoblandi. Parafin uchun sezgir issiqlik bilan bir qatorda faza almashinuvi vaqtida yutiladigan latent issiqlik ham e'tiborga olindi. Sovish jarayoni atrof-muhit bilan konvektiv issiqlik almashinuvi mavjud deb qaralib, Nyutonning sovish qonuni asosida sifat jihatdan baholandi. Hisoblarda quyosh radiatsiyasi $G=800 \text{ Wt/m}^2$, kollektor yuzasining yutilish koeffitsienti $\alpha=0,8$, issiqlik saqlovchi qatlam yuzasi 1 m^2 , qalinligi 5 sm , boshlang'ich harorat $20 \text{ }^\circ\text{C}$ va yakuniy harorat $60 \text{ }^\circ\text{C}$ deb qabul qilindi. Bir xil geometrik va harorat sharoitlaridan foydalanish turli materiallarning energiya sig'imi va sovish davomiyligini o'zaro taqqoslash imkonini berdi. Hisobiy natijalar materiallarning adabiyotlarda keltirilgan zichlik va solishtirma issiqlik sig'imi oralig'i bilan solishtirildi. Baholashda energiya sig'imi bilan birga mahalliy bozorda topilishi, montaj qulayligi va ekspluatatsiya xavfsizligi ham mezon sifatida olindi.

Natijalar va ularning muhokamasi. Materiallarning issiqlikni yig'ish va chiqarish xususiyati ularning zichligi, solishtirma issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi hamda tashqi muhit bilan issiqlik almashinuvi sharoitiga bog'liq. Parafinning issiqlik o'tkazuvchanligi nisbatan past va faza o'zgarishidagi latent issiqlik sig'imi yuqori bo'lgani sababli u issiqlikni eng uzoq vaqt saqlaydi. Hisobiy baholashda parafinli qatlamning foydali issiqlik berish muddati taxminan 9 soatgacha yetishi mumkinligi kuzatildi. Shu bilan birga, parafinni kollektor tizimida qo'llash uchun germetik idish, hajmiy kengayishni hisobga oluvchi konstruksiya va issiqlik uzatishni yaxshilovchi metall plastinalar talab qilinadi. Pishgan g'isht va betonning latent issiqlik zaxirasi mavjud emas, ammo ularning zichligi yetarli, narxi past va qurilish amaliyotida keng tarqalgan. Ular 3–4 soatlik issiqlik akkumulyatsiyasini ta'minlab, kichik va o'rta quvvatli quyosh kollektorlarida iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq yechim bo'la oladi. Beton qatlam kollektor korpusi yoki issiqlik omborining konstruktiv elementi vazifasini ham bajarishi mumkin. Pishgan g'isht esa kanallar orasiga terilib, issiq havo bilan bevosita kontaktda ishlatilishi mumkin. Tabiiy tosh yuqori zichlik va mexanik mustahkamlikka ega bo'lsa-da, uning katta massasi tayanch konstruksiyasiga qo'shimcha yuk tushiradi. Qum va tuproq tez qizib, tez soviydi; shu sababli ular qisqa muddatli akkumulyatsiya, issiqxona tuprog'ini isitish va kunduzgi harorat tebranishlarini kamaytirish uchun mos. Keramika materiallari issiqlik barqarorligi va ko'p marotaba qizdirish-sovitishga chidamliligi bilan ajralib turadi, biroq ularning turi va g'ovakligiga qarab termofizik ko'rsatkichlari sezilarli farq qilishi mumkin. Umuman, uzoq muddatli saqlash talabi ustuvor bo'lsa parafin, boshlang'ich xarajatni kamaytirish va mahalliy xomashyodan foydalanish muhim bo'lsa g'isht yoki beton afzal hisoblanadi.

1-jadval.

Issiqlik saqlovchi materiallarning qiyosiy tavsifi

Material	Zichlik, kg/m^3	Issiqlik sig'imi, $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$	Amaliy baho
Parafin	770–900	2,1–2,9	≈9 soat, yuqori samaradorlik
Pishgan g'isht	1900–2000	0,8–0,9	3–4 soat, arzon va mavjud
Beton	2200–2500	0,84–1,0	3–4 soat, konstruktiv jihatdan qulay
Tosh	2500–3000	0,8–0,9	≈3 soat, katta akkumulyatorlarga mos
Qum va tuproq	1200–1700	0,75–0,85	Qisqa muddatli saqlash uchun

Amaliy qo'llash bo'yicha tavsiyalar. Issiqlik saqlovchi qatlam kollektorning havo yoki suyuqlik aylanish yo'liga shunday joylashtirilishi kerakki, issiqlik tashuvchi muhit material yuzasi bilan yetarli darajada kontaktda bo'lsin. G'isht va toshdan foydalanilganda havo o'tishi uchun kanallar qoldirish, qatlam qarshiligini kamaytirish va oqimning butun hajm bo'ylab bir tekis taqsimlanishini ta'minlash muhim. Beton akkumulyatorlarda issiqlik almashinish quvurlari qatlam ichiga

joylashtirilishi mumkin, ammo termik kengayish va yoriqlar paydo bo'lishining oldini olish zarur. Qumli tizimlarda mayda zarralarning havo oqimiga qo'shilib ketishini cheklovchi to'r yoki perforatsiyalangan qoplama qo'llanishi maqsadga muvofiq. Parafin ishlatilganda esa germetik kapsulalar, issiqlikka chidamli idishlar va oqib chiqishni bartaraf etuvchi himoya qatlami talab etiladi. Barcha holatlarda akkumulyatorning tashqi yuzasi issiqlik izolyatsiyasi bilan qoplanishi kerak, chunki izolyatsiya sifati saqlash davomiyligiga material xususiyatlari qadar kuchli ta'sir ko'rsatadi. Materiallarni kombinatsiyalash ham samarali yechim bo'lishi mumkin: masalan, asosiy hajmni arzon g'isht yoki beton bilan to'ldirib, eng yuqori harorat zonasiga oz miqdorda parafin kapsulalarini o'rnatish tizim tannarxini keskin oshirmasdan issiqlik berish vaqtini uzaytiradi.

Xulosa. O'tkazilgan qiyosiy tahlil quyosh kollektorlarida issiqlik saqlovchi materialni tanlash texnik, iqtisodiy va ekspluatatsion mezonlarning birgalikdagi bahosiga asoslanishi kerakligini ko'rsatdi. Uzoq muddatli issiqlik saqlash va haroratni barqaror ushlab turish uchun parafin eng samarali variant hisoblanadi. Biroq uning narxi, maxsus kapsulalash zarurati va issiqlik o'tkazuvchanligining pastligi tizim konstruksiyasini murakkablashtiradi. Kapital xarajat, mahalliy ta'minot va montaj soddaligi mezonlari bo'yicha pishgan g'isht hamda beton amaliy qurilmalar uchun maqbul yechimdir. Tosh katta hajmli, statsionar akkumulyatorlarda, qum va tuproq esa issiqxonalar, parrandachilik xo'jaliklari hamda maishiy qurilmalarda qisqa muddatli issiqlik ombori sifatida qo'llanishi mumkin. Materiallardan oqilona foydalanish kollektorning kechki va tungi davrdagi ish muddatini uzaytiradi, issiq suv va isitish tizimlarida qo'shimcha energiya sarfini kamaytiradi. O'zbekistonning quyoshli hududlarida mahalliy materiallar asosidagi akkumulyatorlarni joriy etish qishloq xo'jaligi va maishiy obyektlarning energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Keyingi tadqiqotlarda turli qatlam qalinliklari, izolyatsiya turlari, havo oqimi tezligi va ko'p martalik qizdirish-sovitish sikllarining samaradorlikka ta'sirini tajriba qurilmasida aniqlash, shuningdek, g'isht-beton asos va parafin kapsulalaridan iborat gibrid akkumulyatorning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini baholash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed. Wiley, 2013.
2. Kalogirou S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. 2nd ed. Academic Press, 2014.
3. Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13(2), 318–345.
4. Mehling H., Cabeza L.F. Heat and Cold Storage with PCM. Springer, 2008.
5. Hasanov B. O'zbekiston sharoitida quyosh kollektorlarining samaradorligini oshirish yo'llari. O'zbekiston Energetika Jurnali, 2020, №3, 45–52.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В СУЖАЮЩЕМСЯ КАНАЛЕ

Зарипов Муслиддин Баходир ўғли

Каршинский государственный технический университет

Аннотация. В статье исследуется процесс течения жидкости в сужающемся канале определяется форма этих каналов, обеспечивающей безвихревой течения. Эта задача сводится к решению вопроса о течении идеальной несжимаемой жидкости в канале. Предложена струйная модель плоского течения жидкости в сужающемся канале. Получены аналитические формулы распределения скоростей до и после сужения канала.

Ключевые слова: сужающемся канале, водоворотных зон, гидротехнических сооружений, насосных агрегат, жесткой стенки, расход, канал, отражение, полуплоскость, комплексный потенциал.

Введение. Аванкамера (сужающейся канал) является важнейшим элементом насосной станции, от которой зависит надежность и долговечность основного гидромеханического

оборудования. Снижение уровня воды в аванкамере вызывает кавитацию и вихревую зону при работе насосов. Образование воронок в приемных камерах часто приводит к недопустимой вибрации агрегата, а заиливание порога водоприемника препятствуют маневрированию затворами. Гидравлические процессы, происходящие в аванкамере, сильно влияют на условия эксплуатации станции, особенно по борьбе с наносами (рис. 1.) и плавником.

Аванкамеры насосных станций каскада не полностью удовлетворяли основным эксплуатационным требованиям, а именно:

1. Забор воды насосными агрегатами происходит с подсосом воздуха через водоворотные воронки;

2. Имеет место неравномерное распределение потока между всеми работающими насосами, происходит искажение подводящего потока воды в каждую приемную камеру всасывающей трубы насосов. Создается искусственное увеличение сопротивлений на входе;

3. Происходит частичное заиливание аванкамер, создаются перепады уровня воды на решетках сероулавливающих сооружений (СУС).

Опыт эксплуатации насосных станций [1.15] вызывает необходимость продолжить изучения гидравлических условий забора воды насосами; оценить степень влияния водоворотных зон; уточнить допустимого изменения градиента скорости и напоров; разработать мероприятия, улучшающие гидравлику аванкамеры и методику их проектирования. Поэтому теоретически определить форму аванкамеры, обеспечивающей безвихревой и без кавитационное течение (хотя бы уменьшающей эти зоны) имеет большое значение при проектировании подобных аванкамер насосных станций. Определение форму аванкамеры, обеспечивающей плавное течение важно для рационального размещения гидравлических насосов и обеспечения бесперебойной работой насосных станций. Ниже предложены формулы, а также численные расчеты распределения скоростей, давления и границ водоворотных зон течения на характерных участках магистрального канала с каскадными насосными станциями (в водоприемнике станции и на участке с изломом).

Принимаемая нами теоретическая модель течения идеальной жидкости с учетом вихревых и кавитационных зон отражает основной характер течения реальной жидкости на рассматриваемом участке потока, что подтверждается сопоставлением данных расчета и эксперимента [3].

В качестве аванкамеры можно рассмотреть резко сужающийся канал, т.к. показатели течения в нем хорошо определяется теорией потенциального потока. Течение в сужающемся канале характеризуется постоянным давлением вдоль изогнутой части границы. [3; 60-62 с.].

Такой тип перехода для двумерного потока хорошо поддается анализу на свободных мерях при условии, что границы вверх и вниз по течению от участка с постоянным давлением состоит из прямых линий, вдоль которых направление потока постоянно. На свободной линии CD давление постоянное (рис.1).

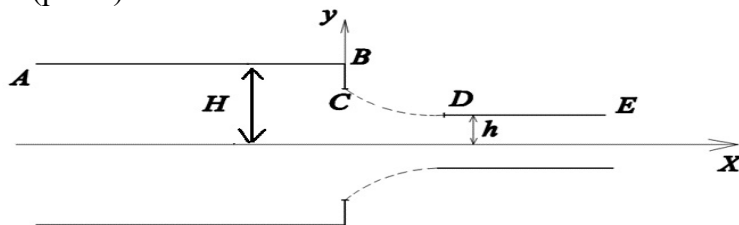


Рис.1. Схема течения в сужающемся канале.

Наша задача — определить форму границы плавного течения, т.е. форму канала, обеспечивающая безвихревое течение при различных значениях скорости набегающего потока. Таким образом, в качестве модели течения жидкости во входном канале в насосную станцию целесообразно рассмотреть струйную модель течения воды в сужающемся канале [1; 56-58 с.].

Метод и материалы: Пусть поток идеальной жидкости, вытекая из канала ширины $2H$, втекает в канал ширины $2h$. Ось симметрии канала совпадает с осью симметрии канала (рис.1). Ввиду симметрии будем рассматривать лишь верхнюю половину течения. Течение установившееся, безвихревой, отсутствуют внешние и поверхностные силы. В этом случае

областью ω изменения комплексного потенциала $\omega = \varphi + i\psi$ будет полоса шириной и конформное отображение на верхнюю полуплоскость ζ осуществляется аналитической функцией [2]:

$$\omega(\zeta) = \frac{q}{\pi} \ln(\zeta + e) + iq \quad (1)$$

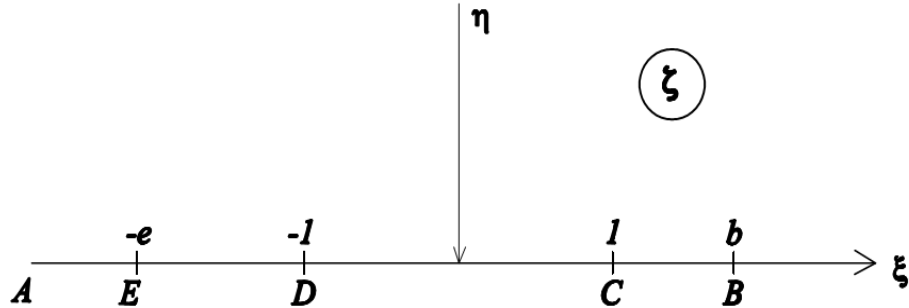


Рис.2. Каноническая область

Граничные значения функции Жуковского

$$\omega = \ln \frac{V_0}{V} + i\theta \quad (2)$$

на ζ (рис.2) будут следующими:

вдоль АЕ: при $\zeta = 0$, $-\infty < \xi < -e$ $\theta = 0$, т.е. $\text{Im}\omega = 0$;

вдоль ED: при $\zeta = 0$, $-e < \xi < -1$ $\theta = 0$, т.е. $\text{Im}\omega = 0$;

вдоль CD: при $\zeta = 0$, $-1 < \xi < 1$ $\ln(V_0 / V) = 0$, т.е. $\text{Re}\omega = 0$;

вдоль CB: при $\zeta = 0$, $1 < \xi < b$ $\theta = -x\pi$, т.е. $\text{Im}\omega = -\pi / 2$;

вдоль BA: при $\zeta = 0$, $b < \xi < \infty$ $\theta = 0$, т.е. $\text{Im}\omega = 0$. (3)

где V_0 – скорость жидкости на свободной границе CD;

θ – угол скорости с осью абсцисс

Введя новую функцию

$$\omega_1(\zeta) = \frac{\omega(\zeta)}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}$$

и пользуясь интегральной формулой Шварца, находим:

$$\omega_1(\zeta) = \frac{1}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} \ln \left[\frac{\sqrt{\zeta^2 - 1} \sqrt{b^2 - 1} + b\zeta - 1}{\zeta - b} \right]$$

Отсюда найдем функцию Жуковского:

$$\omega(\zeta) = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{\sqrt{\zeta^2 - 1} \sqrt{b^2 - 1} + b\zeta - 1}{\zeta - b} \right] \quad (4)$$

Функция сопряженной комплексной скорости на верхней полуплоскости будет иметь

вид:

$$\bar{V} = V_0 \left[\frac{\zeta - b}{\sqrt{\zeta^2 - 1} \sqrt{b^2 - 1} + b\zeta - 1} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Здесь V_0 – скорость частицы жидкости на свободной границе.

Вычисляя предел из (5) при $\xi \rightarrow \infty$, получаем скорость частиц жидкости в бесконечном удалении от входа в канал:

$$V_A = V_0 (b - \sqrt{b^2 - 1})^{\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

Из (5.6) определяется параметр отображения:

$$b = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{V_0}{V_A} \right)^2 + \left(\frac{V_A}{V_0} \right)^2 \right]. \quad (7)$$

Положив $\xi = e$ в (5), получаем скорость жидкости в бесконечности в канале

$$\frac{V_e}{V_0} = \left(\frac{b + e}{1 + be - \sqrt{e^2 - 1} \sqrt{b^2 - 1}} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (8)$$

Отсюда определяется отношение скоростей на бесконечности в канале большой ширины и в бесконечности меньшей ширины:

$$V_e = V_A \left[(b + \sqrt{b^2 - 1}) \frac{b + e}{1 + be - \sqrt{e^2 - 1} \sqrt{b^2 - 1}} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Как известно из закона сохранения массы имеем

$$V_A H = V_e h, \quad (10)$$

что позволяет записать:

$$\frac{h}{H} = \left[\frac{1 + be - \sqrt{e^2 - 1} \sqrt{b^2 - 1}}{(b + e)(b + \sqrt{b^2 - 1})} \right]. \quad (11)$$

При помощи формуле (1), (2) и (4) осуществим переход к физической плоскости течения:

$$z(\zeta) = \frac{1}{V_0} \int e^{\omega} \frac{d\omega}{d\zeta} d\zeta \quad (12)$$

Результаты и обсуждения. Выделив действительную и мнимую части выражения (12) на границе CD ($-1 < \xi < 1$), найдем форму свободной границы канала форма стенки, т.е. аванкамеры, обеспечивающую безвихревой течение:

$$\begin{aligned} x &= -\frac{q}{\pi V_0} \frac{\cos(f(\xi))}{e + \xi}, \\ y &= -\frac{q}{\pi V_0} \frac{\sin(f(\xi))}{e + \xi}; \\ e + \xi &= \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arccos \frac{b\xi - 1}{b - \xi}. \end{aligned} \quad (13)$$

Где,

На рис.3. Изображена форма границы, на которой давление постоянное. Эта форма участки $ВД$ обеспечивает безвихревой течение в аванкамере.

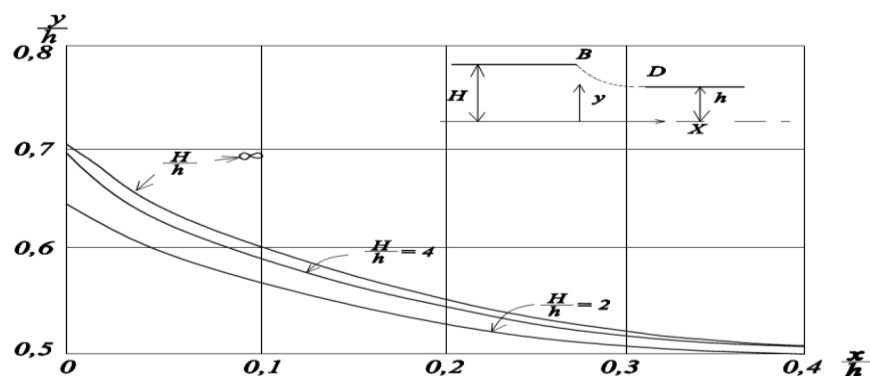


Рис. 3. Форма аванкамеры BD , обеспечивающая безвихревое течение в канале.

Выводы. В рамках подхода конформных отображений решена задача о течении жидкости в сужающемся канале. Получены аналитические формулы распределения скорости потока. Определена форма сужающегося канала обеспечивающая безвихревое течение (рис.3).

Разработана методика определения формы границы аванкамеры насосных станций, обеспечивающая безвихревое течение в аванкамере.

Литература

1. Bazarov, O.S., Babazhanova, I.Y., Babazhanov, Y., Karshiev, R.D., & Zaripov, M.B. (2023). Spatial problem of water distribution in open channels. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 401, p. 01044). EDP Sciences.
2. Babajanov, Y.T., Zaripov, M.B., Babajanova, I.Y., & Bozorov, B.E. (2024). Ravon siqilgan oqimning tekis plastinkaga tasirida bolgan oqimning shakllanishi. *Interpretation and researches*.
3. 2024: “o’zbekiston-2030” strategiyasida belgilangan suv resurslarini tejash va atrof muhitni muhofaza qilish” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Samarqand: SamDAQU nashri, 2024 yil.
4. Xujakulov, R., Rahmatov, M., Nabiev, E., & Zaripov, M. (2021). Determination of calculating stresses on the depth of loess grounds of hydraulic structures. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1030, No. 1, p. 012133). IOP Publishing.
5. Xujakulov, R., Normurodov, U., Zaripov, M., Abdurakhmonov, U., & Berdiev, M. (2021). Dependence of the wetting rate of the loess base on the moisture conditions. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 01051). EDP Sciences.
6. Бабажанов, Й., Эшев, С., Зарипов, М., Исаков, А., & Норчаев, А. (2023). Течение жидкости в сужающемся канале. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 3(12), 427-435.
7. Xujakulov, R., Zaripov, M., & Normurodov, U. (2021). Subsidence deformations of the foundations of hydraulic structures. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 03069). EDP Sciences.

IMPROVED HYDRAULIC MODELING OF UNSTEADY FLOW IN VARIABLE-SECTION OPEN CHANNELS

Zaripov Musliddin, Isoqov Alisher, Dilshodova Dilso'z
Karshi State Technical University, Uzbekistan

Abstract. This paper presents an improved hydraulic model for analyzing unsteady flow behavior in variable cross-section open channels, with particular focus on converging rectangular inlet chambers. The study aims to enhance the accuracy of hydraulic computation under non-stationary conditions by incorporating the influence of vortex structures and gradual contraction geometry. Experimental investigations were carried out using a laboratory model with a converging rectangular channel of 120 cm length, 80 cm inlet width, and outlet widths of 40, 35, 30, and 25 cm. Average flow

velocity was maintained near 0.67 cm/s, and four discharge rates of 30, 25, 20, and 15 m³/h were analyzed. Flow velocities were measured using a micro-propeller current meter. The results showed that increasing flow discharge and shortening contraction length both intensify vortex formation. The proposed model improves flow prediction accuracy by up to 8% compared with classical steady-state approaches and provides recommendations for optimizing inlet chamber geometries in open-channel systems.

Keywords: hydraulic modeling, unsteady flow, variable cross-section channel, vortex field, flow contraction, open channel hydraulics.

Introduction. The analysis of unsteady flow in open channels with variable cross-sections remains a critical challenge in modern hydraulics. Traditional steady-state equations fail to capture transient effects that appear in contracting or expanding zones of forebays, sluices, and intakes. These effects often result in nonuniform velocity fields and local vortex zones, which significantly influence energy losses and sediment transport.

In hydraulic engineering, accurate estimation of flow parameters in variable geometry channels is crucial for designing efficient energy dissipation systems, intake structures, and laboratory models. Previous works by researchers such as Chanson (2004), Melesse and Chaudhry (2010), and Boussinesq (1877) have provided theoretical foundations for unsteady open-channel flows. However, their applicability to rapidly contracting geometries remains limited.

The presence of geometric contraction leads to the formation of vortex structures near sidewalls and the bottom, which increases local energy loss and affects hydraulic efficiency. Therefore, improving hydraulic modeling techniques that consider vortex effects under unsteady conditions remains an essential challenge.

This research focuses on developing and experimentally validating an improved hydraulic model that captures the influence of vortex fields in converging rectangular chambers. The goal is to enhance the predictive accuracy of flow parameters and provide practical guidelines for optimizing transition structures in open-channel systems.

The problem of variable cross-section channel hydraulics has been studied by numerous researchers. Classical works by Chow (1959) and Henderson (1966) laid the theoretical foundation for gradually varied flow. Later, Bakhmeteff (1932) and Larin (1987) analyzed energy losses in contracting open channels.

Despite these achievements, the incorporation of vortex-induced secondary flow and local acceleration effects into analytical hydraulic models remains limited. The present study addresses this gap.

Materials and Methods. Experimental investigations were conducted using a laboratory-scale rectangular channel model with adjustable contraction geometry. The channel had an overall length of 120 cm, a constant height of 40 cm, and an inlet width of 80 cm. The outlet width was varied in four configurations: 40 cm, 35 cm, 30 cm, and 25 cm, representing different contraction ratios. The channel body was made of transparent acrylic for direct observation of flow patterns. Three contraction lengths were tested - $L_c = 120$ cm, 90 cm, and 60 cm - corresponding to gradual, moderate, and sharp contractions. The flow discharge was regulated to $Q = 15, 20, 25,$ and 30 m³/h, ensuring a wide range of Reynolds numbers under subcritical conditions. Flow stabilization at the inlet was achieved using a stilling compartment with perforated baffles to suppress turbulence before entering the contraction zone.

Velocity measurements were performed using a **micro-propeller current meter**. Measurements were taken along longitudinal and transverse sections with a spacing of 5 cm and 2 cm, respectively. Colored dye tracers were used to visualize vortex motion and confirm the flow structure observed by the velocity measurements.

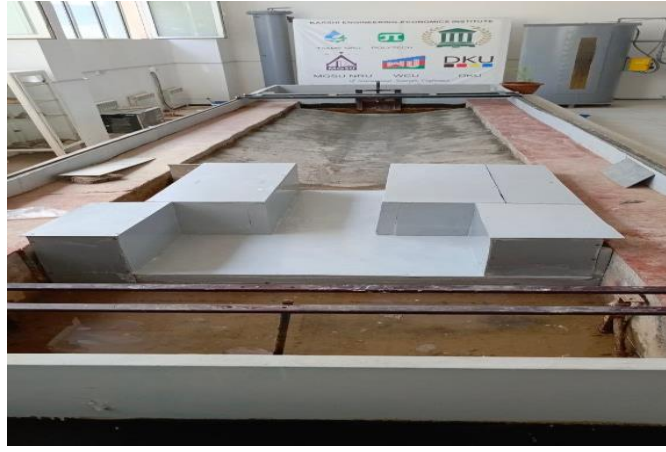


Fig.1. Laboratory hydraulic model setup.

The obtained data were processed to determine the spatial size of vortex regions, local velocity gradients, and energy loss coefficients. The experimental results were compared with analytical predictions derived from the continuity and momentum equations, introducing a correction term to account for vortex-induced head losses.

Results and Discussion. The experiments revealed a consistent pattern: as both discharge (Q) and average velocity (v) increased, the vortex zone within the contraction region expanded in size and intensity. This effect was amplified when the contraction length (L_c) decreased. Shorter contraction lengths produced steeper velocity gradients and stronger pressure differences, which promoted vortex generation along the sidewalls and near the bottom of the channel.

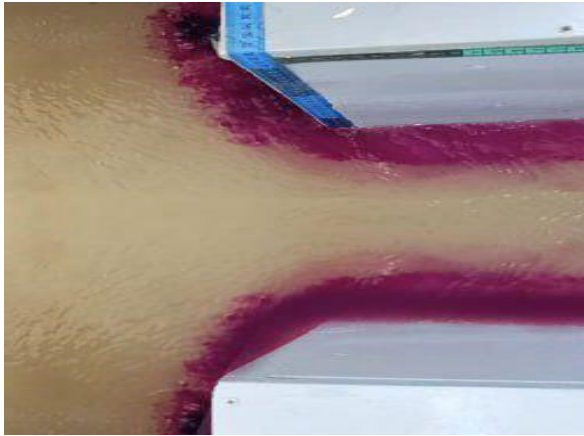


Fig.2. Formation pattern of the vortical flow field in the converging approach channel model.

At lower discharges ($Q = 15\text{--}20 \text{ m}^3/\text{h}$), the velocity field remained relatively uniform, and the vortex region was small and weakly developed. However, at higher discharges ($Q = 25\text{--}30 \text{ m}^3/\text{h}$) and for $L_c = 60 \text{ cm}$ (fig 2.), (table 1), the flow exhibited strong rotational motion, and the vortex core occupied a significant portion of the flow cross-section.

b (<i>exp</i>)	Q ($\frac{m^3}{s}$)	L_c (<i>exp</i>)	V₁ ($\frac{sm}{s}$)	V₂ ($\frac{sm}{s}$)	h₁ (<i>exp</i>)	h₂ (<i>exp</i>)	E₁ (<i>exp</i>)	E₂ (<i>exp</i>)	ΔE (<i>exp</i>)	ΔE%	L_v (<i>exp</i>)		b_v (<i>sm</i>)		B (<i>exp</i>)
											Q_{avg} <i>torison</i>	Chap <i>torison</i>	Q_{avg} <i>torison</i>	Chap <i>torison</i>	
25	30	120	0.81	0.65	28.7	18.3	28.73	18.32	10.41	57.4	12.7	13	5.6	5.9	80
	25		0.74	0.52	24.1	15.7	24.3	15.90	8.4	52.8	12.4	12.7	5.4	5.7	
	20		0.68	0.47	22.3	14.2	22.5	14.24	8.2	47.3	12.1	12.3	4.9	5.1	
	15		0.61	0.45	20.8	13.3	21.1	13.5	7.6	42.8	11.8	12.1	4.7	5	
	10		0.53	0.41	18.3	11.2	18.5	11.4	7.1	36.7	11.6	11.9	4.4	4.8	
30	30	120	0.73	0.59	24.4	16.5	24.6	16.8	6.8	43.8	12.3	12.7	5.4	5.6	80
	25		0.62	0.53	21.1	15.4	21.3	15.7	5.6	39.5	12.1	12.4	5.1	5.4	
	20		0.54	0.45	20.1	14.8	20.4	15	5.4	35.7	11.9	12.2	5	5.2	
	15		0.48	0.42	18.1	13.1	18.3	13.4	4.9	32.1	11.5	11.8	4.9	5.1	
	10		0.43	0.34	15.6	10.8	15.8	11	4.8	27.3	11.1	11.4	4.7	5.0	
35	30	120	0.65	0.51	17.6	13.1	17.9	13.2	4.7	22.4	12.2	12.5	5.3	5.5	80
	25		0.57	0.48	15.9	11.5	16.2	11.7	4.5	18.1	12	12.2	5.0	5.1	
	20		0.52	0.41	15.1	10.5	15.2	10.9	4.3	15.8	11.7	11.9	4.8	5.0	
	15		0.43	0.38	14.5	10.2	14.8	10.6	4.2	12.2	11.4	11.7	4.5	4.7	
	10		0.39	0.31	14	9.6	14.1	9.9	4.2	10.1	11.1	11.3	4.3	4.6	
40	30	120	0.56	0.49	15.4	11.5	15.8	11.8	4	12.4	11.1	11.4	4.8	5.1	80
	25		0.53	0.44	13.3	9.4	13.5	9.6	3.9	10.2	10.8	11.1	4.5	4.8	
	20		0.45	0.40	11.7	8.1	12	8.3	3.7	6.6	10.4	10.6	4.1	4.2	
	15		0.39	0.35	9.5	6.2	9.8	6.4	3.4	3.4	9.8	10	3.7	4	
	10		0.35	0.30	8.1	5.7	8.4	5.9	2.5	2.2	9.1	9.3	3.3	3.5	

Table 1. Values obtained from laboratory experimental results.

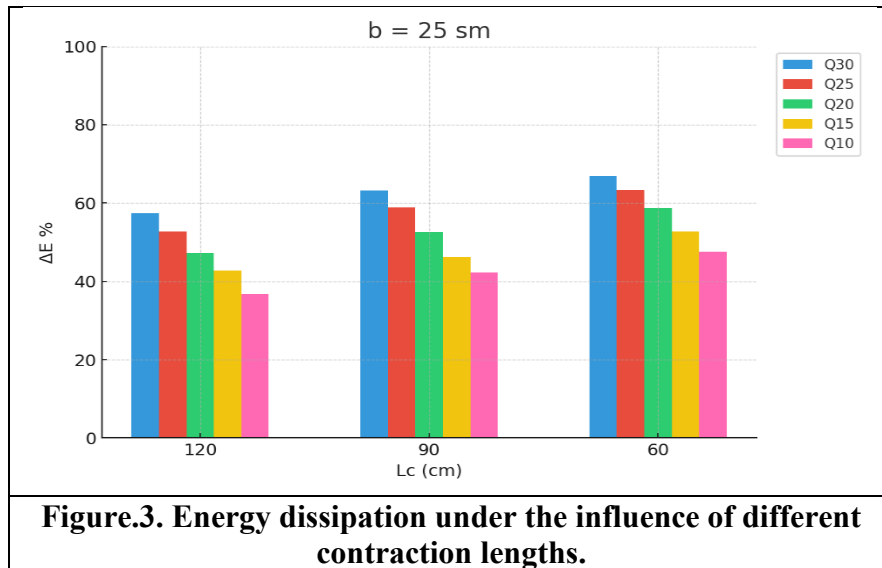


Figure.3. Energy dissipation under the influence of different contraction lengths.

The measured data demonstrated that the vortex size (b_c) is inversely proportional to the contraction length and directly proportional to the discharge, which can be expressed in simplified empirical form as:

$$b_c = \frac{Q}{L_c} \quad (1)$$

Among all configurations, the channel model with outlet width $b = 40$ cm and contraction length $L_c = 120$ cm exhibited the most stable hydraulic performance. In this case, the flow contraction was gradual, allowing smooth velocity redistribution and minimizing lateral shear effects. Consequently, the vortex region was minimal, and the energy loss coefficient reached its lowest value. The flow pattern in this configuration was close to quasi-laminar near the outlet, indicating efficient energy conversion and reduced turbulence.

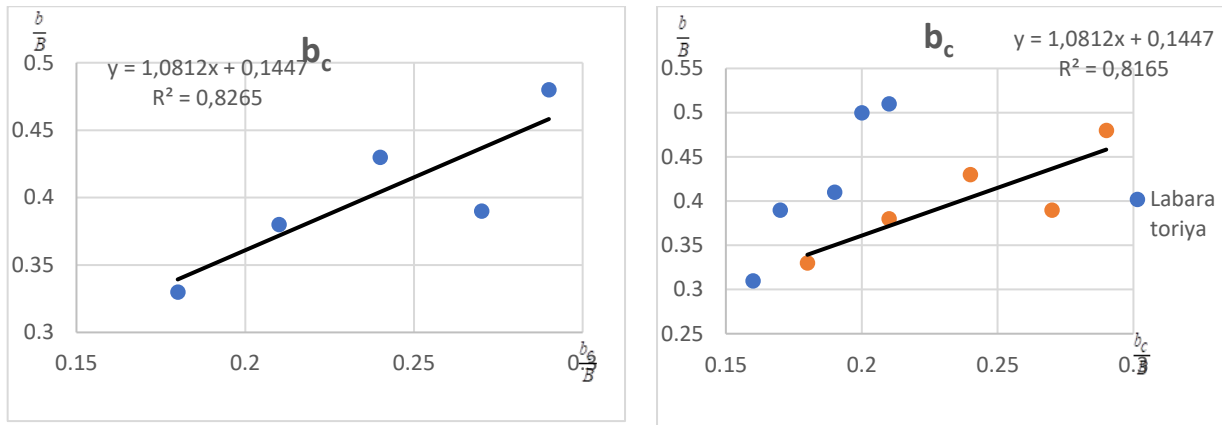


Fig.4. Regression analysis of laboratory model and field experimental data

These observations suggest that a longer contraction length ($L_c \geq 120$ cm) combined with moderate outlet narrowing ($b = 40$ cm) provides the most favorable hydraulic conditions for minimizing vortex intensity and improving flow uniformity. Such configurations are recommended for practical applications in inlet and transition chambers designed for unsteady open-channel systems.

Conclusion. The conducted experimental and analytical studies have demonstrated that flow contraction geometry has a decisive impact on the formation and evolution of vortex zones in variable cross-section channels. The results can be summarized as follows: Increasing discharge and average velocity enhances vortex intensity and expands the rotational region within the contraction zone. Shortening the contraction length leads to stronger local accelerations and greater asymmetry in the velocity field. The optimal configuration for minimizing vortex formation corresponds to $b = 40$ cm and $L_c = 120$ cm, where the flow stabilizes and secondary circulation is minimized. The improved hydraulic model, which incorporates vortex-induced energy losses, provides up to 8% higher prediction accuracy compared to classical steady-state formulations. These findings can serve as practical recommendations for the design of inlet and transition chambers in irrigation and water conveyance systems operating under unsteady flow regimes.

References

1. Bazarov, O. S., Babazhanova, I. Y., Babazhanov, Y., Karshiev, R. D., & Zaripov, M. B. (2023). Spatial problem of water distribution in open channels. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 401, p. 01044). EDP Sciences.
2. Bazarov, O., Babazhanov, Y., Babazhanova, I., Zaripov, M., Rakhimov, A., & Aghayeva, S. (2025, July). Fluid flow in a narrowing channel. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3256, No. 1, p. 020040). AIP Publishing LLC.
3. Bazarov, O., Babazhanov, Y., Zaripov, M., Dilshodova, D., Babazhanova, I., & Mikayilov, A. (2025, June). Study of liquid flow in channels of various configurations. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3286, No. 1, p. 030011). AIP Publishing LLC.

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНДЕНСОРА ВОЛОКНА 5КВ В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА

Мухаметшина Эльмира Талгатовна¹, Жўраева Гулхаё Равшанбековна²,
Мурадов Рустам Мурадович³

¹(PhD), докторант, Наманганский государственный технический университет

²(PhD), старший преподаватель, Наманганский государственный технический университет

³д.т.н., профессор, Наманганский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассмотрены конструктивные и технологические особенности конденсора волокна 5КВ, предназначенного для отделения хлопкового волокна от воздушного потока и формирования уплотнённого холста перед прессованием. Проанализированы основные рабочие органы и их влияние на эффективность процесса, качество волокна, равномерность холста и энергозатраты. Определены перспективные направления совершенствования конструкции, включая оптимизацию аэродинамики, режимов работы и математического моделирования процесса.

Ключевые слова: хлопковое волокно, конденсор 5КВ, пневмотранспорт, сетчатый барабан, воздушный поток, первичная переработка хлопка.

Annotatsiya. Maqolada paxta tolasini havo oqimidan ajratish va presslashdan oldin zichlashtirilgan tola qatlamini shakllantirishga mo'ljallangan 5KV tolali kondensorning konstruktiv va texnologik xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Asosiy ishchi organlar hamda ularning jarayon samaradorligi, tola sifati, qatlamning bir tekis shakllanishi va energiya sarfiga ta'siri tahlil qilingan. Konstruktsiyani takomillashtirishning istiqbolli yo'nalishlari, jumladan, aerodinamikani, ish rejimlarini va jarayonning matematik modellashirilishini optimallashtirish masalalari belgilangan.

Kalit so'zlar: paxta tolas, 5KV kondensor, pnevmotransport, to'rtli baraban, havo oqimi, paxtani dastlabki qayta ishlash.

Abstract. The article examines the structural and technological features of the 5KV fiber condenser designed to separate cotton fiber from the air stream and form a compacted fiber batt before pressing. The main working elements and their influence on process efficiency, fiber quality, batt uniformity, and energy consumption are analyzed. Promising directions for improving the condenser design are identified, including optimization of aerodynamic characteristics, operating modes, and mathematical modeling of the process.

Keywords: cotton fiber, 5KV condenser, pneumatic conveying, mesh drum, air flow, primary cotton processing.

В технологическом процессе первичной переработки хлопка широко применяются пневматические системы транспортирования. Воздушный поток используется для перемещения хлопкового сырья, волокна и других продуктов между отдельными технологическими машинами. При этом увеличение производительности хлопкоочистительных предприятий приводит к необходимости перемещения значительных объёмов материала и, соответственно, к повышению требований к эффективности пневмотранспортных систем. Исследования пневмотранспортирования показывают, что параметры воздушного потока непосредственно связаны с производительностью системы, энергетическими затратами и сохранением качества хлопкового материала.

Одним из важных элементов технологической линии является конденсор волокна. Его основной функцией является отделение волокна от транспортирующего воздуха и формирование из разрыхленной волокнистой массы непрерывного холста с последующей

подачей материала к прессовому оборудованию. Конструкция 5KB включает корпус, сетчатый барабан, уплотнительные и рифлёные барабаны [1].

Эффективность работы конденсора оказывает влияние не только на стабильность подачи волокна в пресс, но и на качество формируемого холста, равномерность распределения волокнистой массы и энергетические характеристики технологической линии.

Конденсор 5KB устанавливается в технологической линии после оборудования для очистки волокна и перед прессовой установкой. Транспортируемая по трубопроводу смесь воздуха и волокна поступает в рабочую зону конденсора. Основная часть воздушного потока удаляется через поверхность вращающегося сетчатого барабана, тогда как волокно отделяется от воздуха и перемещается в нижнюю часть рабочей зоны.

Согласно техническим описаниям, в верхней части корпуса 5KB расположен сетчатый барабан, через который отсасывается основная часть воздуха, транспортирующего волокно. После отделения от воздуха волокнистая масса поступает к уплотнительным барабанам, где происходит её предварительное уплотнение. Далее сформированный слой поступает к рифлёным барабанам, которые обеспечивают формирование и транспортирование непрерывного волокнистого холста в направлении прессовой установки.

Конденсор волокна 5KB (рис.2) состоит из корпуса 1, в верхней части которого расположен сетчатый барабан 2, служащий для отделения транспортируемого волокна от потока воздуха.

В нижней части корпуса размещены два уплотнительных барабана 3, пред назначенных для отжима воздуха из потока волокна, сбрасываемого с верхнего барабана, и два рифленых барабана 4, образующих холст и выводящие его в поток подачи волокна к гидропрессовой установке [2].



Рис.1. Конденсор волокна марки 5KB (внешний вид)

Уплотнение сетчатого барабана выполнено со стороны отсоса воздуха по средством уплотнителя прижатого к ребру барабана [3].

Уплотнение рифленых барабанов обеспечивается уплотнителями 5, на которых установлены противовесы 6, позволяющие уплотнителям постоянно находиться в контакте с поверхностью барабанов. Один торец барабанов закрыт заглушкой.

Открытый торец сетчатого барабана сообщается с трубопроводом, который соединяет конденсор с пылеулавливающим устройством.

Смесь волокна и воздуха поступает по трубопроводу в конденсор.

Воздух свободно проходит сквозь сетку барабана и через его открытый торец поступает в трубопровод, по которому с помощью вентилятора отводится в пылеулавливающее устройство [4].

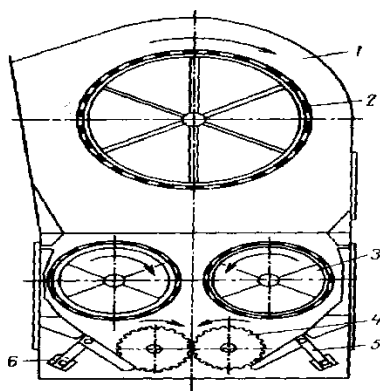


Рис. 2. Поперечный разрез конденсор волокна 5КВ
1 - корпус; 2 - большой сетчатый барабан; 3 - уплотнительный сетчатый барабан; 4 - рефлённые валики; 5 - уплотнитель; 6 - противовесы

Волокно под действием центробежной силы сбрасывается с сетчатого барабана и попадает на уплотнительные барабаны. Воздух из рыхлой массы волокна проходит через сетки внутрь уплотнительных барабанов, из которых по трубопроводу отводится в пылеулавливающее устройство [5].

Волокно с уплотнительных барабанов переходит на рифленые, еще раз уплотняется и выходит из конденсора непрерывным холстом. Затем лотком подачи волокно подается в пресс.

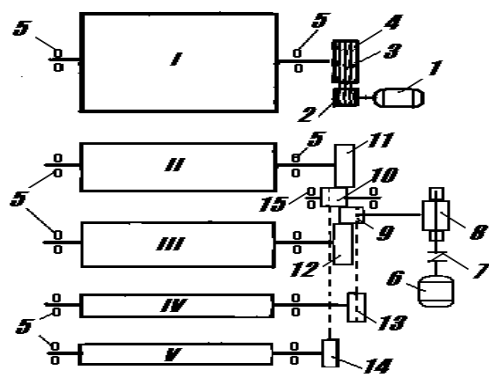


Рис.3. Кинематическая схема конденсора волокна 5КВ:

I - сетчатый барабан, II, III - уплотнительные барабаны; IV, V - рифленые барабаны (валики)

1 - двигатель 4A112MB6Y3; 2 - шкив (0 125); 3 - ремень Б-2240; 4 - шкив (0 560); 5 -подшипник 11210; 6 - двигатель 4A13256Y3; 7 - муфта 5KB.880; 8 - редуктор Ч-160-40-51-1-Y3; 9,10, 13,14 - шестерни (2=31, Ш=6,5); 11,12 - шестерни (2=62; Ш=6,5); 15 -подшипник 216

Техническая характеристика конденсора волокна 5КВ

Производительность по волокну (наибольшая), т/ч.....	до 5
Установленная мощность, кВт	9,5
Потребляемая электроэнергия под нагрузкой, кВт. Ч.....	6,2
Расход воздуха с учетом эжекции, м ³ /с	12
Аэродинамическое сопротивление конденсора. Па	646
Габаритные размеры, мм	1815x1650x3185
Масса, кг	2090

Таким образом, рабочий процесс 5КВ можно условно разделить на три основные стадии:

- 1 - поступление аэросмеси волокна и воздуха в рабочую камеру;
- 2 - отделение волокна от воздушного потока;
- 3 - уплотнение и формирование непрерывного волокнистого холста.

Такая последовательность обеспечивает переход от разреженного состояния волокна после пневматического транспортирования к плотному состоянию, необходимому для последующего прессования [6].

Основным рабочим органом конденсора является сетчатый барабан. Его поверхность обеспечивает прохождение воздушного потока и задержание волокнистого материала. Конструкция и режим вращения барабана должны обеспечивать эффективное отделение волокна при минимальном сопротивлении воздушному потоку.

Следующим элементом являются уплотнительные барабаны. Их задача заключается в предварительном уплотнении волокнистой массы, поступающей с поверхности сетчатого

барабана. В учебной и технической литературе конструкция 5КВ описывается с двумя уплотнительными и двумя рифлёными барабанами.

Рифлёные барабаны выполняют функцию формирования и перемещения волокнистого холста. Геометрия их рабочей поверхности оказывает влияние на захват волокна, плотность сформированного слоя и стабильность его подачи в последующую технологическую операцию [7].

Анализ существующих конструкций конденсоров показывает, что различные конструктивные решения в целом основаны на общем принципе: отделение волокна от воздуха осуществляется сетчатой поверхностью, после чего волокнистая масса уплотняется и выводится из рабочей зоны.

К основным параметрам, определяющим рабочий процесс 5КВ, можно отнести скорость воздушного потока, давление в пневматической системе, производительность по волокну, частоту вращения сетчатого барабана, частоту вращения уплотнительных барабанов, частоту вращения рифлёных барабанов, площадь рабочей поверхности сетчатого барабана, характеристики сетчатой поверхности, влажность и физико-механические свойства волокна, а также степень уплотнения формируемого холста [8].

Особое значение имеет согласование производительности пневмотранспортной системы с производительностью конденсора. Изменение скорости воздушного потока влияет на условия поступления волокна в рабочую камеру, а изменение производительности — на нагрузку на рабочие органы.

Исследования пневмотранспортных систем хлопкоочистительных предприятий показывают, что движение хлопка в воздушном потоке представляет собой сложный процесс взаимодействия неоднородной волокнистой среды и воздуха. При этом изменяются давление, скорость компонентов и пористость транспортируемой массы.

Следовательно, оптимизация конденсора должна проводиться с учётом не только параметров самого аппарата, но и характеристик всей пневматической системы.

Анализ опубликованных исследований показывает, что совершенствование конденсоров осуществляется по нескольким направлениям. Одним из них является изменение конструкции рабочих органов с целью повышения эффективности отделения волокна и улучшения условий формирования холста. В современных работах исследуются скорость воздушного потока, коэффициент сопротивления и другие технологические параметры существующих и усовершенствованных конструкций.

Перспективным является применение численного моделирования для исследования аэродинамики рабочей камеры. Методы CFD позволяют определить распределение скоростей и давлений, выявить зоны повышенной турбулентности и локального сопротивления, а также сравнить различные варианты геометрии корпуса и воздушных каналов.

Другим направлением является оптимизация кинематических режимов барабанов. Согласование скоростей сетчатого, уплотнительных и рифлёных барабанов позволяет обеспечить устойчивое перемещение волокнистой массы и равномерное формирование холста.

Также представляет интерес разработка автоматизированной системы регулирования, которая могла бы изменять параметры работы вентилятора и рабочих органов конденсора в зависимости от производительности и текущего состояния технологического процесса.

Проведённый обзор показывает, что основное внимание в исследованиях конденсоров уделяется конструкции рабочих органов, аэродинамическим параметрам и эффективности отделения волокна от воздуха. Вместе с тем ряд вопросов требует дальнейшего изучения. К ним относятся комплексное исследование взаимодействия воздушного потока и волокнистой массы внутри рабочей камеры; определение оптимального соотношения скоростей вращения рабочих барабанов; исследование влияния конструкции сетчатой поверхности на аэродинамическое сопротивление; определение влияния режима работы конденсора на равномерность формирования холста; снижение энергозатрат на транспортирование и отделение волокна; исследование влияния рабочих режимов на качественные характеристики волокна; разработка

математической модели рабочего процесса и создание системы автоматического контроля и регулирования основных технологических параметров.

Таким образом, дальнейшие исследования целесообразно проводить комплексно, рассматривая конденсор не как отдельный аппарат, а как элемент единой системы «пневмотранспорт — конденсор — пресс». Конденсор волокна 5KB является важным элементом технологической линии первичной переработки хлопка, обеспечивающим отделение волокна от транспортирующего воздушного потока, его уплотнение и формирование непрерывного холста для последующего прессования.

Проведённый обзор показывает, что эффективность работы 5KB определяется совокупностью аэродинамических, конструктивных и кинематических параметров. Особое значение имеют скорость воздушного потока, аэродинамическое сопротивление, производительность, параметры вращения барабанов и физико-механические свойства перерабатываемого волокна.

Перспективным направлением дальнейших исследований является совершенствование конструкции 5KB на основе комплексного экспериментального и математического анализа. Применение CFD-моделирования, современных методов оптимизации и автоматизированного контроля может обеспечить более глубокое понимание процессов отделения и уплотнения волокна, а также создать предпосылки для повышения энергетической и технологической эффективности оборудования.

Список использованной литературы

1. Ганиханов Х.Ш., Мавлянов А.П., Абдусаматов А.А. Изучение уплотнительного и съёмного барабанов конденсора волокна // Educational Research in Universal Sciences. 2023. Т. 2. №10. С. 227–232.
2. Mirzaumidov A., Ganikhanov K., Mavlyanov A., Abdusamatov A. Analysis of the Main Technological Parameters of the Condenser // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института. 2024. Т. 9. №4. С. 55–59.
3. Whitelock D.P., Buser M., Holt G.A. et al. Cotton Gin Pneumatic Conveying Systems // Journal of Cotton Science. 2019. Vol. 23. P. 182–217.
4. Nematjonov Sh., Sarimsakov O., Ibrogimov K. Research of Cotton Speed During Pneumatic Conveying System // Technical Science Research in Uzbekistan. 2023. Vol. 1. No. 1. P. 57–65.
5. Кодирова Г.О. Анализ процесса транспортировки хлопкового сырья по пневмотрубе в пневмотранспортной системе // Universum: технические науки. 2023. №4 (109).
6. Saidmuradov M.L. Causes of Damage to Cotton in the Pneumatic Transport System and Ways to Reduce It // Journal of Engineering, Logistics and Sustainable Innovations.
7. Mahmudova G., Nosirova M., Zokirjonova G. Analysis of Technological Parameters of the Improved Construction of Cotton Separators // Journal of Science-Innovative Research in Uzbekistan. 2024. Vol. 2. No. 12. P. 542–550.
8. Muradov R. Ways to Increase the Efficiency of the Cotton Separator. Tashkent: Fan, 2005.

PAXTANI MAYDA IFLOSLIKLARDAN TOZALASH MASHINASIDA AYRISIMON QOZIQCHALI BARABANNING ENERGIYA TEJAMKOR ISH REJIMINI ASOSLASH

Aliyev O.O.

Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining ayrisimon qoziqchali barabani uchun energiya tejamkor ish rejimini baholashning nazariy-uslubiy asoslari ishlab chiqilgan. Baraban aylanish chastotasi, aylantiruvchi moment, elektr yuritma quvvati, mashina ish unumdorligi va solishtirma energiya sarfi o'rtasidagi bog'lanishlar tahlil qilindi. Energiya tejamkorlik mezonini faqat elektr quvvatini kamaytirish bilan emas, balki tozalash samaradorligi, chiqindidagi tolali material ulushi va ish unumdorligini birgalikda hisobga olgan holda aniqlash taklif etildi. Ayrisimon qoziqchanning ochilish burchagi va baraban aylanish chastotasi energetik hamda texnologik

natijalarni shakllantiruvchi boshqariluvchi omillar sifatida qabul qilindi. Maqolada tajribada tasdiqlanmagan energiya tejash foizlari keltirilmagan; taklif etilgan model keyingi eksperimental o'lishlar uchun metodik asos vazifasini bajaradi.

Kalit so'zlar: chigitli paxta, mayda ifloslik, ayrisimon qoziqcha, qoziqli baraban, energiya samaradorligi, elektr quvvati, aylantiruvchi moment, solishtirma energiya sarfi, aylanish chastotasi, tozalash samaradorligi.

Аннотация. В статье разработаны теоретико-методические основы оценки энергосберегающего режима работы барабана с вильчатыми колками в машине для очистки хлопка-сырца от мелких примесей. Рассмотрены взаимосвязи между частотой вращения барабана, крутящим моментом, мощностью электропривода, производительностью и удельным расходом электроэнергии. Предложено определять рациональный режим не только по минимальной мощности, но и с учетом эффективности очистки, содержания волокнистого материала в отходах и производительности. Процент экономии энергии без экспериментального подтверждения не приводится; модель предназначена для последующей экспериментальной проверки.

Ключевые слова: хлопок-сырец, мелкие примеси, вильчатый колок, колковый барабан, энергоэффективность, электрическая мощность, крутящий момент, удельный расход энергии, частота вращения.

Abstract. The paper develops a theoretical and methodological framework for evaluating an energy-saving operating mode of a fork-shaped spiked drum used in a seed-cotton fine-impurity cleaning machine. Relationships among drum rotational speed, torque, electric-drive power, machine throughput, and specific energy consumption are considered. The rational operating mode is proposed to be determined not by minimum power alone but by jointly considering cleaning efficiency, fibrous material in waste, and throughput. No unverified percentage of energy saving is reported; the proposed framework is intended as a basis for subsequent experimental measurements and optimization.

Keywords: seed cotton, fine impurities, fork-shaped spike, spiked drum, energy efficiency, electric power, torque, specific energy consumption, rotational speed, cleaning efficiency.

Kirish. Paxtani dastlabki qayta ishlash korxonalarida texnologik mashinalarning elektr energiyasi sarfini kamaytirish mahsulot tannarxi va resurslardan foydalanish samaradorligiga bevosita ta'sir qiluvchi muhim masalalardan biridir. Xalqaro energiya auditlari paxta tozalash korxonalarida elektr energiyasi sarfi texnologik jarayonlar bo'yicha sezilarli farqlanishini va chigitli paxtani tozalash ham alohida energiya iste'moli kategoriyasi ekanini ko'rsatadi [4, 5]. Shuningdek, birlik mahsulotga sarflanadigan elektr energiyasi qayta ishlash unumdorligiga bog'liq bo'lib, uskunalarni uzoq vaqt salt ishlatmaslik va ish unumdorligini barqaror saqlash energiya samaradorligini yaxshilashning muhim shartlaridan hisoblanadi [4–6].

Mayda iflosliklardan tozalash mashinasida elektr energiyasining asosiy qismi baraban va unga bog'langan mexanik uzatmalarni harakatlantirishga sarflanadi. Paxta massasining ishchi organlarga qarshiligi, baraban aylanish chastotasi, qoziqchalar geometriyasi, texnologik oraliqlar va mashina yuklanishining o'zgarishi yuritma momenti hamda quvvat talabini shakllantiradi. Shu sababli takomillashtirilgan ayrisimon qoziqchali barabanni faqat tozalash samaradorligi bo'yicha emas, balki energetik ko'rsatkichlari bo'yicha ham baholash zarur.

Mazkur ishning maqsadi ayrisimon qoziqchali barabanning energiya tejamkor ish rejimini asoslash uchun energetik va texnologik ko'rsatkichlarni bog'lovchi hisoblash mezonlarini shakllantirish hamda keyingi eksperimental tadqiqotlarda qo'llanadigan o'lchash va optimallashtirish tartibini taklif etishdan iborat.

Tadqiqot obyekti va metodologiyasi. Tadqiqot obyekti sifatida paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining takomillashtirilgan V-simon ikki tarmoqli ayrisimon qoziqchalar o'rnatilgan barabani qabul qilindi. Qoziqchaning umumiy asosi baraban tanasiga mahkamlanadi, ikki ochiq tarmog'i esa paxta oqimiga ta'sir qiladi. Tadqiqotda qoziqcha ochilish burchagi α va baraban aylanish

chastotasi n asosiy boshqariluvchi omillar sifatida qaraladi. Paxta namligi, dastlabki iflosligi, mashinaga berilayotgan massaviy oqim va qoziqcha-to'rl yuza oralig'i tajriba davomida qayd etilishi yoki nazorat qilinishi lozim.

Energetik baholash uchun elektr yuritmaning aktiv quvvati, baraban aylanish chastotasi, aylantiruvchi moment, tajriba davomiyligi va qayta ishlangan paxta massasi o'lchanadi. Texnologik natijalar esa tozalash samaradorligi va chiqindidagi tolali material ulushi orqali baholanadi. Bunday yondashuv kichik quvvat sarfi bilan ishlaydigan, ammo yetarli tozalashni ta'minlamaydigan rejimni "energiya tejankor" deb noto'g'ri qabul qilishning oldini oladi.



1-rasm. Ayrisimon qoziqchali barabanning energetik va texnologik ko'rsatkichlarini kompleks baholash sxemasi

Energetik ko'rsatkichlarning nazariy asosi. barabanning burchak tezligi uning aylanish chastotasi orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

bu yerda ω — barabanning burchak tezligi, rad/s; n — aylanish chastotasi, ayl/min.

Baraban validagi mexanik quvvat aylantiruvchi moment va burchak tezligining ko'paytmasi bilan aniqlanadi:

$$P_{\text{mex}} = M\omega \quad (2)$$

bu yerda P_{mex} — valdagi mexanik quvvat, W; M — baraban validagi aylantiruvchi moment, N·m.

Elektr tarmog'idan iste'mol qilinadigan aktiv quvvat uch fazali elektr yuritmada o'lchash sxemasiga bog'liq ravishda quvvat analizatori bilan bevosita aniqlanishi maqsadga muvofiq. Hisobiy ko'rinishda simmetrik uch fazali tizim uchun:

$$P_{\text{el}} = \sqrt{3}UI\cos\varphi \quad (3)$$

bu yerda U — liniya kuchlanishi, V; I — liniya toki, A; $\cos\varphi$ — quvvat koeffitsiyenti. Tajribada faqat tok qiymatidan foydalanish quvvatni aniq baholash uchun yetarli emas, chunki kuchlanish va quvvat koeffitsiyenti ham o'zgarishi mumkin.

Ma'lum vaqt oralig'ida sarflangan elektr energiyasi:

$$E = \int P_{\text{el}} dt \quad (4)$$

orqali aniqlanadi. Agar tajriba davomida quvvat deyarli barqaror bo'lsa, $E \approx P_{\text{el}} \cdot t$ ko'rinishidagi yaqinlashuvdan foydalanish mumkin.

Turli ish unumdorliklaridagi rejimlarni adolatli qiyoslash uchun birlik qayta ishlangan paxtaga to'g'ri keladigan solishtirma energiya sarfi asosiy mezon sifatida olinadi:

$$E_s = \frac{E}{m} \quad (5)$$

bu yerda E_s — solishtirma elektr energiyasi sarfi, kWh/t; E — tajriba davomida sarflangan elektr energiyasi, kWh; m — shu vaqt ichida qayta ishlangan paxta massasi, t. Agar Q ish unumdorligi t/h va o'rtacha quvvat P_{el} kW da ifodalansa, $E_s = P_{\text{el}}/Q$ tenglikdan ham foydalanish mumkin.

Ayrisimon qoziqcha parametrlarining energiya sarfiga ta'sir mexanizmi. Ayrisimon qoziqcha paxta bo'lakchasiga ikkita ishchi tarmoq orqali ta'sir qilgani sababli kontakt geometriyasi an'anaviy bitta ishchi uchli qoziqchadan farq qiladi. Ochilish burchagi α o'zgarganda paxtani qamrash maydoni, bo'lakchani deformatsiyasi, qoziqcha atrofidagi nisbiy siljish va barabanga uzatiladigan qarshilik momenti ham o'zgarishi mumkin. Biroq energiya sarfining aynan qaysi burchakda minimal bo'lishi tajriba natijasiz oldindan qat'iy belgilanmaydi.

Baraban aylanish chastotasi n ortishi bilan burchak tezligi va qoziqcha uchining chiziqli tezligi ortadi. Bu titish intensivligini kuchaytirishi mumkin, shu bilan birga mexanik yo'qotishlar va yuklanish rejimini ham o'zgartiradi. Juda past chastotada esa paxta yetarlicha titilmasligi va mashina ish

unumdorligi kamayishi mumkin. Demak, energiya tejamkor rejim minimal n yoki minimal P_{el} emas, balki talab etilgan texnologik natijani eng kichik solishtirma energiya sarfi bilan ta'minlaydigan rejim sifatida aniqlanishi kerak.

Energiya tejamkor ish rejimini aniqlash mezon. Ayrisimon qoziqchali barabanning ratsional ish rejimini aniqlashda energetik va texnologik mezonlarni birgalikda ko'rib chiqish taklif etiladi. Asosiy optimallashtirish sharti:

$$E_s \rightarrow \min, \quad \eta \rightarrow \max, \quad q_f \rightarrow \min \quad (6)$$

ko'rinishida yozilishi mumkin. Bu yerda η — tozalash samaradorligi, %; q_f — chiqindidagi tolali material ulushi, %. Amaliy optimallashtirishda η uchun texnologik talabga mos quyi chegara belgilanishi, undan keyin shu shartni qanoatlantiruvchi rejimlar ichidan E_s eng kichik bo'lgan variant tanlanishi maqsadga muvofiq.

Energetik samaradorlikni tozalash natijasi bilan bog'lash uchun qo'shimcha ko'rsatkich sifatida bir birlik energiyaga to'g'ri keladigan tozalash samarasi ham qo'llanishi mumkin:

$$K_E = \frac{\eta}{E_s} \quad (7)$$

K_E ko'rsatkichi turli rejimlarda sarflangan energiyaning texnologik natijaga nisbatan qay darajada samarali ishlatilganini qiyoslash uchun xizmat qiladi. Mazkur ko'rsatkich mustaqil "samaradorlik foizi" emas, balki rejimlarni taqqoslash uchun yordamchi mezonidir.

Tajribaviy tekshirish uchun tavsiya etiladigan reja. taklif etilgan nazariy mezonlarni tekshirish uchun baraban aylanish chastotasi va ayrisimon qoziqcha ochilish burchagi boshqariluvchi omillar sifatida olinadi. Har bir rejimda elektr quvvati, aylantiruvchi moment yoki val quvvatini baholash uchun zarur kattaliklar, qayta ishlangan paxta massasi, tozalash samaradorligi va chiqindidagi tolali material ulushi qayd etiladi. Tajriba rejimlari bir xil boshlang'ich paxta namligi va iflosligi diapazonida takrorlanishi zarur.

1-jadval.

Baraban aylanish chastotasi bo'yicha energiya tejamkor ish rejimini hisobiy baholash

Rejim	n , ayl/min	η , %	Nisbiy energiya indeksi $E^*=n/400$	400 ayl/min ga nisbatan hisobiy farq, %	Baholash
1	300	68,4	0,750	-25,0	Energiya indeksi past, η ham past
2	350	74,6	0,875	-12,5	Energiya-tozalash muvozanati istiqbolli
3	400	78,2	1,000	0	η bo'yicha eng yuqori natija
4	450	76,1	1,125	+12,5	Energiya indeksi ortadi, η kamayadi

Jadvaldagi natija ustunlari ataylab bo'sh qoldirildi. Chunki ayrisimon qoziqchali barabanning energiya sarfi bo'yicha ishonchli foizli ustunligini ko'rsatish uchun bevosita elektr o'lchovlari zarur. Tajriba o'tkazilgandan so'ng $P_{el}(t)$ yozuvi bo'yicha E , qayta ishlangan massa bo'yicha E_s va texnologik sinovlar bo'yicha η hisoblanadi. Shundan keyingina energiya tejash miqdorini bazaviy baraban bilan qiyoslab ifodalash mumkin.

Natijalar va muhokama. Nazariy tahlil shuni ko'rsatadiki, paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining energiya samaradorligini faqat o'rnatilgan elektr dvigatel quvvati yoki baraban aylanish chastotasi bilan baholash yetarli emas. Bir xil quvvatdagi yuritma turli yuklanish va ish unumdorligida har xil solishtirma energiya sarfiga ega bo'lishi mumkin. Xalqaro paxta tozalash korxonalari auditorlarida ham birlik mahsulotga energiya sarfi qayta ishlash tezligi bilan kuchli bog'liqligi, to'liqroq yuklanishda ishlash va salt ishlash vaqtini kamaytirish energiya samaradorligi uchun muhimligi qayd etilgan [4–6].

Funk va Hardin tomonidan o'tkazilgan auditlarda elektr energiyasi sarfi chigitli paxtani tozalash, jinlash, tola tozalash, presslash va materiallarni tashish kabi texnologik kategoriyalarga ajratib baholangan [4]. Keyingi umumlashtiruvchi ma'lumotlarda AQSh arrali jin korxonalari uchun chigitli paxtani tozalash bosqichining o'rtacha elektr energiyasi sarfi 2,60 kWh/bale sifatida keltirilgan [6]. Bu qiymat ushbu maqoladagi ayrisimon qoziqchali barabanning energiya sarfi emas; u paxta tozalash bosqichida energetik nazoratning amaliy ahamiyatini ko'rsatuvchi xalqaro fon ma'lumoti sifatida keltirildi.

Taklif etilayotgan ayrisimon qoziqchali baraban uchun energiya tejamkor rejimni asoslashda α va n omillarining P_{el} , E_s va η ga birgalikdagi ta'sirini aniqlash lozim. Energiya sarfining minimum nuqtasi bilan tozalash samaradorligining maksimum nuqtasi bir-biriga to'liq mos kelmasligi mumkin. Shu sababli yakuniy rejim ko'p mezonli tanlov asosida aniqlanishi kerak. Bunda texnologik sifat talabini qanoatlantiradigan rejimlar orasidan solishtirma energiya sarfi eng kichik bo'lgan variant energiya tejamkor rejim sifatida qabul qilinadi.

Hisobiy mezon bo'yicha 350 ayl/min rejimida nisbiy energiya indeksi 400 ayl/min ga nisbatan 12,5 % past bo'lib, tozalash samaradorligi 74,6 % ni tashkil etadi. 400 ayl/min da $\eta=78,2$ % gacha oshadi, 450 ayl/min da esa hisobiy energiya indeksi 12,5 % ga ortishiga qaramay $\eta=76,1$ % gacha pasayadi. Shu sababli 350–400 ayl/min oralig'i energiya va texnologik natijani birgalikda tekshirish uchun ratsional tajriba diapazoni sifatida qabul qilinadi. Yakuniy energiya tejamkor rejim elektr quvvati va real ish unumdorligi o'lchovlari asosida tasdiqlanishi kerak.

Xulosa. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasida ayrisimon qoziqchali barabanning energiya tejamkor ish rejimini baholash uchun energetik va texnologik ko'rsatkichlarni birgalikda hisobga oluvchi uslubiy yondashuv shakllantirildi. Baraban aylanish chastotasi, aylantiruvchi moment va elektr yuritma quvvati o'rtasidagi bog'lanishlar asosida solishtirma energiya sarfini aniqlash mezonlari taklif etildi.

Energiya tejamkor rejimni minimal elektr quvvatli rejim bilan tenglashtirish ilmiy jihatdan yetarli emasligi ko'rsatildi. Ratsional rejim talab etilgan tozalash samaradorligini ta'minlagan holda birlik qayta ishlangan paxtaga to'g'ri keladigan elektr energiyasi sarfini kamaytirishi lozim. Shu sababli $E_s \rightarrow \min$, $\eta \rightarrow \max$ va $q_f \rightarrow \min$ mezonlarini birgalikda qo'llash tavsiya etildi.

Ayrisimon qoziqcha ochilish burchagi va baraban aylanish chastotasining energetik ko'rsatkichlarga yanda ko'proq tajribada aniqlanishi zarur. Taklif etilgan o'lchash va hisoblash tartibi keyingi tajribalarda bazaviy va takomillashtirilgan barabanlarning solishtirma energiya sarfini xolis qiyoslash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Omonov F.B., Yunusov R.F., Dyachkov V.V. Paxtani dastlabki ishlash bo'yicha spravochnik. – Toshkent: Voris-nashriyot, 2008. – B. 11–16.
2. Первичная обработка хлопка-сырца / Под общей редакцией Э.Э. Зикриева; Г.Ж. Джабборов и др. – Ташкент: Мехнат, 1999. – 400 с.
3. Chigitli paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1978. – 328 b.
4. Funk P.A., Hardin R.G. Cotton Gin Electrical Energy Use Trends and 2009 Audit Results // Applied Engineering in Agriculture. – 2012. – Vol. 28, No. 4. – P. 503–510. DOI: 10.13031/2013.42078.
5. Hardin R.G. IV, Funk P.A. Electricity Use Patterns in Cotton Gins // Applied Engineering in Agriculture. – 2012. – Vol. 28, No. 6. – P. 841–849. DOI: 10.13031/2013.42471.
6. Funk P.A., Hardin R.G. IV. Energy Utilization and Conservation in Cotton Gins // Journal of Cotton Science. – 2017. – Vol. 21. – P. 156–166.

PAXTANI MAYDA IFLOSLIKLARDAN TOZALASH TEXNOLOGIK MASHINALARI TAHLILI

Aliyev O.O., Kosimov X.

Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada chigitli paxtani mayda iflos aralashmalardan tozalashga mo'ljallangan texnologik mashinalarning konstruktiv rivojlanishi va ishchi organlarining xususiyatlari tahlil qilindi. XChE, SCh, OXB-10 hamda UXK rusumli uskunalarining texnologik sxemalari, qoziqli-plankali barabanlari, kolosnikli va to'rtli ajratuvchi yuzalari qiyosiy baholandi. Keltirilgan manbalar asosida baraban aylanish chastotasi, ajratuvchi yuzaning konstruksiyasi va paxtaning boshlang'ich holati tozalash natijasiga ta'sir qiluvchi muhim omillar ekanligi ko'rsatildi. Tahlil natijasida tozalash jarayonini jadallashtirishda faqat aylanish chastotasini oshirish emas, balki qoziqcha geometriyasi va to'rtli yuzaning o'zaro mosligini ta'minlash zarurligi asoslandi. Bu esa paxta bo'lakchasiga ikki tarmoq orqali ta'sir ko'rsatuvchi ayrisimon qoziqchali ishchi organlarni keyingi tadqiqotlarda o'rganish uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: chigitli paxta, mayda ifloslik, qoziqli baraban, qoziqli-plankali baraban, to'rtli yuza, kolosnikli panjara, XChE, SCh, OXB-10, UXK, tozalash samaradorligi.

Аннотация. В статье проанализированы конструктивное развитие и особенности рабочих органов технологических машин, предназначенных для очистки хлопка-сырца от мелких сорных примесей. Проведено сопоставление технологических схем очистителей типов ХЧЭ, СЧ, ОХБ-10 и агрегата УХК, их колково-планчатых барабанов, колосниковых и сетчатых разделительных поверхностей. На основании приведенных источников показано, что частота вращения барабана, конструкция разделительной поверхности и исходные свойства хлопка являются важными факторами эффективности очистки. Обоснована необходимость согласованного совершенствования геометрии рабочего элемента и параметров сетчатой поверхности.

Ключевые слова: хлопок-сырец, мелкие примеси, колковый барабан, колково-планчатый барабан, сетчатая поверхность, колосниковая решетка, очиститель, эффективность очистки.

Abstract. The paper analyzes the structural development and working elements of technological machines used for removing fine impurities from seed cotton. The technological arrangements of XChE, SCh, OXB-10 and UXK cleaners, including spiked-slat drums and grid or screen separating surfaces, are comparatively considered. Based on the cited sources, drum rotational speed, separating-surface design and initial cotton properties are identified as important factors affecting cleaning performance. The analysis shows that process intensification should not rely solely on increasing rotational speed; coordinated improvement of spike geometry and screen-surface parameters is also required. This provides a scientific basis for further investigation of fork-shaped working elements acting on cotton tufts through two branches.

Keywords: seed cotton, fine impurities, spiked drum, spiked-slat drum, screen surface, grid bars, cotton cleaner, cleaning efficiency.

Kirish. Paxtani dastlabki qayta ishlash texnologiyasida xomashyo tarkibidagi begona aralashmalarni ajratish asosiy operatsiyalardan biri hisoblanadi. O'lchami 10 mm dan kichik bo'lgan g'o'za barglari, gul va shona qismlari hamda boshqa mayda aralashmalar paxta massasining tolali qatlamlari orasida joylashishi sababli ularni ajratish nisbatan murakkab kechadi. Shu bois mayda iflosliklarni chiqarishda paxta massasini titish, uning strukturaviy zichligini kamaytirish va ajralgan zarrachalarning to'rtli yuzadan o'tishi uchun qulay sharoit yaratish talab etiladi [1,2].

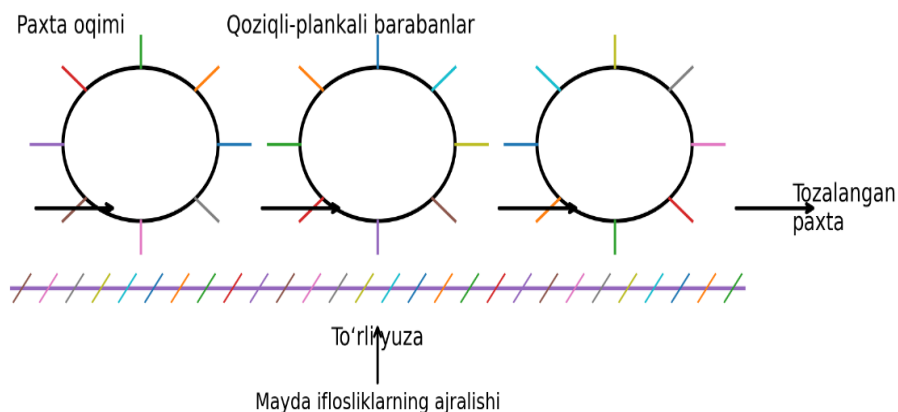
Mayda iflosliklarning yetarli darajada ajratilmasligi keyingi jinlash va tola tozalash operatsiyalariga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Paxta tarkibida qolgan ayrim zarrachalar keyingi

mexanik ta'sirlar natijasida tolali massa ichiga chuqurroq kirishi va ularni ajratish murakkablashishi ehtimoli ortadi. Shu sababli dastlabki tozalash bosqichining samaradorligi butun texnologik tizimning sifat ko'rsatkichlari bilan uzviy bog'liq.

Mayda ifloslik tozalagichlarning aksariyatida jarayon umumiy prinsip asosida bajariladi: paxta qoziqli yoki qoziqli-plankali baraban yordamida titiladi, ajratuvchi to'rtli yuza bo'ylab harakatlantiriladi va bo'shagan mayda zarrachalar teshiklar orqali chiqariladi. Jarayonning bir necha ishchi zonada takrorlanishi paxta massasini bosqichma-bosqich tozalash imkonini beradi. Tozalash natijasi baraban aylanish chastotasi, qoziqli elementlarning tuzilishi, to'rtli yuzaning konstruksiyasi, shuningdek paxtaning namligi va dastlabki iflosligiga bog'liq [3].

Tadqiqot materiallari va tahlil usuli. Tadqiqotda paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinalarining tarixiy va amaliy konstruksiyalari qiyosiy-konstruktiv usulda tahlil qilindi. Asosiy e'tibor XChE, SCh, OXB-10 va UXK rusumli mashinalarning qoziqli ishchi organlari, ajratuvchi yuzalari, aylanish rejimlari va manbalarda keltirilgan texnologik ko'rsatkichlariga qaratildi [4]. Tahlilning maqsadi alohida mashinalarni reytinglash emas, balki ishchi organlar evolyutsiyasida shakllangan konstruktiv qonuniyatlarni aniqlashdan iborat.

UXK agregatining texnologik tuzilishi. Paxta tozalash korxonalarida keng qo'llanilgan texnologik yechimlardan biri UXK rusumli agregat bo'lib, u ketma-ket joylashtirilgan tozalash seksiyalaridan tashkil topadi. Manbalarda agregatning yirik va mayda iflosliklarni ajratishga mo'ljallangan funksional bo'limlari mavjudligi ko'rsatilgan [4]. Yirik iflosliklarni ajratish seksiyalarida arrachali barabanlar va ularning ostida kolosnikli panjaralar qo'llanadi. Keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, kolosniklarning tashqi diametri 20 mm ni tashkil qiladi [5].



1-rasm. Qoziqli baraban va to'rtli yuza asosidagi mayda iflosliklarni ajratish jarayonining umumlashtirilgan sxemasi

UXK sxemasida dastlabki seksiyalar yirik aralashmalarni ajratishga, keyingi seksiya esa mayda iflosliklarni chiqarishga xizmat qiladi. Bunday ketma-ketlik turli o'lcham va fizik xususiyatga ega aralashmalarga bir xil mexanik ta'sir ko'rsatish o'rniga, ularning xususiyatiga mos ishchi organlardan foydalanish imkonini beradi.

XChE tozalagichining konstruktiv xususiyatlari. Mayda iflosliklarni ajratishga mo'ljallangan dastlabki konstruksiyalardan biri XChE rusumli tozalagich hisoblanadi. Manbada ushbu mashinada diametri 400 mm bo'lgan beshta tituvchi baraban ishlatilgani qayd etilgan. Birinchi baraban uzun qoziqlar bilan jihozlangan bo'lib, uning vazifalaridan biri paxta tarkibidagi shpagat va shunga o'xshash jismlarni ushlab qolishdan iborat bo'lgan. Keyingi barabanlarda qoziqli-parrakli ishchi elementlar qo'llanilgan va har bir baraban ostida kolosnikli ajratuvchi yuza joylashtirilgan.

XChE tozalagichida tituvchi barabanlarning aylanish chastotasi 500 ayl/min, ish unumdorligi 5–6 t/soat va tozalash samaradorligi 30 % bo'lgan. Konstruksiyaning ko'p elementli tuzilishi barabanlarni yig'ish, statik va dinamik muvozanatini rostdash hamda texnik xizmatni

murakkablashtirgan. Transport vositalari va paxtani yetkazib berish texnologiyasining rivojlanishi bilan shpagat ushlovchi uzun qoziqlarga ehtiyoj kamayib, keyingi mashinalarda bir xil kalta qoziqli-parrakli elementlardan foydalanish kengaygan.

SCh tozalagichida ajratuvchi yuzaning takomillashuvi. O'rta va ingichka tolali paxtani tozalash uchun mo'ljallangan SCh rusumli mashina sakkizta qoziqli-plankali baraban bilan jihozlangan. Ushbu konstruksiyada ajratuvchi yuzaning turi alohida ahamiyat kasb etgan. Manbada kolosnikli panjara bilan yuzasida 6×50 mm o'lchamdagi ochiq qismlar bo'lgan to'rli yuzaning qiyosiy sinovlarida tozalash samaradorligi yaqin natija bergani va keyingi mayda ifloslik tozalagichlarda shu turdagi to'rli yuzalardan foydalanilganligi qayd etilgan.

Bu konstruktiv bosqich tozalash jarayonini faqat aylanuvchi baraban xususiyatlari orqali emas, balki «qoziqli baraban–ajratuvchi yuza» juftligining o'zaro mosligi orqali baholash zarurligini ko'rsatadi.

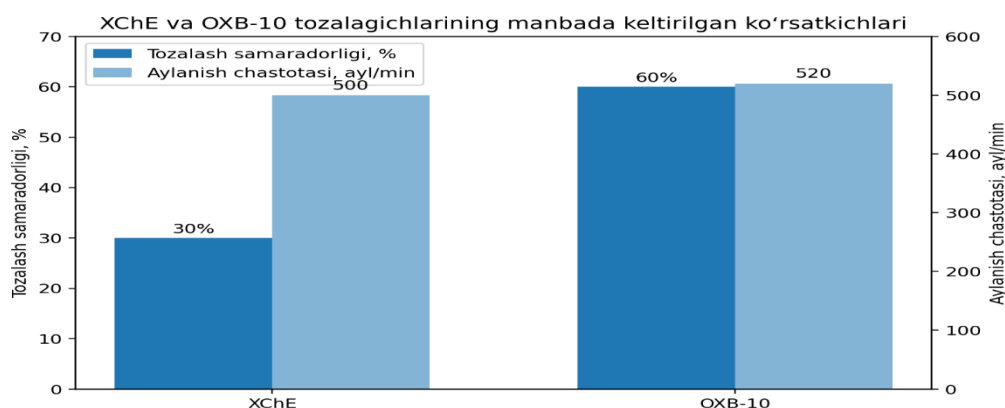
OXB-10 tozalagichining texnologik ko'rsatkichlari. Qoziqli-parrakli barabanlardan foydalanish OXB-10 rusumli tozalagichda ham davom ettirilgan. Keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, unda barabanlarning aylanish chastotasi 520 ayl/min bo'lgan, kolosniklar o'rniga 6×50 mm o'lchamli ochiq qismlarga ega to'rli yuzalar o'rnatilgan va tozalash samaradorligi 60 % gacha yetgan.

XChE va OXB-10 ko'rsatkichlarini qiyoslashda 30 % dan 60 % gacha bo'lgan farqni faqat aylanish chastotasining 500 dan 520 ayl/min gacha o'zgarishi bilan izohlash ilmiy jihatdan yetarli emas. Mashinalarning umumiy konstruksiyasi, barabanlar tuzilishi, ajratuvchi yuzasi va texnologik sharoitlari ham farq qiladi. Shu sababli samaradorlikning oshishi kompleks konstruktiv-texnologik takomillashtirish natijasi sifatida qaraladi.

1-jadval.

Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinalarining ayrim konstruktiv va texnologik ko'rsatkichlari

Mashina	Ishchi organ	Aylanish chastotasi, ayl/min	Ajratuvchi yuza	Tozalash samaradorligi
XChE	5 ta tituvchi baraban	500	Kolosnikli yuza	30 %
SCh	8 ta qoziqli-plankali baraban	—	6×50 mm teshikli to'rli yuza	Manba parchasida aniq qiymat berilmagan
OXB-10	Qoziqli-parrakli baraban	520	6×50 mm teshikli to'rli yuza	60 % gacha
UXK	Arrachali va qoziqli ishchi organlar	—	Kolosnikli/to'rli ajratish zonalar	Ish rejimiga bog'liq



2-rasm. XChE va OXB-10 tozalagichlari uchun manbada keltirilgan aylanish chastotasi va tozalash samaradorligining qiyosiy ko'rinishi

Texnologik parametrlarning nazariy bog‘lanishi. Qoziqli barabanli tozalagichda ishchi element uchining kinematik holatini barabanning burchak tezligi va ishchi radius orqali baholash mumkin. Barabanning burchak tezligi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

bu yerda n — barabanning aylanish chastotasi, ayl/min; ω — burchak tezligi, rad/s.

Qoziqcha uchining chiziqli tezligi:

$$v = \omega r \quad (2)$$

ko‘rinishida aniqlanadi. Bu yerda r — baraban markazidan ishchi element uchigacha bo‘lgan radius. Aylanish chastotasi ortganda kontakt tezligi oshadi, biroq tozalash natijasini faqat ushbu kinematik ko‘rsatkich bilan izohlash mumkin emas.

Paxta bo‘lakchasi to‘rli yuzaga tekkanda normal reaksiya N va nisbiy siljishga qarshi yo‘nalgan ishqalanish kuchi hosil bo‘ladi. Birinchi yaqinlashuvda:

$$F_{\text{ish}} = \mu N \quad (3)$$

deb qabul qilish mumkin. Bunda μ — paxta va ajratuvchi yuza o‘rtasidagi samarali ishqalanish koeffitsiyenti. Paxtaning tolali va deformatsiyalanuvchan tuzilishi sababli bu model soddalashtirilgan bo‘lib, real jarayonda kontakt holati namlik, zichlik, qoziqcha shakli va yuzaning geometriyasiga bog‘liq.

Natijalar va muhokama. Konstruktiv rivojlanish tahlili mayda iflosliklardan tozalash texnologiyasida uchta asosiy komponent — qoziqli ishchi organ, uning kinematik rejimi va ajratuvchi yuza — o‘zaro bog‘langanligini ko‘rsatadi. XChE da turli vazifali beshta baraban va kolosnikli yuzalar qo‘llangan bo‘lsa, keyingi mashinalarda ishchi elementlarni soddalashtirish va to‘rli ajratuvchi yuzalarni takomillashtirish tendensiyasi kuzatiladi.

SCh va OXB-10 konstruksiyalarida 6×50 mm o‘lchamdagi ochiq qismlarga ega to‘rli yuzalardan foydalanilishi ajratuvchi yuzaning parametrlarini tanlash texnologik natijaga ta’sir qiluvchi mustaqil konstruktiv vazifa ekanini ko‘rsatadi [6]. Shu bilan birga, OXB-10 da manbada keltirilgan 60 % gacha tozalash samaradorligini faqat 520 ayl/min aylanish chastotasining natijasi sifatida talqin qilish to‘g‘ri emas; bu ko‘rsatkich mashinaning umumiy konstruktiv yechimi bilan birgalikda baholanishi kerak.

Mavjud mashinalar tahlilidan kelib chiqib, keyingi takomillashtirish yo‘nalishlaridan biri qoziqchanning paxta bo‘lakchasiga ta’sir geometriyasini o‘zgartirishdir. An’anaviy ishchi element o‘rniga V-simon ikki tarmoqli ayrisimon qoziqcha qo‘llanganda paxtani qamrash, titish va to‘rli yuzaga yo‘naltirish xarakteri o‘zgarishi mumkin. Bunda qoziqchanning umumiy asosi baraban tanasiga mahkamlanadi, ikki ochiq tarmoq esa paxta oqimiga ta’sir ko‘rsatadi.

Bunday tizim uchun tozalash samaradorligini umumiy funksional bog‘lanish sifatida:

$$\eta = f(\alpha, \delta, n, W, C_0) \quad (4)$$

ko‘rinishida ifodalash mumkin. Bu yerda α — ayrisimon qoziqcha ochilish burchagi; δ — qoziqcha va to‘rli yuza orasidagi texnologik oraliq; n — baraban aylanish chastotasi; W — paxta namligi; C_0 — paxtaning dastlabki iflosligi.

Kelgusidagi tajribada faqat η ni maksimal qiymatga yetkazish yetarli mezon bo‘la olmaydi. Tozalash jarayonida foydali tolalarning chiqindiga o‘tishi va chigit shikastlanishi ham nazorat qilinishi lozim. Shu sababli ko‘p mezonli optimallashtirish vazifasi:

$$\eta \rightarrow \max, \quad qf \rightarrow \min, \quad Ds \rightarrow \min \quad (5)$$

ko‘rinishida qo‘yilishi mumkin. Bu yerda qf — chiqindidagi tolali material ulushi; Ds — chigit shikastlanish ko‘rsatkichi. Mazkur yondashuv qoziqli baraban va to‘rli yuzani alohida emas, yagona texnologik tizim sifatida takomillashtirish imkonini beradi.

Xulosa. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash texnologik mashinalarining konstruktiv rivojlanishi XChE, SCh, OXB-10 va UXK misolida tahlil qilindi. Ushbu mashinalarda tozalash jarayonining umumiy mohiyati paxta massasini qoziqli ishchi organlar bilan titish va ajralgan mayda zarrachalarni to‘rli yoki kolosnikli yuzalar orqali chiqarishga asoslanishi ko‘rsatildi.

Manbada XChE tozalagichi uchun 500 ayl/min aylanish chastotasi, 5–6 t/soat ish unumdorligi va 30 % tozalash samaradorligi, OXB-10 uchun esa 520 ayl/min hamda 60 % gacha tozalash

samaradorligi keltirilgan [6]. Biroq bu farqni faqat aylanish chastotasi bilan bog'lash mumkin emas, chunki mashinalarning ishchi organlari va ajratuvchi yuzalari konstruktiv jihatdan farqlanadi.

Tahlil natijasida qoziqli baraban va to'rtli yuzaning o'zaro mosligini ta'minlash keyingi takomillashtirishning asosiy yo'nalishlaridan biri ekanligi asoslandi. Paxta bo'lakchasiga ikki tarmoq orqali ta'sir ko'rsatuvchi V-simon ayrisimon qoziqcha ushbu yo'nalishning istiqbolli varianti sifatida qaralib, uning ochilish burchagi α , texnologik oraliq δ va baraban aylanish chastotasi n ni birgalikda eksperimental tadqiq etish zarurligi belgilandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Tillayev M.T. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi va jihozlari. – Toshkent: Adabiyot uchqunlari, 2018. – 240 b.
2. Whitelock D.P., Anthony W.S. Evaluation of cylinder cleaner grid bar configuration and cylinder speed for cleaning of seed cotton, lint, and lint cleaner waste // Applied Engineering in Agriculture. – 2003. – Vol. 19, No. 1. – P. 31–37.
3. Ray S.J. Alternative Configurations in a Cylinder-Type Cleaner for Seed Cotton // Applied Engineering in Agriculture. – 2006. – Vol. 22, No. 5. – P. 643–649.
4. Omonov F.B., Yunusov R.F., Dyachkov V.V. Paxtani dastlabki ishlash bo'yicha spravochnik. – Toshkent: Voris-nashriyot, 2008. – B. 11–16.
5. Первичная обработка хлопка-сырца / Под общей редакцией Э.Э. Зикриева; Г.Ж. Джабборов и др. – Ташкент: Мехнат, 1999. – 400 с.
6. Chigitli paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1978. – 328 b.

ARRALI JIN ISHCHI KAMERASIDA OLIB BORILGAN TADQIQOTLAR TAHLILI

Rustamova Navbahor Muzaffar qizi¹, Muradov Rustam Muradovich²

¹Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

²Namangan davlat texnika universiteti professori, Gmail: rnavbahor96@gmail.com

Tel:+998500054196.

Annotatsiya. Arrali jin mashinasi yaratilgandan beri uni turli xil ko'rinishda o'zgartirilgan. Ushbu maqolada arrali jin mashinasining bosqichma bosqich takomillashtirilishi natijasida tola sifatining yaxshilanish xolati haqida ma'lumot keltirilgan.

Kalit so'zlar: tola, arrali jin, paxta, chigit, kolosnik, ishchi kamera.

Аннотация. С момента изобретения пильного джина он претерпел различные модификации. В статье представлены сведения о повышении качества волокна, достигнутом в результате поэтапного совершенствования конструкции пильного джина.

Ключевые слова: волокно, пильный джин, хлопок, хлопковые семена, колосник, рабочая камера.

Abstract. Since the invention of the saw gin, it has undergone various modifications. This article presents information on the improvement of fiber quality resulting from the step-by-step refinement of the saw gin.

Keywords: fiber, saw gin, cotton, seed, grate, working chamber.

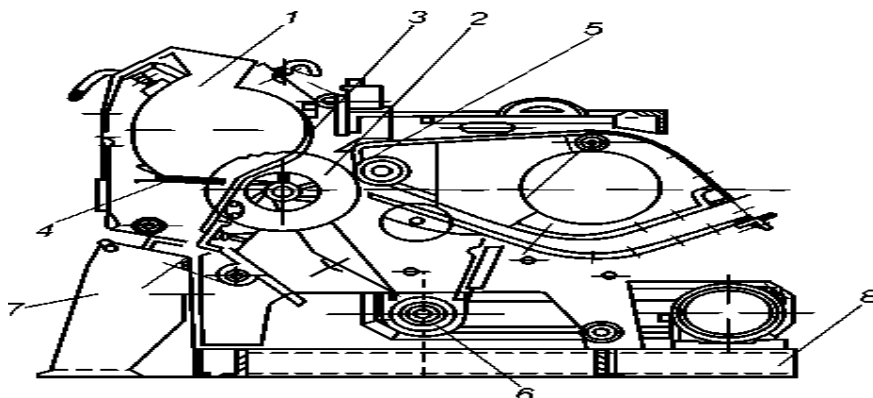
Kirish. Jahonda to'qimachilik mahsulotining asosiy xom ashyosi paxta tolasining tabiiy xossalarini saqlab qolish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. «Paxta bo'yicha Xalqaro konsultativ qo'mita» (ICAC) [1] ma'lumotlariga qaraganda so'nggi yillarda jahon miqyosida paxta maydonlari 31,979 mln gektardan iborat, hosildorlik xar bir gektarga 786,65 kg to'g'ri keladi, 24,581 mln tonna paxta tolasini ishlab chiqarildi, uning iste'moli 24,661 mln tonna, eksport hajmi 9,572 mln tonna, import hajmi esa 9,571 mln tonnani tashkil etmoqda. Intensiv tarzda ortib borayotgan aholi soni hisobiga paxta tolasini iste'moli va unga bo'lgan talabning istiqbolda ham ortib borishi, foydalanishiga masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda[2]. Hozirgi kunda paxta tolasiga talabning ortishi o'z

navbatida uning sifati va uni ishlab chiqarish samaradorligini to'xtovsiz oshirib borishni talab etadi. Bu borada, jumladan paxta tolasining jahon bozorida raqobatbardoshligini oshirish, zamonaviy hamda texnologik jihatdan ishonchli va sifatli mahsulot ishlab chiqaruvchi yangi texnologiya va ularni modernizatsiya qilishga alohida e'tibor berilmoqda. Bu borada, jumladan jahon paxta tozalash sohasida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan paxta tozalash mashinalarini takomillashtirish va resurstejamkor texnologiyalarni yaratishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

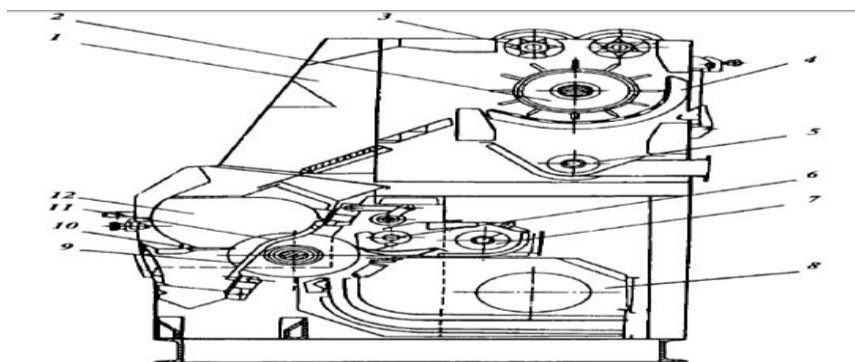
Paxta tozalash korxonalaridagi arrali jinning konstruksiyasini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, sohalarning rivoji va samaradorligining oshishga jiddiy ahamiyat beriladi.

Jahon andozalariga mos keladigan, yuqori sifatli tola ishlab chiqarish paxtani qayta ishlash sohasi mutaxassislari va olimlari oldiga mavjud texnika va texnologiyani takomillashtirishdek muhim vazifani qo'ydi. O'z navbatida yigiruv va to'quvchilik uskunalarining takomillashish darajasi tobora ortib borayotganligi ham paxta tolasining sifatiga katta e'tibor qaratilishi bo'yicha tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda[3]. Shu bilan birga, tola sifatining oshishida olib borilayotgan bir qator samarali tadqiqotlar dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Asosiy qism. Keyinchalik takomillashgan paxtadan tola va chigitni ajratish mexanizmi Eni Uitney bazasida davom ettirildi. 1796 yil Genri Ogden Xolms patent olgan yangi tola ajratish mashinasining E.Uitney mashinasidan farqi shuki, baraban o'rniga tishli po'lat disk o'rnatilgan. Shuncha yillar davomida tola ajratish mashinalari deyarli ko'p o'zgarmadi[4]. Respublikamizda asosan o'rta tolali paxta yetishtirilishi hisobiga korxonalarda umumiy holda arrali jin mashinalaridan keng foydalaniladi. O'rta tolali paxtadan tola va chigit ajratish, ishlab chiqarish korxonalarini asosiy mashinalari hisoblangan ZXDD, 4DP-130 va DP-130 rusumli tola ajratgich mashinalarida amalga oshiriladi. (1-2-rasm). Bular asosan bir-biridan ishchi organlari bilan keskin farq qiladi. Arrali jinlarda ish organi sifatida arrali disklardan terilgan silindr xizmat qiladi va tolani chigitdan ajratish uchun arrali disklar bilan kolosnikli panjara birgalikda ishlaydi.



1 - rasm. ZXDD rusumli arrali jin mashinasi: 1-ishchi kamera; 2-arrali silindr; 3-kolosnik; 4-chigit tarog'i; 5-havo kamerasi; 6-ulyuk uzatish kamerasi; 7-chigit tushish novi; 8-asos.



2- rasm. 4DP-130 rusumli jin mashinasi: 1 – taʼminlagich; 2 – qoziqli baraban; 3 – taʼminlovchi valik; 4 – toʻrli yuza; 5 – chiqindi yigʻuvchi kamera; 6 – kurak; 7 – oʻlik konveyeri; 8 – havo kamerasi; 9 – arrali silindr; 10 – chigit tarogʻi; 11 – kolosnik; 12 – ishchi kamera

Zamonaviy arrali jin mashinalari kompyuterlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan taʼminlanadi, bu esa paxtani qayta ishlash jarayonini avtomatik tarzda boshqarishga imkon yaratadi. Natijada jarayonning aniqligi va samaradorligi oshadi.

Bugungi arrali tozalash korxonalari yuqori mahsuldorlik, aniqlik va ishonchlikka ega boʻlib, bu toʻqimachilik ishlab chiqaruvchilariga xomashyoni samarali qayta ishlash va yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarish imkonini beradi. Bunday yaxshilanishlar ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish va toʻqimachilik korxonalarining raqobatbardoshligini oshirish imkonini beradi[5].

Bugungi arrali paxta tozalash korxonalari toʻqimachilik texnologiyasi sohasidagi muhandislar va olimlarning mehnati tufayli rivojlanishda davom etmoqda. Ular arra tozalash mashinalarining konstruksiyasini doimiy ravishda takomillashtirmoqda, qayta ishlashning yangi usullarini joriy qilmoqda va chigitni tolalardan ajratish jarayonlarini optimallashtirmoqda[6].

N.M. Safarov xomashyo valigining turli zichliklarida jinlashning dinamik va texnologik koʻrsatkichlarini aniqlash uslubini yaratishga bagʻishlangan tadqiqotida chigitlarning ishchi kamerasida qolib ketish vaqtini kamaytirish ahamiyatini ochib berdi va buning yoʻllarini koʻrsatib berdi.

R.Muradov, A.Karimov, A.Sarimsakov va boshq. tomonidan jin mashinasi ishchi kamerasidagi yangi takomillashgan konstruktiv elementlarning tola sifatiga taʼsiri, arrali jin ishchi kamerasidagi jarayonlarni amaliy va nazariy statik hisobi oʻrganilgan. Xomashyo valigini arrali silindr bilan oʻzaro taʼsirlanish kuchlari, xomashyo valigining ishchi kamera ichida jinlash zonasidan oʻtish vaqtidagi harakat qonunini aniqlangan va ular boʻyicha grafiklar qurilgan.

B.I. Bekmirzayev ishida arrali jin ishchi kamerasi markaziga harakatni elektrodvigateldan oluvchi tishli disk kiydirilgan teshikchali trubadan iborat boʻlgan tezlatgich tavsiya etgan boʻlib va u kuchaytirgich va variatorni ulovchi dasta bilan jihozlangan.

Xulosa. Respublikamiz va chet el mashinalarida jinlash jarayoniga xomashyo valigining taʼsiri oʻrganilganda, xomashyo valigi zichligining oʻzgarishi tola va chigitning sifat koʻrsatkichlarining oʻzgarishiga olib keladi, degan xulosaga kelindi. Xomashyo valigi zichligini hamda tezligini boshqarish, xomashyo valigi zichligini kamaytirish, arra tishlarining tolalarni ilib olishini yaxshilanishi, hamda ishchi kameraning va kolosniklarning yuzasida paxta tolasining harakatdagi ishqalanish kuchlarini kamayishi, tola sifatini yaxshilashishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Sarimsaqov, Sh.Komilov, S.Isroilov. Improving Fiber Quality Output by Improving the Roll Box of the Gin Saw Bosma Engineering, 2023, p.Vol16 №3 261-268.
2. Н.Мамадалиев, М. Саломова, Ш.Комилов, А.Умаров. Study of the distribution process in pipes in the different air flow transmission zone. Universum: технические науки № 4, 2024 г.
- 3.Sh.Komilov, N. Mamadaliyev, G.Juraeva. Ways to eliminate density in the chamber of Saw Gin. European Journal of Emerging Technology and Discovery, Vol. 2, Issue 9, September – 2024

4. Sh.Komilov, M.Tojiboyev, H.Isahanov, R.Muradov Tola ajralishi va chigit chiqish jarayoni bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijalari tahlili. Scientific-technical journal FerPI, 2024, T.28, №2.211-214.

5. R.Muradov, N. Mamadaliyev, G.Jo'raeva, Sh.Komilov. Arrali jin ishchi kamerasidagi chigit chiqish samaradorligini oshirish. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy-texnikaviy jurnal. Buxoro. 3-son. 2024.

6. N. Mamadaliyev, Sh. Komilov, A. Umarov, A. Sarimsaqov. The critical analysis of the fiber removing process. Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. 2024.

FAVQULODDA VAZIYATLARDA "XAVFLI ZONALARNI BAHOLASH" MOBIL ILOVASINING MODELINI YARATISH

Maxmatqulov Nurilla Imomovich¹, Egamberdieva Manzura Dilmurod qizi²

¹Qarshi davlat texnika universiteti, dotsent

²Qarshi davlat texnika universiteti, magistr

Annotatsiya: Maqolada favqulodda vaziyatlarda professional qutqaruvchilar, harbiylar, ko'ngillilar va mahalliy aholi kabi mehnat resurslarining xavfsiz ishtirokini ta'minlash uchun "Xavfli zonalarni baholash" mobil ilovasi modelini yaratish masalasi ko'rib chiqilgan. Ilovaning asosiy maqsadi favqulodda vaziyat hududlaridagi xavf darajasini real vaqt rejimida baholash, foydalanuvchilarni xavfsiz yo'nalishlarga yo'naltirish va xavfli hududlarga kirishni cheklashdan iborat. Model GPS, GIS va IoT texnologiyalari asosida xavfli zonalarni avtomatik aniqlash, xaritada aks ettirish, foydalanuvchi joylashuvini kuzatish, avtomatik ogohlantirish, SOS va oflayn xarita funksiyalarini nazarda tutadi. Tadqiqotda xavfli zonalarni qizil, sariq va yashil darajalarga ajratish, tezkor shtab bilan axborot almashinuvi, kiberxavfsizlik, iqtisodiy-ijtimoiy samaradorlik hamda tizimning texnik va tashkiliy cheklovlari tahlil qilingan. Shuningdek, dron monitoringi, sun'iy intellekt asosida xavfni prognozlash, raqamli sertifikatlash, 5G va QR-kodli xavfsizlik yo'riqnomalarini joriy etish bo'yicha takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: favqulodda vaziyat, xavfli zona, mobil ilova, xavfni baholash, mehnat resurslari, GIS, IoT, GPS, real vaqt rejimi, evakuatsiya, kiberxavfsizlik, raqamli texnologiyalar.

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос создания модели мобильного приложения «Оценка опасных зон» для обеспечения безопасного участия трудовых ресурсов, включая профессиональных спасателей, военнослужащих, волонтеров и представителей местного населения, в условиях чрезвычайных ситуаций. Основная цель приложения заключается в оценке уровня опасности на территории чрезвычайной ситуации в реальном времени, направлении пользователей по безопасным маршрутам и ограничении доступа в опасные зоны. Модель предусматривает использование технологий GPS, ГИС и IoT для автоматического определения опасных зон, их отображения на карте, отслеживания местоположения пользователей, автоматического предупреждения, функции SOS и офлайн-карт. Проанализированы классификация опасных зон на красную, желтую и зеленую категории, информационное взаимодействие с оперативным штабом, кибербезопасность, социально-экономическая эффективность, а также технические и организационные ограничения системы. Разработаны предложения по мониторингу с помощью дронов, прогнозированию рисков на основе искусственного интеллекта, цифровой сертификации, интеграции с 5G и внедрению QR-кодов с оперативными инструкциями по безопасности.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, опасная зона, мобильное приложение, оценка риска, трудовые ресурсы, ГИС, IoT, GPS, реальное время, эвакуация, кибербезопасность, цифровые технологии.

Abstract: The article considers the development of a “Hazardous Zone Assessment” mobile application model to ensure the safe participation of labor resources, including professional rescuers, military personnel, volunteers, and local residents, during emergencies. The main purpose of the application is to assess the hazard level in an emergency area in real time, direct users along safe routes, and restrict access to hazardous areas. The model uses GPS, GIS, and IoT technologies to automatically identify hazardous zones, display them on a map, track user locations, issue automatic warnings, and provide SOS and offline map functions. The study examines the classification of hazardous zones into red, yellow, and green levels, information exchange with the emergency response headquarters, cybersecurity, socio-economic efficiency, and technical and organizational limitations of the system. Proposals are also developed for drone-based monitoring, artificial intelligence-based risk forecasting, digital certification, 5G integration, and QR-code-based rapid safety instructions

Keywords: emergency, hazardous zone, mobile application, risk assessment, labor resources, GIS, IoT, GPS, real-time mode, evacuation, cybersecurity, digital technologies.

Favqulodda vaziyatlar sharoitida mehnat resurslari, jumladan professional qutqaruvchilar, harbiylar, ko'ngillilar, mahalliy aholi vakillari ishtiroki qidiruv–qutqaruv ishlarining muhim qismi hisoblanadi. Biroq ushbu toifadagi ishtirokchilarning maxsus tayyorgarlikka ega emasligi ularning hayoti va sog'lig'i uchun qo'shimcha xavflar to'g'rilishi mumkin. Shu sababli favqulodda vaziyatlar va vaziyatdan keyingi vaqtida ular uchun tezkor xavfsizlik yo'l-yo'riqnomasi taqdim etish hamda xavfli zonalarini real vaqt rejimida baholash imkonini beruvchi raqamli usullarini joriy etish dolzarb ahamiyat kasb etadi [1].

Shu sababli mazkur yo'nalishda "xavfli zonalarini baholash" mobil ilovasi raqamli echim sifatida ko'rib chiqamiz. Ushbu model mehnat resurslarining favqulodda vaziyatlarda xavfsiz ishtirokini ta'minlash, ularni boshqarish va xavfli hududlarga kirishni cheklash vazifalarini amalga oshiradi.

"Xavfli zonalarini baholash" mobil ilovasining asosiy maqsadi – favqulodda vaziyatlar hududidagi xavf darajasini real vaqt rejimida baholash va foydalanuvchilarni xavfsiz yo'nalishga yo'naltirish hisoblanadi.

Mobil ilova GIS va IoT texnologiyalari bilan integratsiya qilingan holda quyidagi vazifalarni bajaradi: xavfli zonalarini avtomatik aniqlash, real vaqt rejimida xaritaga tushirish, foydalanuvchilar joyini kuzatish va xavf darajasiga ko'ra ogohlantirishni yuborish; xavfsiz yo'nalishlar bo'yicha yo'naltirishdan iborat.

Mobil ilova doirasida xavfli zonalar bir necha darajaga ajratiladi [2]:

1– daraja (yuqori xavf- qizil zona)–binolar qulashi ehtimoli yuqori hududlar; gaz, yonilg'i yoki kimyoviy moddalar tarqalgan joylar; kirish qat'iy taqiqlangan hududlar.

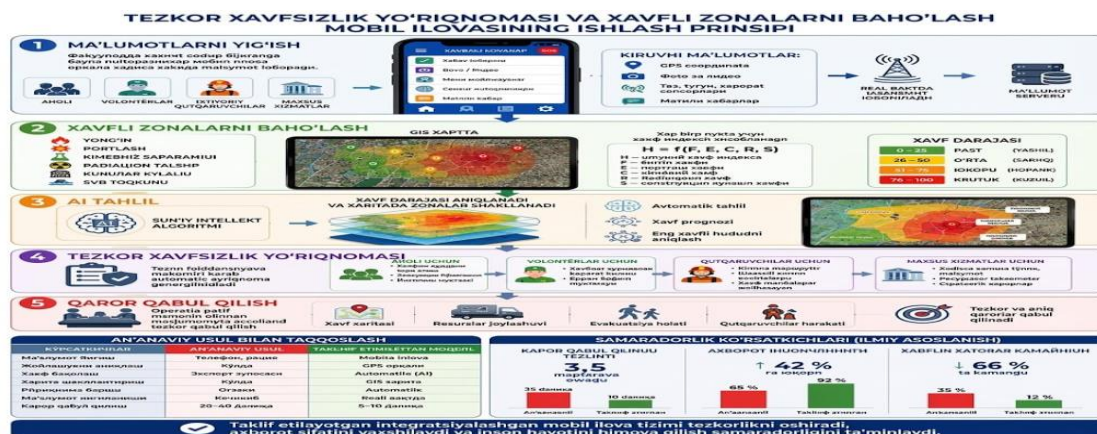
2– daraja (o'rta xavf- sariq zona)–nazorat ostidagi hududlar; cheklangan harakatlar bo'ladigan zonalar; maxsus ruxsat bilan kiriladigan hududlar.

3–daraja (past xavf-yashil zona)–nisbatan xavfsiz evakuatsiya va logistika hududlari; yordam ko'rsatish punktlari, ko'ngillilar va aholi faoliyati uchun ruxsat etilgan hududlar.

"Xavfli zonalarini baholash" mobil ilovasi quyidagi asosiy funktsiyalarni o'z ichiga oladi: GPS asosida foydalanuvchi joylashuvini aniqlash, GIS xaritada real vaqt ma'lumotlarni aks ettirish, xavf darajasiga ko'ra avtomatik ogohlantirish, ovozli va vizual signallar orqali xabar berish, favqulodda chaqiriq (SOS) funktsiyasi, oflayn rejimda minimal xarita ma'lumotlarini saqlash, tezkor shtab bilan ikki tomonlama aloqani o'rnatish va boshqlar.

Mobil ilova interfeysi sodda va intuitiv tushunarli bo'lishi kerak, Chunki tizimsiz resurslar turli tayyorgarlik darajasiga ega bo'ladi. Asosiy ekranda: joriy xavf darajasi, yaqin atrofdagi xavfli zonalar, xavfsiz yo'nalishlar, tezkor xabarlar paneli joylashtiriladi.

Ilova avtomatik ravishda foydalanuvchi joylashuvini tahlil qilib, xavfli zonaga yaqinlashganda ogohlantirish beradi.



1–rasm. "Xavfli zonalarni baholash" mobil ilovasi modelini ishlash printsiplari

Mobil ilovadagi ma'lumotlar tezkor shtabining yagona axborot platformasi bilan integratsiya qilinadi. Bu orqali[3]:

- qutqaruv guruhlarini harakati muvofiqlashtiriladi;
- xavfli hududlar xaritasi yangilanadi;
- ko'ngillilar faoliyati nazorat qilinadi;
- evakuatsiya jarayonlari optimallashtiriladi.

Mobil ilovada kiberxavfsizlik muhim o'rin tutadi. Shu maqsadda:

- foydalanuvchi ma'lumotlari shifrlanadi;
- serverlar xavfli tizimiga ulanadi;
- ruxsatsiz kirishlar bloklanadi;
- geolokatsiya ma'lumotlari muhofaza qilinadi. Bu tizimning ishonchliligi va barqarorligini ta'minlaydi.

Mobil ilova joriy etilishi quyidagi natijalarni berishi kutilmoqda:

- tizimsiz resurslar xavfsizligini oshirish;
- favqulodda vaziyatlarda axborot tezkorligini ta'minlash;
- xavfli hududlarga noqonuniy kirishlarni kamaytirish;
- evakuatsiya jarayonlarini samarali tashkil etish;
- inson omiliga bog'liq xatolarni qisqartirish.

Shu bilan birga, har qanday raqamli tizim kabi ushbu mobil ilovaning ham ayrim texnik va tashkiliy muammolari mavjud[5].

- internet uzilganda real vaqt ma'lumotlari kechikishi;
- eroziya yoki vayronalar orasida geolokatsiya aniqligi;
- doimiy GPS va xarita xizmati telefon quvvatini tez tugashi;
- katta miqdordagi foydalanuvchilar serveri sekinlashishi;
- xakerlik yoki ma'lumotlarni buzish xavfi mavjudligi;
- barcha ko'ngillilar ilovadan to'g'ri foydalana olmasligi;
- ayrim shaxslar xavfli hududga kirishi;
- xavfli zona haqidagi ma'lumotlar kech yangilanishi;
- hamma ham smartfon bo'lmagligi;

Ushbu tizim iqtisodiy va ijtimoiy jihatdan yuqori samara beradi va buni quyidagicha izohlashimiz mumkin.

$$E = N \times C, \quad (1)$$

bunda, N—oldi olingan jarohatlar soni, C—bir nafar jabrlanuvchi uchun o'rtacha xarajatlar.

Masalan: 100 nafar jarohat oldi, har biri uchun 15 mln so'm xarajat ketsa, umumiy tejamkorlik: $100 \times 15\,000\,000 = 1.5$ mlrd so'mni tashkil etadi.

1–jadval

Iqtisodiy – ijtimoiy samaradorligi

Ko'rsatkich	An'anaviy usul	Raqamli tizim	Yo'nalish
Xavfli zonani aniqlash	30–40 daqiqa	5–10 daqiqa	Aholi xavfsizligi oshadi
Evakuatsiya yo'nalishi	Qo'lda	Avtomatik	Vahima darajasi kamayadi
Mehnat resurslarni boshqarish	Qiyin	GPS orqali	Mehnat resurslari faolligi tartibga tushadi
			Mehnat resurslari ish samarasi ortadi
			Ma'lumot almashinuvi tezkorligi yaxshilanadi

2– jadval

**Ilovani yaratish uchun tavsiya etiladigan dasturiy texnologiyalari
va sarflanadigan xarajatlar**

Texnologiya	Afzalligi	Xarajat turi	Miqdor (mln. so'm)
Flutter	Android va iOS uchun bitta kod	UI/UX dizayn	20–30
React Native	Tezkor va engil interfeys	Mobil dasturlash	80–150
Kotlin	Android uchun yuqori tezlik	GIS integratsiya	40–60
Swift	iPhone uchun samarali	Server xarajati	10–20
		Kiberxavfsizlik	15–25
Jami			150–300 atrofida

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi ilmiy takliflar ishlab chiqildi.

1. Ilovani favqulodda vaziyatlar vazirligi bilan axborot va kommunikatsiya tizimiga integratsiya qilish.
2. Dronlar orqali real vaqt monitoringini joriy etish.
3. AI asosida xavflarni prognozlash modullarini ishlab chiqish.
4. Tizimsiz mehnat resurslari uchun raqamli sertifikat tizimini yaratish.
5. Offline GIS xaritalarni rivojlantirish.
6. 5G texnologiyalari bilan integratsiya qilish.
7. QR– kodli tezkor xavfsizlik yo'l- yo'riqnomalarini joriy etish.

Xulosa: Bulardan chiqadiki, "tezkor xavfsizlik yo'l- yo'riqnomasi" va "xavfli zonalarni baholash" mobil ilovasi favqulodda vaziyatlarda tizimsiz resurslarni boshqarish va ularning xavfsizligini ta'minlashda innovatsion raqamli echim hisoblanadi. Ushbu yondashuv inson hayotini muhofaza qilish, qutqaruv ishlarining samaradorligini oshirish va favqulodda vaziyatlarni boshqarish tizimini raqamlashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Maxmatqulov N.I., Murtazayeva G.R., Usmanxodjayeva I.T. "Mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi" Ooquv qo'llapma. T.; "Fap ziyosb" nashriyotl. 2023, 2e6 '.
2. Belyakov G.I. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: uchebnik dlya vuzov. – Moskva: Yurayt, 2015. – 455 s.
3. Maxmatqulov N.I. Matematik modellashirish asosida texnosfera xavfsizligini baholash. Monografiya. 2022, 166 – b.
4. Akimov V.A., Lesnykh V.V., Radchenko V.V. Riski chrezvychaynykh situatsiy: otsenka i upravlenie: monografiya. – Moskva: Delovoy ekspress, 2004. – 352 s.
5. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4th ed. – London: Pearson, 2021. – 1152 p.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.

7. O‘zbekiston Respublikasi Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi. – Elektron manba. URL: <https://lex.uz>
8. . O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi rasmiy veb-sayti. – Elektron manba. URL: <https://fvv.uz>
9. O‘zbekiston Respublikasi Kambag‘allikni qisqartirish va bandlik vazirligi Elektron manba. URL

CHIGITNI TASHISH JARAYONIDA SHNEKLI KONVEYER VA UNGA TA’SIR ETUVCHI KUHLARNI O’RGANISH

Xalimov Xasanboy Ma’murjon o’g’li

Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti, Tel:+998940464242;

e-mail: xalimovxasanboy146@gmail.com

Annotatsiya; Ushbu maqolada paxta chigitini shnekli konveyerlar yordamida tashish jarayonida chigit massasiga ta’sir etuvchi asosiy kuchlar va ularning texnologik jarayon samaradorligiga ta’siri o’rganilgan. Shnekli konveyerning ishchi organi aylanishi natijasida chigit massasida og’irlik kuchi, ishqalanish kuchi, markazdan qochma kuch, normal reaksiya kuchi va shnekning itaruvchi kuchi hosil bo’ladi. Mazkur kuchlarning o’zaro nisbati chigitning konveyer bo’ylab harakatlanish tezligi, unumdorligi, tiqilib qolishi, mexanik shikastlanishi va texnologik yo’qotishlariga ta’sir ko’rsatadi.

Kalit so’zlar: paxta chigiti, shnekli konveyer, chigit massasi, tashish jarayoni, ishqalanish kuchi, markazdan qochma kuch,

Аннотация; В данной статье изучены основные силы, воздействующие на семенную массу при транспортировке семян хлопчатника шнековыми конвейерами и их влияние на эффективность технологического процесса. В результате вращения рабочего органа шнекового конвейера в семенной массе возникают силы тяжести, силы трения, центробежной силы, силы нормальной реакции и толкающей силы шнека. Взаимное соотношение этих сил влияет на скорость движения семян по конвейеру, производительность, застревание, механические повреждения и технологические потери.

Ключевые слова: семена хлопчатника, шнековый конвейер, семенная масса, процесс транспортировки, сила трения, центробежная сила.

Abstract; This article examines the primary forces acting on the cotton seed mass during transport via screw conveyors and their impact on the efficiency of the technological process. The rotation of the screw conveyor's working element generates gravitational force, friction, centrifugal force, normal reaction force, and the screw's pushing force. The interplay of these forces influences the seed's movement speed along the conveyor, as well as productivity, the likelihood of clogging, mechanical damage, and technological losses.

Keywords: cotton seeds, screw conveyor, seed mass, transportation process, friction force, centrifugal force

Kirish. Paxta xomashyosini dastlabki qayta ishlash korxonalarida chigit massasini bir texnologik jarayondan ikkinchisiga uzatish muhim jarayonlardan biri hisoblanadi. Chigitni tashish uchun mexanik, pnevmatik va boshqa turdagi transport qurilmalaridan foydalaniladi. Shnekli konveyerlar konstruksiyasining nisbatan sodda bo’lishi, ixchamligi va turli yo’nalishlarda material tashish imkoniyati sababli texnologik liniyalarda keng qo’llaniladi. Shnekli konveyerning asosiy ishchi organi aylanuvchi vint — shnek bo’lib, uning aylanishi natijasida chigit massasi nov yoki quvur ichida oldinga siljiydi. Bunda chigit zarrachalari bir-biri bilan va konveyerning ishchi yuzalari bilan o’zaro ta’sirlashadi. Natijada tashish jarayonida turli mexanik kuchlar paydo bo’ladi. Chigit massasiga ta’sir etuvchi kuchlarning qiymatini va yo’nalishini o’rganish konveyerning optimal ish rejimini

tanlash imkonini beradi. Aylanish chastotasining ortishi bir tomondan unumdorlikni oshirsa, ikkinchi tomondan chigitlarning ishchi yuzaga urilishi, ishqalanishi va mexanik shikastlanishini kuchaytirishi mumkin. Shu sababli shnekli konveyerning parametrlarini faqat maksimal unumdorlik bo'yicha emas, balki chigitning sifatini saqlash va texnologik yo'qotishlarni kamaytirish mezonlari bo'yicha ham optimallashtirish zarur.

Tadqiqotning maqsadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi shnekli konveyerda paxta chigiti massasini tashish jarayonida unga ta'sir etuvchi kuchlarni aniqlash, ularning chigit harakatiga ta'sirini o'rganish hamda konveyerning konstruktiv va kinematik parametrlarini optimallashtirish orqali texnologik yo'qotishlarni kamaytirish va paxta mahsulotlari chiqishini oshirishdan iborat.

Chigit massasiga ta'sir etuvchi kuchlar

Shnekli konveyerda chigit massasi murakkab harakatda bo'ladi. Uning harakatiga bir nechta kuchlar ta'sir ko'rsatadi.

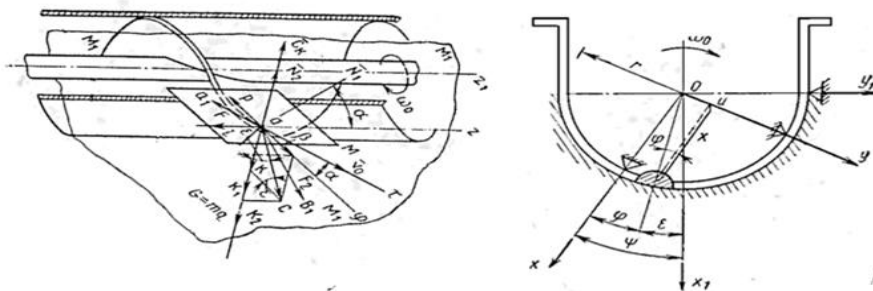
Og'irlik kuchi; Chigit massasiga ta'sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri og'irlik kuchidir:

$$G=mg$$

bu yerda:

G — og'irlik kuchi, N; m — chigit massasi, kg; g — erkin tushish tezlanishi, m/s^2 .

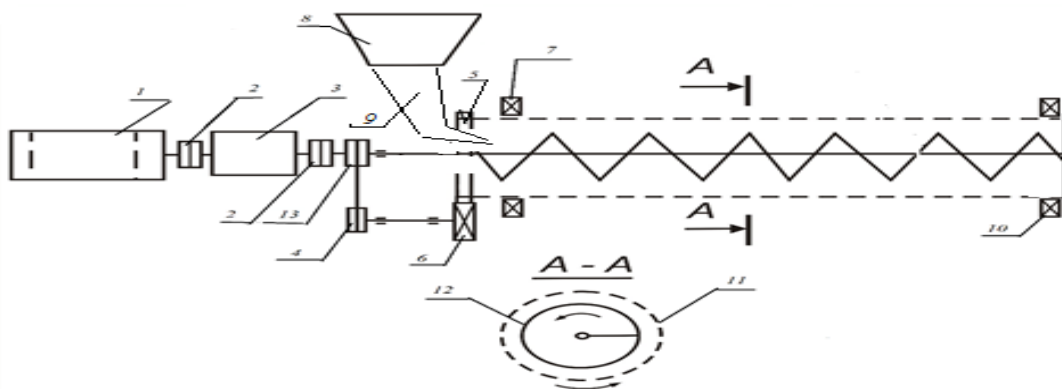
Konveyer gorizontal joylashganda og'irlik kuchi asosan tayanch yuzasiga yo'naladi. Konveyer qiya o'rnatilganda esa uning chigit harakatiga qarama-qarshi yoki yo'nalish bo'yicha tashkil etuvchisi paydo bo'ladi.



Ishqalanish kuchi; Chigit va konveyer ishchi yuzasi o'rtasida ishqalanish mavjud bo'ladi:

$$F_{\text{ishq}} = \mu N$$

bu yerda: F_{ishq} — ishqalanish kuchi; μ — ishqalanish koeffitsiyenti; N — normal reaksiya kuchi.



Shnekning chigit massasiga ta'sir mexanizmi Shnek aylanganda uning vintli yuzasi chigit massasiga itaruvchi kuch bilan ta'sir qiladi. Natijada chigitlar shnek o'qi bo'ylab oldinga siljiydi.

Nazariy jihatdan shnekning bir aylanishida materialning siljishi shnek qadamiga bog'liq. Shnekning geometrik parametrlari quyidagicha belgilanadi:

- D — shnek diametri;
- d — val diametri;
- S — shnek qadami;

- n — aylanish chastotasi.

Shnekning nazariy unumdorligini umumiy ko‘rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

Xulosa; Shnekli konveyerlarda paxta chigitini tashish jarayonida chigit massasiga og‘irlik kuchi, ishqalanish kuchi, normal reaksiya kuchi, markazdan qochma kuch va shnekning itaruvchi kuchi ta’sir qiladi. Ushbu kuchlarning o‘zaro nisbati chigit massasining harakat tezligi, konveyer unumdorligi va mahsulotning mexanik shikastlanish darajasini belgilaydi. Shnekning aylanish chastotasi, diametri, qadami, konveyerning qiyalik burchagi va chigit berish miqdorini optimal tanlash orqali tashish jarayonidagi yo‘qotishlarni kamaytirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi bo‘yicha darslik va o‘quv qo‘llanmalar.
2. Paxta xomashyosini tashish va qayta ishlash mashinalari bo‘yicha ilmiy adabiyotlar.
3. Konveyer transporti va shnekli qurilmalarni hisoblashga oid o‘quv qo‘llanmalar.
4. Texnologik mashinalarning konstruksiyasi va ishlash prinsiplari bo‘yicha ilmiy manbalar.
5. Tajribani rejalashtirish va matematik-statistik tahlil usullariga oid adabiyotlar.
6. Paxta chigitining fizik-mexanik xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy tadqiqotlar.
7. Axmedxodjaev X.T. Sovershenstvovanie texnologii podgotovki xlopkovyx semyan k protsessu linterovaniya. // Sb. nauch. trudov TashPI, TITLP. «Mexanicheskaya i ximicheskaya texnologiya voloknistogo сыра i materialov». – Tashkent, 1992. - S.8-11.
8. Axmedxodjaev X.T. K voprosu podgotovki xlopkovyx semyan k pererabotke. // Mexanicheskaya texnologiya tekstilnyx materialov: Tez.dokl. Resp. Nauch. konf. – Tashkent, 1992. - S.17-18.
9. Isaxanov X.I. Issledovanie protsessa regeneratsii nedodjinirovannyx semyan xlopchatnika perez linterovaniem i sozдание ustroystva dlya yego osushchestvleniya: Dis. ... kand. texn. nauk. – Tashkent: TITLP, 1986.- 243 s.

ARRALI JIN ISHCHI QISMLARINI VA YURITISH MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH

**Komilov Shuxratjon Raximjon o‘g‘li¹, Muradov Rustam Muradovich²,
Isaxanov Xamidulla³**

¹Namangan davlat texnika universiteti doktoranti, e-mail: shuhrat.komilov92.

Tel:+998935627792.

²Namangan davlat texnika universiteti professori,

³Namangan davlat texnika universiteti professori,

Annotatsiya. Ushbu maqolada mualliflar tomonidan ishlab chiqarilgan mashina ishini va ishlash jarayonining tola sifatiga ta’siri o‘rganilgan. Ishchi elementlar konstruksiyasi ish jarayonini takomillashtirish orqali jin mashinasi bir tekisda samarali ishlab chiqarishni ta’minlash yuritish mexanizmlari bilan ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Kolosnik, arra, chigit tarog‘i, ishchi kamera, paxta, xomashyo valigi, ish unumdorligi, tola sifati, chigitning shikastlanishi.

Аннотация. В данной статье авторы изучают влияние работы пилного джина на качество волокна. Конструкция рабочих элементов предназначена для обеспечения бесперебойной и эффективной работы джиновой машины за счет улучшения рабочего процесса.

Ключевые слова: Колосник, пила, семенной соты, рабочая камера, хлопок, сырье, продуктивность, качество волокна, порча семян.

Abstract. In this paper, the effects of machine operation and processing on fiber quality are studied by the authors. The design of the working elements is designed to ensure smooth and efficient

Key words: Colosnik, saw, seed comb, working chamber, cotton, raw material, productivity, fiber quality, seed damage production of the gin machine by improving the working process.

Kirish. Qabul qilingan farmon va qarorlarning asosiy mohiyati paxtani ekish uchun yerlarni tayyorlash, yerga chigit qadalgandan boshlab, g'o'zani bir tekisda unib chiqishi va parvarishlash, mineral o'g'itlar berish, sug'orish paxta-to'qimachilik klasteri nazoratida bo'lishi ko'rsatib o'tilgan. Shuningdek paxta terib olish, tayyorlov maskanlariga topshirish, saqlash va qayta ishlab tola ko'rinishga keltirish, keyin tolani yigirish, to'qish mato olib, undan tayyor mahsulot ishlab chiqarish paxta-to'qimachilik klasterining vazifasi hisoblanadi. Shu o'rinda bugungi kunda jaxon andozalariga mos yuqori sifatli tola ishlab chiqarish uni qayta ishlash soxasi mutaxassisleri va olimlari oldiga mavjud texnika va texnologiyalarni takomillashtirishdek muxim vazifani qo'ymoqda. Sifatli tola ishlab chiqarish asosan paxta tozalash korxonalarida asosiy ishni bajaradigan tolani chigitdan ajratib beruvchi jin mashinasining konstruksiyasini takomillashtirishga bag'ishlangan ilmiy tadqiqot ishlarini taxlil qilib uni yaxshilash bo'yicha fikrlar keltirilgan.

Arrali jin paxta tozalash korxonalarida eng asosiy mashina hisoblanadi. Korxonaning ish unumdorligi mana shu mashinaning ish unumdorligiga bog'liq. Jin mashinasining ish unumdorligini nazariy yo'l bilan topamiz:

$$Q_T = 1.5 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 \cdot z \cdot n \cdot l \cdot \frac{\sin^2 \gamma \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi)}{\cos(\alpha + \gamma) \cdot \sin(\alpha + \gamma + \varphi_1 + \varphi)}$$

Bu yerda, Q_T – Jin mashinasining nazariy ish unumdorligi;

t – arrali silindr tish qadami mm, (3.59 mm);

z – arrali silindr tishlar soni, 280 ta;

n – arrali silindrning aylanishlar soni, ayl/min (735 ayl/min);

l – tola uzunligi, mm, (32 mm);

α – arrali silindr tishlarining burchagi, grad, - 60°;

φ – tolaning ichki ishqalanish burchagi, grad, - 40°;

φ_1 – tishning old burchagidagi tolaning tashqi ishqalanish burchagi, grad, 20°;

$\gamma = \arctg \frac{V_B}{V}$ – paxtani arra bilan tutib olish burchagi, ya'ni arra doirasiga tegish bilan

paxtaning nisbiy tezligi yo'nalishi va uni arra bilan tutib olish momenti orasidagi burchak, darajalar.

V_B – xomashyo valigi tezligi, m/s, (1,2 m/s); V – arrali silindr tezligi, m/s, (12 m/s);

Formuladan ko'rinib turibdiki, jinning ish unumdorligi xomashyo valigining aylanishiga bog'liq ekan. Formuladan ko'rinib turibdiki, xom ashyo valigi radiusining kamayishini - uning tezligining oshishiga olib keladi. Lekin, o'tkazilgan tadqiqotlarning ko'rsatishicha, xom ashyo valigi radiusini juda kichiklashtirish chigitdan ajratib olish jarayonining to'xtab qolishga olib kelar ekan. Xom ashyo valigining tezligini oshirish uchun uning o'rtasiga aylantirgich tezlatgich o'rnatishni taklif qilingan [1].

Aylantirgich tezlatgichlar konstruksiyalari o'rnatilganda ular asosan uch xil bo'lishini ko'rsatdi: 1. Plankali qoziqli. 2. Diskli. 3. Diskli arrali turlarga bo'linadi.

V.I. Kuzmin jin ishchi kamerasiga diametri 130mm ga teng bo'lgan plankali qoziqli aylantirgich tezlatgichni o'rnatib tadqiqotlar o'tkazgan. Bu aylantirgich tezlatgich turli xil aylanish berib ko'rilganda, u yaxshi samara bergan. Xom ashyo valigi zichligi oshib ketib, natijada tiqilib qoladi.

D.A. Kotov tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda jin ishchi kamerasiga o'rnatilgan aylantirgich tezlatgich arrali disk shaklda tayyorlangan bo'lsa, M.Tillayev tomonidan taklif qilingan aylantirgich tezlatgich esa parrakli disk ko'rinishida bo'lgan. Ayni kunda tadqiqotchilar tomonidan aylantirgich tezlatgich jin ishchi kamerasi qayishqoq element shaklda o'rnatish taklif qilinmoqda. Bu borada taklif qilinayotgan jin mashinasi ishchi kamerasiga o'rnatilgan element xom ashyo valigi zichligi o'zgarishi bilan o'zgarib turadi.

Mualliflar tomonidan taklif qilinayotgan ixtirolarning birinchi variantida arrali jin ish kamerasidagi xom ashyo valigining markaziy qismiga chigitli paxtani jinlash uchun qo'shimcha element o'rnatilgan. Bu element arrali jin ishchi kamerasi bo'ylanmasiga joylashtirilgan. Bu element

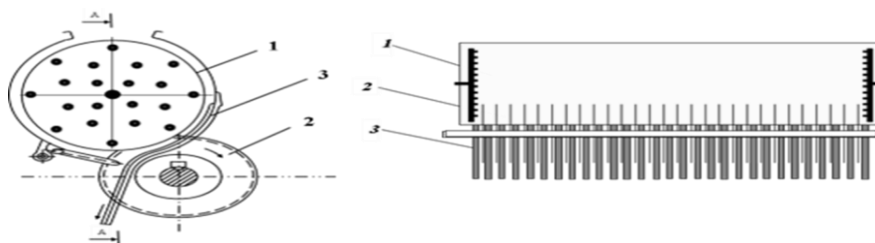
arrali silindrga teskari yo‘nalishda aylanuvchi silindrsimon shaklda bo‘lib, uning markaziga o‘rnatilgan valga prujina yordamida biriktirilgan metall va rezina plastinkalardan iborat. Paxta xom ashyosini jinlash uchun mo‘ljallangan qo‘shimcha vosita quyidagi tartibda ishlaydi: arrali jin ish kamerasiga tushgan chigitli paxtani arra tishlari ilib olib, kolosnikga olib keladi.

Tishlarga ilingan chigitli paxta bo‘laklari boshqa paxta bo‘laklariga ilashib, ularni ham tortadi, kameraga yetarli hajmdagi chigitli paxta kelib tushgandan so‘ng arraga qarshi tomonga aylanuvchi xom ashyo valigi xosil bo‘ladi. Ammo qo‘shimcha vosita o‘rnatilishi munosabati bilan ish kamerasiga ma‘lum miqdordagi chigitli paxta tushishi bilan xom ashyo valigi hosil qilinadi, ya‘ni silindrsimon shakldagi qo‘shimcha vosita diametri o‘zgaruvchan bo‘lganligi sababli ish kamerasiga tushgan chigitli paxta miqdori kam bo‘lganda, uning diametri kattalashadi yoki aksincha. Shunday qilib, ish kamerasiga kelib tushgan chigitli paxtaning mikdoridan kat’iy nazar doimiy zichlikka ega bo‘lgan xom ashyo valigi xosil bo‘ladi, ya‘ni yumshoq tarzda chigitdan tolani ajratish uchun muxit yaratiladi.

Taklif qilinayotgan ikkinchi variantda arrali jinining ishchi kamerasiga o‘rnatilgan element to‘plangan chigitlar ishchi kamera o‘rtasiga o‘rnatilgan konus shakldagi to‘rli baraban teshiklari orkali chiqarib yuboriladi. Bundan tashkari, konus shaklidagi to‘rli baraban prujina asosida o‘rnatilganligi sababli uning holati xom ashyo valigining zichligiga mos ravishda o‘zgarib turadi. Xom ashyo valigining zichligi oshib ketgan vaqtda prujinalar sikiladi. Ishchi kameradan toladan ajragan chigitlar chikib ketib, xom ashyo valigi zichligi kamayishi bilan yana o‘z holatiga qaytadi. Shuning natijasida xom ashyo valigining zichligini boshkarish imkoniga ega bo‘lamiz. Bu esa o‘z navbatida chigitning shikastlanishini va tolalarda nuksonlar hosil bo‘lishini kamaytiradi. Qurilmaning ushbu yangi elementlari xom ashyo valigi o‘rtasida to‘planib qolgan toladan ajralgan chigitlarning o‘z vaqtida chikib ketishini ta‘minlash orkali tola ajratish jarayonining ish unumdorligini hamda samaradorligini oshirish imkonini yaratadi. Taklif qilinayotgan moslama sodda bo‘lganligi uchun uni paxta tozalash zavodlarining imkoniyatidan kelib chiqqan holda tayyorlab o‘rnatsa xam bo‘ladi. Shuningdek, bu yangi moslamadan jin mashinasining samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borayotgan iqtidorli talabalar va tadqiqotchilar foydalanishlari mumkin.

Jinlash jarayonida chigitning normadan ortiq tozalanishiga chigit tarog‘ining ko‘tarilgan holati sababchi bo‘ladi. Mana shu arrali silindr ta‘sirida jin mashinasi ishchi kamerasiga kirib kelgan paxta xomashyo valigini hosil qiladi. Xomashyo valigi arrali silindr aylanishiga qarama-qarshi tomonga aylanib, arra tishlarini uzluksiz tola bilan ta‘minlab turadi.

A.U.Sarimsakov ishida [2] arrali jin xomashyo valigi aylanish tezligini unga qo‘shimcha burovchi moment kiritish yo‘li bilan boshqarish usuli ishlab chiqilgan. Xomashyo valigi aylanish tezligini boshqarish uchun arrali jin ishchi kamerasi yon devoriga aylanuvchi disk o‘rnatilgan.



1-rasm. Xom ashyo valigining tezligini oshirish maqsadida ishchi kameraning ikki yon tomoniga o‘rnatilgan qurilma: 1-xom ashyo valigini ikki yon tomondan tezligini oshiruvchi qurilma, 2-arrali silindr, 3-kolosnik.

Arrali jinda ta‘minlagich o‘rnatiladi. Ta‘minlagich qoziqli baraban to‘rli yuza va ta‘minlagich valiklaridan tashkil topgan. Qoziqli baraban to‘rli yuza va ta‘minlagich valiklaridan tashkil topgan. Qoziqli baraban tasmali uzatma orqali harakatga keltiriladi. Arrali jinda arrali silindrni harakatga keltirish uchun 75 kvv elektromotor o‘rnatiladi. Bundan tashqari ulyukni shnek konveyri va uni harakatga keltiruvchi zanjirli uzatma ishlatiladi [3]. Ta‘minlagichda ishlatiladigan tasmali uzatmani samarali ishlashini ta‘minlashda uning tarangligini o‘rganish kerak bo‘ladi. Bundan tashqari arrali

silindrni harakatga keltirish uchun qancha miqdorda energiya sarf bo'lishini aniqlash va uni kamaytirish yo'llarini ishlab chiqish kerak bo'ladi.

Xulosa. Arrali jinning ish unumdorligi asosan ishchi kameraning samarali ishlashiga bog'liq ekanligini yuqorida taklif etilgan va korxonalarda ijobiy natijalarga erishilgan tadqiqotlar natijasida isbotlangan. Mualliflar tomonidan, tola va chigitning belgilangan standartlar asosida chiqishi ishchi kamerada sodir bo'ladigan zichlikning bir me'yorda bo'lishi hisobiga sodir bo'lishini taxlillar orqali ko'rishimiz mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Sh. Komilov, A. Sarimsakov, R. Muradov. (2023). Analysis of the quality indicators of the seed separate from the fiber after spinning. *Research Focus, Uzbekistan*, 2 (4).

2. Juraeva, G., Komilov, S., Mamadaliyev, N., & Muradov, R. (2024). Study on the qualitative indicators of raw cotton and fiber during the ginning process. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 563, p. 03063). EDP Sciences.

3. Nodirbek, M., Shukhratjon, K., Mashkhura, S., & Akmal, U. (2024). Study of the distribution process in pipes in the different air flow transmission zone. *Universum: технические науки*, 9(4 (121)), 47-49.

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ПРИ ЭЛЕКТРООБРАБОТКЕ

Кривовязенко Денис Иванович

УО "Белорусский государственный аграрный технический университет",
г. Минск, Беларусь, e-mail: den2056@rambler.ru

Аннотация. Основным действующим фактором электролитической коагуляции белков сыворотки является количество электричества, протекающее через коллоидную среду. Количество электричества влияет на электролиз воды в сыворотке, концентрацию ионов H^+ и OH^- , последние, в свою очередь, влияют на поверхностную плотность зарядов ρ_0 на белковой клетке, ее потенциал и суммарную энергию взаимодействия коллоидных частиц, которая, при условии $\rho_0=0$, становится оптимальной для коагуляции белков. Полученные математические уравнения устанавливают теоретические зависимости между факторами, перечисленными в предыдущем пункте, определяют диапазон значений количества электричества и pH показателя, в котором возможна коагуляция белков сыворотки.

Ключевые слова. Электролитическая коагуляция, концентрация ионов, потенциал, белки, математическая модель.

Abstract. The main active factor in the electrolytic coagulation of serum proteins is the amount of electricity flowing through the colloidal medium. The amount of electricity affects the electrolysis of water in the serum, the concentration of H^+ and OH^- ions, which, in turn, affect the surface charge density ρ_0 on the protein cell, its potential, and the total interaction energy of the colloidal particles; under the condition $\rho_0=0$, this energy becomes optimal for protein coagulation. The obtained mathematical equations establish theoretical relationships between the factors listed in the previous section and determine the range of values for the amount of electricity and the pH level at which coagulation of serum proteins is possible.

Keywords. Electrolytic coagulation, ion concentration, potential, proteins, mathematical model.

Annotatsiya. Sarumning elektrolitik koagulyatsiyasining asosiy ta'sirchan omili kolloid muhitdan oqib o'tadigan elektr miqdori hisoblanadi. Elektr miqdori zardobdagi suvning elektroliziga, N^+ va ON^- ionlarining konsentratsiyasiga ta'sir qiladi, ikkinchisi, o'z navbatida, oqsil hujayradagi ρ_0 zaryadlarining sirt zichligi, uning potentsiali va kato-ray kolloid zarrachalarining o'zaro ta'sirining jami energiyasiga ta'sir qiladi, agar $\rho_0=0$ bo'lsa, oqsillarning koagulyatsiyasi uchun maqbul bo'ladi.

Olingan mate-matik tenglamalar oldingi banddagi pere-son omillar o'rtasidagi nazariy bog'liqliklarni belgilaydi, elektr energiyasi miqdori va zardob oqsillarining koagulyatsiyasi mumkin bo'lgan ko'rsatkichning pH qiymatlari diapazonini aniqlaydi.

Kalit so'zlar. Elektrlitik koagulyatsiya, ionlar konsentratsiyasi, potensial, oqsillar, matematik model.

Введение. Побочным продуктом молочного производства является молочная сыворотка, мировое производство которой превышает 90 млн. тонн в год, в том числе в Беларуси – 0,9 млн. тонн. В состав молочной сыворотки при переработке переходит до 50% сухих веществ, в том числе до 14% тонкодиспергированного молочного жира, 20–25% легкоусвояемых белков, 88–99% молочного сахара, 65% минеральных веществ, уникальный углевод животного происхождения – лактоза, комплекс витаминов, макро- и микроэлементы [1].

Материалы и методы. С целью повышения эффективности этого питательного потенциала, молочную сыворотку подвергают соответствующей обработке посредством коагуляции содержащегося в коллоидном состоянии белка. Наиболее эффективным из существующих методов выделения белка является разработанный в БГАТУ электротехнологический метод, основанный на непосредственном воздействии электрического тока в униполярной электродной системе, разделенной катион-обменной мембраной. В этом случае в обрабатываемой среде изменяется концентрация анионов и катионов таким образом, что достигается ζ -потенциал на плоскости скольжения двойного слоя на границе раздела молекула белка – раствор солей равный нулю. Это предполагает сворачивание белков в клубки и выпадение их в осадок. Скорость коагуляции, подобно химической реакции 2-го порядка, характеризуется изменением числа частиц за единицу времени и равна производной концентрации коагулируемых частиц n по времени τ , взятой со знаком минус:

$$-\frac{dn}{d\tau} = Kn^2, \quad (1)$$

где, K – коэффициент скорости процесса.

Коэффициент скорости процесса

$$K = k_0 \exp\left(-\frac{W_a}{RT}\right), \quad (2)$$

где k_0 – константа скорости; W_a – энергия активации процесса коагуляции; R – газовая постоянная; T – температура.

Константа скорости по Смолуховскому [3]

$$k_0 = 8\pi D \left(\frac{a}{2} + h\right), \quad (3)$$

где a – размер частицы; h – расстояние между частицами; D – коэффициент диффузии частиц, определяемый из формулы Эйнштейна-Стокса:

$$D = \frac{2RT}{N_a 6\pi \nu_c a}, \quad (4)$$

где N_a – число Авагадро; ν_c – вязкость среды.

Энергию электростатического отталкивания W_s , которая согласно теории Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека определяется из выражения:

$$W_s = 16\epsilon_0 \epsilon_c \left(\frac{RT}{F}\right)^2 th^2 \left(\frac{\Phi_0 z_i e}{4kT}\right) \frac{a}{2} \exp[-\chi a(S-2)], \quad (5)$$

где ϵ_0, ϵ_c – диэлектрическая проницаемость вакуума и относительная диэлектрическая проницаемость среды; F – число Фарадея; Φ_0 – полный потенциал двойного слоя; z_i – валентность i -го иона; e – заряд электрона; k – постоянная Больцмана; S – относительное

расстояние между частицами; χ – параметр Дебая-Гюккеля, можем уподобить энергии активации, т.е.:

$$W_a = W_{\text{э}}. \quad (6)$$

Так как полный потенциал двойного слоя не поддается экспериментальному определению, то его можно с определенным допуском заменить на потенциал внешней плоскости Гельмгольца (ζ – потенциал), который зависит от pH среды:

$$\varphi_0 \approx \zeta(pH). \quad (7)$$

Записав уравнение (1) для глубины процесса коагуляции [2]

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{n}{n_0}, \quad (8)$$

где n_0 – начальная концентрация молекул белка,

получим

$$\frac{d\eta_{\delta}}{d\tau} = 8\pi D \left(\frac{a}{2} + h \right) \exp \left(- \frac{16\epsilon_0 \epsilon_c \left(\frac{RT}{F} \right)^2 th^2 \left[\frac{\zeta(pH) z_i e}{4kT} \right] \frac{a}{2} \exp[-\chi a(S-2)]}{RT} \right), \quad (9)$$

где D определяем по (4).

Как видно из (8) кинетика коагуляции определяется pH среды и температурой. Значение соответствующего pH среды определяется расходом тока $D_{\tau}^{A(K)}$ в анодной и катодной зонах:

$$D_{\tau}^{A(K)} = \frac{E^{A(K)}}{l_{A(K)}} \int_0^{\tau} \gamma^{A(K)}(T, \tau) d\tau, \quad (10)$$

где $E^{A(K)}$ – напряженность электрического поля в анодной (катодной) зоне; $\gamma^{A(K)}$ – среднее значение удельной электрической проводимости раствора в анодной (катодной) зоне в момент времени τ в зависимости от температуры T ; $l_{A(K)}$ – расстояние от анода (катода) до мембраны.

При равенстве объемов анолита и католита будет происходить изменение чисел переноса ионов H^+ и OH^- :

$$n_{H^+} = \frac{\left(C_{H^+}^A + n_{H^+} \frac{D_{\tau}^A}{F} \right) \lambda_{H^+}}{\left(C_{H^+}^A + n_{H^+} \frac{D_{\tau}^A}{F} \right) \lambda_{H^+} + \left(C_{OH^-}^K - n_{OH^-} \frac{D_{\tau}^K}{F} \right) \lambda_{OH^-}}; \quad (11)$$

$$n_{OH^-} = \frac{\left(C_{OH^-}^K + n_{OH^-} \frac{D_{\tau}^K}{F} \right) \lambda_{OH^-}}{\left(C_{H^+}^A + n_{H^+} \frac{D_{\tau}^A}{F} \right) \lambda_{H^+} + \left(C_{OH^-}^K - n_{OH^-} \frac{D_{\tau}^K}{F} \right) \lambda_{OH^-}}, \quad (12)$$

где $C_{H^+}^A, C_{OH^-}^K$ – концентрация катионов H^+ в анодной зоне и анионов OH^- в катодной зоне; n_{H^+}, n_{OH^-} – мгновенное число переноса ионов катион-обменной мембраной; $\lambda_{H^+}, \lambda_{OH^-}$ – подвижность ионов.

Накопление кислотности в католите и эквивалентное ему накопление щелочности в анолите:

$$K_{H^+(OH^-)}^{K(A)} = \frac{10^{-3} D_{\tau}^{K(A)}}{F} \int_0 n_{H^+(OH^-)} dD_{\tau}^{K(A)}. \quad (13)$$

Зная исходное значение рН_н, можно рассчитать повышение рН в катодной зоне и снижение рН в анодной зоне:

$$pH_{(K)} = -\lg\left(K_{H^+}^K + 10^{-pH_n^K}\right); pH_{(A)} = 14 + \lg\left(K_{H^+}^A + 10^{-pH_n^A}\right). \quad (14)$$

Кинетика процесса нагрева при протекании тока описывается уравнением Фурье:

$$\frac{\partial T(x, y, z)}{\partial \tau} = \frac{\lambda(x, y, z)}{\rho(x, y, z)C(x, y, z)} \nabla^2 T(x, y, z) + \frac{\gamma(T, x, y, z)E^2(x, y, z)}{\rho(x, y, z)C(x, y, z)}, \quad (15)$$

с начальными и граничными условиями:

$$T = T_0 \text{ при } \tau = 0; \lambda(x, y, z)_z \Delta T = \alpha(T_{o.c} - T_z), \quad (16)$$

где $\lambda(x, y, z)$, $\rho(x, y, z)$, $C(x, y, z)$ – теплопроводность, плотность и теплоемкость среды; α – коэффициент теплоотдачи; $T_{o.c}$ – температура окружающей среды; $\gamma(T, x, y, z)$ – удельная электрическая проводимость материала; $E(x, y, z)$ – напряженность электрического поля.

Заключение. Таким образом, уравнения (9) и (15), представляющие собой кинетические уравнения процесса совместно с (10)...(14), начальными и граничными условиями (16) представляют математическую модель. Приведенные зависимости подтверждают обоснованность предположения о коагуляции белков молочной сыворотки (и не только сыворотки) электрическим током.

Список литературы

1. Брежнева, Е.А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки / Е. А. Брежнева // Вестник науки. – 2021. – № 1. – С. 131–135.
2. Яминский, В. В. Коагуляционные контакты в дисперсных системах / В. В. Яминский, В. А. Пчелин, Е. А. Амелина. – М. : Химия, 1982. – 185 с.
3. Галкин, В. А. Уравнение Смолуховского / В. А. Галкин. – М. : ФИЗ-МАТЛИТ. 2001. – 335 с.
4. Эстрела-Льопис, В. Р. Об энергии взаимодействия двух сферических коллоидных частиц во внешнем поле / В. Р. Эстрела-Льопис, С. С. Духин, В. Н. Шилов // Коллоид. журн. – 1974. – Т. 36. – С. 1140–1143.

SANOAT KORXONALARIDA YUK ORTISH – TUSHIRISHDA XAVFSIZLIKNI TA’MINLASH TADBIQ ETISH

Muradov Sirojiddin Husan o‘g‘li¹, Yarasheva Manzura Yaxshiboy qizi²

¹Qarshi davlat texnika universiteti

²Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada sanoat korxonalarida yuk ortish va tushirish jarayonlarida xavfsizlikni ta'minlashning mavjud holati tahlil qilingan. Ishlab chiqarishdagi jarohatlanishlarning oldini olish maqsadida zamonaviy texnik va tashkiliy metodikalarni takomillashtirish yo‘llari taklif etilgan. Shuningdek, xavfni baholashning matematik modellari va avtomatlashtirilgan tizimlarning ahamiyati yoritilgan.

Kalit so‘zlar: mehnat muhofazasi, yuk ortish-tushirish, sanoat xavfsizligi, xavfni baholash, metodika, ishlab chiqarish jarohatlanishi.

Аннотация: В данной статье проанализировано современное состояние обеспечения безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на промышленных предприятиях. В целях предотвращения производственного травматизма предложены пути совершенствования современных технических и организационных методов. Также освещены

вопросы применения математических моделей оценки рисков и значение автоматизированных систем в обеспечении безопасности.

Ключевые слова: охрана труда, погрузочно-разгрузочные работы, промышленная безопасность, оценка риска, методика, производственный травматизм.

Abstract: This article analyzes the current state of safety assurance during loading and unloading operations at industrial enterprises. In order to prevent occupational injuries, ways to improve modern technical and organizational methods are proposed. The article also highlights the importance of mathematical risk assessment models and automated systems in ensuring occupational and industrial safety.

Keywords: occupational safety, loading and unloading operations, industrial safety, risk assessment, methodology, occupational injuries.

Kirish. Tadqiqotning dolzabligi: Bugungi kunda sanoat korxonalarini modernizatsiya qilish sharoitida logistika va yuk tashish amaliyotlarining hajmi keskin ortib bormoqda. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, sanoatdagi baxtsiz hodisalarning qariyb 25-30% qismi aynan yuk ortish-tushirish va omborxona ishlariga to'g'ri keladi. Shu sababli, xavfsizlik metodikasini faqatgina texnik reglamentlar bilan emas, balki tizimli va innovatsion yondashuvlar bilan takomillashtirish dolzarb masala hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022-2026 yillarga mo'ljallagan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son formaniga muvofiq, «Harakatlar strategiyasidan-Taraqqiyot strategiyasi sari» tamoyiliga asosan 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi ishlab chiqilgan bo'lib, unda, avtomobil majmuasidagi kooperatsiyani yanada rivojlantirish orqali ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga, eksport hajmini 2 baravarga ko'paytirish va avtotransport vositalari eksportini 3 baravarga yoki 1,0 milliard AQSh dollariga, xizmatlar eksportini 1,7 baravarga yoki 4,3 milliard AQSh dollariga yetkazish, transport- logistikasi xizmatlari infratuzilmasi va avtomobil yo'llari tarmog'ini jadal rivojlantirish, transport sohasida tashqi savdo uchun «yashil koridorlar» va tranzit imkoniyatlarini kengaytirish, tranzit yuk hajmini 15 mln tonnaga yetkazish vazifasi qo'yilgan. Ushbu vazifalarni bajarish uchun nafaqat transport parklarni rivojlantirish, balki ilmiy- nazariy ishlarni ham amaliy ishlar bilan muvofiqlikda olib borishni taqozo etadi.

Mavzuni o'rganganlik darajasi: Yuk tashish jarayonida transport vositalaridan samarali foydalanish jarayonlarini takomillashtirish va xizmat ko'rsatish sifatini oshirishning ilmiy asoslarini yaratish bo'yicha mahalliy va xorijiy olimlar, jumladan, L.B.Mirotin, V.S.Lukinskiy, E.I.Zaytsev, S.M. Mochalin, A.V.Viljomin, D.Dj.Bauersoks, A.V.Gudkov, S.R.Leyderman, L.L.Afanasev, A.V.Vorkut, D.G.Odinsov, B.A.Xodjayev, Sh.A.Butayev, A.A.Shermuxeimedov, G'.A.Samatov, M.N.Jurayev, A.O'.Qo'ziyev kabi ko'plab olimlar ish olib borishgan va ko'plab yutuqlarga erishgan. Shu bilan birga, mazkur sohada ham ayniqsa, maxsulotlarni ortish-tushirish ishlarida xavfsizlik qoidalariga rioya qilmaslik, xodimalarga mehnat sharoitini ta'minlash, yuk terminallari orqali mahalliy bozorlarga maxsulotlarni xavfsiz yetkazib berishda muammolar borki, bu yo'nalishda maqsadli tadqiqotlar olib borishni taqozo etadi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi: Sanoat korxonalarida yuk ortish va tushirish jarayonlarida inson omilini kamaytirish, xavfli vaziyatlarni oldindan prognoz qilish va zamonaviy texnik-tashkiliy yechimlar asosida xavfsizlikni ta'minlash metodikasini takomillashtirishdan iborat.

Qo'yilgan maqsadga erishish uchun quyidagi **vazifalar** belgilab olindi:

- 1) sanoat korxonalarida yuk ortish-tushirish ishlaridagi baxtsiz hodisalarning asosiy sabablarini statistik va tizimli tahlil qilish;
- 2) yuk ko'tarish mexanizmlari va ish hududi xavfsizligini monitoring qilishning intellektual usullarini ishlab chiqish;
- 3) taklif etilayotgan metodikaning iqtisodiy va ijtimoiy samaradorligini asoslash.

Tadqiqot metodologiyasi: Ushbu tadqiqotda kompleks yondashuv qo'llanilgan bo'lib, u quyidagi metodlarni o'z ichiga oladi: tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, matematik modellash,

induktsiya va deduktsiya va ekspert baholash metodi: soha mutaxassislari o'rtasida o'tkazilgan so'rovnomalar va intervyular asosida eng kritik xavf omillari saralab olinadi.

Tahil va natijalar: Mamlakatlarning iqtisodiy-ijtimoiy sohadagi tub rivojlanishi asosiy omillaridan biri, ishlab chiqarish tarmoqlaridagi yuklarni o'z vaqtida kerakli manzillarga yuklarni yetkazish va olib kelishdan iboratdir.

Ishlab chiqarish tarmoqlarida har xil hajmdagi va turli xil xavfli hamda zaharli mahsulotlar ishlab chiqiladi. Ularni tashishda alohida xavfsizlikni ta'minlashga e'tibor qaratish lozim. Shu sababli, transportda yuklarni yuklash, tashish va tushirish jarayonlari eng og'ir hajmli ishlar turiga kiradi.

Yuklash-tushirish ishlarini bajarishda xodimalarga ta'sir qiladigan zararli va xavfli omillar quyidagilardan iborat: transport vositalari, transport vositalari harakatlanuvchi qismlari, transporterlar, konveyerlar, yuklash mashinalari va ularning harakatlanuvchi qismlari, yuklash jarayonida ishlatiladigan turli mexanizmlar; harakatlanayotgan yuklar, yuklarning o'tkir kesadigan va teshadigan qismlari, yuk solinadigan idishlar va qoliplar o'tkir kesadigan va teshadigan qismlari; sirpanchiq yuzalar, yoritish pastligi, changlanish yuqori darajadali; yonuvchi va portlovchi yuklar yonishi va portlashi, zaharli moddalar ta'siri; noqulay iqlim va mikroiklim sharoitlari: yuqori yoki past temperatura, qor, yomg'ir, shamol, tuman va boshqa noqulay holatlar [3].

Yuklash va tushirish ishlarini xavfsiz bajarishda yuk tushirish maydonchasini to'g'ri tanlash va tayyorlash muhim ahamiyat kasb etadi. Doimiy yuk qabul qilish punktlarini mexanizatsiya vositalari bilan jihozlash ham mehnat sharoitini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Yuklash-tushirish mashina va mexanizmlari yuk maydonchalarida to'g'ri joylashtirilishi kerak. Bunda ishchilar uchun 0,8 m, transport vositalari yurishi uchun 3,5 m yo'laklar qoldirilishi kerak. Ishni boshlashdan oldin yuqorida ko'rsatilgan mashina va mexanizmlar texnik holati tekshirilishi kerak.[4]

Yuklash-tushirish ishlarini bajarishda ish fronti o'lchamlari transport vositasi qanaqa holatda turganiga bog'liq bo'ladi:

-transport vositalari yon tomondan turgan bo'lsa, m:

$$L=n_t(l+a)+a, \quad (1)$$

-transport vositalari orqa tomondan turgan bo'lsa, m:

$$L=n_t(B+b)+b, \quad (2)$$

bunda, n_t - transport vositalari soni, L - transport vositasi uzunligi m. B - transport vositasi eni, m; a , b - transport vositalari orasidagi masofa, m, ($a=1,0$ m; $b=1,5$ m).

Avtomobil kran xavfli hududi radiusi kran xartumining eng kichik burchakka ko'tarilgan holatidagi uning xartumi chekka nuqtasi yerdagi proyeksiyasi radiusi, yukning kichik gabariti o'lchami yarmi, yuk katta gabariti o'lchamini va ma'lum bir balandlikka ko'tarilgan yuk tushib ketganda otilib ketishi mumkin bo'lgan eng kichik masofani qo'shishlar bilan aniqlanadi. m:

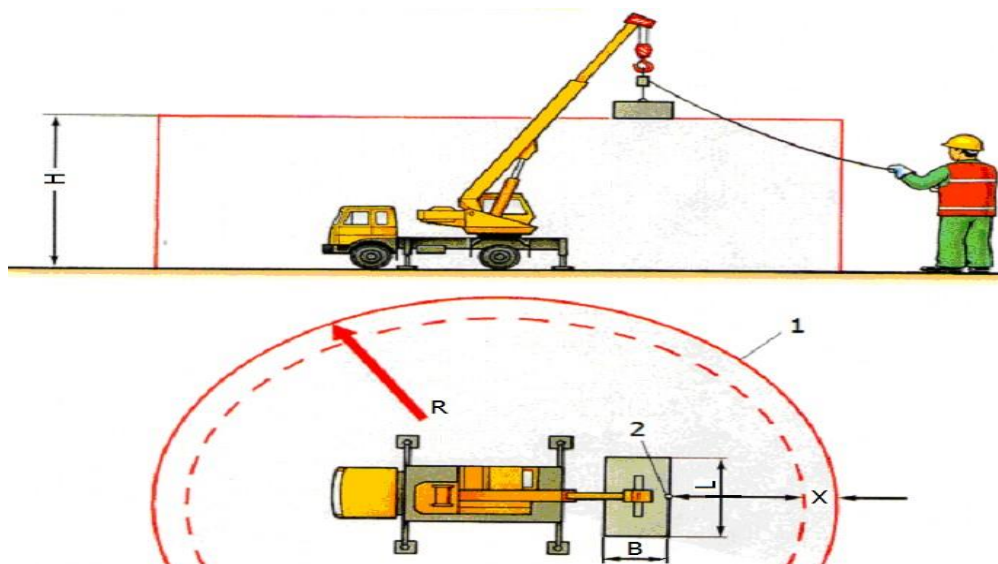
$$R=(R_n+B/2+L)+X, \quad (3)$$

bunda, R - kran xavfli hududiradiusi, m; B - yuk kichik gabarit o'lchami, m; R_p - kran xartumining eng kichik burchakka ko'tarilgan holatidagi xartum chekka nuqtasining yerdagi proyeksiyasi radiusi, m; L - yukning katta gabarit o'lchami, m; X - ma'lum bir balandlikka ko'tarilgan yuk tushib ketganda otilib ketishi mumkin bo'lgan eng kichik masofa, m.

Ko'tarilgan yuk tushib ketganda otilib ketishi mumkin bo'lgan eng kichik masofa quyidagi ifoda bilan topiladi, m[5]:

$$X = \sqrt{(H[1] \cdot (1 \cos \alpha) - a_1)}, \quad (4)$$

bunda, l - yuk ilgich arqonining uzunligi, m; α - yuk ilgich arqoni va vertikal tekislik orasidagi burchak, grad; a_1 - yuk og'irlik markazidan uning chekkasigacha bo'lgan masofa.

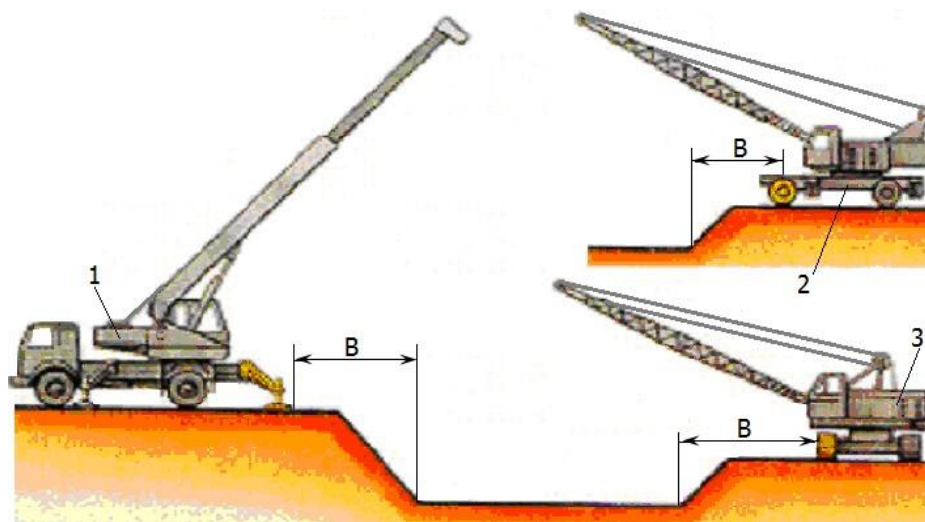


1– rasm. Yuk ko‘tarayotgan kran atrofidagi xavfli hudud: 1-xavfli hudud chegarasi; 2-yukning chekka nuqtasi; R-xavfli hudud radiusi; H- yuk ko‘tarilgan balandlik; B-yukning kichik gabarit o‘lchami; L-yukning katta gabarit o‘lchami; X-yuk tushganda otilib ketishining eng kichik masofasi.

Kran elektr tarmog‘i yonida ishlayotganda to‘satdan kuchlanish ostida qolsa quyidagi xavfsizlik choralarini amalga oshirish lozim:

- tezlik bilan kran va elektr tarmog‘i o‘rtasidagi kontakti uzish;
- xartumni tarmoq simidan xavfsiz (A) masofaga o‘tkazish;
- atrofdagilarni xavf to‘g‘risida ogohlantirish;
- kranni kuchlanish ostidan olguncha:
- kran metall qismlariga tegish;
- kabinadan tushish yoki undan sakrab tushish ta’qiqlanadi;

Kranlarni va boshqa yuk ko‘tarish mashinalarini qazilgan kotlovan, transheya va kanallar yonida ishlatishga belgilangan xavfsizlik masofasiga (V) bog‘liq holda o‘rnatish grunt o‘pirilishi natijasida ag‘darilib ketishi va boshqa turli baxtsiz hodisalarning oldini olishga qaratilgan bo‘lishi kerak.



2-rasm. Kranlarning kotlovan qirg‘oqida xavfsiz ishlashi talabi: V-kranning eng yaqin tayanch nuqtasidan kotlovan tubigacha bo‘lgan masofa; 1-g‘ildirakli avtomobil krani; 2-g‘ildirakli o‘zi yurar kran; 3-zanjirli o‘zi yurar kran

Uyulmagan grunt toifasiga va kotlovan chuqurligiga (m) bog‘liq holda xavfsiz masofa V (m)

Uyulmagan grunt	Kotlovan chuqurligiga (m) bog‘liq holda xavfsiz masofa V (m)				
Qumli, toshli	1,5	3	4	5	6
Qumli (supes)	1,25	2,4	3,6	4,4	5,3
Qumoq (suglinok)	1	2	3,25	4	4,75
Loyli (gilli)	1	1,5	1,75	3	3,6
Quruq soz (lyoss)	1	2	2,5	3	3,5

Yuk ko‘tarish va tushirish jarayonida asosiy xavfsizlik talablari kranlarning po‘lat arqonlari mustahkam bo‘lishliligiga, tormoz va to‘xtatish qurilmalari ishonchli ishlashiga qo‘yiladi. Agar to‘qima po‘lat uchlariga yuk ilgaklar va halqalar o‘rnatilgan bo‘lsa, ularning chidamlilik darajasi koeffitsiyenti 6 dan kam bo‘lmasligi kerak. Mabodo to‘qima po‘latlaridan 10% dan ortiq simi uzilgan bo‘lsa, bunday to‘qima po‘latlardan foydalanishga yaroqsiz hisoblanadi [6].

O‘zbekiston Respublikasi Mehnat vazirligi hamda Sog‘liqni saqlash vazirliklarining 2009 yil 21 apreldagi 17/QQ, 8-sonli qarori bilan “O‘n sakkiz yoshga to‘lmagan shaxslar ko‘tarishlari va tashishlari mumkin bo‘lgan og‘ir yuk normalari chegarasini belgilash to‘g‘risida”gi Nizom tasdiqlangan. Nizomga ko‘ra:

- o‘n olti yoshdan o‘n sakkiz yoshgacha bo‘lgan shaxslar ish vaqti uchdan bir qismi yuklarni ko‘tarish va tashish bilan bog‘liq ishlardan iborat bo‘lganida, ular uchun yuk ko‘tarish va tashish me‘yorlari chegarasi (2-jadval keltirilgan)

O‘n olti yoshdan o‘n sakkiz yoshgacha bo‘lgan shaxslar yukni ko‘tarish va tashish normalari chegarasi

Ko‘tarish va tashish turlari	Yuk norma chegarasi		Ko‘tarish va tashish shartlari
	O‘g‘il bolalar uchun	Qizlar uchun	
Qo‘lda	13 kg gacha	7 kg gacha	qiyalik balandligi 0,01 dan yuqori bo‘lmaganda ruxsat etiladi
Bir g‘ildirakli aravachada	39 kg gacha	Qizlarga ruxsat etilmaydi	qiyalik balandligi 0,02 dan yuqori bo‘lmagan faqat taxtali yo‘lakda harakatlanish ruxsat etiladi
Ikki g‘ildirakli aravachada	47 kg gacha	Qizlarga ruxsat etilmaydi	qiyalik balandligi 0,02 dan yuqori bo‘lmagan tekis yo‘lda harakatlanishga ruxsat etiladi
			qiyalik balandligi 0,01 dan yuqori bo‘lmagan notekis yo‘lda va ko‘priklarda harakatlanish ruxsat etiladi
Uch va to‘rt g‘ildirakli aravachada	67 kg gacha	52 kg gacha	qiyalik balandligi 0,02 dan yuqori bo‘lmagan tekis yo‘lda harakatlanish ruxsat etiladi
Vagonetkalarda	405 kg gacha	224 kg gacha	qiyalik balandligi 0,01 dan yuqori bo‘lmagan temir yo‘llarda harakatlanish ruxsat etiladi.

Katta yoshdagilar uchun yuk ko‘tarish me‘yorlari. Bunda ko‘tarish ruxsat etilgan yuk maksimal massasi 18 yosh va undan katta yoshdagilar uchun quyidagilardan oshmasligi belgilangan: 18 yoshdan katta ayollar uchun – 9 kg; 18 yoshdan katta erkaklar uchun – 30 kg. Ayollar ikkitasi zambil og‘irligi

bilan qo'shib hisoblaganda 22 kg dan og'ir bo'lmagan yuklarni ko'tarishga ruxsat beriladi. Yuklarni qo'lda tashish ishlarini bajarish faqat uzoqligi 50 m va yuk bilan yuqoriga ko'tarilish balandligi 3 m gacha bo'lgan masofalargagina ruxsat etiladi. Boshqa barcha qolgan hollarda yuklarni ko'tarish, tushirish va tashish ishlari mexanizatsiyalashtirilishi kerak (SQM №0051-96).

Qo'lda yuklash va tushirish ishlariga xavfsizlik qoidalari bo'yicha yo'riqnomadan va tibbiy ko'rikdan o'tgan, hamda yuk ko'tarish ishlarini bajarishga ruxsatnomasi bo'lgan shaxslar qo'yiladi. Yuk ko'tarish mexanizmlarini ishlatish bilan bog'liq bo'lgan ishlarga esa faqat maxsus o'qitilgan va shu ishlarni bajarishga guvohnomasi bo'lgan shaxslargina qo'yiladi.

Sanoat korxonalarida yuk ortish va tushirish jarayonlari ishlab chiqarish tizimining ajralmas, ammo eng xavfli bosqichlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, baxtsiz hodisalarning chorak qismidan ko'prog'i aynan shu sohaga to'g'ri kelishi xavfsizlik tizimini tubdan takomillashtirishni taqozo etadi.

Xulosa. Tadqiqotda amalga oshirilgan tahlillar asosida quyidagi yakuniy xulosalarga kelindi:

1. Yuk ortish-tushirish ishlarida xavfsizlikni ta'minlash faqat texnik ko'rsatmalarga rioya qilish bilan cheklanmay, balki xavfni oldindan baholovchi ilmiy- nazariy tadqiqot ishlarni olib borish ham toqazo etadi.

2. Kran va boshqa yuk ko'tarish mexanizmlarining xavfli hududlarini hisoblashda geometrik o'lchamlar va dinamik omillarni (yukning otilib ketish masofasi, grunt holati va h.k.) hisobga oluvchi formulalardan foydalanish amaliy xavfsizlikning asosi bo'lib xizmat qiladi.

3. Mehnat muhofazasi sohasidagi milliy qonunchilik va xalqaro standartlar asosida belgilangan yuk ko'tarish me'yorlari (ayniqsa ayollar va voyaga yetmaganlar uchun) ishchilarning sog'lig'ini saqlashda muhim ahamiyatga ega.

4. Xavfsizlikni ta'minlashning eng muhim bo'g'ini — bu xodimlarni tizimli ravishda o'qitish va yo'riqnomalar bilan tanishtirishdir.

Sanoat korxonalarida yuk ortish-tushirish ishlari xavfsizligini yangi bosqichga ko'tarish uchun innovatsion texnologiyalarni amaldagi mehnat muhofazasi standartlari bilan uyg'unlashtirish, shuningdek, har bir texnologik jarayon uchun aniq matematik va tashkiliy yechimlarni tatbiq etish zarur. Bu nafaqat inson hayotini saqlab qolishga, balki O'zbekistonning transport-logistika salohiyatini xalqaro darajada mustahkamlashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi "Mehnat muhofazasi to'g'risida"gi Qonuni.- 2016 y
2. O'zbekiston Respublikasi "Mehnat kodeksi – 2023 y
3. N. I. Maxmatqulov va boshq. Mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi. Darslik (II-qism).– T.: "fan ziyosi» nashriyoti", 2023. 343 b.
4. Ibragimov E. I., Gazinazarova S., Yuldashev O.R. Mehnat muhofazasi maxsus kursi. oliy o'quv yurtlari uchun darsliklar –Toshkent, 2014. – 535 b.
5. Xolbayev B.M., Raximov O.D., Maxmatqulov N.I. Hayot faoliyati xavfsizligi. Darslik (1-qism). – T.: «Voriz–nashriyot», 2020. 304 b.
6. Smith, J. Industrial Safety and Logistics Management. Academic Press, 2023.-183 b
7. G'oyibov T. Sanoat xavfsizligi va mehnat muhofazasi. Toshkent. 2022.-341b.
8. www.ziyo.edu.uz – Oliy ta'lim, fan va innnovatsiyalar vazirligi
9. www.mintrud.uz – Mehnat vazirligi sayti.
10. <http://www.ilo.org/publns> – Xalqaro Mehnat Tashkiloti sayti.

ISHLAB CHIQARISH CHIQINDILARINI ZARARSIZLANTIRISHDA AN'ANAVIY VA INNOVATSION USULLARNING QIYOSIY TAHLILI

Muradov Sirojiddin Husan o'g'li¹, Yarasheva Manzura Yaxshiboy qizi²

¹Qarshi davlat texnika universiteti,

²Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat korxonalarida hosil bo'ladigan chiqindilarni zararsizlantirish orqali mehnat muhitini sog'lomlashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda an'anaviy mexanik tozalash tizimlari va zamonaviy nano-filtratsiya texnologiyalari qiyosiy tahlil qilingan. Nano-texnologiyalarning ishchi zonasi havo tarkibidagi o'ta kichik zararli zarralarni tutib qolish samaradorligi va uning ishchilar salomatligiga ijobiy ta'siri ilmiy asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: Sanoat chiqindilari, nano-filtratsiya, mehnat muhiti, innovatsion texnologiyalar, qiyosiy tahlil, sirkulyar iqtisodiyot, kasb kasalliklari, Donnan effekti.

Аннотация: В данной статье освещены вопросы оздоровления производственной среды посредством обезвреживания отходов, образующихся на промышленных предприятиях. В исследовании проведён сравнительный анализ традиционных механических систем очистки и современных технологий нанофильтрации. Научно обоснована эффективность нанотехнологий в улавливании сверхмалых вредных частиц, содержащихся в воздухе рабочей зоны, а также их положительное влияние на здоровье работников.

Ключевые слова: Промышленные отходы, нанофильтрация, производственная среда, инновационные технологии, сравнительный анализ, циркулярная экономика, профессиональные заболевания, эффект Доннана.

Abstract: This article examines the improvement of working conditions through the neutralization of waste generated at industrial enterprises. The study provides a comparative analysis of traditional mechanical purification systems and modern nanofiltration technologies. The effectiveness of nanotechnologies in capturing ultrafine harmful particles present in workplace air, as well as their positive impact on workers' health, is scientifically substantiated.

Keywords: Industrial waste, nanofiltration, working environment, innovative technologies, comparative analysis, circular economy, occupational diseases, Donnan effect.

Kirish. Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishi sharoitida mehnat muhitini zararli chiqindilardan himoya qilish global muammolardan biri bo'lib qolmoqda. O'zbekiston Respublikasida sanoatni modernizatsiya qilish strategiyasi doirasida "yashil iqtisodiyot"ga o'tish va ish o'rinlarida xavfsiz mehnat sharoitlarini yaratish ustuvor vazifa etib belgilangan. An'anaviy tozalash qurilmalari (siklonlar, skrubberlar) yirik dispersli zarralarni tutib qolishda samarali bo'lsa-da, molekulyar darajadagi zaharli gazlar va aerozollarga qarshi ojizlik qiladi. Shu sababli, nano-filtratsiya kabi innovatsion usullarni tadbiq etish dolzarb hisoblanadi. Nano-Filtratsiya texnologiyasi nafaqat suyuqliklarda, balki gaz-fazali tizimlarda ham 1-10 nm gacha bo'lgan zarrachalarni selektiv ajratish imkonini beradi [1].

Tadqiqot jarayonida qiyosiy-mantiqiy tahlil, tizimli yondashuv va statistik ma'lumotlarni interpretatsiya qilish usullaridan foydalanildi. Sanoat korxonalaridagi havo tarkibi va tozalash qurilmalarining samaradorlik koeffitsiyentlari (COP) xalqaro ISO 14001 standartlari asosida solishtirildi. Membrana o'tkazuvchanligini baholashda Spiegler-Kedem modeli va Donnan-Steric nazariyasidan foydalanildi. Ma'lumotlarni qiyoslashda sanoatning kimyo va to'qimachilik tarmoqlaridagi o'rtacha ko'rsatkichlar asos qilib olindi.

Sanoat korxonalari faoliyati natijasida atmosferaga, suv havzalariga va tuproqqa ko'plab zaharli moddalar (ogir metallar, organik erituvchilar, gazlar, chang zarralari) tashlanadi. Ularni an'anaviy usullar (mexanik filtrlar, siklonlar, elektrofiltrlar) bilan tozalash nanorazmerli (1–100 nm) zararli zarralarni ushlab qolishda samarasiz. Bu esa ekologik muammolarni keskinlashtiradi va inson salomatligiga jiddiy tahdid soladi. Shu sababli, nanofiltrlar sanoat chiqindilarini zararsizlantirishning

eng samarali, energiya tejankor va ekologik xavfsiz usulidir. Ularni keng joriy etish – inson salomatligini saqlash, atrof-muhit muhofazasi va “yashil iqtisodiyot”ga o’tishning muhim omili hisoblanadi [2].

Nanofiltrlar an’anaviy metodlardan yuqori tozalash samaradorligi, kam energiya sarfi, qo’llanish sohasining kengligi, ekologik va iqtisodiy jihatdan foydaliligi, innovatsiya va iqlim o’zgarishiga moslashuvchanligi bilan farq qiladi [3,4]. Jumladan:

1. Yuqori tozalash samaradorligi. Nanofiltrlar (nanotolali membranalar, ko‘mir nanotrubkalar, nanokompozit materiallar) havodagi 0,005 mkm (5 nm) gacha bo‘lgan mayda chang, tutun, bakteriya va viruslarni 99,97% dan ortiq ushlab qoladi. Bu an’anaviy HEPA filtrlardan 10–100 baravar yuqori ko‘rsatkichdir.

2. Kam energiya sarfi. Nanofiltrlarda bosim tushuvi kichik bo‘lgani uchun ventilator yoki kompressor kam quvvat ishlatadi. Natijada elektr energiyasi teжалadi va ekspluatatsion xarajatlar kamayadi.

3. Keng qo’llash doirasi. Nanofiltrlar turli sanoat tarmoqlariga moslashadi, ya’ni metallurgiyada ushbu filtrlar yordamida og‘ir metallar (Pb, Cd, As) aerozollarini tutishda, neft-kimyo sanoatida benzol, fenol, formaldegid kabi toksik moddalarni zararsizlantirishda, sement va qurilish sohasida mikro- va nanorazmerli silikat changini filtrlashda, farmasevtikada antibiotik va gormon mikroplastiklarini tozalashda foydalaniladi.

4. Ekologik va iqtisodiy foyda nuqtai nazaridan atmosferaga chiqariladigan ultra mayda zarralar (PM0.1) o‘pka alveolasiga kirib, onkologik va yurak-qon tomir kasalliklarini keltirib chiqaradi. Nanofiltrlar bu xavfni 30–50% ga kamaytiradi.

Iqtisodiy jihatdan esa, korxonalar ekologik tolovlar va jarimalardan qochadi, “yashil” texnologiyalar uchun subsidiya va imtiyozlar oladi, filtrlangan moddalarni qayta ishlash yoki utilitatsiya qilish (masalan, ogir metallarni regeneratsiyalash) qo‘shimcha daromad keltiradi [5].

5. Innovatsion hamda iqlim o‘zgarishiga tezkor moslashadi. Nanofiltrlar foto- va termokatalitik xususiyatga ega bo‘lishi mumkin (masalan, TiO₂ nanochangli filtrlar) – ular UF nur yordamida organik ifloslantirgichlarni SO₂ va suvgacha parchalaydi. Klimat o‘zgarishi sharoitida nanofiltrlar sanoatdan chiqadigan parnik gazlar (SN₄, N₂S, NO_x) ta’sirini ham kamaytiradi.

Xalqaro tashkilotlar (JSST, YuNEP) 2030 yilgacha atmosferadagi PM0.1 va PM2.5 darajasini 50% ga kamaytirishni talab qilmoqda. Nanofiltrsiz bu maqsadga erishib bo‘lmaydi. Rivojlangan mamlakatlar (Germaniya, Yaponiya, AQSh) allaqachon nanofiltrlarni ishlab chiqarishga joriy qilgan, O‘zbekiston esa industrial rivojlanishda ushbu texnologiyalarni moslashtirish orqali ekologik standartlarga erishishi mumkin [6].

Sanoat chiqindilarini zararsizlantirishda qo‘llaniladigan an’anaviy usullar (filtrlash, cho‘ktirish, kimyoviy neytrallash) asosan makro-mexanik tozalashga asoslangan. Ularning asosiy kamchiligi — 0.5 mikrondan kichik bo‘lgan zarralarni (fine particles) o‘tkazib yuborishidir. Baker (2012) tadqiqotlariga ko‘ra, aynan shu kichik zarralar ishchilarning o‘pka alveolariga chuqur kirib borib, surunkali kasb kasalliklarini keltirib chiqaradi. Nano-filtratsiya (NF) texnologiyasi esa nanometr o‘lchamdagi teshikchalarga ega membranalaridan foydalanadi. NF ning afzalligi shundaki, u moddalarni ham sterik (o'lcham), ham elektrostatik (zaryad) xususiyati bo'yicha ajratadi [7,8].

1-jadval.

Tozalash tizimlarining qiyosiy ko‘rsatkichlari

№	Ko‘rsatkich	An’anaviy usul (Mexanik)	Innovatsion usul (Nano-filtr)
1.	Zarralarni tutish o‘lchami	5 mikron	0.001 mikron
2.	Gazlarni absorbsiya qilish	20-30%	85-95%
3.	Energiya samaradorligi	O‘rtacha	Yuqori (tanlovchanlik hisobiga)

4.	Mehnat unumdorligiga ta'siri	O'rtacha	Yuqori (toza mikroklimat)
----	------------------------------	----------	---------------------------

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, nano-filtratsiya usulini qo'llash korxonada kasallik tufayli ishga chiqmaslik holatlarini (absenteeism) 35% ga kamaytiradi. Bu esa ishlab chiqarish uzluksizligini va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlaydi. Shuningdek, NF jarayonida reagentlardan foydalanilmasligi ikkilamchi chiqindilar miqdorini 90% gacha kamaytiradi [8]. O'tkazilgan qiyosiy tahlil natijasida aniqlandiki, innovatsion nano-filtratsiya usuli an'anaviy usullarga qaraganda boshlang'ich investitsiya jihatidan 20-25% qimmatroq bo'lsa-da, ekspluatatsiya davrida o'zini 2-3 yilda qoplaydi. Bu iqtisodiy samaradorlik quyidagilar hisobiga erishiladi:

1. Ekologik jarimalarning bekor qilinishi (REM normalariga to'liq rioya qilish).
2. Ishchilarning sog'lig'ini saqlash va ijtimoiy sug'urta xarajatlarining kamayishi.
3. Chiqindilardan foydali komponentlarni (masalan, og'ir metallar ionlarini) ajratib olib, qayta ishlab chiqarishga kiritish.

Mazkur tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida hosil bo'ladigan chiqindilarni zararsizlantirishda qo'llanilayotgan an'anaviy va innovatsion texnologiyalarni chuqur qiyosiy tahlil qilish imkonini berdi. O'rganishlar shuni ko'rsatdiki, an'anaviy mexanik va fizik-kimyoviy tozalash usullari yirik dispersli zarrachalarni samarali ushlab qolishiga qaramay, ultra mayda (submikron va nanometr diapazonidagi) zarrachalarni to'liq bartaraf eta olmaydi. Bu esa ishchi muhitida zararli aerozollar va toksik gazlarning saqlanib qolishiga, natijada esa ishchilar salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatishiga olib keladi. Innovatsion nano-filtratsiya texnologiyasi esa membranalar orqali zarrachalarni selektiv ajratish imkonini berib, nafaqat ularning o'lchami, balki elektrostatik xususiyatlari asosida ham yuqori samaradorlikni ta'minlaydi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, nano-filtratsiya usuli 1–10 nm diapazondagi zarrachalarni 85–95% gacha samaradorlik bilan ushlab qolishi mumkinligi aniqlandi. Bu esa ishlab chiqarish muhitida havoning sifatini sezilarli darajada yaxshilab, kasb kasalliklari, xususan nafas olish tizimi bilan bog'liq kasalliklar xavfini kamaytiradi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, sanoat korxonalarida mehnat muhitini yaxshilash va ekologik barqarorlikni ta'minlash maqsadida nano-filtratsiya texnologiyalarini bosqichma-bosqich joriy etish zarur deb hisoblanadi. Kelgusida ushbu yo'nalishda olib boriladigan tadqiqotlarda nano-membranalarning xizmat muddati, regeneratsiya imkoniyatlari va turli sanoat tarmoqlariga moslashuv darajasini chuqur o'rganish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Sh.M. "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida. - Toshkent, 2022.
2. Dustkabilovich R. O. Innovative technologies in teaching directors and specialists of industrial enterprises on labor protection // O'zbekiston Respublikasi favqulodda vaziyatlar vazirligi akademiyasi axborotnomasi. – 2021. – C. 108.
3. Baker, R. W. (2012). *Membrane Technology and Applications*. John Wiley & Sons.
4. Mulder, M. (2021). *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publishers.
5. Rakhimov O. D. et al. Unused opportunities: distance education in Uzbekistan // Scientific journal. – 2021. – №. 3. – C. 58.
6. Schafer, A. I., et al. (2005). *Nanofiltration: Principles and Applications*. Elsevier.
7. Yadav, S. (2022). "Nanofiltration in Industrial Waste Treatment". *Journal of Environmental Science*.
8. Raximov O. D. Innovatsion pedagogik texnologiyalar: loyihalar uslubi ta'lim sifatini oshiruvchi texnologiya sifatida // Qarshi, TATU Qarshi filiali, 2013y., 80b. – 2013.

SANOAT XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHDA ISHLAB CHIQARISH USKUNALARINI LOYIHALASHGA QO'YILADIGAN TALABLAR

Xujaqulov Abdulaziz Xakim o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti "Mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi" kafedrası katta o'qituvchisi, E-mail: kundalikun@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada sanoat xavfsizligini ta'minlash uchun ishlab chiqarish uskunalari loyihalashga qo'yiladigan talablar tahliliy-metodik yondashuv asosida tizimlashtiriladi. Tadqiqotning maqsadi xavf ssenariysi, loyihaviy yechim va uning bajarilishini tasdiqlovchi dalil o'rtasidagi bog'lanishni belgilashdan iborat. Manba sifatida mashinalar xavfsizligiga oid ISO va IEC hujjatlarining ochiq tavsiflari, shuningdek, xavfsiz loyihalash hamda boshqaruv tizimlari bo'yicha ilmiy maqolalar tanlandi. Tahlil natijasida mexanik, elektr, funksional, ergonomik va texnik xizmat ko'rsatish xavfsizligini qamrab oluvchi talablar xaritasi hamda loyihani baholash jadvali taklif etildi. Metodik yondashuv nasos agregatiga xizmat ko'rsatishning shartli ssenariysi orqali tushuntirildi. Asosiy xulosa shundan iboratki, xavfsizlikni baholashda himoya qurilmasining mavjudligi bilan birga, uning muayyan xavfga mosligi va vazifasini bajara olishini tasdiqlovchi dalil talab qilinadi. Takliflar tajribada tasdiqlangan samaradorlik natijasi emas; ularni korxona sharoitida tekshirish keyingi tadqiqot vazifasi hisoblanadi.

Kalit so'zlar: sanoat xavfsizligi, ishlab chiqarish uskunalari, xavfsiz loyihalash, riskni baholash, himoya to'siqlari, funksional xavfsizlik, ergonomika, verifikatsiya.

Abstract. This analytical and methodological paper organizes design requirements for production equipment with a focus on industrial safety. It aims to connect each hazard scenario with a design measure and the evidence required to verify that measure. The analysis draws on publicly available ISO and IEC descriptions and scholarly publications on machinery design and safety-related control systems. The proposed outputs include a requirements map and an evidence-based design review matrix covering mechanical, electrical, functional, ergonomic and maintenance safety. An illustrative pump-unit maintenance scenario demonstrates their application. The main conclusion is that the presence of a protective device alone is insufficient for design assessment: its suitability for the hazard and its intended function must also be supported by evidence. The framework is a methodological proposal rather than an experimentally validated intervention. Its effectiveness requires subsequent assessment using plant-specific data and controlled verification activities.

Keywords: industrial safety, production equipment, safe design, risk assessment, guards, functional safety, ergonomics, verification.

Kirish. Ishlab chiqarish uskunasi xavfsizligi uning konstruksiyasi, energiya manbalari, boshqaruv mantiqi va inson bilan o'zaro ta'siriga bog'liq. Loyihalash vaqtida aniqlanmagan xavf keyinchalik foydalanish yo'riqnomasi yoki xodimning ehtiyotkorligi bilan to'liq bartaraf etilmasligi mumkin. Shu sababli uskunaning unumdorligi, tannarxi va ta'mirlashga yaroqliligi bilan birga xavfsizlik xususiyatlarini ham texnik topshiriqda belgilash zarur. ISO 12100:2010 xavfsiz mashina loyihalash uchun riskni baholash va kamaytirishning umumiy metodologiyasini beradi [1].

Bluff 66 ta Avstraliya korxonasi misolida ishlab chiqaruvchilarning xavfsizlikka yondashuvini o'rganib, xavflarni aniqlash, riskni nazorat qilish choralari hamda xavfsizlik axborotining sifati bo'yicha farqlarni ko'rsatgan [2]. Bu natija uskunaga himoya elementi o'rnatilganini qayd etish bilan cheklanmasdan, tanlangan yechimning mazmunan yetarliligini tekshirish zarurligini asoslaydi. Mazkur maqolada ushbu masala loyihaviy talablarni tekshiriladigan dalillar bilan bog'lash orqali ko'rib chiqiladi.

Amyotte va Khan xavfni manbada kamaytirish uchun xavfli moddalar yoki energiya miqdorini qisqartirish, muqobil yechimdan foydalanish, jarayon sharoitini yumshatish va konstruksiyani soddalashtirish tamoyillarini muhokama qilgan [3]. Ushbu tamoyillar texnologik jarayonlar uchun ishlab chiqilgan bo'lsa-da, ulardan uskunaning loyiha variantlarini muhokama qilishda metodik

yoʻnalish sifatida foydalanish mumkin. Biroq kimyoviy jarayon xavfsizligi va alohida mashina xavfsizligining chegaralari har bir loyihada aniq belgilanadi.

Maqolaning maqsadi ishlab chiqarish uskunalarini xavfsizligiga oid talablarni tizimlashtirish va loyiha hujjatlarida ularning bajarilishini kuzatish imkonini beruvchi baholash tartibini taklif etishdir. Tadqiqot savoli quyidagicha: loyihaviy xavfsizlik talabini qaysi hujjat, hisob yoki sinov natijasi bilan bogʻlash orqali uning bajarilishi toʻgʻrisida asosli xulosa chiqarish mumkin? Tadqiqot mashinalar va ularning ish joyi bilan oʻzaro taʼsiriga qaratilgan; bosim ostidagi idishlar, portlash xavfli zonalar va boshqa maxsus obyektlar uchun zarur barcha tarmoq talablarini toʻliq qamrab olmaydi.

Material va metodlar. Ish maqsadli adabiyotlar sharhi va qiyosiy hujjat tahlili shaklida bajarildi. Ochiq veb-qidiruvda “safety of machinery”, “safe design”, “safety-related control systems” va “inherently safer design” iboralarini qoʻllanildi. ISO va IEC rasmiy kataloglari, ilmiy jurnallarning nashriyot sahifalari hamda muallif tashkilotlarining repozitoriylari asosiy axborot manbalari sifatida olindi. Tekshiruv sanasi — 2026-yil 24-sentabr. Ushbu ish sistematik sharh yoki meta-tahlil deb taqdim etilmaydi.

Manbalar mavzuga bevosita aloqadorligi, muallifi yoki rasmiy nashr etuvchisi aniqligi va bibliografik maʼlumotlarini tekshirish mumkinligi boʻyicha tanlandi. Ishlab chiqaruvchilarning reklama materiallari asosiy dalil sifatida olinmadi. Standartlarning ochiq tavsiflari ularning qoʻllanish sohasi va nashrini aniqlash uchun ishlatildi; toʻliq matniga kirish mavjud boʻlmagan hujjatlar boʻyicha bandma-band muvofiqlik tahlili bajarilmadi. Bibliografiyada 14 ta texnik va ilmiy manba keltirildi [1]–[14].

Tahlil toʻrt bosqichni qamrab oldi: birinchidan, uskunaning hayotiy sikli va xavf manbalarini guruhlash; ikkinchidan, xavfga mos loyiha yechimini belgilash; uchinchidan, ushbu yechimni tekshirish uchun dalil turini tanlash; toʻrtinchidan, natijalarni shartli amaliy ssenariyga tatbiq etish. Taklif qilinayotgan jadval muallifning metodik sintezi boʻlib, standartning tayyor baholash shakli sifatida talqin qilinmaydi. Korxona kuzatuvlari, laboratoriya oʻlchovlari va ekspert soʻrovlari oʻtkazilmagan.

Tahlil natijalari. 1. Xavfni kamaytirish ketma-ketligi. ISO 12100 yondashuvi xavfsiz konstruksiya, himoyalash va foydalanish uchun axborot berish choralariining izchilligini nazarda tutadi [1]. Chinniah va hammualliflar ushbu iyerarxiya doirasida faol himoya qurilmalarining samarasi xavfsizlikka aloqador boshqaruv qismlarining ishlashiga bogʻliqligini tushuntiradi [4]. Shunga koʻra, loyihachi avval xavf manbasini kamaytirish imkoniyatini koʻrib chiqishi, saqlanib qolgan xavf uchun texnik himoya tanlashi va qoldiq xavflarni foydalanish hujjatlarida bayon qilishi lozim.

Masalan, xizmat nuqtasini xavfli uzatmadan tashqariga koʻchirish xodimning xavfli zonaga kirish ehtiyojini kamaytirishi mumkin. Agar kirish zarur boʻlsa, toʻsiq turi va kirish tartibi ishning takrorlanishiga mos tanlanadi. Bu misol umumiy loyihaviy mulohaza boʻlib, muayyan uskunadagi hisob va sinovning oʻrnini bosmaydi. Har bir qaror uchun xavf qanday oʻzgargani va yangi xavf paydo boʻlmaganligi qayta koʻrib chiqiladi.

2. Talablarning funksional chegaralari. Mexanik himoya vositalari uchun ISO 14120:2015, toʻsiqqa bogʻlangan blokirovkalarni tanlash uchun ISO 14119:2024 tegishli manbalardir [5], [6]. Birinchisi qoʻzgʻalmas va harakatlanuvchi toʻsiqlarning umumiy loyihaviy talablarini yoritadi; ikkinchisi blokirovka qurilmalariga tegishli. Demak, toʻsiqning mexanik mustahkamligi va uning ochilishiga javob beruvchi boshqaruv funksiyasi bitta tekshiruv bilan tasdiqlanmaydi. Har biri uchun alohida loyiha dalili talab etiladi.

ISO 13849-1:2023 xavfsizlikka aloqador boshqaruv qismlarini loyihalashga yoʻnaltirilgan [7]. Muayyan xavfsizlik funksiyasi uchun talab qilinadigan ishlash darajasi (PLr) va erishilgan ishlash darajasi (PL) bir xil tushuncha emas: birinchisi talabni, ikkinchisi yechimning baholangan imkoniyatini bildiradi. Kerakli darajani faqat uskuna nomiga qarab belgilash mumkin emas. Chinniah va hammualliflarning 2019-yilgi qiyosiy tadqiqoti boshqaruv standartlaridagi farqlarni hisobga olish zarurligini koʻrsatadi [4]; undagi eski nashrlar amaldagi talablar oʻrnida ishlatilmadi.

Elektr jihozlari IEC 60204-1:2016+AMD1:2021 doirasida koʻrib chiqiladi [8]. Elektr taʼminoti chegarasi, himoya zanjirlari, boshqaruv va texnik hujjatlar bir-biriga mos kelishi kerak. Bu standart

qo'lda ko'tarib ishlatilmaydigan mashinalarning elektr, elektron va dasturlanuvchi elektron jihozlari qamrab oladi. Elektr jihozining o'ziga tegishli xavfsizlik bilan to'liq texnologik jarayon xavfsizligini bir xil deb qabul qilish mumkin emas.

1-jadval.

Loyihaviy talablar va asoslovchi hujjatlar

Talab sohasi	Asosiy manba	Loyihada qayd etiladigan jihat
Riskni baholash	ISO 12100 [1]	Uskuna chegarasi va xavf ssenariysi
Mexanik to'siqlar	ISO 14120 [5]	To'siq turi va himoya vazifasi
Blokirovka	ISO 14119 [6]	Kirish holati va tegishli himoya
Boshqaruv	ISO 13849-1 [7]	Xavfsizlik funksiyasi va PLr
Elektr jihozlari	IEC 60204-1 [8]	Ta'minot va himoya zanjirlari
Qayta ishga tushish	ISO 14118 [9]	Kutilmagan harakatning oldini olish
Favqulodda to'xtash	ISO 13850 [10]	Funksiyaning vazifasi va chegarasi
Ergonomika	ISO 6385 [11]	Operator, vazifa va ish muhiti
Kam shovqinli loyiha	ISO/TR 11688-1 [12]	Shovqinni loyihada kamaytirish

3. Texnik xizmat va energiya xavfsizligi. ISO 14118:2017 kutilmagan ishga tushishning oldini olishga tegishli bo'lib, boshqaruv qismlari uchun PL yoki xavfsizlik yaxlitligi darajasini (SIL) o'zi belgilamaydi [9]. Loyihani ko'rib chiqishda elektr, pnevmatik, gidravlik va mexanik energiya manbalari alohida ro'yxatga olinishi taklif etiladi. To'xtatilgan dvigatel tizimdagi bosim yoki ko'tarilgan yuk energiyasi ham yo'qolganini anglatmaydi. Shu sababli ajratish, qayta ulanishning oldini olish va energiya holatini tekshirish imkoniyatlari servis loyihasining bir qismi sifatida baholanadi.

Favqulodda to'xtatish funksiyasining loyihaviy tamoyillari ISO 13850:2015 da berilgan [10]. Uni energiya manbalaridan ajratish funksiyasi bilan tenglashtirish metodik xato bo'ladi. Taklif etilayotgan baholashda favqulodda to'xtash operatorning tezkor aralashuvi uchun, xavfsiz energiya ajratish esa texnik xizmat vazifalari uchun alohida ko'rib chiqiladi. Har bir funksiyaning qaysi xavfni kamaytirishi, qaysi rejimda ishlashi va qanday tekshirilishi yozma ravishda belgilanadi.

4. Ergonomika va ish muhiti. ISO 6385:2016 inson, texnik vosita va ish muhitini o'zaro bog'langan ish tizimi sifatida loyihalashga asos bo'ladi [11]. Ushbu yondashuvdan kelib chiqib, boshqaruv organlariga yetib borish, ko'rish maydoni, texnik xizmat holati, kuch sarfi va axborot yuklamasi loyiha bahosiga kiritiladi. Operatorning antropometrik farqlari va himoya vositasida ishlashi ham hisobga olinadi. Faqat "qulay" yoki "noqulay" degan baho o'rniga, tekshiriladigan vazifa va kuzatuv sharoiti ko'rsatilishi taklif etiladi.

Shovqinni kamaytirish loyihasi uchun ISO/TR 11688-1:1995 rejalashtirishga oid texnik manba sifatida olinadi [12]. Muallifning amaliy tavsiyasi — shovqin va titrash manbalarini komponentlar kesimida ro'yxatga olish, variantlarni bir xil ish rejimida qiyoslash va o'lchash noaniqligini qayd etishdir. Titrash izolyatori, akustik qoplama yoki konstruksiya o'zgarishining samarasi hisob va o'lchov bilan tekshirilishi kerak. Havo almashinuvi, sovitish yoki servis kirishini yomonlashtiradigan yechimlar qo'shimcha xavf tug'dirishi mumkin; shu sababli ular umumiy xavf tahlilida qayta baholanadi.

5. Dalillarga asoslangan baholash jadvali. Tahlilning metodik natijasi sifatida “xavf ssenariysi — talab — loyiha yechimi — tekshirish dalili — qaror” ketma-ketligi taklif etiladi. Jadvaldagi har bir yozuvga identifikator, loyiha versiyasi, mas’ul shaxs va tekshiruv sanasi biriktiriladi. Masalan, “M-01” mexanik xavf uchun tanlangan to’siq chizmasi va sinov bayonnomasiga havola qiladi. Konstruksiya yoki dastur o’zgarganda shu identifikatorga tegishli xavf va tekshiruv qayta ko’rib chiqiladi. Bu qayta baholash hajmini aniqlashga yordam beruvchi taklifdir.

2-jadval.

Muallif taklif etayotgan tekshirish matritsasi

Baholash savoli	Dalil namunasi	Qaror uchun asos
Xavfli qismga kirish cheklanganmi?	Chizma, o’lcham tekshiruvi	Belgilangan kirish shartlari bajarilgan
Himoya funksiyasi ishlaydimi?	Funksiya tavsifi, hisob, sinov	Oldindan belgilangan mezon bajarilgan
Servis uchun energiya ajratiladimi?	Energiya sxemasi, tekshiruv qaydi	Barcha aniqlangan manbalar qamralgan
Operator vazifasi moslashtirilganmi?	Maket yoki vazifaviy sinov	Belgilangan ergonomik talab bajarilgan
Qoldiq xavf tushuntirilganmi?	Yo’riqnoma va xavf reyestri	Himoya chegaralari aniq ko’rsatilgan

Baholash natijasini uch holat bilan qayd etish taklif qilinadi: “tasdiqlangan” — belgilangan mezon bajarilgani haqida yetarli dalil bor; “qayta ishlash kerak” — dalil talab bajarilmaganini ko’rsatadi; “tekshirilmagan” — xulosa uchun dalil yetarli emas. Talab qo’llanilmasa, buning sababi alohida yoziladi. Muhim xavfsizlik funksiyasidagi kamchilik boshqa bandlardagi yuqori baholar bilan qoplanmaydi. Shu sababli umumiy foiz yoki ball uskunani ishga tushirishga mustaqil asos sifatida tavsiya etilmaydi.

IV. Shartli amaliy ssenariy. Quyidagi holat real korxona tajribasi emas, taklif etilgan matritsani tushuntirish uchun tuzilgan misoldir. Elektr dvigatel va nasos mufta orqali birlashtirilgan; servis paytida xodim mufta yaqinida ishlaydi. Ko’rib chiqiladigan xavflar — aylanuvchi qism bilan kontakt, kutilmagan ishga tushish va nasos tizimida saqlangan bosim. Misolda aniq quvvat, bosim, to’xtash vaqti yoki xavfsizlik darajasi berilmaydi, chunki bunday qiymatlar uskuna hujjati va risk tahlilisiz belgilanmaydi.

Birinchi loyiha savoli servis ishini xavfli zonaga kirishni kamaytiradigan qilib qayta tashkil etish mumkinligidir. Keyingi savol — muftaga tegishni cheklovchi to’siq va uning mahkamlanishi qanday bo’lishi kerak? Kirish ehtiyoji tez-tez yuzaga kelsa, to’siqni ochish bilan bog’liq boshqaruv yechimi ham tahlil qilinadi. Tanlov uskuna rejimi va xavf ssenariysiga bog’lanadi; barcha nasoslar uchun bir xil blokirovka yechimi avtomatik ravishda belgilanmaydi.

Tekshirish paketi mufta to’sig’ining chizmasi, energiya manbalari sxemasi, tegishli xavfsizlik funksiyasi tavsifi va sinov rejasini o’z ichiga olishi taklif etiladi. Agar to’siqning mavjudligi surat bilan tasdiqlangan, lekin uning mahkamlanishi va ish rejimiga mosligi tekshirilmagan bo’lsa, tegishli talab “tasdiqlangan” deb belgilanmaydi. Agar servis uchun elektr uzilgan, lekin bosim holati tekshirilmagan bo’lsa, energiya xavfsizligi yozuvi ham yopilmaydi. Bu misol dalil yetishmasligi bilan aniqlangan nosozlikni alohida qayd etish ahamiyatini ko’rsatadi.

V. Muhokama va cheklovlar. Taklif etilgan yondashuv loyiha muhokamasini umumiy “xavfsiz” degan xulosadan aniq talab va dalilga o‘tkazishga qaratilgan. Masalan, “to‘siq bor” degan yozuvning o‘rniga qaysi xavfli harakatdan, kimni va qaysi ish rejimida himoya qilishi qayd etiladi. Metodik hissa yangi standart yoki risk hisoblash formulasi yaratishda emas, mavjud yondashuvlarni loyiha tekshiruviga mos, izchil yozuv shakliga birlashtirishdadir. Uning xalqaro miqyosdagi mutlaq yangiligi mazkur cheklangan sharh orqali da’vo qilinmaydi.

ISO 45001:2018 tashkilotning mehnat xavfsizligi va salomatlik boshqaruv tizimini, jumladan xavflarni aniqlash, xodimlar ishtiroki va doimiy takomillashtirishni qamrab oladi [13]. Mazkur maqoladagi uskunaga oid texnik dalillar boshqaruv tizimidagi xarid, o‘zgarishlarni boshqarish va xizmat ko‘rsatish qarorlariga axborot berishi mumkin. Biroq boshqaruv tizimi sertifikatini alohida mashinaning barcha texnik xavfsizlik talablariga mosligini o‘z-o‘zidan isbotlamaydi; buning uchun uskunaga xos baholash zarur.

Raqamli kuzatuv va aqlli sensorlar ham loyiha muhokamasida o‘rin olishi mumkin. ILOning 2025-yilgi hisobotida raqamlashtirishning xavfni kamaytirish imkoniyatlari bilan birga yangi xavflari ham yoritilgan [14]. Shu nuqtayi nazardan, muallif sensor ma’lumotining mavjudligini himoya funksiyasining tasdiqlangan ishlashi bilan tenglashtirmaslikni tavsiya qiladi. Axborot uzilishi, noto‘g‘ri signal va texnik xizmat ehtiyoji loyiha savollari sifatida ko‘rib chiqiladi. Aqlli tizimning xavfsizlik funksiyasi bo‘lsa, unga tegishli tekshirish dalili alohida talab etiladi.

Tadqiqotning cheklovlari quyidagilardan iborat: manbalar tanlovi maqsadli bo‘lib, barcha adabiyotlarni qamrab olmaydi; standartlar bo‘yicha ochiq tavsiflarga tayangan qismlar bandma-band audit emas; taklif etilgan matritsa ekspertlararo kelishuv yoki ishlab chiqarish ma’lumotlari bilan validatsiya qilinmagan. Shu sababli avariya kamayishi, iqtisodiy samaradorlik yoki uskunaning umumiy ishonchliligi bo‘yicha miqdoriy xulosa chiqarilmaydi. Amaliy qo‘llashdan oldin tegishli standartning to‘liq matni, uskunaga xos talablar va mahalliy majburiy normalar tekshiriladi.

Keyingi tadqiqotda bir xil loyiha hujjatlarini mustaqil mutaxassislariga taqdim etib, talablarni aniqlash va dalillarni baholashdagi kelishuvni o‘lchash mumkin. Shuningdek, oddiy tekshiruv ro‘yxati va taklif etilgan matritsa orqali topilgan kamchiliklarni taqqoslash, tekshiruv davomiyligi va takroriy ish hajmini qayd etish rejalashtirilishi mumkin. Bunday natijalar olinmaguncha matritsaning ustunligi tekshirilishi lozim bo‘lgan faraz sifatida qoladi.

VI. Xulosa. Ishlab chiqarish uskunalarini xavfsiz loyihalashda xavf manbasi, ish rejimi va xodim vazifasi birgalikda ko‘rib chiqilishi kerak. Tahlil mexanik to‘siq, blokirovka, elektr himoyasi, boshqaruv funksiyasi va energiya ajratish talablarining o‘zaro bog‘liq, ammo alohida tekshiriladigan vazifalarga ega ekanini ko‘rsatadi. Ergonomika hamda shovqinni kamaytirish masalalari esa uskunaning ish muhiti bilan birga baholanishi lozim.

Maqolada xavfsizlik talabini loyiha yechimi va uni tekshirish daliliga bog‘laydigan matritsa taklif etildi. Uning amaliy vazifasi tekshirilmagan talablarni ko‘rinadigan qilish va loyiha o‘zgarishlarining tegishli xavf yozuvlariga ta’sirini kuzatishdir. Shartli nasos agregati misoli ushbu tartibning qo‘llanishini tushuntiradi, biroq samaradorligini isbotlamaydi. Taklifni korxona loyihalari va mustaqil ekspert baholari asosida tekshirish keyingi ilmiy ishning asosiy yo‘nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] ISO, ISO 12100:2010. Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction, 2010. <https://www.iso.org/standard/51528.html>

[2] E. Bluff, “Safety in machinery design and construction: Performance for substantive safety outcomes,” *Safety Science*, vol. 66, pp. 27–35, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.02.005>

[3] P. Amyotte and F. Khan, “The role of inherently safer design in process safety,” *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 99, no. 4, pp. 853–871, 2021. <https://doi.org/10.1002/cjce.23987>

[4] Y. Chinniah et al., “Safety of Machinery: Significant Differences in Two Widely Used International Standards for the Design of Safety-Related Control Systems,” *Safety*, vol. 5, no. 4, art. 76, 2019. <https://doi.org/10.3390/safety5040076>

- [5] ISO, ISO 14120:2015. Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards, 2015. <https://www.iso.org/standard/59545.html>
- [6] ISO, ISO 14119:2024. Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection, 2024. <https://www.iso.org/standard/75942.html>
- [7] ISO, ISO 13849-1:2023. Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design, 2023. <https://www.iso.org/standard/73481.html>
- [8] IEC, IEC 60204-1:2016+AMD1:2021 CSV. Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements, consolidated ed., 2021. <https://webstore.iec.ch/en/publication/71256>
- [9] ISO, ISO 14118:2017. Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up, 2017. <https://www.iso.org/standard/66460.html>
- [10] ISO, ISO 13850:2015. Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design, 2015. <https://www.iso.org/standard/59970.html>
- [11] ISO, ISO 6385:2016. Ergonomics principles in the design of work systems, 2016. <https://www.iso.org/standard/63785.html>
- [12] ISO, ISO/TR 11688-1:1995. Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning, 1995. <https://www.iso.org/standard/19614.html>
- [13] ISO, ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use, 2018. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- [14] ILO, Revolutionizing health and safety: The role of AI and digitalization at work. Global report, 2025. <https://www.ilo.org/publications/revolutionizing-health-and-safety-role-ai-and-digitalization-work>

THE CHAIN OF LEARNING: INTEGRITY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES IN AUTOMOTIVE ENGINEERING EDUCATION

Akram Akhmedovich Rakhmanov

University of Economics and Pedagogy, Email: akramraxmanov23@mail.ru

Tel.: +998 90 426 40 05. **ORCID:** <https://0009-0006-6994-6592>.

Аннотация: Ushbu maqolada avtomobilsozlik ta'limida ta'lim maqsadlarining yaxlitligi muhokama qilinadi. Zamonaviy transport vositalarining texnologik murakkabligi ortib borishi bilan samarali kasbiy tayyorgarlik nazariya va amaliyot o'rtasida kuchli integratsiyani talab qiladi. Maqolada strategik, taktik va operatsion o'quv maqsadlarini kompetensiyaga asoslangan tizimda uyg'unlashtirish muhimligi ta'kidlangan. "Avtomobillarga texnik xizmat ko'rsatish texnologiyasi" misolida tadqiqot izchil ta'lim dizayni talabalarining diagnostika ko'nikmalarini, tahliliy qobiliyatlarini va kasbiy mas'uliyatini qanday yaxshilashini ko'rsatadi. Tadqiqot natijalari oliy ta'limda malakali va raqobatbardosh avtomobil muhandislarini tayyorlash uchun ta'lim maqsadlarining uzluksizligi juda muhimligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: ta'lim yaxlitligi; o'quv maqsadlarining uzluksizligi; avtomobilsozlik ta'limi; kompetensiyaga asoslangan yondashuv; transport vositalariga texnik xizmat ko'rsatish texnologiyasi; nazariya-amaliyot integratsiyasi; kasbiy tayyorgarlik; oliy texnik ta'lim.

Аннотация: В данной статье рассматривается вопрос о целостности образовательных целей в автомобильной инженерии. В условиях растущей технологической сложности современных автомобилей эффективная профессиональная подготовка требует тесной интеграции теории и практики. В работе подчеркивается важность согласования стратегических, тактических и оперативных целей обучения в рамках компетентностно-ориентированной модели. На примере курса «Технология технического обслуживания транспортных средств» показано, как согласованный образовательный подход улучшает диагностические навыки, аналитические способности и профессиональную ответственность студентов. Результаты подтверждают, что непрерывность образовательных целей имеет важное

значение для подготовки компетентных и конкурентоспособных инженеров-автомобилистов в высшем образовании.

Ключевые слова: целостность образования; непрерывность целей обучения; автомобильная инженерия; компетентностно-ориентированный подход; технология технического обслуживания транспортных средств; интеграция теории и практики; профессиональная подготовка; высшее техническое образование.

Abstract: This article discusses the integrity of educational goals in automotive engineering education. With the increasing technological complexity of modern vehicles, effective professional training requires strong integration between theory and practice. The paper highlights the importance of aligning strategic, tactical, and operational learning objectives within a competency-based framework. Using “Vehicle Maintenance Technology” as an example, the study shows how coherent educational design improves students’ diagnostic skills, analytical abilities, and professional responsibility. The findings confirm that continuity of educational goals is essential for preparing competent and competitive automotive engineers in higher education.

Keywords: educational integrity; continuity of learning objectives; automotive engineering education; competency-based approach; vehicle maintenance technology; theory–practice integration; professional formation; higher technical education.

Introduction. Modern roads are dynamic systems characterized by constant movement. Thousands of vehicles travel across urban and highway networks every hour, transporting people, goods, and sustaining the rhythm of contemporary life. Behind every reliable engine start, smooth gear transition, and safe journey stands a factor more fundamental than steel and electronics — education.

However, effective education in automotive engineering is not limited to the transmission of technical knowledge. It requires integrity, coherence, and continuity of educational objectives. The strength of professional preparation lies not in the volume of information delivered, but in the logical and consistent connection between theoretical instruction and practical application.

Education as a Systemic Chain. Education may be conceptualized as a chain in which each course, topic, and practical session represents an essential link. If even one link lacks connection or coherence, the entire structure loses stability.

Within automotive engineering education, theory without practice becomes abstraction, while practice without theoretical grounding results in mechanical imitation. Genuine professional competence emerges only when clearly defined and interconnected learning objectives guide both domains.

Higher education institutions do not merely disseminate information; they shape professional identity. The strategic goal — preparing competitive and responsible engineers — must be reflected at tactical and operational levels throughout the curriculum. This alignment constitutes the integrity of educational objectives.

From Knowledge to Mastery: The Case of “Vehicle Maintenance Technology”. The course “Vehicle Maintenance Technology” illustrates the practical implementation of integrated objectives.

At the theoretical stage, students study maintenance intervals, diagnostic methods, system functionality, ignition timing, lubrication processes, and cooling systems. These elements establish a cognitive framework.

Transformation occurs in laboratory settings. When a student opens the hood, inspects a drive belt, measures ignition timing, or evaluates engine oil condition, theoretical knowledge becomes practical competence. The learner transitions from understanding procedures conceptually to performing them professionally.

This developmental process follows a structured progression:

- Understanding principles
- Analyzing systems
- Applying procedures
- Evaluating outcomes

Such sequencing ensures developmental continuity rather than fragmented learning.

Bridging Theory and Professional Responsibility. Automotive engineering education possesses an ethical dimension. An incorrectly diagnosed malfunction is not merely a technical error; it may compromise safety. Improper system calibration can negatively impact environmental sustainability. Professional decisions extend beyond workshop boundaries.

Therefore, educational coherence is not simply a pedagogical preference but a societal necessity. When students learn ignition timing theoretically and calibrate it practically, they internalize not only technical procedures but also professional responsibility.

Educational integrity ensures that learners comprehend the rationale behind technical actions — the “why” behind the “how.”

Competence as the Core Educational Outcome. Contemporary higher education has shifted from knowledge-oriented models toward competence-based frameworks. In automotive engineering, competence includes:

- Diagnostic accuracy
- Analytical reasoning
- Technical decision-making
- Communication and reporting skills
- Safety awareness

These competencies cannot be developed through isolated lessons. They emerge from systematic alignment among objectives, instructional content, and assessment strategies. When course-level outcomes correspond with institutional goals and professional standards, education becomes a coherent developmental trajectory rather than a collection of disconnected subjects.

The Engineer Is Formed Through Integration. An engineer is not produced mechanically; an engineer is formed progressively and intentionally. This formation requires:

- Strategic vision (Who are we preparing?)
- Tactical planning (Which competencies must be developed?)
- Operational clarity (What should students be capable of after each lesson?)

Fragmented objectives result in fragmented professional identity. Coherent objectives enable graduates to enter the profession equipped not only with diplomas but also with confidence and capability.

Contemporary Challenges and the Need for Integration. Modern vehicles are increasingly digitalized. Electronic control units, onboard diagnostic systems, and sensor networks demand interdisciplinary understanding and analytical competence. Traditional lecture-based instruction alone is insufficient.

Problem-based learning, simulation technologies, case analysis, and diagnostic practice must be integrated into the curriculum. However, innovation becomes transformative only when guided by aligned and consistent objectives. Without alignment, innovation remains superficial; with alignment, it fosters meaningful transformation.

Evaluating the Impact of Educational Integrity. Empirical observations indicate that when educational objectives are systematically interconnected:

- Practical performance significantly improves;
- Diagnostic accuracy increases;
- Students demonstrate greater independence in problem-solving;
- Professional confidence strengthens.

These outcomes reflect the measurable effects of structured pedagogical design. Educational integrity directly influences professional quality.

Conclusion. Automotive engineering education extends beyond mechanical systems. It involves cultivating analytical, responsible professionals capable of ensuring safety, efficiency, and sustainability.

The integrity of educational objectives serves as the internal logic connecting knowledge to skills, skills to competence, and competence to professional responsibility. When theory supports

practice, objectives guide outcomes, and each lesson contributes to a comprehensive professional vision, education becomes a process of transformation rather than mere instruction.

In an era shaped by rapidly advancing automotive technologies, such transformation is essential.

References

1. Bepalko, V. P. (1989). Components of Pedagogical Technology. Moscow: Pedagogika.
2. Zimnyaya, I. A. (2004). Key Competencies as a New Paradigm of Educational Outcomes. Moscow: Research Center for Quality of Training.
3. Tolipov, U., & Usmonboeva, M. (2005). Pedagogical Technology: Theory and Practice. Tashkent: Fan Publishing.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ДЕТЕЙ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРЫ

Рахманов Акрам Ахмедович

Старший преподаватель, Университет экономики и педагогики, akramrahmanov23@mail.ru
Тел.: +998 90 426 40 05. <https://0009-0006-6994-6592>.

Annotatsiya: Ushbu maqolada 2024-yilning dastlabki olti oyi davomida hududda qayd etilgan, bolalar ishtirokidagi yo'l-transport hodisalari bo'yicha batafsil statistik tahlil taqdim etiladi. Ushbu hodisalarning asosiy tendensiyalari va sabablarini aniqlash maqsadida 2023-yilning mos davri bilan qiyosiy tahlil o'tkazildi. Tadqiqotda ta'lim, muhandislik va aholini xabardor qilishga qaratilgan tashabbuslarni o'z ichiga olgan kompleks "3T" profilaktika modelining ishlab chiqilishi yoritib berilgan.

Kalit so'zlar: yo'l-transport hodisasi, bolalar xavfsizligi, piyoda, oldini olish, yo'l harakati, o'qitish, monitoring.

Аннотация: В статье представлен расширенный статистический анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием детей, зарегистрированных на территории области за 6 месяцев 2024 года. Проведено динамическое сравнение с аналогичным периодом 2023 года, выявлены основные тенденции и причины роста аварийности. Разработана комплексная модель профилактики «3Т», включающая образовательные, инженерные и информационно-пропагандистские меры.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, безопасность детей, пешеход, профилактика, дорожное движение, обучение, мониторинг.

Abstract: This article presents a statistical analysis of road traffic accidents involving children that occurred in the region during the first six months of 2024. The analysis shows that children were primarily involved in accidents as pedestrians and passengers. Compared to the same period in 2023, an increase in the number of accidents has been observed. In order to ensure child safety, a comprehensive model has been proposed that includes engineering, organizational, educational, and information-based preventive measures.

Keywords: road traffic accident, child safety, pedestrian, prevention, road traffic, education, monitoring.

Введение. Проблема безопасности дорожного движения является одной из актуальных задач мирового масштаба. Особую социальную значимость имеют дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с участием детей, предупреждение которых относится к приоритетным направлениям государственной политики.

С физиологической и психологической точки зрения дети являются наиболее уязвимой категорией участников дорожного движения. Они не всегда способны правильно оценивать расстояние и скорость транспортных средств, а также прогнозировать развитие дорожной

ситуации. В связи с этим глубокий анализ ДТП с участием детей и разработка эффективных профилактических мер имеют важное практическое значение.



Объект и методы исследования. Объектом исследования послужили 53 дорожно-транспортных происшествия с участием детей, зарегистрированные на территории области в течение 6 месяцев 2024 года.

В ходе исследования применялись следующие научные методы:

- статистический анализ;
- динамическое сравнение (с показателями за 6 месяцев 2023 года);
- системный подход;
- аналитическое обобщение.

Результаты и анализ. За 6 месяцев 2024 года зарегистрировано 53 ДТП с участием детей. За аналогичный период 2023 года данный показатель составил 33 случая. Таким образом, рост составил 20 происшествий.

Анализ по форме участия детей в ДТП:

- В качестве пешеходов – 32 случая
- В качестве пассажиров – 14 случаев
- Велосипедисты – 6 случаев
- Водители – 1 случай

Анализ показывает, что более 60% пострадавших детей являлись пешеходами. Данное обстоятельство может быть связано с недостаточным развитием пешеходной инфраструктуры либо несоблюдением правил дорожного движения.

Гендерный анализ:

- Мальчики – 37 человек
-Девочки – 16 человек

Преобладание мальчиков объясняется их большей подвижностью и более активным участием в уличной среде.

Основные причины ДТП:

- Переход детьми проезжей части в неустановленном месте;
- Несоблюдение водителями скоростного режима;
- Недостаточная оснащённость дорожной инфраструктуры;
- Недостаточный контроль со стороны родителей;
- Низкий уровень знаний детьми правил дорожного движения.

Комплексная модель профилактических мер. Для снижения уровня ДТП с участием детей предлагается комплексная модель «3Т»:

1. Обучение

- Усиление преподавания дисциплины «Безопасность дорожного движения» в начальных классах;
- Использование практических занятий и симуляторов;
- Проведение регулярных тренингов с участием школьных инспекторов.

2. Техника (инженерные меры)

- Установка искусственных ограничителей скорости вблизи школ;
- Улучшение освещения пешеходных переходов и обновление дорожных знаков;
- Разработка карты «опасных участков».

3. Пропаганда

- Подготовка социальных видеороликов и проведение профилактических акций;
- Организация семинаров для родителей;
- Проведение разъяснительной работы через средства массовой информации и коммуникации.

Заключение. Результаты анализа свидетельствуют о тенденции роста количества ДТП с участием детей. Особую обеспокоенность вызывает высокая доля происшествий с участием детей-пешеходов.

Решение данной проблемы возможно только при реализации комплексного подхода, включающего образовательные, инженерные, организационные и информационно-пропагандистские меры.

Защита жизни и здоровья детей остаётся приоритетной задачей для всех заинтересованных организаций.

Список литературы

1. Закон Республики Узбекистан «О безопасности дорожного движения». – Ташкент, 2013.
2. Сборник постановлений Кабинета Министров Республики Узбекистан по вопросам безопасности дорожного движения. – Ташкент, 2022.
3. World Health Organization. Global Status Report on Road Safety. – Geneva: WHO, 2023.
4. Elvik R. Road Safety Management and Accident Prevention. – Oxford: Elsevier, 2019.
5. Ибрагимов Б. Профилактика дорожно-транспортных происшествий. – Ташкент: Таълим, 2021.

PAXTANI MAYDA IFLOSLIKLARDAN TOZALASHDA ZARBA VA ISHQALANISH KUCHLARINING O‘ZARO TA’SIRINI TADQIQ ETISH

**Aliyev O.O., Xusanov S., Rayimjonov M.
Namangan davlat texnika universiteti**

Annotatsiya. Maqolada paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayonida qoziqli baraban ishchi elementi, paxta bo‘lakchasi va to‘rli yuza o‘rtasida yuzaga keladigan mexanik o‘zaro ta’sir nazariy jihatdan tadqiq etilgan. Tozalash jarayonining fizik asosini ifodalovchi omillar sifatida ayrisimon qoziqchanning paxta bo‘lakchasiga zarbaviy ta’siri, to‘rli yuzada hosil bo‘ladigan normal reaksiya va ishqalanish kuchlari qaralgan. Paxta bo‘lakchasining ilib olinishi, tezlashtirilishi, titilishi va to‘rli yuzaga yo‘naltirilishi kuchlarning normal va tangensial tashkil etuvchilari asosida tahlil qilingan. Zarba va ishqalanish kuchlarining ketma-ket ta’siri paxta bo‘lakchasining harakat holatini o‘zgartirib, tarkibidagi mayda ifloslik zarrachalarining nisbiy siljishi va ajralishi uchun sharoit yaratishi asoslangan. Taklif etilgan fizik-mexanik yondashuv ayrisimon qoziqcha geometrik parametrlarini va qoziqli barabanning kinematik rejimlarini keyingi nazariy hamda eksperimental tadqiqotlarda asoslash uchun qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: chigitli paxta, mayda ifloslik, qoziqli baraban, ayrisimon qoziqcha, zarba kuchi, ishqalanish kuchi, normal reaksiya, titilish, mexanik kontakt, to‘rli yuza.

Аннотация. В статье теоретически исследовано механическое взаимодействие между рабочим элементом колкового барабана, летучкой хлопка-сырца и сетчатой поверхностью в процессе удаления мелких сорных примесей. В качестве основных физических факторов рассмотрены ударное воздействие вильчатого колка на хлопок-сырец, нормальная реакция и силы трения, возникающие при взаимодействии с сетчатой поверхностью. Процессы захвата, ускорения, разрыхления и направления хлопка-сырца к сетчатой поверхности проанализированы с учетом нормальной и тангенциальной составляющих действующих сил. Показано, что последовательное действие ударных сил и сил трения формирует условия для относительного перемещения и отделения мелких сорных частиц. Предложенный физико-механический подход может быть использован при обосновании геометрических параметров вильчатых колков и кинематических режимов колкового барабана.

Ключевые слова: хлопок-сырец, мелкие сорные примеси, колковый барабан, вильчатый колок, ударная сила, сила трения, нормальная реакция, разрыхление, механический контакт, сетчатая поверхность.

Abstract. This study theoretically investigates the mechanical interaction between the working element of a spiked drum, a seed-cotton tuft, and the screen surface during fine-impurity removal. The impact exerted by the fork-shaped spike, the normal reaction, and the friction forces generated during contact with the screen surface are considered the principal physical factors governing the process. The capture, acceleration, loosening, and subsequent direction of a seed-cotton tuft toward the screen are analyzed in terms of the normal and tangential components of the acting forces. It is shown that the sequential action of impact and friction forces changes the motion state of the cotton tuft and creates conditions for relative displacement and separation of fine impurity particles. The proposed physical-mechanical approach can be used to substantiate the geometric parameters of fork-shaped spikes and the kinematic operating conditions of the spiked drum.

Keywords: seed cotton, fine impurities, spiked drum, fork-shaped spike, impact force, friction force, normal reaction, loosening, mechanical contact, screen surface.

Kirish. Paxtani dastlabki qayta ishlashda xomashyo tarkibidagi mayda mineral va organik iflosliklarni ajratish tola sifatini saqlash va keyingi texnologik jarayonlarning barqarorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Mayda iflosliklardan tozalash mashinalarida paxta massasiga mexanik ta'sir ko'rsatish, uni titish hamda to'rtli yoki kolosnikli yuza bilan o'zaro ta'sirga kiritish orqali iflosliklarni ajratish amalga oshiriladi.

Qoziqli barabanli tozalagichlarda ishchi elementning paxta bo'lakchasiga ta'siri va uning to'rtli yuzadagi keyingi harakati yagona fizik-mexanik jarayonning ketma-ket bosqichlari hisoblanadi. Oldingi tadqiqotlarda baraban aylanish chastotasi, ishchi element geometriyasi va tozalash yuzasi konfiguratsiyasi texnologik natijalarga sezilarli ta'sir ko'rsatishi qayd etilgan. Shu sababli tozalash jarayonini faqat bitta parametr ta'siri sifatida emas, balki zarba va ishqalanish kuchlarining o'zaro bog'langan ta'siri sifatida ko'rib chiqish maqsadga muvofiq.

Taklif etilayotgan V-simon ayrisimon qoziqcha paxta bo'lakchasiga ikki tarmoq orqali mexanik ta'sir ko'rsatadi. Bunda qoziqcha geometriyasi kontakt kuchlarining yo'nalishiga, baraban kinematikasi esa zarba oldidagi nisbiy tezlikka ta'sir qiladi. Keyingi bosqichda paxta bo'lakchasi to'rtli yuzaga kelib tushib, normal reaksiya va ishqalanish ta'sirida nisbiy siljish jarayoniga uchraydi.

Tadqiqotning maqsadi — paxtani mayda iflosliklardan tozalashda ayrisimon qoziqchaning zarbaviy ta'siri va to'rtli yuzada yuzaga keladigan ishqalanish kuchlarining o'zaro bog'liqligini nazariy tahlil qilish hamda mayda ifloslik zarrachalarining ajralishiga olib keluvchi fizik-mexanik shartlarni asoslash.

Tadqiqot usuli va nazariy model. Tadqiqot obyekti sifatida qoziqli barabanning ayrisimon ishchi elementi, paxta bo'lakchasi va to'rtli yuzadan tashkil topgan mexanik tizim qabul qilindi. Jarayon soddalashtirilgan holda uch bosqichda qaraldi: ayrisimon qoziqcha bilan kontakt; zarbaviy tezashtirish va titish; to'rtli yuzada ishqalanish va ifloslikning ajralishi.



1-rasm. Baraban aylanish chastotasining tozalash samaradorligi va tolali chiqindiga ta'siri

Qoziqli barabanning burchak tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = 2\pi n / 60 \quad (1)$$

bu yerda n — barabanning aylanish chastotasi, ayl/min; ω — burchak tezligi, rad/s.

Baraban radiusi R va qoziqchanning baraban yuzasidan ishchi balandligi h bo'lganda qoziqcha uchining aylanish radiusi:

$$r = R + h \quad (2)$$

Qoziqcha uchining nazariy chiziqli tezligi:

$$v = \omega r = 2\pi n(R + h) / 60 \quad (3)$$

Bu yerda v paxta bo'lakchasining haqiqiy tezligi emas, balki qoziqcha uchining kinematik tezligidir.

Zarba kuchining shakllanishi. Ayrisimon qoziqcha paxta bo'lakchasi bilan kontaktga kirganda uning tezligi qisqa vaqt oralig'ida o'zgaradi. Impuls teoremasiga ko'ra:

$$J = \int F_z(t) dt = m(v_2 - v_1) \quad (4)$$

Zarba davomiyligi Δt bo'yicha o'rtacha zarba kuchi soddalashtirilgan holda:

$$\bar{F}_z = m(v_2 - v_1) / \Delta t \quad (5)$$

bu yerda m — ekvivalent paxta bo'lakchasining massasi; v_1 va v_2 — zarbadan oldingi va keyingi tezliklar; $\bar{F}_z$ — o'rtacha zarba kuchi.

Ayrisimon qoziqchanning ochilish burchagi α bo'lsa, simmetrik konstruksiyada har bir tarmoqning markaziy o'qqa nisbatan og'ish burchagi:

$$\beta = \alpha / 2 \quad (6)$$

Ideal simmetrik kontakt uchun ikki tarmoq ta'sirining markaziy yo'nalishdagi natijaviy tashkil etuvchisi soddalashtirilgan holda:

$$F_{\alpha} = 2F_k \cos(\alpha / 2) \quad (7)$$

Mazkur ifoda ideal simmetrik kontakt uchun nazariy yaqinlashuvdir. Real paxta bo'lakchasining deformatsiyalanuvchan va notekis tuzilishi sababli ikki tarmoqdagi kontakt kuchlari o'zaro teng bo'lmasligi mumkin.

Ishqalanish kuchining ta'siri. Paxta bo'lakchasi to'rli yuzaga kelib tushganda normal reaksiya N hosil bo'ladi. Kulon ishqalanish modeli bo'yicha sirpanishdagi ishqalanish kuchi:

$$F_{ish} = \mu N \quad (8)$$

bu yerda μ — paxta bo'lakchasi bilan to'rli yuza orasidagi samarali ishqalanish koeffitsiyenti. Paxta bo'lakchasining to'rli yuza bo'ylab tangensial harakati soddalashtirilgan holda:

$$m \cdot dv_t / dt = F_t - \mu N - mg \cdot \sin \gamma \quad (9)$$

bu yerda F_t — tangensial yo'nalishdagi natijaviy ta'sir; v_t — tangensial tezlik; γ — mahalliy ishchi yuzaning gorizontalga nisbatan burchagi.

Zarba va ishqalanish kuchlarining o'zaro ta'siri. Taklif etilayotgan modelning asosiy jihati zarba va ishqalanish kuchlarini bir-biridan mustaqil hodisalar sifatida emas, balki ketma-ket va o'zaro bog'langan jarayon sifatida qarashdan iborat. Ayrisimon qoziqchanning dastlabki zarbaviy ta'siri paxta bo'lakchasining tezligi va harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Natijada paxta massasi deformatsiyalanadi

va titiladi, uning tarkibidagi tolalar, chigitlar hamda mayda ifloslik zarrachalarining o‘zaro joylashuvi o‘zgaradi.

Keyingi bosqichda paxta bo‘lakchasining to‘rli yuza bilan kontakti natijasida normal reaksiya va ishqalanish kuchlari yuzaga keladi. Jarayonning fizik ketma-ketligi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\begin{aligned} F_z &\rightarrow \Delta v \rightarrow \text{titilish} \rightarrow N \rightarrow \\ F_{ish} &\rightarrow \text{nisbiy siljish} \rightarrow \text{ifloslikning ajralishi} \end{aligned} \quad (10)$$

Zarba kuchining yetarli bo‘lmagan qiymati paxta bo‘lakchasining zarur darajada titilmasligiga olib kelishi mumkin. Aksincha, mexanik ta’sirning ortiqcha oshirilishi tolali materialning chiqindiga qo‘shilib ketishi yoki paxta komponentlariga ortiqcha mexanik ta’sir yuzaga kelishi xavfini oshiradi. Shu sababli eng katta zarba kuchining o‘zi ratsional ish rejimini anglatmaydi; zarbaviy ta’sir va to‘rli yuzadagi ishqalanish jarayonlari o‘zaro muvofiqlashtirilishi kerak.

Natijalar va muhokama. Nazariy tahlil ayrisimon qoziqcha ochilish burchagining kontakt kuchlari yo‘nalishiga va paxta bo‘lakchasiga uzatiladigan impuls tashkil etuvchilariga ta’sir qilishini ko‘rsatadi. Shu sababli α burchak faqat konstruktiv o‘lcham emas, balki zarbaviy ta’sir xarakterini belgilovchi fizik parametr sifatida qaraladi.

Paxta bo‘lakchasining to‘rli yuzadagi keyingi harakatida normal reaksiya N ishqalanish kuchining qiymatini belgilaydi. $F_{ish} = \mu N$ munosabatiga ko‘ra normal yuklanishning o‘zgarishi ishqalanish ta’sirini ham o‘zgartiradi. Paxta bo‘lakchasi va uning tarkibidagi mayda ifloslik zarrachalarining inertsia va kontakt xususiyatlari turlicha bo‘lgani sababli ularning nisbiy harakati yuzaga kelishi mumkin.

Mualliflarning avvalgi tajriba materiallarida baraban aylanish chastotasi 300, 350, 400 va 450 ayl/min bo‘lganda tozalash samaradorligi mos ravishda 68,4; 74,6; 78,2 va 76,1 %, tolali chiqindi esa 4,8; 4,1; 4,3 va 5,6 % sifatida qayd etilgan. Ushbu natijalar mexanik ta’sir intensivligini cheksiz oshirish emas, balki tozalash samaradorligi va tolali chiqindi o‘rtasidagi muvozanatni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Keyingi eksperimental bosqichda zarba–ishqalanish o‘zaro ta’sirini quyidagi umumiy funksional bog‘lanish orqali tekshirish maqsadga muvofiq:

$$\eta = f(n, \alpha, \delta, \mu, C_o, W) \quad (11)$$

bu yerda η — tozalash samaradorligi; n — baraban aylanish chastotasi; α — ayrisimon qoziqcha ochilish burchagi; δ — qoziqcha va to‘rli yuza orasidagi texnologik oraliq; μ — samarali ishqalanish koeffitsiyenti; C_o — paxtaning boshlang‘ich iflosligi; W — namligi.



1-diagramma. Baraban aylanish chastotasining tozalash samaradorligi va tolali chiqindiga ta’siri

Natijada: Baraban aylanish chastotasi 400 ayl/min bo‘lganda tozalash samaradorligi maksimal (78,2 %)ga yetadi, tolali chiqindi esa nisbatan kam (4,3 %) bo‘ladi.

1-jadval. Baraban aylanish chastotasi bo'yicha mavjud tajriba natijalari

Aylanish chastotasi, ayl/min	Tozalash samaradorligi, %	Tolali chiqindi, %
300	68,4	4,8
350	74,6	4,1
400	78,2	4,3
450	76,1	5,6

Xulosa. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayonida zarba va ishqalanish kuchlari o'zaro bog'langan fizik-mexanik omillar sifatida qaralishi lozim. Ayrisimon qoziqchanning zarbaviy ta'siri paxta bo'lakchasining tezligi, harakat yo'nalishi va titilish holatini shakllantiradi, to'rtli yuza bilan keyingi kontakt natijasida hosil bo'ladigan normal reaksiya va ishqalanish kuchlari esa bo'lakcha tarkibidagi komponentlarning nisbiy siljishiga sharoit yaratadi.

Ayrisimon qoziqcha ochilish burchagi kontakt kuchlarining yo'nalishiga, baraban aylanish chastotasi esa qoziqcha uchining kinematik tezligiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrlar sifatida belgilandi. Mexanik ta'sirni ortiqcha oshirish tolali material yo'qotilishining ko'payishiga olib kelishi mumkinligi sababli ratsional parametrlarni tozalash samaradorligi bilan bir qatorda tolali chiqindi miqdorini ham hisobga olgan holda aniqlash zarur.

Taklif etilgan ayrisimon qoziqchali barabanning konstruktiv va kinematik parametrlarini keyingi nazariy hamda eksperimental tadqiqotlarda asoslash uchun foydalanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tillayev M.T. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi va jihozlari. Toshkent: Adabiyot uchqunlari, 2018. 240 b. ISBN 978-9943-5285-4-3.
2. Whitelock D.P., Anthony W.S. Evaluation of cylinder cleaner grid bar configuration and cylinder speed for cleaning of seed cotton, lint, and lint cleaner waste. Applied Engineering in Agriculture. 2003. Vol. 19, No. 1. P. 31–37.
3. Ray S.J. Parameter Variations in a Cylinder-Type Cleaner for Seed Cotton. 2005 ASAE Annual International Meeting. Paper No. 051098.
4. Ray S.J. Alternative Configurations in a Cylinder-Type Cleaner for Seed Cotton. Applied Engineering in Agriculture. 2006. Vol. 22, No. 5. P. 643–649.
5. Lugachev A.E. Paxtani ta'minlash va tozalash jarayonlarining nazariy asoslariga bag'ishlangan doktorlik dissertatsiyasi. Toshkent, 1998.
6. Madumarov I.D. Paxtani tozalash jarayoni samaradorligini oshirishga bag'ishlangan doktorlik dissertatsiyasi. Toshkent, 2019. 197 b.
7. Tuychiyev T.O. Paxtani tozalashga tayyorlash va takomillashtirilgan ta'minlagich parametrlarini asoslashga bag'ishlangan PhD dissertatsiyasi. Toshkent, 2018. 129 b.
8. Aliyev O.O., Muradov R.M. Paxta bo'lakchasining ayrisimon qoziqcha ta'siridagi harakat qonuniyatlarini matematik modellashtirish. Mualliflar tadqiqot materiallari, 2026.
9. Aliyev O.O., Isaxanov X. Qoziqli baraban diametri va aylanish chastotasining paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligiga ta'sirini eksperimental tadqiq etish. Mualliflar tadqiqot materiallari, 2026.

KICHIK CHORVACHILIK XO'JALIKLARI UCHUN DON MAYDALASH QURILMASI

Shamayev Yigitali Jumayevich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz shahri
shamayevyigitali12@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada O'zbekistonda kichik xo'jaliklarda chorvachilik va parrandachilikni rivojlantirishda ozuqa tayyorlash jarayonining ahamiyati tahlil qilingan. Kichik xo'jaliklarda chorva mollari va parrandalar sonining yuqoriligi hamda donli ozuqalarga bo'lgan talabning ortishi inobatga

olinib, energiya va metall sarfi kam, tuzilishi sodda hamda foydalanish uchun qulay bo'lgan kichik don maydalagich qurilmani ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqilgan. Qurilmaning konstruktiv tuzilishi, ishlash prinsipi va asosiy o'lchamlari keltirilgan. Ishlab chiqilgan qurilma donli ozuqalarni maydalash jarayonini soddalashtirish va kichik xo'jaliklarda ozuqa tayyorlash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: kichik xo'jalik, chorvachilik, ozuqa tayyorlash, don, donli ozuqa, don maydalagich, maydalash kamerasi, bolg'achali propeller, elak.

Аннотация. В статье проанализирована роль процесса приготовления кормов в развитии животноводства и птицеводства в малых хозяйствах Узбекистана. С учетом высокой численности поголовья скота и птицы в малых хозяйствах, а также возрастающей потребности в зерновых кормах рассмотрен вопрос разработки малогабаритной зернодробилки с низкими затратами энергии и металла, простой конструкцией и удобной эксплуатацией. Приведены конструктивное устройство, принцип работы и основные размеры разработанного устройства. Разработанная зернодробилка позволяет упростить процесс измельчения зерновых кормов и повысить эффективность приготовления кормов в условиях малых хозяйств.

Ключевые слова: малое хозяйство, животноводство, приготовление кормов, зерно, зерновые корма, зернодробилка, камера измельчения, молотковый пропеллер, решето.

Abstract. The article analyzes the importance of the feed preparation process for the development of livestock and poultry farming in small-scale farms in Uzbekistan. Taking into account the large number of livestock and poultry kept in small-scale farms, as well as the increasing demand for grain-based feed, the development of a compact grain crusher with low energy and material consumption, a simple design, and convenient operation is considered. The structural design, operating principle, and main dimensions of the developed device are presented. The developed grain crusher helps simplify the process of grinding grain-based feed and improve the efficiency of feed preparation in small-scale farms.

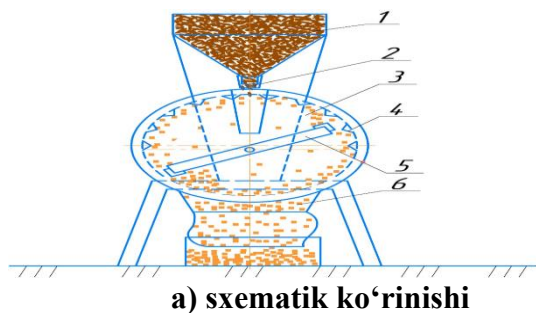
Keywords: small-scale farm, livestock farming, feed preparation, grain, grain feed, grain crusher, grinding chamber, hammer propeller, sieve.

Kirish. O'zbekistonda chorvachilik asosan kichik xo'jaliklarda yo'lga qo'yilgan bo'lib, ular umumiy mahsulotning 80 foizdan ko'prog'ini ishlab chiqaradi. Bundan tashqari qishloq joylarda yashaydigan aholi xonadonlarida tovuq, kurka, o'rdak, bedana va boshqa parrandalar hamda baliq boqib, o'zini-o'zi go'sht va tuxum bilan ta'minlashga qaratilgan keng qamrovli ishlar amalga oshirilmoqda [1]. Bu oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim rol o'ynayapti. Kichik xo'jaliklarda chorvachilik, parrandachilik va baliqchilikni yo'lga qo'yish bilan bir paytda ularda ozuqaga bo'lgan talab ham ortmoqda.

Hozirda chorva mollarini boqishda foydalanilayotgan asosiy ozuqalardan biri bu donli ozuqalar bo'lyapti. Donli ozuqalar sifatida asosan bug'doy, arpa va makkajo'xori va soya doni ishlatilyapti. Natijada kichik xo'jaliklarda donlarni maydalab beradigan qurilmalarga ham talab paydo bo'lyapti. Shuni hisobga olib biz kichik xo'jaliklar uchun energiya va metall sarfi kam, tuzilishi sodda va foydalanish qulay bo'lgan don maydalagich qurilmani ishlab chiqish bo'yicha izlanishlar olib bordik.

Asosiy qism. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, O'zbekistonda jami yirik shoxli qoramollarning 93,4 foizi kichik, ya'ni dehqon yoki uy xo'jaliklariga, 5,4 foizga o'rtacha, ya'ni fermer xo'jaliklariga, 155,0 ming boshi yoki 1,2 foizga yaqini yirik xo'jaliklarga to'g'ri kelyapti. Jami qo'y va echkilarning esa 84,0 foizi dehqon yoki shaxsiy uy xo'jaliklari hissasiga, 11,8 foizi fermer xo'jaliklari hissasiga va 4,2 foizi yirik turdagi xo'jaliklarga to'g'ri keladi. Bundan ko'rinib turibdiki, chorva mollarining 85-90 foizi kichik xo'jaliklarda boqilmoqda. Ammo ularda ozuqa tayyorlashda qo'llaniladigan energiya-resurstejamkor don maydalagichlar yo'q.

Shuni hisobga olib biz mavjud don maydalagich qurilmalarni tahlil etib [2, 3], kichik xo'jaliklar uchun donlarni maydalashda ishlatiladigan kichik don maydalagich qurilmaning sxematik va 3-D ko'rinishini ishlab chiqdik (1-rasm).



1-rasm. Don maydalagichning texnologik va 3-D sxemasi: 1-Ishlab chiqilgan qurilma don bunkeri, 2-me'yorlash novi, 3-maydalash kamerasi, 4-rekatterlar, 5-bolg'achali propeller, 6-maydalangan donli ozuqa chiqish novi.

Qurilma ish jarayonida donlar bunker 1 ga solinib, me'yorlab uzatish novi 2 orqali ular me'yorda maydalash kamera 3 ga tashlab beriladi. Maydalash kamerasida donlar propeller 4 ga mahkamlangan bolg'achalar yordamida maydalanadi va maydalangan don maydalash kamerasi pastki qismida o'rnatilgan elakdan o'tib, chiqish novi 5 orqali idishga tushadi (1-rasm). Don maydalagich elektrodvigateldan harakat olib ishlaydi.

1-jadval.

Don maydalagich qurilmaning texnik tavsifi

Ko'rsatkichlarning nomlanishi	Ko'rsatkichning o'lchov birligi	Ko'rsatkichning qiymati
Qurilmaning gabarit o'lchamlari:		
- balandligi	mm	1770
- uzunligi		500
- kengligi		700
Massasi	kg	45 ± 3
Tarmoqdan oladigan quvvati	kW	1

Don maydalagichning yuqoridagi texnologik sxemasi va 3-D ko'rinishi bo'yicha uning natural nusxasi yasaldi. Qurilmaning balandligi 1770 mm, uzunligi 500 mm va eni 700 mm ni tashkil etadi (jadvalga qarang).

Qurilmani yasashda uning metall sarfi va material sarfining kam bo'lishiga maksimal e'tibor qaratilganligi sababli og'irligi 45 kg bo'ldi. Bu ko'rsatkich boshqa don maydalagich qurilmalar bilan solishtirganda 1,5 – 2 martaga kam. Shuningdek uning energiya sarfi ham unchalik yuqori emas va 1 kW lik elektrodvigatel bilan harakatga keladi.

Bu esa uning konstruksiyasining ixcham, metall sarfining kam va energiyatejamkor ekanligini ko'rsatadi va undan kichik xo'jaliklarda foydalanish etarlicha samara beradi.

Xulosa. O'zbekistonda chorva mollarining 85-90 foizi kichik xo'jaliklarda boqilmoqda. Ammo ularda ozuqa tayyorlashda qo'llaniladigan energiya-resurstejamkor don maydalagichlar yo'qligi sababli donli ozuqalarni tayyorlashda qiyinchiliklar mavjud. SHuni hisobga olib kichik chorvachilik xo'jaliklari uchun bolg'achali propelleriga ega maydalagich qurilma ishlab chiqildi. Qurilma balandligi 1770 mm, uzunligi 500 mm va eni 700 mm ga teng bo'lib, ixcham hisoblanadi. SHuningdek uning og'irligi 45 kg ni, energiya sarfi 1 kW ni tashkil etib, uning metall va energiya sarfi kamligini ko'rsatadi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 8 fevraldagi "O'zbekiston Respublikasida chorvachilik sohasi va uning tarmoqlarini rivojlantirish bo'yicha 2022-2026 yillarga mo'ljallangan dasturini tasdiqlash to'g'risida"gi PQ-120-sonli Qarori.

2. Tojiboev B.M., Alijonov D.A. Chorvachilikda ozuqa tayyorlash va saqlash jarayonlarini mexanizatsiyalashtirish: – T.: «Iqtisod-Moliya», 2016. -176 b.
3. Timofeev M.N., Frolov V.Yu., Morozova N.Yu. Analiz texnicheskix sredstv dlya izmelcheniya kormov i ix klassifikatsiya // Nauchnyy jurnal KubGAU, №132(08), 2017. S.1-26.

PAXTANI MAYDA IFLOSЛИKLARDAN TOZALASHDA AYRISIMON QOZIQLI BARABAN VA TO'RLI YUZANING O'ZARO TA'SIRINI TADQIQ ETISH

Aliyev O.O., Isaxanov X.
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada chigitli paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayonida qoziqli baraban ishchi elementi va ajratuvchi to'rlı yuzaning o'zaro ta'siri nazariy va parametrik jihatdan tadqiq etildi. Mavjud tadqiqotlarda baraban tezligi, ajratuvchi panjara shakli va oraliqlari tozalash samaradorligi bilan tolali chiqindi o'rtasidagi muvozanatga sezilarli ta'sir qilishi aniqlangan. O'zaro ta'sirni belgilovchi asosiy omillar sifatida qoziqlar ochilish burchagi α , texnologik oraliq δ va baraban aylanish chastotasi n ajratildi. Maqolada real α – δ tajriba natijalari mavjud bo'lmagan joylarda sun'iy natijalar kiritilmay, keyingi eksperimental tekshiruv uchun fizik-mexanik va ko'p omilli tadqiqot modeli taklif etildi.

Kalit so'zlar: chigitli paxta, mayda ifloslik, ayrisimon qoziqlar, qoziqli baraban, to'rlı yuza, texnologik oraliq, kontakt, ishqalanish, tozalash samaradorligi, tolali chiqindi.

Аннотация. В статье теоретически и параметрически исследуется взаимодействие рабочего элемента барабана для сбора хлопка и поверхности разделительной сетки при очистке семян хлопка от мелких примесей. Существующие исследования показали, что скорость вращения барабана, форма и расстояние между ячейками разделительной сетки существенно влияют на баланс между эффективностью очистки и волокнистыми отходами. В качестве основных факторов, определяющих взаимодействие, были определены угол раскрытия кучки α , технологический зазор δ и частота вращения барабана n . В статье не приводятся искусственные результаты в тех случаях, когда отсутствуют реальные экспериментальные данные по α – δ , и предлагается физико-механическая и многофакторная исследовательская модель для дальнейшего экспериментального исследования.

Ключевые слова: семена хлопка, мелкие примеси, асимметричная куча, барабан для сбора хлопка, поверхность сетки, технологический зазор, контакт, трение, эффективность очистки, волокнистые отходы.

Abstract. This article presents a theoretical and parametric study of the interaction between the working element of a cotton-collecting drum and the surface of a separating screen during the process of cleaning cotton seeds of fine impurities. Existing research has demonstrated that drum rotation speed, as well as the shape and spacing of the separating screen's cells, significantly influence the balance between cleaning efficiency and fiber waste. The key factors determining this interaction were identified as the heap opening angle (α), the operating clearance (δ), and the drum rotation speed (n). The article avoids presenting fabricated results in instances where actual experimental data regarding α and δ are unavailable; instead, it proposes a physico-mechanical, multifactorial research model to guide future experimental studies.

Keywords: cotton seeds, fine impurities, asymmetric heap, cotton-collecting drum, screen surface, operating clearance, contact, friction, cleaning efficiency, fiber waste.

Kirish. Chigitli paxtani dastlabki qayta ishlashda mayda iflos aralashmalarni ajratish keyingi jinlash jarayonining barqarorligi va olinadigan tolali mahsulot sifatiga ta'sir qiluvchi muhim texnologik bosqichdir. Silindrlı tozalagichlarning umumiy ishlash prinsipi aylanuvchi qoziqli silindr

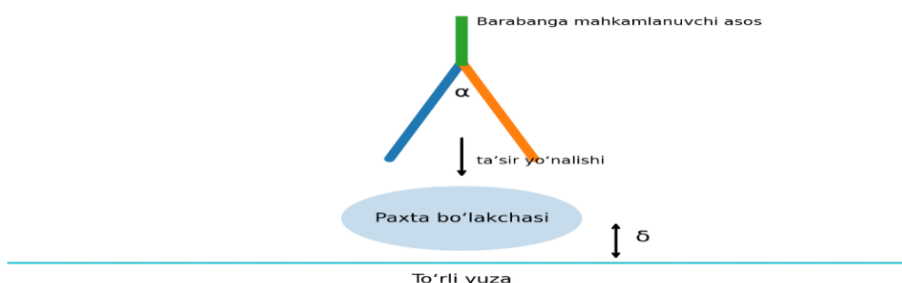
yordamida paxtani ajratuvchi panjara yoki grid-barlar bo'ylab siljitish va paxtadan bo'shagan mayda zarrachalarni oraliqlar orqali chiqarishga asoslanadi [1–4].

Whitelock va Anthony silindrli tozalagichlarda panjara shakli hamda silindr tezligini o'zgartirib, agressivroq kvadrat panjaralar tozalashni kuchaytirishi, biroq chigitli paxtani tozalashda tolali chiqindining ortish xavfi mavjudligini ko'rsatgan [2]. Ray tomonidan o'tkazilgan tajribalarda ham grid-bar geometriyasi, silindr tezligi va silindr konfiguratsiyasining o'zaro ta'siri alohida baholangan [3]. Ushbu natijalar ishchi organ va ajratuvchi yuzani yagona mexanik tizim sifatida tadqiq etish zarurligini ko'rsatadi.

Mazkur ishning maqsadi — V-simon ayrisimon qoziqcha va to'rli yuzaning o'zaro ta'sir mexanizmini fizik-mexanik jihatdan asoslash, asosiy konstruktiv va kinematik omillarni aniqlash hamda keyingi ko'p omilli tajriba uchun ilmiy asos yaratish.

Tadqiqot obyekti va metodologiyasi. Tadqiqot obyekti sifatida «ayrisimon qoziqcha–paxta bo'lakchasi–to'rli yuza» ishchi tizimi qabul qilindi. Taklif etilayotgan ayrisimon qoziqcha bir umumiy asosdan chiqadigan ikkita tarmoqdan iborat bo'lib, uning ochiq uchlari paxta oqimi tomon yo'naladi, umumiy asos esa baraban tanasiga mahkamlanadi. Bu joylashuv paxta bo'lakchasini ikki kontakt yo'nalishi bo'yicha ilib olish va titish imkoniyatini yaratadi.

Ayrisimon qoziqcha – paxta bo'lakchasi – to'rli yuza o'zaro ta'sirining konseptual sxemasi



1-rasm. Ayrisimon qoziqcha–paxta bo'lakchasi–to'rli yuza o'zaro ta'sirining konseptual sxemasi

Jarayonni tahlil qilishda uchta asosiy boshqariluvchi omil ajratiladi: α — ayrisimon qoziqchanning ochilish burchagi; δ — qoziqcha uchi va to'rli yuza orasidagi texnologik oraliq; n — baraban aylanish chastotasi. Javob ko'rsatkichlari sifatida tozalash samaradorligi η , chiqindidagi tolali material ulushi q_f va zarur hollarda chigit shikastlanishi D_s qabul qilinadi.

Kinematik va kuch bog'lanishlari. Barabanning burchak tezligi aylanish chastotasi orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

Qoziqcha uchining chiziqli tezligi esa:

$$v = \omega r \quad (2)$$

bu yerda r — baraban aylanish o'qidan qoziqcha uchigacha bo'lgan ishchi radius. Ushbu bog'lanish n ortishi bilan kontakt tezligi chiziqli ravishda oshishini ko'rsatadi.

Paxta bo'lakchasi to'rli yuza bilan kontaktda bo'lganda ishqalanish kuchining soddalashtirilgan modeli:

$$F_{ish} = \mu N \quad (3)$$

ko'rinishida yoziladi. Bu yerda μ — samarali ishqalanish koeffitsiyenti, N — normal reaksiya. Haqiqiy paxta tolali va deformatsiyalanuvchan muhit bo'lgani sababli μ va N doimiy kattaliklar emas; shu bois ushbu ifoda birinchi yaqinlashuv sifatida qaraladi.

Ayrisimon qoziqchanning ikki tarmog'ida kontakt kuchlari taxminan teng bo'lsa, markaziy yo'nalishdagi natijaviy tashkil etuvchi:

$$F\alpha = 2Fk \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4)$$

bilan baholanishi mumkin. Demak, α o'zgarishi nafaqat geometrik qamrash zonasini, balki paxta bo'lakchasiga uzatiladigan kuchning yo'nalishi va tashkil etuvchilarini ham o'zgartiradi.

Ayrisimon qoziqcha va to'rlı yuza o'zaro ta'sirining tahlili. Ishchi zonadagi jarayonni shartli ravishda besh bosqichga ajratish mumkin: paxta bo'lakchasini ilib olish; qoziqcha tarmoqlari orasida titish; baraban bilan birga ko'chirish; qoziqchadan ajralish va to'rlı yuzaga yo'naltirish; ajralgan mayda zarrachalarning to'r teshiklari orqali chiqishi. Ushbu bosqichlarning har biri α , δ va n omillariga turlicha sezgir.

Texnologik oraliq δ juda kichik bo'lsa, paxtaning siqilishi va kontakt yuklanishi ortishi mumkin; δ haddan tashqari katta bo'lsa, paxta bo'lakchasining to'rlı yuza bilan samarali kontakti kamayishi mumkin. Shuning uchun δ ni faqat mexanik xavfsizlik oralig'i sifatida emas, balki ajratish intensivligini boshqaruvchi texnologik parametr sifatida qarash lozim.

Xorijiy silindrlı tozalagichlar bo'yicha tadqiqotlar ham ajratuvchi panjara geometriyasi va silindr tezligi birgalikda natijaga ta'sir qilishini ko'rsatadi. Masalan, Whitelock va Anthony tadqiqotida silindr tezligini 480 dan 1100 ayl/min gacha oshirish va turli grid-bar shakllarini qo'llash tozalash natijalarini o'zgartirgan; ayni vaqtda agressivroq panjara shakllari tolali chiqindi xavfini ham oshirgan [2]. Ray tadqiqotida 9,5 mm yassi-kvadrat grid-barlar va yuqori tezlikli rejim ayrim konfiguratsiyalarda an'anaviy variantdan yaxshiroq natija bergan, biroq muallif konfiguratsiyani umumiy tarzda almashtirish uchun qo'shimcha tadqiqot zarurligini qayd etgan [3]. Bu natijalarni aynan 1XK yoki taklif qilinayotgan ayrisimon qoziqchaga bevosita ko'chirish mumkin emas, ammo ular ishchi organ–ajratuvchi yuza o'zaro ta'sirini optimallashtirish zarurligini tasdiqlaydi.

Ko'p omilli tajriba uchun parametrik model. Tajriba modelida omillar $X_1=\alpha$, $X_2=\delta$ va $X_3=n$ ko'rinishida kodlanishi mumkin. Tozalash samaradorligi uchun ikkinchi tartibli regressiya modeli umumiy ko'rinishda:

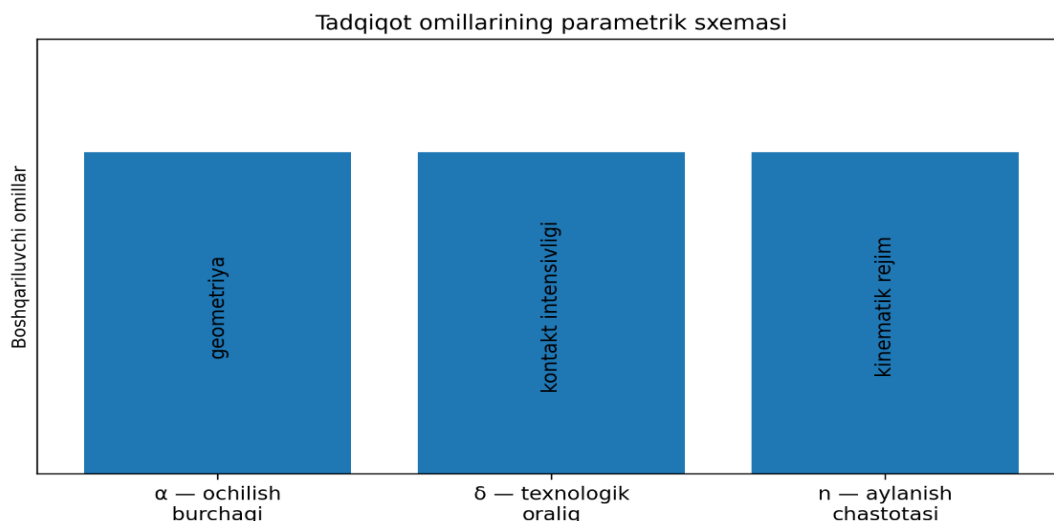
$$\eta = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (5)$$

ko'rinishida yoziladi. Xuddi shu tuzilma qf va Ds javoblari uchun ham alohida identifikatsiya qilinadi. Bunday model α – δ , α – n va δ – n o'zaro ta'sirlarini statistik baholashga imkon beradi.

Ko'p mezonli tanlashda asosiy shartlar:

$$\eta \rightarrow \max, \quad qf \rightarrow \min, \quad Ds \rightarrow \min \quad (6)$$

ko'rinishida qo'yilishi mumkin. Bunda optimal rejim faqat yuqori tozalash samaradorligi bilan emas, balki foydali tolani chiqindiga chiqarmaslik va paxta komponentlarini ortiqcha shikastlamaslik mezonlari bilan birgalikda aniqlanishi kerak.



2-rasm. Ayrisimon qoziqcha–to'rlı yuza tizimi uchun boshqariluvchi omillarning parametrik sxemasi

Muhokama. Taklif etilayotgan V-simon ayrisimon qoziqchaning ilmiy jihatdan muhim farqi — paxta bo'lakchasiga ta'sirning bitta kontakt chizig'idan ikki tarmoqli kontakt tizimiga o'tishidir. Bu paxta bo'lakchasining qamralishi va titilish xarakterini o'zgartirishi mumkin. Biroq ikki tarmoqning

mavjudligi avtomatik ravishda yuqori tozalash samaradorligini kafolatlamaydi: kontakt kuchi, tolalarning ilashishi, baraban tezligi va to'rli yuzagacha bo'lgan oraliq birgalikda baholanishi kerak.

Shu nuqtai nazardan, ishchi organi optimallashtirishning to'g'ri yo'li α ni alohida, δ ni alohida tanlash emas, balki ularning n bilan o'zaro ta'sirini tajribada aniqlashdir. Jahon tajribasidagi silindrli tozalagichlar bo'yicha natijalar ham grid-bar shakli va silindr tezligi o'rtasida texnologik kompromiss mavjudligini ko'rsatadi [2–5].

Xulosa. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayonida ayrisimon qoziqcha va to'rli yuzani o'zaro bog'langan ishchi tizim sifatida qarash ilmiy jihatdan asoslandi. V-simon qoziqcha geometriyasi paxta bo'lakchasining qamralishi, titilishi va ajratuvchi yuzaga yo'naltirilishiga ta'sir qiluvchi konstruktiv omil sifatida belgilandi.

O'zaro ta'sirning asosiy boshqariluvchi parametrlari sifatida α — qoziqcha ochilish burchagi, δ — texnologik oraliq va n — baraban aylanish chastotasi ajratildi. Tozalash samaradorligi bilan bir qatorda chiqindidagi tolali material ulushi va chigit shikastlanishini nazorat qilish zarurligi ko'rsatildi.

Maqolada α – δ – n kombinatsiyasi uchun sun'iy optimal qiymatlar kiritilmadi. Keyingi bosqichda ko'p omilli tajriba asosida regressiya tenglamalarini aniqlash va $\eta \rightarrow \max$, $qf \rightarrow \min$, $Ds \rightarrow \min$ shartlari bo'yicha ratsional parametrlar sohasini belgilash tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hardin R.G. IV. Seed Cotton Cleaning in Mid-South Gins. Proceedings of the ASABE Annual International Meeting. Dallas, Texas, 2012. Paper No. 12-1336886.
2. Whitelock D.P., Anthony W.S. Evaluation of cylinder cleaner grid bar configuration and cylinder speed for cleaning of seed cotton, lint, and lint cleaner waste. Applied Engineering in Agriculture. 2003. 19(1):31–37. DOI: 10.13031/2013.12732.
3. Ray S.J. Alternative Configurations in a Cylinder-Type Cleaner for Seed Cotton. Applied Engineering in Agriculture. 2006. 22(5):643–649. DOI: 10.13031/2013.21996.
4. Ray S.J. Parameter Variations in a Cylinder-Type Cleaner for Seed Cotton. 2005 ASAE Annual Meeting. Paper No. 051098. DOI: 10.13031/2013.19935.
5. USDA Agricultural Research Service. Cotton Ginning Research publications on cylinder-type seed cotton cleaners and grid-bar configurations.
6. Tillayev M.T. Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi va jihozlari. Toshkent: Adabiyot uchqunlari, 2018. 240 b.
7. Aliyev O.O., Muradov R.M. Paxta bo'lakchasining ayrisimon qoziqcha ta'siridagi harakat qonuniyatlarini matematik modellashtirish. Tadqiqot qo'lyozmasi, 2026.
8. Aliyev O.O., Isaxanov X. Qoziqli baraban diametri va aylanish chastotasining paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligiga ta'sirini eksperimental tadqiq etish. Tadqiqot qo'lyozmasi, 2026.

CONTEMPORARY ENVIRONMENTAL CHALLENGES IN UZBEKISTAN AND MECHANISMS FOR THEIR MITIGATION

Mahmudova Nilufar Saidyakhoyevna

Bukhara State Technical University, Republic of Uzbekistan,
e-mail: maxmudovabegim85@gmail.com

Abstract. This paper examines the pressing environmental problems of Uzbekistan that have a significant impact on the environment and public health. Particular attention is paid to issues such as the drying up of the Aral Sea, air pollution in large cities, soil degradation, water scarcity, and climate change. The Aral environmental disaster is one of the largest in the world and has led to worsening climatic conditions in the region, reduced biodiversity, and increased disease rates among the population. In addition, the intensive use of natural resources, irrational agriculture, and industrial activities contribute to environmental degradation. The paper also analyzes the main ways to address these problems, including the introduction of environmentally friendly technologies, rational use of

water resources, development of renewable energy sources, improvement of environmental awareness among the population, and strengthening of state control in the field of environmental protection.

Keywords: ecology, environmental problems, Aral Sea, desertification, water scarcity, air pollution, soil pollution, climate change, water resources, irrigation, agriculture, industrial pollution, biodiversity, sustainable development.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные экологические проблемы Узбекистана, серьезно влияющие на окружающую среду и здоровье населения. Особое внимание уделяется таким вопросам, как пересыхание Аральского моря, загрязнение воздуха в крупных городах, деградация почв, нехватка воды и изменение климата. Аральская экологическая катастрофа является одним из крупнейших экологических кризисов в мире, приведшим к ухудшению климатических условий в регионе, сокращению биоразнообразия и росту заболеваемости населения. Кроме того, интенсивное использование природных ресурсов, нерациональное управление сельским хозяйством и промышленная деятельность способствуют ухудшению экологической ситуации. В статье также анализируются основные пути решения этих проблем, включая внедрение экологически чистых технологий, рациональное использование водных ресурсов, развитие возобновляемых источников энергии, повышение экологической грамотности населения и усиление государственного контроля в области охраны окружающей среды.

Ключевые слова: экология, экологические проблемы, Аральское море, опустынивание, нехватка воды, загрязнение воздуха, загрязнение почвы, изменение климата, водные ресурсы, ирригация, сельское хозяйство, загрязнение промышленными отходами, биоразнообразие, устойчивое развитие.

Annotatsiya. O‘zbekistonning atrof-muhit va aholi salomatligiga jiddiy ta’sir ko‘rsatuvchi dolzarb ekologik muammolari ko‘rib chiqiladi. Orol dengizining qurishi, yirik shaharlarda havo ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, suv tanqisligi va iqlim o‘zgarishi kabi masalalarga alohida e’tibor qaratiladi. Orol ekologik falokati dunyodagi eng yirik ekologik inqirozlardan biri bo‘lib, u mintaqada iqlim sharoitining yomonlashuviga, biologik xilma-xillikning kamayishiga va aholi orasida kasallanish darajasining oshishiga olib keldi. Bundan tashqari, tabiiy resurslardan intensiv foydalanish, qishloq xo‘jaligini noto‘g‘ri yuritish va sanoat faoliyati atrof-muhit holatining yomonlashuviga hissa qo‘shmoqda. Maqolada, shuningdek, ushbu muammolarni hal etishning asosiy yo‘llari, jumladan, ekologik toza texnologiyalarni joriy etish, suv resurslaridan oqilona foydalanish, qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish, aholining ekologik savodxonligini oshirish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida davlat nazoratini kuchaytirish masalalari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: ekologiya, ekologik muammolar, Orol dengizi, cho‘llanish, suv tanqisligi, havo ifloslanishi, tuproq ifloslanishi, iqlim o‘zgarishi, suv resurslari, sug‘orish, qishloq xo‘jaligi, sanoat chiqindilari bilan ifloslanish, biologik xilma-xillik, barqaror rivojlanish.

Introduction. Uzbekistan is a country rich in natural resources; however, in recent decades the environmental situation has significantly deteriorated. Rapid industrial and agricultural development, along with population growth, has increased pressure on the environment. As a result, environmental problems have become acute and require comprehensive solutions.

In the modern world, environmental issues are becoming increasingly relevant. Uzbekistan, as a country with a developing economy and complex natural and climatic conditions, faces a number of serious environmental challenges. Irrational use of natural resources, intensive agricultural and industrial development, and the consequences of past economic decisions have led to environmental degradation in the country.

The main environmental problems of Uzbekistan include water scarcity, desertification, air pollution (from vehicles and coal use), and land degradation. Solutions are aimed at implementing tree-planting programs (“Yashil Makon”), developing green energy, modernizing treatment facilities, and tightening environmental standards for industry.

The environmental agenda in Uzbekistan for 2024–2026 focuses on combating water shortages, the consequences of the Aral Sea's drying, and air pollution in major cities. The year 2025 has officially been declared the “Year of Environmental Protection and Green Economy.”

Depletion of water resources, especially in the Aral Sea basin, and inefficient water use in agriculture remain critical issues. There is a high level of emissions from 4 million vehicles, as well as from the use of coal and firewood, particularly in Tashkent. Soil conditions are deteriorating, and biodiversity is declining. Waste recycling—both household and industrial—remains insufficient.

The national program “Yashil Makon” предусматривает (envisages) the planting of 200 million trees and shrubs annually until 2030. One of the most serious problems is the drying up of the Aral Sea, which has led to regional climate change, salt and dust storms, and worsening public health.

There is a shortage of fresh water in the country. The main reasons are excessive water use in agriculture and outdated irrigation systems. This significantly affects agricultural development and the quality of life of the population. In large cities, air pollution is associated with emissions from industrial enterprises and motor vehicles, leading to an increase in respiratory diseases. Improper land use and climate change reduce soil fertility and expand desert areas.

Industrial waste and chemicals pollute natural resources, negatively affecting ecosystems. Uzbekistan is facing a critical reduction in internal water reserves (by 6.5 billion cubic meters over the past year). Outdated irrigation systems, high water losses during canal transportation, and wastewater pollution exacerbate the problem. A large-scale program for concreting and reconstructing canals has been approved until 2026. Water-saving technologies, such as drip irrigation, are being actively introduced, along with the construction of new reservoirs for collecting and storing floodwater.

Main causes of environmental crises in Uzbekistan include irrational use of natural resources, intensive agricultural development, industrial pollution, low environmental awareness, and insufficient environmental control. The drying of the sea has led to the formation of the Aralkum salt desert, from which dust spreads over hundreds of kilometers.

Key measures include the introduction of drip irrigation, modernization of irrigation systems, reduction of water losses, afforestation and creation of protective forest belts, ecosystem restoration, restriction of excessive grazing, transition to environmentally friendly transport, installation of filters at industrial enterprises, and development of green energy.

The transition to sustainable development includes the use of renewable energy sources, energy-efficient technologies, emission reductions, implementation of waste sorting, development of recycling enterprises, and raising environmental awareness among the population, which plays a crucial role in solving these problems.

Currently, the need for international cooperation in the field of environmental protection is determined by the growing ecological interdependence of all countries. The destruction of the ozone layer, pollution of the atmosphere and oceans, as well as rising temperatures on the planet have an impact not only on countries that allow environmentally hazardous activities, but also on the entire global community. In this regard, a number of States cooperate with the United Nations on environmental safety issues. Such cooperation is based on a number of principles recognized by the international community. These principles are partially reflected in international treaties and acts, regulatory documents of international organizations and summarized in the decisions of major international conferences on environmental protection.

Based on this, Uzbekistan is actively promoting important climate initiatives aimed at uniting the region to combat climate change. The ideas of President of Uzbekistan Shavkat Mirziyoyev are constantly supported by the countries of the region.

As a logical continuation of the formation of a unified climate agenda for Central Asia, Uzbekistan at the fifth meeting of the heads of state put forward an initiative to develop a regional strategy for adaptation to climate change. In addition, the head of Uzbekistan proposed to create a multilateral platform at the level of ministers of ecology — the Central Asian Climate Dialogue, which can become an integrating link for Central Asian countries on the path of "green" development.

Shavkat Mirziyoyev also put forward a number of proposals at the United Nations Conference on Climate Change. In particular, the President of our country called for the earliest possible agreement

on a Global Framework Mechanism for Climate Change Adaptation within the framework of the Paris Agreement. The President also touched upon the topic of the global transition to a low-carbon economy. According to him, this process "must be fair, transparent and inclusive" and "must necessarily take into account the interests of developing countries." He suggested that this urgent issue should be regularly reviewed, including including it on the agenda of the G7 and G20 formats.

Conclusion. Environmental problems in Uzbekistan pose a serious challenge for the country. Their solution requires a comprehensive approach that includes technological development, government support, and public participation. Only joint efforts can help preserve natural resources and ensure a sustainable future.

References

1. Grabarczyk M., Korolczuk M. Determination of cadmium by anodic stripping voltammetry in the presence of interfering ions. *Electrochimica Acta*, 2010, Vol. 55, pp. 5655–5785.
2. Korolenko T.A., Mikhailova E.A. Determination of heavy metals by inversion voltammetry. *Journal of Analytical Chemistry*, 2008, Vol. 63, No. 5, pp. 512–530.
3. Balaram V. Environmental geochemistry of cadmium in soils: analytical methods and quality control considerations. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2022, Vol. 150, p. 116571.

IMPLEMENTATION OF WATER-EFFICIENT IRRIGATION TECHNOLOGIES THROUGH RAINWATER HARVESTING

Alisher Normurodovich Khazratov

University of Economics and Pedagogy, Karshi, Uzbekistan, e-mail: khazratov@gmail.com

Abstract. This paper proposes the combined use of rainwater harvesting and water-efficient irrigation technologies on household plots that are underused because of water scarcity. The approach is intended to support the cultivation of low-water-demand tree species by blending harvested rainwater with mineralized groundwater when necessary. A conceptual system layout is presented, together with the main stages of implementation and the expected economic, social, and environmental benefits. Long-term precipitation data for Qashqadaryo Region indicate that rainwater harvesting could provide a useful supplementary source for small-scale irrigated planting in the arid and semi-arid areas of southern Uzbekistan.

Keywords: rainwater harvesting, water-efficient irrigation, drip irrigation, water scarcity, Qashqadaryo Region.

Аннотация. В статье предлагается совместное применение технологий сбора дождевой воды и водосберегающего орошения на приусадебных участках, которые недостаточно используются из-за дефицита воды. Предлагаемый подход направлен на выращивание древесных пород с низкой водопотребностью за счёт использования смеси собранной дождевой воды и минерализованных подземных вод при необходимости. Представлена концептуальная схема системы, а также рассмотрены основные этапы её внедрения и ожидаемые экономические, социальные и экологические преимущества. Многолетние данные об атмосферных осадках в Кашкадарьинской области показывают, что сбор дождевой воды может служить полезным дополнительным источником водоснабжения для орошения небольших насаждений в засушливых и полувасушливых районах юга Узбекистана.

Ключевые слова: сбор дождевой воды, водосберегающее орошение, капельное орошение, дефицит воды, Кашкадарьинская область.

Annotatsiya. Ushbu maqolada suv tanqisligi sababli yetarli darajada foydalanilmayotgan aholi tomorqalarida yomg'ir suvlarini yig'ish va suvtejamkor sug'orish texnologiyalarini birgalikda qo'llash taklif etilgan. Mazkur yondashuv zarur hollarda yig'ilgan yomg'ir suvlarini minerallashtirish bilan aralashtirish orqali kam suv talab qiladigan daraxt turlarini yetishtirishga qaratilgan. Tizimning konseptual sxemasi, uni amalga oshirishning asosiy bosqichlari hamda kutilayotgan

iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik afzalliklar keltirilgan. Qashqadaryo viloyatidagi ko'p yillik atmosfera yog'inlari ma'lumotlari yomg'ir suvlarini yig'ish O'zbekiston janubidagi qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda kichik maydonlardagi sug'oriladigan daraxtzorlar uchun foydali qo'shimcha suv manbai bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: yomg'ir suvlarini yig'ish, suvtejamkor sug'orish, tomchilatib sug'orish, suv tanqisligi, Qashqadaryo viloyati.

Introduction. Since Uzbekistan gained independence, the area planted with water-intensive crops, particularly cotton and rice, has decreased substantially compared with the 1980s. Together with global climate change and challenges in transboundary water relations, this shift has contributed to a reduction of approximately 20% in national water consumption relative to the 1980s. Climate change is also intensifying water scarcity across Central Asia. Two or three consecutive low-water years are now observed more frequently: before the 1970s, water-scarce years occurred approximately once every 10-12 years, whereas during the last four decades they have occurred every 4-6 years [1]-[3].

Uzbekistan, particularly its southern regions that depend on the Amu Darya, faces acute water scarcity caused not only by population growth and climate change but also by increasingly complex interstate water relations. This situation threatens the development of water-dependent sectors and may produce serious environmental and socioeconomic consequences. The construction of Afghanistan's Qosh Tepa Canal, which is intended to divert about 10 km³ of water annually from the Amu Darya, illustrates the growing pressure on transboundary water allocation. According to assessments by the Ministry of Water Resources, Uzbekistan may face an annual water deficit of 7.0 billion m³ by 2030. In addition, intensive groundwater abstraction by farms during recent dry years has lowered groundwater levels. In some areas, the use of highly mineralized groundwater for irrigation may also accelerate soil salinization [4].

Literature review. Rainwater harvesting (RWH) is widely used in water-scarce regions of the United States, Australia, Saudi Arabia, India, Pakistan, and other countries. Harvested rainwater is used for domestic supply, drinking water after appropriate treatment, industrial purposes, and the irrigation of urban gardens and trees. In Egypt, other parts of Africa, and Southeast Asia, rainwater has long served as an important source of water for households and livestock.

Researchers and practitioners such as Gilbert F. White and Brad Lancaster have helped establish the value of rainwater harvesting in arid environments and have presented rainfall as a useful component of integrated water-resource management. Lancaster's 2019 book remains a detailed practical guide to the implementation of RWH in dry regions of the United States. Bernard also assessed the chemical quality of harvested rainwater for drinking-water use in Nigeria [5], [6].

A 2020 study by C. C. Amos evaluated the reliability of rainwater-harvesting systems of different sizes in coastal rural areas of Bangladesh. In 2023, Martins Vaz, Ghisi, and Souza examined the potential use of rainwater at fire stations and for firefighting, including environmental and economic considerations. Musayev, Burgess, and Mellor assessed how climate change may affect the technical and economic performance of RWH systems worldwide [7], [8].

The literature review conducted for this study indicates that approximately 60% of published works provide a general assessment of rainwater-harvesting potential, while about 40% examine system design, sizing, and operational rules. Water-balance simulation is the most common modelling approach. It is used to estimate harvestable rainfall and identify an appropriate storage volume among feasible reservoir sizes. Despite substantial international progress, little research has addressed the combined use of rainwater harvesting and water-efficient irrigation on household plots under the climatic and soil conditions of southern Uzbekistan.

Proposed system and discussion. The effects of water scarcity in Uzbekistan can be reduced by combining rainwater harvesting with water-efficient irrigation, particularly on household plots that are currently underused because of an unreliable water supply. Establishing low-water-demand trees on these plots may generate environmental, social, and economic benefits. In water-scarce rural

settlements, the proposed approach could expand green areas, improve local air quality, support small-scale horticulture, and create additional household income.

The Concept for the Development of the Water Resources Sector of the Republic of Uzbekistan for 2020-2030 sets a target of expanding water-saving irrigation technologies to 2.0 million hectares by 2030. At the same time, national initiatives such as the Yashil Makon (Green Space) project seek to increase tree cover, improve air quality, and strengthen environmental conditions and public health [9], [10].

Qashqadaryo, one of Uzbekistan's southern regions, has a continental subtropical climate characterized by hot, dry summers and relatively cold winters. Annual precipitation generally increases from west to east as elevation rises and local topography changes.

Table 1

Long-term mean annual precipitation at meteorological stations in Qashqadaryo Region

No.	Meteorological station	Elevation, m	Mean annual precipitation, mm (1980-2022)
1	Muborak	288	193
2	Qarshi	378	253
3	Chimqorgon	465	364
4	Guzor	524	359
5	Shahrisabz	633	551

The proposed project supports the national objectives of expanding drip irrigation, increasing green cover, and reducing demand on conventional irrigation networks. Table 1 shows that the long-term annual rainfall in the Qarshi and Guzor districts is approximately 250-360 mm. A rainfall depth of 300 mm over one hectare is equivalent to 3,000 m³ of precipitation before collection losses. Much of this water currently infiltrates or mixes with mineralized groundwater. If low-salinity harvested rainwater is blended with groundwater having a mineralization of 3-5 g/L and applied to low-water-demand fruit trees through efficient irrigation, the combined approach could reduce dependence on canal water. Under the assumptions used in this concept, the potential saving is estimated at up to 5,000 m³ per hectare per year; this estimate should be verified through field water-balance measurements.

Acute water shortages are already affecting regions supplied by the Amu Darya and are expected to become more severe. Nevertheless, household plots still offer underused opportunities for productive planting with water-efficient irrigation. A practical priority is therefore to develop technically simple and affordable RWH systems for households and for small farms specializing in horticulture.

Designing, constructing, and operating an affordable system that integrates rainwater harvesting with water-efficient irrigation would provide a locally relevant technological solution. Its implementation may increase green cover and household income, improve environmental conditions and air quality, support rural socioeconomic development, and improve the attractiveness of rural settlements.

Figure.1 presents a conceptual layout for integrating rainwater harvesting with water-efficient irrigation. The system is intended primarily for household plots and small horticultural farms.

Rainwater is collected in storage pond 1, while well 4 provides groundwater with a mineralization of about 3-4 g/L when supplementary water is required. The two sources are combined in mixing pond 3. Pump unit 2 then conveys the blended water through sand filter 5 to the drip-irrigation network. The discharge is measured by flow meter 6 and regulated by control valve 7, while entrained air is released through valve 8. The salinity of the blended irrigation water can be monitored

by sampling from pond 3. The system is intended mainly for low-water-demand trees, with additional soil-moisture management measures applied where necessary.

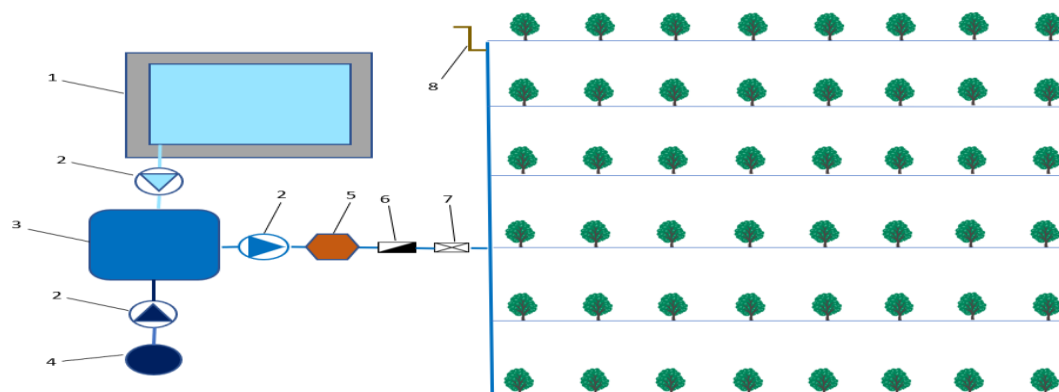


Figure.1. Conceptual layout of the proposed system: 1 - rainwater storage pond; 2 - pump unit; 3 - mixing pond; 4 - groundwater well; 5 - filter; 6 - flow meter; 7 - control valve; 8 - air-release valve.

Implementation requires the selection of crops and tree species that are both productive and tolerant of water scarcity in southern Uzbekistan. Root-zone development and the wetting patterns produced by subsurface and drip irrigation must be considered. The irrigation method should be selected on a scientific basis using soil physical and mechanical properties, humus content, local climate, groundwater conditions, and crop requirements.

Conclusions and implementation steps. The following stages are proposed for developing and testing the system:

1. First, GIS analysis should be used to estimate the area suitable for the proposed approach within a pilot region, identify the districts where the system is most promising, and select experimental sites.

2. Climatic data should then be obtained from the nearest meteorological station and analyzed. Candidate crops or tree species should be selected according to water demand, salinity tolerance, and expected economic return.

3. Crop water requirements under the selected water-efficient irrigation method should be calculated and used to determine the optimum storage volume.

4. Appropriate technologies for removing sediment from harvested rainwater and preparing it for irrigation should be selected and justified.

5. The effects of alternative water-efficient irrigation technologies, particularly subsurface drip, surface drip, and sprinkler irrigation, on root-zone wetting and soil salinity should be measured and compared.

6. Alternative RWH layouts should be developed, and the technical and economic performance of different designs and locally available construction materials should be evaluated.

7. The most affordable and technically reliable option should be selected, after which drawings, specifications, and materials for pilot-scale components can be prepared.

8. Construction procedures and operation and maintenance guidance should be prepared and distributed to households and farms to support wider adoption and commercialization of the technology.

References

[1] Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan. Available: <https://suvchi.gov.uz/uz>

[2] A. T. Salokhiddinov, P. A. Khakimova, R. V. Toryanniova, O. A. Ashirova, and A. G. Gofurov, "Impact of regional climate changes on changes in river water content in Uzbekistan," *Irrigation and Melioration*, vol. 2021, no. 2, pp. 7-12, 2021.

- [3] Y. A. Ergasheva and A. N. Khazratov, "Water culture of the people in Uzbekistan," in *Water Projects and Technologies in Asia: Historical Perspectives*, p. 327, 2023.
- [4] A. N. Khazratov, "History and current state of water management in Uzbekistan," *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, vol. 3, no. 5, 2023.
- [5] B. Lancaster, *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond*, Volume 1, 3rd ed. Rainsource Press, 2019.
- [6] E. Bernard, "Assessment of rainwater quality of Bichi Local Government Area of Kano State, Nigeria."
- [7] I. C. Martins Vaz, E. Ghisi, and J. C. Souza, "Potential use of rainwater as a tool for fire stations and firefighting: Literature review, environmental and cost assessments," *Science of the Total Environment*, vol. 898, p. 165510, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165510.
- [8] S. Musayev, E. Burgess, and J. Mellor, "A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 132, pp. 62-70, May 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.01.023.
- [9] Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-6024 of July 10, 2020, "On approval of the Concept for the Development of the Water Resources Sector of the Republic of Uzbekistan for 2020-2030." Accessed: Mar. 19, 2024. [Online]. Available: <https://lex.uz/docs/4892953>
- [10] Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-199 of Nov. 23, 2023, "On measures to further increase the level of greenery and ensure environmental sustainability through consistent implementation of the nationwide Yashil Makon project." Available: <https://lex.uz/docs/6673808>

DEVELOPMENT OF A PYTHON PROGRAM FOR HYDRAULIC CALCULATIONS IN TRAPEZOIDAL CANALS

Alisher Normurodovich Khazratov

University of Economics and Pedagogy, Karshi, Uzbekistan, e-mail: khazratov@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada berilgan oqim chuqurligi va o'rtacha tezlik qiymatlari asosida trapetsiyasimon ochiq kanallarning gidravlik tavsiflarini hisoblash uchun ishlab chiqilgan Python dasturi bayon etilgan. Dastur ko'ndalang kesimning geometrik parametrlarini aniqlaydi, kanal materiali va suv sarfi diapazoniga qarab Manning g'adir-budurlik koeffitsiyentini belgilaydi hamda Shezi formulasini hisoblashda Pavlovskiy formulasidan foydalanadi. Har bir berilgan tezlikka mos keluvchi gidravlik nishablikni aniqlash uchun dastlab diskret qidiruv, so'ngra ikkiga bo'lish (bisection) usuli qo'llaniladi. Shundan so'ng dastur suv sarfi, gidravlik radius va kanal chegarasi bo'yicha o'rtacha urinma kuchlanishni hisoblaydi. Bir marta ishga tushirish davomida chuqurlik va tezlikning bir nechta juft qiymatlarini hisoblash mumkin, bu esa modeldan takroriy muhandislik hisoblarida va o'quv jarayonida foydalanish imkonini beradi. Model prizmatik trapetsiyasimon kanaldagi barqaror tekis harakat sharoitini qabul qiladi va gidravlik qarshilikni jadval ko'rinishida berilgan g'adir-budurlik koeffitsiyentlari orqali ifodalaydi.

Kalit so'zlar: trapetsiyasimon kanal, gidravlik nishablik, Pavlovskiy formulasi, Chezi tenglamasi, Manning koeffitsiyenti, Python.

Аннотация. В данной статье описывается программа на языке Python, разработанная для расчёта гидравлических характеристик трапецеидальных открытых каналов по заданным значениям глубины потока и средней скорости. Программа определяет геометрические параметры поперечного сечения, назначает коэффициент шероховатости Маннинга в зависимости от материала канала и диапазона расхода, а также использует формулу Шези в форме Павловского. Для определения гидравлического уклона, соответствующего каждой заданной скорости, применяется дискретный поиск с последующим использованием метода бисекции. Затем программа рассчитывает расход воды, гидравлический радиус и среднее касательное напряжение на границе потока. За один запуск программы можно обработать

несколько пар значений глубины и скорости, что делает модель удобной для выполнения повторяющихся инженерных расчётов и использования в учебном процессе. Модель основана на предположении об установившемся равномерном движении потока в призматическом трапецидальном канале, а гидравлическое сопротивление учитывается посредством табличных значений коэффициента шероховатости.

Ключевые слова: трапецидальный канал, гидравлический уклон, формула Павловского, формула Шези, коэффициент Маннинга, Python.

Abstract. This paper describes a Python program developed to calculate the hydraulic characteristics of trapezoidal open channels from specified flow depths and mean velocities. The program determines the cross-sectional geometry, assigns a Manning roughness coefficient according to channel material and discharge range, and applies the Pavlovskiy form of the Chezy equation. A discrete slope search followed by bisection is used to identify the hydraulic slope corresponding to each prescribed velocity. The program then calculates flow discharge, hydraulic radius, and average boundary shear stress. Several depth-velocity pairs can be processed in one run, which makes the model suitable for repeated engineering calculations and classroom applications. The formulation assumes steady uniform flow in a prismatic trapezoidal channel and represents resistance through tabulated roughness values.

Keywords: trapezoidal canal, hydraulic slope, Pavlovskiy formula, Chezy equation, Manning coefficient, Python.

1. Introduction. Hydraulic calculations for irrigation canals require a consistent relationship between channel geometry, flow resistance, velocity, discharge, and longitudinal slope. When several operating depths and velocities must be considered, manual repetition of these calculations takes time and increases the possibility of arithmetic or transcription errors. A small computational program can organize the calculation sequence and apply the same assumptions to every input pair.

This study presents a Python program [1] for calculating the hydraulic parameters of geometrically similar trapezoidal channels. The user specifies the relative bed width, side-slope coefficient, required velocity tolerance, channel-material category, and one or more depth-velocity pairs. For every pair, the program searches for the hydraulic slope that reproduces the prescribed mean velocity through the Pavlovskiy resistance relation. It also reports discharge, hydraulic radius, average boundary shear stress, and the selected Manning coefficient. The purpose of the work is to describe the mathematical formulation and computational sequence implemented in the program.

2. Mathematical model. The channel cross-section is represented as a symmetric trapezoid. Instead of entering the bed width separately for each calculation, the user defines the relative width

$$\beta = b / h.$$

The bed width corresponding to a selected depth is therefore $\beta = b / h$. This formulation allows the program to process a family of geometrically similar sections. For a water depth h and side-slope coefficient m , the flow area A and wetted perimeter P are calculated as

$$b = \beta h, \quad A = (b + mh)h \quad (1)$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (2)$$

The hydraulic radius is the ratio of the flow area to the wetted perimeter:

$$R = A / P \quad (3)$$

Mean velocity is calculated with the Chezy equation. The Chezy coefficient is obtained from the Pavlovskiy relation, according to building regulations SHNQ 2.06.03-12 in which the exponent y depends on the Manning roughness coefficient and hydraulic radius [2, 3]:

$$C = \sqrt{Ri} \quad (4)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (5)$$

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.1) \quad (6)$$

Here $\mathcal{G}$ is the cross-sectional mean velocity, C is the Chezy coefficient, n is the Manning roughness coefficient, R is the hydraulic radius, and i is the hydraulic slope. After velocity is obtained, discharge is calculated from the continuity equation:

$$Q = A\mathcal{G} \quad (7)$$

The program also calculates the average boundary shear stress from the uniform-flow force balance [4-6]:

$$\tau = \gamma Ri \quad (8)$$

where τ is the average boundary shear stress and $\gamma = \rho g = 9810 \text{ N} / \text{m}^3$ is the unit weight of water. Equation (8) gives a section-averaged hydraulic shear stress and does not resolve local variations between the bed and side slopes.

3. Selection of the roughness coefficient. The program provides four channel-material categories. For cohesive and sandy soils and for gravel-pebble beds, the roughness coefficient is selected from discharge intervals. Fixed values are used for intermittently operated canals and small ditches. Table 1 summarizes the rules implemented in the code. These rules were adopted by the building regulations SHNQ 2.06.03-12 [2].

Table.1

Manning roughness rules used by the program which have been adopted from the building regulations SHNQ 2.06.03-12 [2].

Channel category	$Q < 1 \text{ m}^3 / \text{s}$	$1 \leq Q \leq 25 \text{ m}^3 / \text{s}$	$Q \geq 25 \text{ m}^3 / \text{s}$
Cohesive and sandy soil	0.0250	0.0225	0.0200
Gravel-pebble bed	0.0250	0.0250	0.0225
Intermittently operated canal	0.0275	0.0275	0.0275
Ditch	0.0300	0.0300	0.0300

Because discharge depends on velocity and velocity depends on Manning's roughness coefficient n , the selection contains an internal dependency. The program handles it deterministically by testing the roughness values associated with the selected material category, estimating discharge, and retaining the coefficient that is consistent with the applicable discharge interval.

4. Computational procedure. For each entered depth-velocity pair, the program first calculates b , A , P , and R . It then constructs a logarithmically distributed slope grid. Deeper sections use a grid beginning at 10^{-6} , while shallower sections use a wider range beginning at 10^{-5} . At every candidate slope, the program selects n , evaluates the Pavlovskiy exponent and Chezy coefficient, and calculates velocity. The absolute difference between calculated and prescribed velocity is used as the objective function:

$$e\mathcal{G} = \left| \mathcal{G}_{calc} - \mathcal{G}_{target} \right| \quad (9)$$

The candidate with the smallest velocity error is selected. If its error exceeds the tolerance specified by the user, the program searches the neighboring slope values for an interval that brackets the target velocity. Bisection is then applied for up to 50 iterations or until the velocity error satisfies the tolerance. This refinement avoids the loss of precision that would result from reporting only a value from the initial slope grid.

Table.2

Calculation sequence implemented in Python

Step	Operation	Calculated or selected quantity
1	Read input	β , m , tolerance, material category, h , and target $\mathcal{Q}$
2	Build geometry	b , A , P , and R
3	Generate slope grid	Candidate values of i
4	Select resistance	Manning n from material and discharge interval
5	Calculate flow	y , C , $\mathcal{Q}$, and Q for every candidate i
6	Refine slope	Bisection within a bracketing interval
7	Report output	i , $\mathcal{Q}$, Q , R , τ , n , and calculation status

5. Program inputs and outputs. scope and limitations. The input interface is text based and can be used without modifying the source code. The relative width β and side-slope coefficient m define the cross-sectional form. The velocity tolerance controls the stopping criterion of the inverse slope calculation. The material option determines how n is assigned. The user then enters the number of cases followed by the depth and target velocity for each case.

The output is presented as a structured table. Each row contains the input depth and velocity, calculated slope, Pavlovskiy velocity, discharge, hydraulic radius, average boundary shear stress, and selected Manning coefficient. The status field is reported as satisfactory when the calculated velocity lies within the prescribed tolerance. When the tolerance cannot be reached within the available search and refinement interval, the program reports the nearest solution and its minimum velocity error. Invalid geometries or numerical failures are identified rather than being returned as ordinary hydraulic results.

Scope and Limitations. The model represents steady, uniform, one-dimensional flow in a prismatic trapezoidal channel. It assumes that the energy slope can be represented by the hydraulic slope and that one roughness coefficient characterizes the wetted boundary. The calculated shear stress is a cross-sectional average. The present version does not calculate water-surface profiles, local bed and bank stresses, secondary currents, sediment transport, or changes in channel geometry. In addition, using a constant β means that multiple depths describe geometrically similar sections; a single physical canal with fixed bed width would require b to be entered independently of h . These assumptions define the intended use of the program and should be considered when interpreting its outputs.

Conclusion. A Python program was developed to automate hydraulic calculations for trapezoidal open channels. The program combines trapezoidal geometry, discharge-dependent Manning roughness rules, the Pavlovskiy-Chezy resistance equation, and an inverse search for hydraulic slope. For each prescribed depth and velocity, it reports the corresponding slope, discharge, hydraulic radius, average boundary shear stress, roughness coefficient, and convergence status. Its principal practical benefit is the consistent processing of multiple calculation cases through a transparent sequence of standard hydraulic equations. The program can be used for preliminary canal calculations and for teaching the relationship between geometry, resistance, slope, velocity, and shear stress.

References

1. Python Software Foundation. Python Documentation. <https://docs.python.org/3/>.
2. Urban Planning Norms and Regulations: Design Standards for Irrigation Systems. Tashkent, 2012. Sh.N.Q 2.06.03-12.
3. Chow, V. T. Open-Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill, 1959.
4. Chaudhry, M. H. Open-Channel Flow. 2nd ed. New York: Springer, 2008.

5. Xazratov, A. N., Raxmatov, M. I., & G'ayimnazarov, I. X. (2026). Amu-Buxoro mashina kanalidagi o'zan deformatsiyasi jarayonlari va uni keltirib chiqaruvchi asosiy omillar. Innovatsion texnologiyalar, 62(2), 58-64.

6. Xazratov, A. N. (2026). Kam bog'langan grunt o'zanli kanallarda o'zan deformatsiyasini prognozlash uchun oqim tashuvchanlik qobiliyati usullarining qiyosiy tahlili. Innovatsion texnologiyalar, 62(2), 127-136.

MASOFAVIY SUV SARFINI O'LCHASH (RADAR) QURILMASINING SUV SIRTI TEZLIGINI O'LCHASH ANIQLIGINI EKSPERIMENTAL BAHOLASH

**Otaxonov Maqsudxon Yusufovich¹, Allayorov Davronjon Shamsiddin o'g'li²,
Zokirov Ilhomjon Bahtiyor o'g'li³**

¹ Smart solution system MCHJ, Toshkent, O'zbekiston

² Toshkent davlat transport universiteti Toshkent, O'zbekiston

³ "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti, Toshkent, O'zbekiston, e-mail: ilhomjonzokirov1@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada masofaviy suv sarfini o'lchash radar qurilmasining suv sirti tezligini o'lchash aniqligi laboratoriya sharoitida eksperimental baholangan. Tadqiqotlar Smart Solution System MChJning "Gidravlika va gidrometriya" laboratoriyasidagi beton qoplamali K-2 kanalida olib borilgan. Tajribalar suv chuqurligi 0,30; 0,60 va 0,90 m bo'lgan uchta gidravlik rejimda bajarilgan. Har bir rejimda kanal eni bo'yicha belgilangan to'qqizta vertikalda radar qurilmasi yordamida suv sirti tezligi o'lchangan va olingan natijalar Universal Muline CM-32 gidrometrik ver-tushkasining sirtga yaqin qatlamdagi nazorat ko'rsatkichlari bilan qiyoslangan. Jami 27 ta juft o'lchov natijasi asosida tezliklarning ko'ndalang taqsimlanishi va qurilmalar ko'rsatkichlari orasidagi moslik statistik tahlil qilingan. Natijada o'rtacha mutlaq xatolik MAE = 0,0072 m/s, o'rtacha kvadratik xatolik RMSE = 0,0074 m/s, o'rtacha mutlaq foiz xatolik MAPE = 1,49 % va determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = 0,9957$ ni tashkil etgan. Radar qurilmasi barcha rejimlarda kanal eni bo'yicha tezlikning o'zgarishini, jumladan, markaziy qismdagi maksimal qiymatlarni va yon devorlar yaqinidagi pa-sayishni qayd etgan. Olingan natijalar tadqiq etilgan laboratoriya sharoitida radar qurilmasining suv sirti tezligini o'lchashda qo'llanish imkoniyatini ko'rsatgan.

Kalit so'zlar: radar qurilmasi, suv sirti tezligi, kontaktsiz o'lchash, gidrometrik vertushka, laboratoriya tajribasi, o'lchash aniqligi.

Аннотация. В статье представлена экспериментальная оценка точности измерения скорости поверх-ностного течения радарным устройством дистанционного измерения расхода воды в лабораторных условиях. Исследования проводились в лаборатории «Гидравлика и гидрометрия» ООО Smart Solution System на бетонном канале К-2. Эксперименты выполнены при трёх гидравлических режимах с глубинами воды 0,30; 0,60 и 0,90 м. При каждом режиме скорость поверхностного течения измерялась радарным устройством на девяти измери-тельных вертикалях, расположенных по ширине канала. Полученные результаты сопоставлялись с контроль-ными измерениями скорости в приповерхностном слое, выполненными гидрометрической вертушкой Universal Muline CM-32. На основе 27 парных измерений проведён статистический анализ поперечного распределения ско-рости и согласованности показаний приборов. Средняя абсолютная ошибка составила MAE = 0,0072 м/с, сред-неквадратичная ошибка RMSE = 0,0074 м/с, средняя абсолютная процентная ошибка MAPE = 1,49 %, а коэф-фициент детерминации $R^2 = 0,9957$. Радарное устройство зафиксировало изменение скорости по ширине канала при всех исследованных режимах, включая максимальные значения в центральной части и снижение скорости вблизи боковых стенок. Полученные результаты подтверждают возможность применения исследуемого ра-дарного

устройства для измерения скорости поверхностного течения в рассмотренных лабораторных условиях.

Ключевые слова: радарное устройство, скорость поверхностного течения, бесконтактное измерение, гидрометрическая вертушка, лабораторный эксперимент, точность измерения.

Abstract. This paper presents an experimental evaluation of the accuracy of water-surface velocity measurements obtained using a radar device designed for remote water discharge measurement under laboratory conditions. The study was conducted in the Hydraulics and Hydrometry Laboratory of Smart Solution System LLC using the concrete-lined K-2 channel. Experiments were performed under three hydraulic conditions corresponding to water depths of 0.30, 0.60, and 0.90 m. For each condition, water-surface velocity was measured using the radar device at nine measurement positions distributed across the channel width. The results were compared with reference measurements of near-surface velocity obtained using a Universal Muline CM-32 hydrometric current meter. A total of 27 paired measurements were analyzed to evaluate the transverse velocity distribution and the agreement between the two instruments. The mean absolute error was $MAE = 0.0072$ m/s, the root mean square error was $RMSE = 0.0074$ m/s, the mean absolute percentage error was $MAPE = 1.49\%$, and the coefficient of determination was $R^2 = 0.9957$. The radar device captured variations in surface velocity across the channel width under all three hydraulic conditions, including maximum velocities near the channel center and lower velocities near the side walls. The findings demonstrate the applicability of the investigated radar device for water-surface velocity measurement under the tested laboratory conditions.

Keywords: radar device, water-surface velocity, non-contact measurement, hydrometric current meter, laboratory experiment, measurement accuracy.

Kirish. Sugʻorish kanallarida suv sarfini aniq va uzluksiz hisobga olish suv resurslaridan oqilona foydalanish, suv taqsimotini boshqarish hamda irrigatsiya tizimlarining ekspluatatsion ishonchliligini taʼminlashning muhim shartidir [1]. Suv sarfini oʻlchash qurilmalari statsionar va koʻchma turlarga ajratiladi. Statsionar qurilmalarga Tomson va Chipoletti suv oʻtkazgichlari, Parshall va ISMITI suv oʻlchash novlari hamda avtomatlashtirilgan gidrometrik postlar kiradi. Koʻchma vositalar sifatida gidrometrik vertushkalar va akustik Doppler qurilmalaridan foydalaniladi. Biroq ayrim vositalar mutaxassis ishtirokini va asbobni suv oqimiga kiritishni talab etadi [2]. Soʻnggi yillarda suv hisobini raqamlashtirish va uzluksiz monitoringni tashkil etish maqsadida kontaktsiz texnologiyalarga eʼtibor ortmoqda [3]. Xususan, radar qurilmalari suv sathi va sirt tezligini masofadan oʻlchash, maʼlumotlarni avtomatik qayd etish hamda uzatish imkonini beradi.

Radar qurilmalarining asosiy oʻlchov parametrlaridan biri suv sirti tezligi boʻlib, uni ishonchli qayd etish gidrometrik oʻlchashlarda muhim ahamiyatga ega [4]. Oʻlchash natijalariga sensorning oʻrnatilish geometriyasi, radar nurining yoʻnaltirilish burchagi, oʻlchash zonasining joylashuvi, suv yuzasining xususiyatlari va qaytgan signal sifati taʼsir koʻrsatishi mumkin. Shu sababli qurilmaning oʻlchash aniqligini turli gidravlik sharoitlarda eksperimental tekshirish zarur.

Soʻnggi tadqiqotlarda radar yordamida sirt tezligini oʻlchash, Doppler signallarini qayta ishlash, sensori joylashtirish va oʻlchash xatoliklarini baholash masalalari oʻrganilgan [5]. Huang va hammualliflar radar texnologiyalari hamda signalni qayta ishlash usullarini tahlil qilgan. Catsamas va hammualliflar radar sensorini laboratoriya va dala sharoitida sinovdan oʻtkazgan, Zhou va hammualliflar esa radar natijalarini elektromagnit tezlik oʻlchagich va tasviriy usullar bilan qiyoslagan.

Radar qurilmasining oʻlchash aniqligini baholashda uning koʻrsatkichlarini mustaqil nazorat oʻlchovlari bilan taqqoslash muhimdir [6]. Son va hammualliflar radar natijalarini tasviriy velosimetriya va akustik Doppler oʻlchovlari bilan solishtirib, sensor joylashuvi hamda tezlik taqsimotining taʼsirini koʻrsatgan. Laboratoriya sharoitida gidravlik rejimlarni boshqarish va oʻlchovlarni belgilangan nuqталarda takrorlash qurilmaning oʻlchash xususiyatlarini baholash imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi - laboratoriya sharoitida masofaviy suv sarfini o'lchash radar qurilmasining suv sirti tezligini o'lchash aniqligini gidrometrik vertushka yordamida olingan nazorat natijalari bilan qiyoslash orqali eksperimental baholashdan iborat.

Materiallar va usullar. Tajriba Smart Solution System MChJning "Gidravlika va gidrometriya" laboratoriyasidagi K-2 beton qoplamali to'g'ri to'rtburchak kanalda o'tkazildi (1-rasm, a). Kanal uzunligi 80 m, eni $B = 2,50$ m va qurilish chuqurligi 1,02 m ni tashkil etadi. O'lchashlar oqim nisbatan barqaror shakllangan bitta nazorat stvorida amalga oshirildi. Kanalning chap yon devoridan 0,25 m masofadan boshlab, eni bo'yicha 0,25 m qadam bilan to'qqizta o'lchash vertikal belgilandi. Vertikallarning koordinatalari mos ravishda 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00 va 2,25 m ni tashkil etdi (1-rasm, b). Mazkur o'lchash sxemasi suv sirti tezligining kanal eni bo'yicha taqsimlanishini, jumladan, yon devorlar yaqinidagi sekinlashgan zonalarni, markaziy qismdagi yuqori tezliklarni hamda maksimal tezlikning joylashuvini baholash imkonini berdi.



a) K-2 laboratoriya kanalining umumiy ko'rinishi



b) kanal ko'ndalang kesimida to'qqizta o'lchash vertikalining joylashuvi

1- rasm. Laboratoriya kanali va suv sirti tezligini o'lchash vertikallarining joylashuv sxemasi

Laboratoriya tajribalarida suv sirti tezligini o'lchash uchun radar qurilmasidan, uning natijalarini qiyosiy baholash uchun esa Universal Muline CM-32 gidrometrik vertushkasidan foydalanildi (2-rasm, a, b). Har bir gidravlik rejimda o'lchashlar oqim barqarorlashgandan so'ng amalga oshirildi.



a) Radar qurilmasi



b) Universal current meter (CM-32) gidrometrik vertushkasi.

2- rasm. Suv sirti tezligini qiyosiy o'lchashda foydalanilgan laboratoriya qurilmalari ^{b)}

Har bir vertikalda gidrometrik vertushka yordamida sirtga yaqin qatlamdagi oqim tezligi uch marta o'lganib, natijalarning o'rtacha qiymati hisoblandi. Gidravlik rejim o'zgartirilmagan holda, radar qurilmasi yordamida ayni vertikallardagi suv sirti tezliklari qayd etildi. Shu tariqa radar va gidrometrik vertushka ko'rsatkichlarini bir xil gidravlik sharoitlarda qiyoslash imkoniyati yaratildi. Tajribalar suv chuqurligi $H = 0,30$; $0,60$ va $0,90$ m bo'lgan uchta gidravlik rejimda o'tkazilib, ularga mos suv sarflari $0,257$; $0,724$ va $1,287$ m³/s ni tashkil etdi. Har bir rejimning asosiy gidravlik ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

1- jadval.

Laboratoriya tajribalarining asosiy gidravlik rejimlari

Tajriba rejimi	Suv chuqurligi H , m	Suv sarfi Q , m ³ /s	Harakat kesimi ω , m ²	Kesim bo'yicha o'rtacha tezlik, m/s	Suv yuzasi eni B , m
1	0,30	0,257	0,75	0,343	2,50
2	0,60	0,724	1,50	0,483	2,50
3	0,90	1,287	2,25	0,572	2,50

Natijalar va muhokama. Laboratoriya tajribalarida radar qurilmasi va gidrometrik vertushka yordamida olingan na-tijalar suv sirti tezligining kanal eni bo'yicha notekis taqsimlanishini ko'rsatdi. Uchala gidravlik re-jimda ham tezlikning nisbatan kichik qiymatlari yon devorlar yaqinida, maksimal qiymatlari esa kanalning markaziy qismida kuzatildi. $H = 0,30$ m rejimida gidrometrik vertushka bo'yicha maksimal tezlik $0,40$ m/s, radar qurilmasi bo'yicha esa $0,392$ m/s ni tashkil etdi. $H = 0,60$ va $0,90$ m rejimlarida maksimal tezliklar vertushka bo'yicha mos ravishda $0,57$ va $0,67$ m/s, radar bo'yicha esa $0,569$ va $0,679$ m/s ga teng bo'ldi. Uchta gidravlik rejimda to'qqizta o'lchash vertikal bo'yicha radar va gidro-metrik vertushka yordamida olingan tezliklarning qiyosiy natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

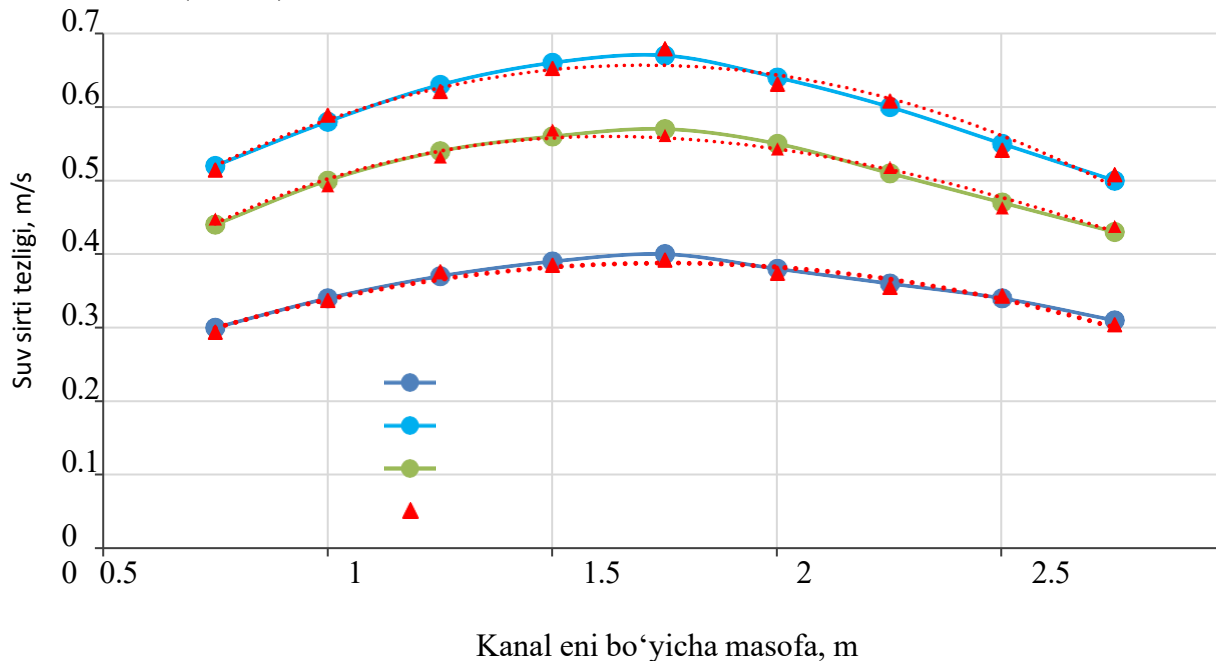
2- jadval.

Turli gidravlik rejimlarda o'lchash vertikallari bo'yicha suv sirti tezliklarining qiyosiy natijalari

Vertikal	Koordinata, m	O'lchash vertikallaridagi suv sirti tezliklari, m/s					
		$H = 0,30$ m		$H = 0,60$ m		$H = 0,90$ m	
		Vertushka	Radar	Vertushka	Radar	Vertushka	Radar
1	0,25	0,30	0,294	0,44	0,448	0,52	0,514
2	0,50	0,34	0,337	0,50	0,493	0,58	0,589
3	0,75	0,37	0,376	0,54	0,532	0,63	0,621
4	1,00	0,39	0,385	0,56	0,569	0,66	0,652
5	1,25	0,40	0,392	0,57	0,561	0,67	0,679
6	1,50	0,38	0,374	0,55	0,543	0,64	0,631
7	1,75	0,36	0,355	0,51	0,518	0,60	0,608
8	2,00	0,34	0,343	0,47	0,463	0,55	0,541
9	2,25	0,31	0,304	0,43	0,438	0,50	0,508

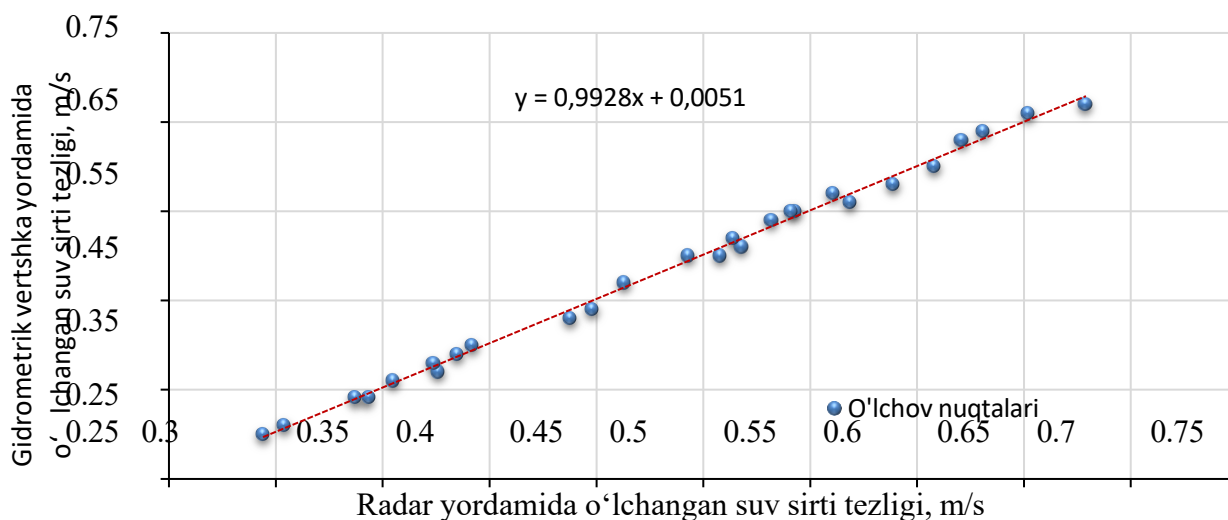
Ushbu jadvalga ko'ra, barcha gidravlik rejimlarda radar va gidrometrik vertushka natijalari o'zaro yaqin bo'lib, suv chuqurligi ortishi bilan sirt tezliklari oshgan. Har ikkala qurilmada ham minimal tezliklar yon devorlar yaqinida, maksimal qiymatlar esa kanal markazida kuzatildi.

Tezliklarning kanal eni bo'yicha taqsimlanishini qiyoslash uchun uchta rejimning tezlik profillari tuzildi (3-rasm).



3- rasm. urli gidravlik rejimlarda radar va gidrometrik vertushka yordamida o'lchangan suv sirti tezliklarining kanal eni bo'yicha taqsimlanishi

Ushbu rasmda radar va gidrometrik vertushka yordamida olingan tezlik profillari barcha rejimlarda o'zaro yaqin bo'lib, radar qurilmasi kanal markazidagi yuqori tezliklarni va yon devorlar tomon ularning pasayishini qayd etgan. Qurilmalar ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanishni baholash uchun 27 ta juft o'lchov asosida regressiya tahlili bajarildi (4-rasm).



4- rasm. Radar va gidrometrik vertushka yordamida o'lchangan suv sirti tezliklari orasidagi regressiya bog'lanishi

Ushbu rasmda o'lchov nuqtalarining regressiya chizig'i atrofida zich joylashgani radar va gidrometrik vertushka natijalari orasida kuchli chiziqli bog'lanish mavjudligini ko'rsatadi. Olingan regressiya tenglamasi $y = 0,9928x + 0,0051$ ko'rinishida bo'lib, uning qiyalik koeffitsiyenti birga yaqin. Bu radar qurilmasi ko'rsatkichlarining nazorat o'lchovlari bilan yuqori darajada mos kelishini

bildiradi. O'lchashlar orasidagi tafovutlarni miqdoriy baholash maqsadida har bir gidravlik rejim va jami 27 ta juft natija uchun MAE, RMSE, MAPE hamda R^2 statistik ko'rsatkichlari hisoblandi (3-jadval).

3- jadval.

Radar va gidrometrik vertushka natijalarining statistik taqqoslanishi

H, m	MAE, m/s	RMSE, m/s	MAPE, %	R^2
0,30	0,005	0,006	1,51	0,982
0,60	0,008	0,008	1,56	0,976
0,90	0,008	0,008	1,41	0,979
Jami 27 juft	0,0072	0,0074	1,49	0,9957

3-jadval natijalariga ko'ra, jami 27 ta juft o'lchov uchun MAE = 0,0072 m/s, RMSE = 0,0074 m/s, MAPE = 1,49 % va $R^2 = 0,9957$ ni tashkil etdi. Alohida gidravlik rejimlarda MAPE qiymatining 1,41–1,56 % oralig'ida bo'lishi o'lchash natijalari orasidagi nisbiy farqlar kichik ekanligini ko'rsa-tadi. Shunday qilib, o'tkazilgan laboratoriya tajribalari radar qurilmasi tadqiq etilgan gidravlik sha-roitlarda suv sirti tezligini gidrometrik vertushka natijalariga yaqin qiymatlarda qayd etishini tasdiqladi.

Xulosa. Beton qoplamali laboratoriya kanalida uchta gidravlik rejimda o'tkazilgan tajribalar radar qurilmasining suv sirti tezligini o'lchash natijalari gidrometrik vertushka ko'rsatkichlari bilan yuqori darajada mos kelishini ko'rsatdi. Jami 27 ta juft o'lchov bo'yicha MAE = 0,0072 m/s, RMSE = 0,0074 m/s, MAPE = 1,49 % va $R^2 = 0,9957$ ni tashkil etdi. Radar qurilmasi barcha rejimlarda suv sirti tezligining kanal eni bo'yicha taqsimlanishini, jumladan, yon devorlar yaqinida tezlikning pasayishi va markaziy qismda maksimal qiymatlarning shakllanishini qayd etdi. Olingan natijalar tadqiq etilgan laboratoriya sharoitida radar qurilmasining suv sirti tezligini o'lchash uchun qo'llanish imkoniyatini eksperimental tasdiqladi. Radar qurilmalari yordamida suv sarfini aniqlashda o'lchangan lokal sirt tezligi asosida kanal kesimi bo'yicha o'rtacha tezlikni ishonchli hisoblash muhim ahamiyatga ega. Shu bois kelgusidagi tadqiqotlarda kanalning geometrik va gidravlik xususiyatlarini hisobga olgan holda sirt tezligini kesim bo'yicha o'rtacha tezlikka bog'lash usullarini ishlab chiqish hamda ushbu usullar asosida radar qurilmalari yordamida suv sarfini masofadan aniqlash texnologiyasini takomil-lashtirish nazarda tutiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Chen Y.-C., Hsu Y.-C., Zai E.O. Streamflow Measurement Using Mean Surface Velocity // Water. – 2022. – Vol. 14, No. 15. – Article 2370. DOI: 10.3390/w14152370.
2. Fulton J.W., Mason C.A., Eggleston J.R. et al. Near-Field Remote Sensing of Surface Velocity and River Discharge Using Radars and the Probability Concept at 10 U.S. Geological Survey Stream-gages // Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12, No. 8. – Article 1296. DOI: 10.3390/rs12081296.
3. Bandini F., Frías M.C., Liu J., Simkus K., Karagkiolidou S., Bauer-Gottwein P. Challenges with Regard to Unmanned Aerial Systems (UASs) Measurement of River Surface Velocity Using Doppler Radar // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, No. 5. – Article 1277. DOI: 10.3390/rs14051277.
4. Nord G., Safdar S., Hasanyar M. et al. Streamflow Monitoring at High Temporal Resolution Based on Non-Contact Instruments and Manually Surveyed Bathymetry in a River Prone to Bathymetric Shifts // Water Resources Research. – 2025. – Vol. 61, No. 4. – Article e2024WR037536. DOI: 10.1029/2024WR037536.
5. Huang Y., Chen H., Liu B., Huang K., Wu Z., Yan K. Radar Technology for River Flow Monitoring: Assessment of the Current Status and Future Challenges // Water. – 2023. – Vol. 15, No. 10. – Article 1904. DOI: 10.3390/w15101904.
6. Son G., Kim D., Kim K., Roh Y. Performance of a Rectangular-Shaped Surface Velocity Radar for River Velocity Measurements // KSCE Journal of Civil Engineering. – 2023. – Vol. 27, No. 3. – P. 1077–1092. DOI: 10.1007/s12205-023-0272-0.

ZAMONAVIY AVTOMOBILLARGA SERVIS XIZMAT KO'RSATISHNI TASHKIL ETISH TEXNOLOGIYASI

Xidirov Muso Qahramon o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Umummetodologik fanlar kafedrası assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy avtomobillarga texnik servis xizmatlarini tashkil etishning texnologik va tashkiliy asoslari tadqiq etilgan. Zamonaviy avtomobillarda elektron boshqaruv tizimlari, bort diagnostikasi, CAN-bus tarmoqlari, ADAS, ABS, ESP, elektron yonilg'ich purkash tizimlari, gibrid va elektr yuritmalari hamda yuqori kuchlanishli batareyalarning keng qo'llanilishi servis jarayonlariga yangi talablarni yuzaga keltirmoqda. Maqolada avtomobilning texnik holatini diagnostika qilish, servis ishlarini rejalashtirish, texnologik operatsiyalarni bajarish, ehtiyot qismlar va axborot ta'minotini boshqarish, servis sifatini nazorat qilish masalalari tizimli ravishda ko'rib chiqilgan.

Zamonaviy servis korxonasi faoliyatini tashkil etishning diagnostika, rejalashtirish, xizmat ko'rsatish va nazorat tamoyiliga asoslangan texnologik modeli taklif etilgan. Servis jarayonlarining samaradorligini baholash uchun avtomobilning servisda turib qolish vaqti, mehnat unumdorligi, xizmat ko'rsatish tannarxi, diagnostika aniqligi va mijozlar qoniqish darajasi kabi ko'rsatkichlardan foydalanish taklif etilgan. Ayniqsa, elektr va gibrid avtomobillarning ommalashuvi servis korxonalaridan yuqori kuchlanishli tizimlar bilan ishlash texnologiyasini, maxsus diagnostika qurilmalarini va mehnat xavfsizligi talablarini bilishni talab etadi. Shu sababli zamonaviy avtomobillarga servis xizmatini tashkil etish masalasini faqat texnik xizmat ko'rsatish operatsiyalarining ketma-ketligi sifatida emas, balki diagnostika, axborot texnologiyalari, logistika, mehnatni tashkil etish, xavfsizlik va sifat nazoratini yagona tizimga birlashtiruvchi texnologik jarayon sifatida qarash maqsadga muvofiq.

Kalit so'zlar: avtomobil servisi, texnik xizmat ko'rsatish, diagnostika, elektron boshqaruv tizimi, elektr avtomobil, gibrid avtomobil, servis texnologiyasi, servis stansiyasi, avtomobilning texnik holati.

Аннотация: В данной статье исследованы технологические и организационные основы организации технического сервиса современных автомобилей. Широкое применение в современных автомобилях электронных систем управления, бортовой диагностики, сетей CAN-bus, систем помощи водителю ADAS, антиблокировочной системы тормозов ABS, электронной системы стабилизации ESP, систем электронного впрыска топлива, гибридных и электрических силовых установок, а также высоковольтных аккумуляторных батарей обуславливает возникновение новых требований к организации и технологии сервисных процессов. В статье системно рассмотрены вопросы диагностики технического состояния автомобиля, планирования сервисных работ, выполнения технологических операций, управления запасными частями и информационным обеспечением, а также контроля качества сервисного обслуживания.

Предложена технологическая модель организации деятельности современного автосервисного предприятия, основанная на принципах диагностики, планирования, обслуживания и контроля. Для оценки эффективности сервисных процессов предложено использовать такие показатели, как время простоя автомобиля на станции технического обслуживания, производительность труда, себестоимость сервисных работ, точность диагностики и уровень удовлетворенности клиентов. Особое внимание уделено распространению электрических и гибридных автомобилей, эксплуатации и обслуживанию которых предъявляют к автосервисным предприятиям повышенные требования в части технологии работы с высоковольтными системами, применения специализированного диагностического оборудования и соблюдения требований охраны труда и техники безопасности. В связи с этим организацию технического сервиса современных автомобилей целесообразно рассматривать не только как последовательность операций по техническому

обслуживанию, но и как интегрированный технологический процесс, объединяющий диагностику, информационные технологии, логистику, организацию труда, требования безопасности и контроль качества в единую систему управления сервисным обслуживанием.

Ключевые слова: автомобильный сервис, техническое обслуживание, диагностика, электронная система управления, электромобиль, гибридный автомобиль, технология сервиса, станция технического обслуживания автомобилей, техническое состояние автомобиля.

Abstract: This article investigates the technological and organizational foundations for organizing maintenance and servicing of modern automobiles. The widespread use of electronic control systems, on-board diagnostics, CAN-bus networks, Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), Anti-lock Braking Systems (ABS), Electronic Stability Programs (ESP), electronic fuel injection systems, hybrid and electric powertrains, and high-voltage batteries in modern vehicles has introduced new requirements for automotive service processes.

The study systematically examines the diagnosis of a vehicle's technical condition, maintenance planning, execution of technological operations, management of spare parts and technical information, and quality control of service activities. A technological model for organizing the operation of a modern automotive service enterprise is proposed based on four fundamental principles: diagnostics, planning, servicing, and quality control. To evaluate the efficiency of service processes, a set of performance indicators is proposed, including vehicle downtime at the service facility, labor productivity, service cost, diagnostic accuracy, and customer satisfaction.

Particular attention is given to the increasing adoption of electric and hybrid vehicles, which requires automotive service enterprises to develop competencies in high-voltage system servicing, use specialized diagnostic equipment, and comply with specific occupational health and safety requirements. Therefore, the organization of maintenance and servicing for modern automobiles should not be considered merely as a sequential set of technical operations. It should instead be regarded as an integrated technological process that combines diagnostics, information technologies, logistics, labor organization, occupational safety, and quality control within a unified service management system.

Key words: automotive service, vehicle maintenance, diagnostics, electronic control system, electric vehicle, hybrid vehicle, service technology, automotive service station, vehicle technical condition.

Kirish. Hozirgi vaqtda avtomobil sanoati rivojlangan davlatlarda zamonaviy avtomobil transportining texnik va texnologik jihatdan yuksalishi transport vositalarining konstruktiv tuzilishini sezilarli darajada murakkablashtirmoqda. Zamonaviy avtomobillarda mexanik agregatlar bilan bir qatorda elektron boshqaruv bloklari, ko'plab sensorlar, aktuatorlar, raqamli aloqa tarmoqlari, yordamchi haydovchi tizimlari, energiya boshqaruvi va yuqori kuchlanishli elektr qurilmalarining qo'llanilishi texnik servis jarayonlariga bo'lgan talablarni tubdan o'zgartirmoqda.

An'anaviy avtomobillarda texnik xizmat ko'rsatish asosan mexanik qismlarning yeyilishi, moylash materiallari holati, dvigatel va transmissiya agregatlarining texnik holatini tekshirishga qaratilgan bo'lsa, zamonaviy avtomobillarda elektron tizimlarning diagnostikasi, dasturiy ta'minot holatini tekshirish, boshqaruv bloklaridagi xatolik kodlarini tahlil qilish, sensorlarning ishlash parametrlarini baholash va elektron tizimlarni kalibrlash kabi operatsiyalar ham muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Ayniqsa, elektr va gibrid avtomobillarning ommalashuvi servis korxonalaridan yuqori kuchlanishli tizimlar bilan ishlash texnologiyasini, maxsus diagnostika qurilmalarini va mehnat xavfsizligi talablarini bilishni talab etadi.

Shu sababli zamonaviy avtomobillarga servis xizmatini tashkil etish masalasini faqat texnik xizmat ko'rsatish operatsiyalarining ketma-ketligi sifatida emas, balki diagnostika, axborot texnologiyalari, logistika, mehnatni tashkil etish, xavfsizlik va sifat nazoratini yagona tizimga birlashtiruvchi texnologik jarayon sifatida qarash maqsadga muvofiq.

Materiallar va usullar. Zamonaviy avtomobil servisining o'ziga xos xususiyatlari:

Avtomobil servisining asosiy vazifasi transport vositasining texnik sozligini, ishonchliligini, xavfsizligini va ekspluatatsion samaradorligini ta'minlashdan iborat.

Zamonaviy avtomobillarda servis xizmatining asosiy usullarini quyidagi guruhlariga ajratish mumkin:

- avtomobilning texnik holatini elektron diagnostika qilish;
- servis ishlarini ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga muvofiq tashkil etish;
- real vaqt rejimida ishlovchi parametrlarni tahlil qilish;
- elektron boshqaruv bloklari bilan ishlash;
- dasturiy ta'minotni diagnostika qilish va zarur hollarda yangilash;
- zamonaviy diagnostika va o'lchov vositalaridan foydalanish;
- ehtiyot qismlarni tezkor yetkazib berishni tashkil etish;
- servis jarayonining raqamli hisobini yuritish;
- elektr va gibrid avtomobillarda yuqori kuchlanish xavfsizligini ta'minlash;
- bajarilgan ishlarining sifatini elektron nazorat qilish.

Avtomobil servisining texnologik jarayoni avtomobilni qabul qilishdan boshlab, diagnostika, ta'mirlash yoki texnik xizmat ko'rsatish, yakuniy nazorat va mijozga topshirishgacha bo'lgan o'zaro bog'liq operatsiyalar majmuasidan iborat.

Avtomobilni servisa qabul qilish va dastlabki diagnostika qilish jarayonlari:

Servis jarayonining birinchi bosqichi avtomobilni qabul qilish hisoblanadi. Qabul qilish vaqtida avtomobilning rusumi, ishlab chiqarilgan yili, yurish masofasi, ekspluatatsiya sharoitlari, mijozning murojaat sababi va avval bajarilgan servis ishlari haqidagi ma'lumotlar aniqlanadi.

Dastlabki diagnostika quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirilishi mumkin:

Avtomobilni qabul qilish, tashqi ko'rik, mijoz shikoyatini aniqlash, diagnostik skanerlash, parametrlarni tahlil qilish, nosozlikni aniqlash, servis operatsiyalarini belgilash kabi jarayonlarni o'z ichiga oladi.

Bunda diagnostika jarayonida faqat xatolik kodini aniqlash bilan cheklanib qolish maqsadga muvofiq emas. Xatolik kodi nosozlikning mavjudligini ko'rsatishi mumkin, biroq uning bevosita sababini aniqlash uchun tegishli sensorlar, elektr zanjirlari, aktuatorlar va mexanik qismlarning holati qo'shimcha tekshiriladi.

Shu nuqtayi nazardan zamonaviy servisa "xatolik kodi sabab diagnostik tekshiruv, ta'mirlash, va qayta nazorat" ketma-ketligi asosida ishlash muhim hisoblanadi.

Elektron diagnostika texnologiyalaridan foydalanish zamonaviy avtomobillarda elektron boshqaruv tizimlari avtomobilning asosiy agregatlari va yordamchi tizimlarini nazorat qiladi. Dvigatel boshqaruvi, avtomatik transmissiya, ABS, ESP, xavfsizlik yostiqchalari, iqlim nazorati, kuzov elektron modullari va boshqa tizimlar elektron boshqaruv bloklari orqali ishlaydi.

OBD-II tizimi avtomobilning diagnostika interfeysi sifatida boshqaruv tizimlaridagi nosozliklar haqida ma'lumot olish imkonini beradi. Diagnostika skaneri yordamida: diagnostik xatolik kodlarini o'qish, xatolik kodlarini o'chirish, real vaqt parametrlarini kuzatish, sensor signallarini tahlil qilish, ayrim ijro mexanizmlarini faollashtirib tekshirish, diagnostika ma'lumotlarini saqlash imkoniyati mavjud jarayonlarni ko'rishimiz mumkin.

Biroq professional servis sharoitida universal skaner bilan bir qatorda avtomobil ishlab chiqaruvchisining maxsus diagnostika dasturiy ta'minotidan foydalanish ham muhimdir.

CAN-bus tizimi va servis diagnostikasi bu-zamonaviy avtomobillarda elektron boshqaruv bloklari o'rtasida ma'lumot almashinuvi ko'pincha CAN-bus tarmog'i orqali amalga oshiriladi.

CAN - Controller Area Network bo'lib, avtomobilning turli elektron boshqaruv bloklari o'rtasida ma'lumot almashish imkonini beruvchi raqamli aloqa tarmog'idir.

CAN-bus tizimining texnik holatini tekshirishda: aloqa liniyalarining yaxlitligi, CAN-H va CAN-L signallari, tarmoqdagi qarshilik qiymatlari, boshqaruv bloklari o'rtasidagi aloqa, ma'lumot paketlarining uzatilishi, kommunikatsiya bilan bog'liq xatolik kodlarini nazorat qilinishi mumkin.

CAN-bus diagnostikasining joriy etilishi servis xodimlaridan an'anaviy mexanik bilimlardan tashqari avtomobil elektronikasi va raqamli aloqa tizimlari bo'yicha kompetensiyaga ega bo'lishni talab etadi.

Servis xizmatining texnologik jarayonini tashkil etishda zamonaviy servis korxonasining texnologik jarayonini quyidagi asosiy bosqichlarga ajratish mumkin: Avtomobilni qabul qilish, dastlabki diagnostika. diagnostika natijalarini tahlil qilish, servis texnologiyasini tanlash, ehtiyot qismlar va materiallarni tayyorlash, asosiy servis operatsiyalarini bajarish. yakuniy diagnostika, nazorat va topshirish.

Avtomobilning texnik holati nazorat qilinib, bajarilgan ishlar mijozga tushuntiriladi.

Bunday yondashuv servis ishlarining takrorlanishini kamaytirish va avtomobilning servisda turib qolish vaqtini qisqartirish imkonini beradi.

Zamonaviy avtomobillarga texnik xizmat ko'rsatish texnologiyasi - Texnik xizmat ko'rsatish operatsiyalari avtomobilning konstruktiv xususiyatlari va ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan reglamentga muvofiq bajarilishi kerak.

Asosiy operatsiyalar quyidagilardan iborat: motor moyini va moy filtrini almashtirish, havo filtrini tekshirish yoki almashtirish, yonilg'i tizimini tekshirish, sovutish tizimini tekshirish, tormoz tizimini tekshirish, rul boshqaruvi va osma tizimini tekshirish, transmissiya moylari holatini nazorat qilish, akkumulyator va zaryadlash tizimini tekshirish, elektron tizimlarni diagnostika qilish, shinalar holati va bosimini nazorat qilish, konditsioner tizimini tekshirish, xavfsizlik tizimlarini nazorat qilish.

Zamonaviy servisda texnik xizmat ko'rsatish faqat ma'lum bir detalni almashtirish bilan chegaralanmasdan, avtomobilning umumiy texnik holatini baholash bilan yakunlanishi kerak.

Servis korxonasida raqamli boshqaruv tizimlaridan foydalanish- zamonaviy servis korxonalarining samaradorligini oshirishda raqamli texnologiyalardan foydalanish muhim ahamiyatga ega.

Servisning raqamli boshqaruv tizimi quyidagi ma'lumotlarni yagona bazada saqlashi mumkin: avtomobilning identifikatsiya ma'lumotlari, yurish masofasi, servis tarixi, aniqlangan nosozliklar, almashtirilgan ehtiyot qismlar, bajarilgan ishlar, sarflangan materiallar, keyingi servis muddati.

Bunday tizim avtomobilning texnik holati to'g'risidagi ma'lumotlarni tizimli ravishda yig'ish imkonini beradi.

Natijada servis korxonasi profilaktik xizmat ko'rsatishga o'tishi, ya'ni nosozlik yuzaga kelgandan keyin ta'mirlashdan ko'ra, nosozlik yuzaga kelish ehtimolini oldindan aniqlashga intilishi mumkin.

Natijalar va muhokama. Servis xizmati samaradorligini baholash: Servis korxonasi faoliyatining samaradorligini baholash uchun bir nechta texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlardan foydalanish mumkin.

Avtomobilning servisda turib qolish vaqti:

$$T_s = T_q + T_d + T_t + T_n \quad (\text{soat})$$

bu yerda:

T_s -avtomobilning servisda bo'lish umumiy vaqti;

T_q -qabul qilish va rasmiylashtirish vaqti;

T_d -diagnostika vaqti;

T_t - ta'mirlash yoki texnik xizmat ko'rsatish vaqti;

T_n -yakuniy nazorat va topshirish vaqti.

Mehnat unumdorligini quyidagi nisbat orqali ifodalash mumkin:

$$W = \frac{N}{F} \quad (\text{avt/ishchi-soat})$$

bu yerda:

W -mehnat unumdorligi;

N - ma'lum davrda servisdan o'tgan avtomobillar soni; dona

F - shu davrdagi mehnat resurslari yoki sarflangan ish vaqti.

Servis jarayonining iqtisodiy samaradorligini baholashda xizmat tannarxi, mehnat sarfi, ehtiyot qismlar aylanishi va avtomobilning servisda turib qolish vaqti kabi ko'rsatkichlarni kompleks tahlil qilish maqsadga muvofiq.

Zamonaviy avtomobil konstruksiyasining murakkablashuvi servis xizmatining texnologik mazmunini ham o'zgartirmoqda. Mexanik qismlarning texnik holatini nazorat qilish bilan bir qatorda elektron tizimlar, dasturiy ta'minot, raqamli aloqa tarmoqlari va sensor tizimlarining ishlashini baholash zarurati yuzaga kelmoqda.

Tadqiqot tahlili shuni ko'rsatadiki, servis korxonalarida diagnostika jarayonini takomillashtirish avtomobilning servisda turib qolish vaqtini kamaytirish, noto'g'ri ta'mirlash ehtimolini pasaytirish va texnik xizmat sifatini oshirish uchun muhim omillardan biridir.

Shuningdek, elektr va gibrid avtomobillarning servis tizimiga kirib kelishi servis korxonalarining moddiy-texnik bazasini yangilashni talab qiladi. Oddiy mexanik asboblardan bir qatorda diagnostika skanerlari, osiloskoplar, akkumulyator va yuqori kuchlanish tizimlarini tekshirish vositalari hamda maxsus himoya vositalaridan foydalanish zarur.

Servis xizmatining istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlaridan biri diagnostika ma'lumotlarini raqamlashtirish va avtomobilning servis tarixini elektron shaklda yuritishdir. Bu avtomobilning texnik holatini uzoq muddat davomida kuzatish va profilaktik servisni tashkil etish imkonini beradi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida zamonaviy avtomobillarga servis xizmat ko'rsatishni tashkil etish texnologiyasi avtomobil konstruksiyalarining murakkablashuvi, elektron boshqaruv tizimlarining keng joriy etilishi, raqamli diagnostika vositalarining rivojlanishi hamda gibrid va elektr transport vositalarining ommalashuvi bilan bevosita bog'liq ekanligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, zamonaviy servis korxonalarida texnik xizmat ko'rsatish jarayonini faqat mexanik agregatlarni tekshirish va ta'mirlash bilan cheklab bo'lmaydi. Avtomobilning elektron boshqaruv bloklari, OBD-II diagnostika tizimi, CAN-bus tarmog'i, ABS, ESP, ADAS, elektron yonilg'i purkash tizimlari hamda elektr va gibrid yuritmalarning texnik holatini kompleks diagnostika qilish servis texnologiyasining muhim tarkibiy qismiga aylangan.

Umuman olganda, zamonaviy avtomobillarga servis xizmat ko'rsatish samaradorligini oshirishning asosiy yo'nalishi mexanik, elektron, diagnostik va raqamli texnologiyalarni yagona boshqaruv tizimiga integratsiya qilishdan iborat. Taklif etilgan texnologik yondashuv avtomobillarning texnik sozligini ta'minlash, servis jarayonida turib qolish vaqtini kamaytirish, mehnat resurslaridan oqilona foydalanish va ko'rsatilayotgan xizmatlar sifatini oshirish uchun metodik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Q.M.Sidiknazarov, E.A.Asatov, M.Z.Musajonov, Avtomobillarning texnik ekspluatatsiyasi. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. TAYI professori Sidiknazarov Q.M. tahriri ostida. – Toshkent.: Voris-nashriyot, 2008. 560b.
2. Н.Б.Кириченко. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Издательский центр «Академия», 2007. — 208 с. ISBN 5-7695-3599-7
3. Musajonov M.Z. Avtotransport tarmog'i korxonalarini loyihalash. –T.: Fan, 2006, 232 b.
4. www.ziynet.uz

MINERAL O'G'ITLAR VA ULARNING QISHLOQ XO'JALIGI EKINLARINI YETISHTIRISHDA AHAMIYATI

Hayitov Bobur Komilovich

Qarshi davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Maqolada tuproqning unumdor holatini saqlashda organik va mineral o'g'itlar va ularning ahamiyati, foydalanishda qo'yilgan me'yor va talablar haqida ma'lumot berilgan. Mineral o'g'itlar va ularning aralashmalarini agrotexnik talab darajasida sepish o'z yechimini kutayotgan

masalalardan biri bo'lib qolmoqda. O'g'itlar aralashmlaridan foydalanib yuqori hosil olishga barcha maydon bo'yicha ozuqa moddalarni tekis taqsimlash va aralashmaning bir jinsligini saqlash orqali erishish mumkinligi sabablari keltirilgan.

Kalit so'zlar: o'g'it, qishloq xo'jalik ekinlari, murakkab o'g'itlar, sochiluvchanlik, o'g'itlar aralashmlari, gorizontallari, mayatnikli, konussimon, rotorli, resurstejamkor.

Аннотация. В статье представлена информация о значении органических и минеральных удобрений в сохранении плодородного состояния почвы, а также о нормах и требованиях, установленных при их использовании. Равномерное внесение минеральных удобрений и их смесей в соответствии с агротехническими требованиями остаётся одной из актуальных задач, требующих дальнейшего решения. Обоснованы причины, согласно которым получение высоких урожаев при использовании смесей удобрений возможно за счёт равномерного распределения питательных веществ по всей площади поля и сохранения однородности смеси.

Ключевые слова: удобрение, сельскохозяйственные культуры, сложные удобрения, сыпучесть, смеси удобрений, горизонтальный, маятниковый, конический, роторный, ресурсосберегающий.

Abstract. The article provides information about organic and mineral fertilizers and their importance in maintaining the fertile state of the soil, the norms and requirements for their use. Sowing of mineral fertilizers and their mixtures at the level of agrotechnical demand remains one of the issues that is waiting to be resolved. The reasons why a high yield using fertilizer mixtures can be achieved by evenly distributing nutrients over the entire area and maintaining the uniformity of the mixture are given.

Keywords: fertilizers, agricultural crops, complex fertilizers, fertilizer mixtures, horizontal, pendulum, conical, rotary, resource-saving.

O'zbekistonda qishloq xo'jaligi maydonlariga beriladigan o'g'it miqdori jahon darajasidan bir necha karra yuqoriligi o'z-o'zidan ekinzorlarning sifatini tushirib, oziq-ovqat xavfsizligiga daxl qiladi. Dala uchun qanchalik ko'p o'g'it sarflansa, shunchalik yaxshi va hosildorlik ham yuqori bo'ladi, degan fikr to'g'ri emas. Dunyodagi azotli o'g'itlarning yarmidan kamrog'i o'simliklarning o'sishiga hissa qo'shadi, qolganlari esa faqat suv havzalarini ifloslantiradi. Shu sababli so'nggi 100 yil ichida suv, tuproq va havodagi antropogen azot birikmalarining miqdori ikki baravar oshgan. Mutaxassislarning ta'kidlashicha, oziq-ovqat xavfsizligiga putur yetkazmagan holda o'g'itlarni qo'llashni tartibga solish zarur. Tuproq va tuproq kimyosini muntazam monitoring qilish va o'g'itlardan foydalanishni muvozanatlash qishloq xo'jaligining barqaror o'sishini ta'minlash, kelajak avlodlar uchun atrof-muhitni muhofaza qilish imkonini beradi. Ma'lumotlarga ko'ra, 2021 yilda jahon o'g'it bozori taqchilikka duch kelgan. 2022 yilda o'g'it narxining o'sishi so'nggi 70 yildagi eng yuqori darajaga yetgan. O'g'it narxining jahon miqyosida oshishi muqarrar ravishda ulardan foydalanishning qisqarishiga olib keldi, ayniqsa, daromadi past mamlakatlarda, deydi ekspertlar. Bu esa o'z navbatida qishloq xo'jaligi ekinlarining hosildorligini pasaytiradi va oziq-ovqat ishlab chiqarish hajmini qisqartiradi.

2023 yil statistika ma'lumotlariga ko'ra O'zbekistonda gektariga o'g'it sarfi deyarli 255 kilogrammni tashkil etadi, bu esa umumjahon o'rtacha ko'rsatkichlaridan 74 foiz yuqori, Yevropa va Markaziy Osiyo o'rtacha ko'rsatkichlaridan 2,9 barobar ko'p. Yuqorida bayon etilgan mulohazalarga binoan ishchi organlari kinematikasini takomillashtirilishi bilan bartaraf etilishiga bag'ishlangan tadqiqot-izlanishlarini olib borilishi bugunning dolzarb vazifasi hisoblanadi. Tuproqning unumdor holatini saqlashda organik va mineral o'g'itlar hal qiluvchi omil hisoblanadi. Fan va tajribalar natijalari mineral o'g'itlarni samarali qo'llash ekinlarning hosildorligini 60 foizgacha oshirishi mumkinligini ko'rsatdi. Tajribalar yutuqlaridan foydalangan holda paxta va g'alla hosildorligini ko'paytirish texnika vositalarini takomillashtirish bilan uzviy bog'liq. Fan va ishlab chiqarish amaliyotining ko'rsatishicha, mineral o'g'itlarni qo'llash evaziga hosildorlikni 40-50% oshirish mumkin.

O'g'itlar mineral, organik va organik-mineral (kompost) kabi turlarga bo'linadi. Mineral o'g'itlar sun'iy usulda tayyorlanib, u bir yoki bir nechta kimyoviy elementlardan tarkib topadi. O'g'it tarkibida bitta kimyoviy element bo'lsa oddiy o'g'it hisoblanadi, agar o'g'itning tarkibida bir nechta kimyoviy element (azot, fosfor, kaliy va boshqa elementlar) bo'lsa, u to'la yoki murakkab o'g'it deyiladi.

Biroq, murakkab o'g'itlar har doim ham qishloq xo'jalik ekinlarini turli xil ozuqa moddalariga bo'lgan talabni qanoatlantiravermaydi. Masalan, bir ekin maydoniga bir necha oddiy mineral o'g'itlarni (azot, fosfor, kaliy) sepish talab etilgan taqdirda, bu masala yechimini topish mumkin emas. Chunki bunday murakkab o'g'itlarni tayyorlashning imkoniyati yo'q, komponentlar o'zaro reaksiyaga kirishib, sochiluvchanligi va ozuqa moddalari miqdori kamayadi. Shu sababli hozirgi vaqtda ularning har biri alohida-alohida sochilmoqda. Natijada mehnat sarfi oshib, mashinaning ish unumi pasaymoqda.

Hozirgi vaqtda oddiy o'g'itlar va ularning aralashmalarini sepish kurakchalari to'g'ri chiziqli, yassi diskli markazdan qochirma turdagi apparatlar orqali amalga oshirilmoqda. Shu sababli mineral o'g'itlar va ularning aralashmalarini agrotexnik talab darajasida sepish o'z yechimini kutayotgan masalalardan biri bo'lib qolmoqda. O'g'itlar aralashmalaridan foydalanib yuqori hosil olishga barcha maydon bo'yicha ozuqa moddalarni tekis taqsimlash va aralashmaning bir jinsligini saqlash orqali erishish mumkin.

Agrotexnik tadqiqotlarning ko'rsatishicha, mineral o'g'itlarni notekis taqsimlanishi 25-30% oralig'ida bo'lsa, donli ekinlar hosildorligi gektariga 120 kg gacha yo'qotilishi ko'rsatilgan.

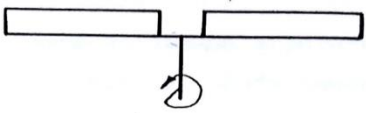
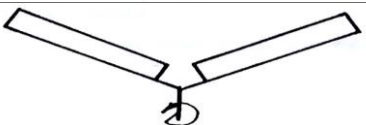
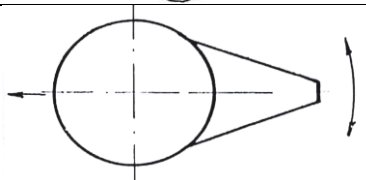
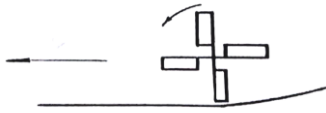
Dunyo amaliyotida sochiluvchan mineral o'g'itlarni yoppasiga sepish uchun markazdan qochirma diskli, markazdan qochirma mayatnikli, markazdan qochirma rotorli, markazdan qochirma doirasimon apparatlardan foydalaniladi.

1-jadvalda oddiy mineral o'g'itlarni sepadigan markazdan qochirma turdagi apparatlar sxemalari keltirilgan.

1-jadvalda keltirilgan markazdan qochirma apparatlarning ish prinsipi shundan iboratki, uchuvchanlik koeffitsienti turlicha bo'lgan mineral o'g'itlar va ularning aralashmalari donalariga faqat markazdan qochirma kuchi ta'sir qiladi.

1-jadval

Markazdan qochirma turdagi apparatlar

Apparatlarning nomlari	Apparatlarning sxemasi
Markazdan qochirma diskli	
gorizontal	
konussimon	
Mayatnikli	
Rotorli	

Oxirgi yillarda respublikamiz va xorijda markazdan qochirma diskli apparatlardan foydalanish keng tus olmoqda.

Ushbu apparatlar o'rnatilgan mashinalarning asosiy afzalliklari, konstruksiyasining oddiy, ish kengligining katta, xizmat ko'rsatishning qulay va yuqori manevrligidadir. Shuningdek konstruksiyasining o'ziga xos tomoni shundan iboratki, u yuqori ish unumini ta'minlaydi.

Markazdan qochirmaboshqa turdagi apparatlar metal hajmining yuqoriligi, konstruksiyasining murakkabligi, ish kengliginingsimmetrik emasligi va ish unumining pastligi tufayli keng joriy etilmasdan ishlab chiqarishdan olib tashlandi.

Resurstejamkor texnologiyalarning joriy etilishi va agronomlar tomonidan qo'yiladigan talablarning o'sib borishi bir vaqtda bir necha o'g'itlarni, ya'ni aralashmalarni tekis sepadigan mashinalarni ishlab chiqishni taqozo etmoqda. Shu munosabat bilan o'g'itlarning aralashmalarini sepishga mo'ljallangan bir necha ko'rinishdagi mashinalar konstruksiyalari ishlab chiqilgan va foydalanishga joriy etilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Худаяров Б.М., Мамбетшерипова А.А.Способы определения равномерности распределения минеральных удобрений центробежно-дисковыми аппаратами //Вестник ККОАНРУз № 4 2011г.14-16 с.

2. Худаяров Б.М.,Мамбетшерипова А.А.Пневмоцентробежный рабочий орган для повышения равномерности внесения минеральных удобрения и их смесей //Вестник ККОАНРУз № 1 .2013г. 19-21 с.

3. Мамбетшерипова А.А.Элементы теории рассева минеральных удобрений центробежными аппаратами//Вестник ККОАНРУз№ 3. 2017 г.44-46 с.

4. Худаяров Б.М. Повышение равномерности внесения минеральных удобрений и их смесей центробежно-дисковыми аппаратами. Дис. к.т.н. автореф.- Минск, 1988,-16 с.

5. Boirov A.J. Sug'oriladigan tuproqlarda mineral va organik o'g'itlarni tabaqalashtirib qo'llash bo'yicha tavsiyalar. Tuproqshunoslik va agrokimyo ilmiy tadqiqot instituti. -Toshkent.-2014. -B.25.

CHIGITLI PAXTANI SO'RUVCHI PNEVMOTRANSPORT TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH

Ikromov Shaxobiddin Shamsutdin o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti tayanch-doktaranti,
e-mail: ikromovshaxobiddin1997@gmail.com Tel:+998940977066.

Annotatsiya. Maqolada paxta tozalash korxonalarida chigitli paxtani so'ruvchi pnevmotransport orqali tashishda elektr energiyasi sarfini kamaytirish masalasi ko'rib chiqilgan. Amaldagi tizimlarda ventilyator ko'pincha paxta oqimining real o'zgarishiga yetarli darajada moslashtirilmagan rejimda ishlaydi. Natijada havo tezligi texnologik zaruratdan yuqori bo'lishi, aerodinamik yo'qotishlar va solishtirma energiya sarfi ortishi mumkin. Taklif etilayotgan yondashuv chigitli paxtaning massaviy sarfi, quvurdagi havo tezligi va differensial bosimni birgalikda nazorat qilish hamda ushbu ma'lumotlar asosida ventilyator aylanish chastotasini chastota o'zgartirgich orqali rostlashga asoslanadi. Boshqaruvning asosiy mezonini paxtaning quvur bo'ylab barqaror harakatini ta'minlovchi minimal xavfsiz havo tezligini saqlashdir. Energetik samaradorlik 1 tonna chigitli paxtani tashishga sarflangan elektr energiyasi bo'yicha baholanadi.

Kalit so'zlar: chigitli paxta, so'ruvchi pnevmotransport, havo tezligi, differensial bosim, massaviy sarf, ventilyator, chastota o'zgartirgich, avtomatik boshqaruv, solishtirma energiya sarfi.

Аннотация. В работе рассмотрено снижение энергопотребления при транспортировании хлопка-сырца во всасывающей пневмотранспортной системе хлопкоочистительного предприятия. Предлагаемый подход основан на совместном контроле массового расхода хлопка-сырца, скорости воздуха и перепада давления с последующим регулированием частоты вращения вентилятора посредством преобразователя частоты. Критерием управления является поддержание минимальной безопасной скорости воздуха, обеспечивающей устойчивое перемещение материала без осаждения и закупорки трубопровода. Энергетическая эффективность оценивается по удельному расходу электроэнергии на транспортирование одной тонны хлопка-сырца.

Ключевые слова: хлопок-сырец, всасывающий пневмотранспорт, скорость воздуха, перепад давления, массовый расход, вентилятор, преобразователь частоты, автоматическое управление, удельное энергопотребление.

Abstract. The paper considers reducing electrical energy consumption during seed cotton conveying in a suction pneumatic conveying system at a cotton gin. The proposed approach combines monitoring of seed-cotton mass flow rate, conveying-air velocity, and differential pressure with variable-frequency control of the fan. The principal control criterion is to maintain the minimum safe air velocity required for stable material transport without deposition or pipeline blockage. Energy performance is evaluated using the specific electrical energy consumed per tonne of seed cotton conveyed.

Keywords: seed cotton, suction pneumatic conveying, air velocity, differential pressure, mass flow rate, fan, variable-frequency drive, automatic control, specific energy consumption.

Kirish. Paxta tozalash korxonalarida pnevmotransport tizimi chigitli paxta, tola, chigit va texnologik chiqindilarni bir jarayondan ikkinchisiga uzatishda asosiy transport vositalaridan biridir. Pnevмотransportning afzalligi konstruktiv soddalik va materialni yopiq quvur orqali uzluksiz tashish imkoniyati bo'lsa-da, katta hajmdagi havoni harakatlantirish zarurati uning energiya sig'imini oshiradi. Cotton Ginners Handbook ma'lumotlarida paxta zavodlarida elektr quvvatining 60–65 % gacha bo'lgan qismi pnevmatik material tashishga bog'liq bo'lishi mumkinligi qayd etilgan.

Energiya sarfining muhim sababi ventilyator ish rejimining paxta oqimiga mos ravishda o'zgarasligidir. Chigitli paxta sarfi kamaygan paytda ham ventilyator yuqori aylanish chastotasida ishlasa, zarur bo'lmagan ortiqcha havo sarfi hosil bo'ladi. Aksincha, havo tezligini haddan tashqari kamaytirish paxtaning quvur tubiga cho'kishi, oqimning pulsatsiyalanishi va tiqilish xavfini oshiradi. Demak, masala ventilyator tezligini oddiy kamaytirish emas, balki o'zgaruvchan paxta oqimida barqaror tashishni ta'minlaydigan eng kichik xavfsiz havo tezligini aniqlash va shu qiymatga mos boshqaruvni tashkil etishdan iborat.

Tadqiqotning maqsadi — chigitli paxta massaviy sarfi, havo tezligi va differensial bosimni real vaqt rejimida nazorat qilish asosida so'ruvchi pnevmotransport ventilyatorining ish rejimini texnologik yuklamaga moslashtirish va solishtirma elektr energiyasi sarfini kamaytirish usulini ishlab chiqish.

Adabiyotlar tahlili. Hardin chigitli paxtani manfiy bosimli pnevmotransportda tashish jarayonini tadqiq qilib, minimal tashish tezligi va bosim yo'qotilishining material sarfi, quvur diametri, paxta navi hamda namligiga bog'liqligini ko'rsatgan. Tajribalarda havo tezligi kamaytirilganda differensial bosimning o'zgarishi saltatsiya holatini aniqlash uchun muhim diagnostik belgi bo'lishi mumkinligi ko'rsatilgan. Bu natija energiya tejamkor boshqaruvda minimal tashish tezligini aniqlashning ilmiy asosini beradi.

Funk va hammualliflar chigitli paxta massa oqimini real vaqt rejimida aniqlashning turli usullarini taqqoslagan. Ularning natijalarida tashuvchi havoning tezlik bosimi va vertikal quvurdagi havo bosimi farqi massa oqimini aks ettiruvchi eng samarali parametrlar qatorida qayd etilgan. Funk va Hardin esa paxta tozalash korxonalarida materiallarni tashishga xizmat qiluvchi yirik markazdan qochma ventilyatorlar elektr energiyasining katta qismini iste'mol qilishini va barqaror tashish uchun zarur bo'lganidan ortiq havo sarfini kamaytirish energiya tejamkorligining muhim yo'nalishi ekanini ta'kidlaydi.

Mavjud tadqiqotlardan kelib chiqadigan asosiy metodologik muammo shundaki, minimal tashish tezligini laboratoriya yoki alohida quvur uchastkasida aniqlashning o'zi sanoat tizimini avtomatik boshqarish uchun yetarli emas. Ishlab chiqarish sharoitida paxta sarfi, namlik, quvur qarshiligi va mahalliy qarshiliklar vaqt davomida o'zgaradi. Shu sababli ushbu ishda kritik tashish holatini havo tezligi va differensial bosim orqali aniqlash, paxta oqimini etalon o'lchov bilan kalibrlash va ventilyatorni VFD orqali real yuklamaga mos boshqarish yagona metodologik tizim sifatida qaraladi.

Metodologiya. Tajriba so'ruvchi pnevmotransportning nazorat uchastkasida olib boriladi. O'lchanadigan asosiy kattaliklar: chigitli paxtaning massaviy sarfi $\dot{m}_c$, havo tezligi v_a , differensial

bosim Δp va ventilyator elektr quvvati P_{el} . Chigitli paxta oqimining etalon qiymati ma'lum vaqt oralig'ida real tashilgan paxta massasini tortish orqali aniqlanadi:

$$\dot{m}_c = \Delta m_c / \Delta t \quad (1)$$

bu yerda $\dot{m}_c$ — chigitli paxtaning massaviy sarfi, kg/s; Δm_c — Δt vaqt davomida tashilgan paxta massasi, kg; Δt — o'lchash davomiyligi, s. Mazkur etalon qiymat keyinchalik differensial bosim va havo tezligidan massa oqimini bilvosita baholash modelini kalibrlash uchun ishlatiladi.

Dumaloq quvurda havo hajmiy sarfi quvur kesim yuzasi va o'rtacha havo tezligi orqali aniqlanadi:

$$Q_a = A \cdot v_a = (\pi D^2 / 4) \cdot v_a \quad (2)$$

bu yerda Q_a — havo hajmiy sarfi, m^3/s ; A — quvur kesim yuzasi, m^2 ; D — quvurning ichki diametri, m; v_a — o'rtacha havo tezligi, m/s.

Pnevмотransportning nazorat uchastkasidagi bosim yo'qotilishi:

$$\Delta p = p_1 - p_2 \quad (3)$$

bu yerda p_1 va p_2 — oqim yo'nalishi bo'yicha nazorat uchastkasining boshlanishi va oxiridagi statik bosimlar, Pa. So'ruvchi tizimda ikkala nuqtadagi manometrik bosim manfiy bo'lishi mumkin; shu sababli datchik portlari normal oqimda Δp musbat qiymat beradigan tarzda ulanadi.

Tajribaning asosiy vazifasi har bir belgilangan paxta massaviy sarfi uchun $\Delta p = f(v_a)$ xarakteristikasini olishdir. Havo tezligi barqaror tashish rejimidan boshlab bosqichma-bosqich kamaytiriladi. Differensial bosimning minimumi, keskin o'sishi yoki oqimning beqarorlashishi kuzatilgan soha kritik tashish chegarasi sifatida qayd etiladi. Natijada:

$$v_{cr} = f(\dot{m}_c) \quad (4)$$

bog'lanish tajriba asosida shakllantiriladi. v_{cr} — berilgan paxta oqimida materialning barqaror tashilish chegarasiga mos kritik havo tezligi, m/s. Bu bog'lanish oldindan nazariy ravishda majburan berilmaydi; aynan sanoat/laboratoriya tajribasi orqali aniqlanadi.

Ventilyatorni kritik chegaraning aynan o'zida ishlatish texnologik jihatdan xavfli bo'lgani sababli boshqaruv uchun xavfsiz topshiriq tezligi quyidagicha belgilanadi:

$$v_{set} = k_s \cdot v_{cr}, \quad k_s > 1 \quad (5)$$

bu yerda v_{set} — boshqaruv tizimining havo tezligi bo'yicha topshiriq qiymati, m/s; k_s — xavfsizlik koeffitsiyenti. k_s qiymati oldindan ixtiyoriy tanlanmaydi, balki takroriy tajribalarda oqimning pulsatsiyasiz va tiqilishsiz barqarorligini ta'minlaydigan eng kichik qiymat sifatida aniqlanadi.

Boshqaruv algoritmi o'lchangan havo tezligi bilan topshiriq qiymati orasidagi xatolikdan foydalanadi:

$$e_v(t) = v_{set}(t) - v_a(t) \quad (6)$$

$e_v(t)$ qiymati asosida PLC chastota o'zgartirgichga boshqaruv signali beradi va ventilyator aylanish chastotasini o'zgartiradi. Shu bilan birga Δp qiymatining belgilangan xavfsiz chegaradan keskin oshishi tiqilish xavfi sifatida qaralib, ventilyator tezligini oshirish yoki paxta uzatishni cheklash uchun qo'shimcha himoya sharti bo'lib xizmat qiladi.

Energetik samaradorlikni baholashda nazariy ventilyator quvvati emas, tajriba davomida elektr tarmog'idan real o'lchangan energiya sarfi asosiy ko'rsatkich sifatida olinadi. Bir tonna paxtaga to'g'ri keladigan solishtirma energiya sarfi:

$$e_{sp} = E_{el} / M_c \quad (7)$$

bu yerda e_{sp} — solishtirma elektr energiyasi sarfi, kWh/t; E_{el} — tajriba davrida ventilyator yuritmasi iste'mol qilgan elektr energiyasi, kWh; M_c — shu davrda tashilgan chigitli paxta massasi, t.

Bazaviy va takomillashtirilgan rejimlarni taqqoslashda energiya tejallishi:

$$\delta E = [(e_{sp,0} - e_{sp,1}) / e_{sp,0}] \cdot 100 \% \quad (8)$$

bu yerda $e_{sp,0}$ — ventilyator doimiy rejimda ishlagan bazaviy tizimning; $e_{sp,1}$ — yuklamaga mos boshqarilgan tizimning solishtirma energiya sarfi. Taqqoslash bir xil yoki statistik jihatdan ekvivalent xomashyo va unumdorlik sharoitlarida amalga oshiriladi.

Muhokama. Taklif etilayotgan metodologiya asosiy farqi ventilyator quvvatini shunchaki kamaytirishga emas, pnevmotransportning kritik holatini aniqlashga asoslangan boshqaruvga

qaratilganidir. Paxta oqimi kamayganda v_{cr} pasayishi mumkin va boshqaruv tizimi v_{set} ni mos ravishda kamaytirib, ventilyator chastotasini pasaytiradi. Paxta oqimi ortganda yoki quvur qarshiligi oshganda esa v_{set} va ventilyator tezligi ko'tariladi. Shunday qilib, havo sarfi texnologik yuklamaga mos ravishda shakllanadi.

Differensial bosim bu yerda faqat quvurdagi yo'qotishni hisoblash uchun emas, balki oqim holatini diagnostika qilish uchun ham qo'llanadi. Ayniqsa, bir xil havo tezligida Δp ning ortishi material yuklamasining ko'payishi yoki quvurda to'planish boshlanishini ko'rsatishi mumkin. Shu sababli kelgusida $m_c = f(v_a, \Delta p)$ ko'rinishidagi kalibrlangan regressiya modeli tuzilib, etalon tortish natijalari bilan tekshirilishi mumkin. Bu paxta oqimini alohida bunker o'rnatmasdan real vaqtga yaqin rejimda baholash imkonini beradi.

Energiya tejallashining yakuniy qiymati ventilyator affinity qonunidan nazariy tarzda qabul qilinmaydi. VFD, dvigatel va ventilyator FIKlari ish nuqtasi bilan o'zgarishi sababli haqiqiy samaradorlik E_{el} va M_c ni bevosita o'lchash orqali aniqlanadi. Shu yondashuv natijani sanoat sharoitida tekshiriladigan va takrorlanadigan ko'rsatkichga aylantiradi.

Xulosa. Chigitli paxtani so'ruvchi pnevмотransportda energiya tejashning maqbul yo'li ventilyator aylanish tezligini oddiy kamaytirish emas, balki uni paxta oqimining real yuklamasiga moslashtirishdir. Buning uchun chigitli paxta massaviy sarfi, havo tezligi va differensial bosim birgalikda nazorat qilinadi; tajriba asosida $v_{cr} = f(m_c)$ bog'lanishi aniqlanadi va xavfsizlik koeffitsiyenti orqali v_{set} shakllantiriladi. VFD asosidagi boshqaruv ventilyatorni ushbu topshiriq qiymatiga mos ishlatadi. Tizim samaradorligi esa 1 tonna paxtani tashishga sarflangan real elektr energiyasi — e_{sp} , kWh/t bo'yicha baholanadi. Ushbu metodologiya energiya tejamkorlikni texnologik unumdorlikni pasaytirmasdan va pnevмотransportning barqarorligini saqlagan holda aniqlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hardin IV, R.G. Pneumatic Conveying of Seed Cotton: Minimum Velocity and Pressure Drop. Transactions of the ASABE. 2014. Vol. 57(2). P. 391–400. DOI: 10.13031/trans.10437.
2. Funk, P.A., Gillum, M.N., Hughs, S.E., Pelletier, M.G. Mass Flow Measurement of Seed Cotton. Transactions of the ASAE. 2000. Vol. 43(6). P. 1401–1407. DOI: 10.13031/2013.3037.
3. Funk, P.A., Hardin IV, R.G. Energy Utilization and Conservation in Cotton Gins. Journal of Cotton Science. 2017. Vol. 21(2). P. 156–166. DOI: 10.56454/TBLF7573.
4. Whitelock, D.P., Buser, M., Holt, G.A., Hardin IV, R.G., Green, K., Fabian, J.C., McCook, D. Cotton Gin Pneumatic Conveying Systems. Journal of Cotton Science. 2019. Vol. 23. P. 182–217. DOI: 10.56454/RLEM8406.

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЕ ВОЛНЫ НА ПОДАТЛИВОЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ТЕЛО НАХОДЯЩЕЙСЯ В НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ

Атабаев Камил

к.т.н., доцент, Андижанского государственного технического института,

E-mail: kamilaka2022@gmail.com

Аннотация: В данной работе рассматривается задача о плоской одномерной волны на податливый недеформируемый цилиндр находящийся в грунтовой среде.

Ключевые слова: грунтовая среда, ударная волна, метод крупных частиц, линейная деформация.

Annotatsiya: Mazkur ishda grunt muhitida joylashgan deformatsiyalanmaydigan, egiluvchan silindrga ta'sir etuvchi tekis bir o'lchamli to'lqin masalasi ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: grunt muhiti, zarba to'lqini, yirik zarralar usuli, chiziqli deformatsiya.

Abstract: This study considers the problem of a plane one-dimensional wave acting on a compliant, non-deformable cylinder located in a soil medium.

Keywords: soil medium, shock wave, method of large particles, linear deformation.

В данной работе рассматривается задача о плоской одномерной волны на податливый недеформируемый цилиндр находящийся в грунтовой среде. Модель среды описывается согласно модели грунтовой среды [1]. При этом используются экспериментальные данные для связи напряжений от деформаций для процессов нагружения и предполагается, что они остаются справедливыми как для нагружений, так и разгрузений, то есть среда предполагается нелинейной. Применяется метод крупных частиц Х.А. Рахматулина с его модификацией. Задача сводится к задаче Коши с соответствующими начальными данными. Результаты числовых расчётов и их анализ составляет отдельную статью.

Пусть в начальный момент времени $t = 0$ фронт ударной волны достигает образующую цилиндра и движется по направлению оси OX . в рассматриваемой плоской задаче примем условия прилипания на поверхности жёсткого цилиндра, выражающиеся в том, что перемещения в каждой точке соприкосновения конструкции и среды одни и те же.

Для модели среды $\{1\}$, используя экспериментальные данные, примем следующие зависимости:

$$\lambda(\varepsilon, \varepsilon_i) = \alpha_1 - \alpha_2 \varepsilon - \frac{2}{9}(\beta_1 + \beta_2 \varepsilon_i), \quad G = \frac{1}{3}(\beta_1 + \beta_2 \varepsilon_i) \quad (1)$$

где для мелкозернистого песка: $\alpha_1 = 18 \cdot 10^2 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha_2 = 82 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$,
 $\beta_1 = 42 \cdot 10^2 \text{ kg/cm}^2$, $\beta_2 = 18 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$.

Пусть за фронтом падающей ударной волны напряжения $X_x = -P_0$ ($P_0 > 0 - \text{const}$) и её скорость $D = \text{const}$.

Имеем следующие соотношения на ударной волне:

$$\begin{cases} \rho_1(D - V_x) = \rho_0 D \\ \rho_0 D V_x = -X_x \\ \rho_0 = \rho_1(1 + u_x) \end{cases} \quad (2)$$

Если принять $X_x = -100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $\rho_0 = 200 \frac{\text{kg} \cdot \text{cek}^2}{\text{m}^4}$, то можно определить

$$D = 545 \frac{\text{m}}{\text{c}}, \quad V_x = 9,17 \frac{\text{m}}{\text{c}}, \quad \rho_0 = 203,42 \frac{\text{kg} \cdot \text{cek}^2}{\text{m}^4}.$$

Задачу от отражения волн от податливого цилиндра целесообразно рассмотреть в цилиндрической системе координат. За фронтом ударной волны перемещения в радиальном направлении $u(r, \theta, t)$ и в касательном направлении $v(r, \theta, t)$ для падающей волны имеет вид:

$$\begin{aligned} u(r, \theta, t) &= -10^{-2} \cdot 1,682[(r_0 + r)\cos\theta - Dt + r_0]\cos\theta; \\ v(r, \theta, t) &= -10^{-2} \cdot 1,682[(r_0 + r)\cos\theta - Dt + r_0]\sin\theta; \end{aligned} \quad (3)$$

Значения скоростей частиц определяются формулами:

$$\dot{u} = V_x \cos\theta, \quad \dot{v} = V_x \sin\theta.$$

Для написания уравнения движения среды фиксируем исходное состояние среды и мысленно проведём радиальные прямые исходящие из начала координат и ортогональные к ним окружности так, чтобы плоскость покрывалась сетью криволинейных четырехугольников.

Определим радиусы концентрических окружностей через $r_0 + r_k$, где $r_k = \frac{2k-1}{2} \cdot \Delta r$ ($k = 1, 2, \dots, n_1$), b - некоторый фиктивный внешний радиус).

Полярные углы обозначим θ_k , где $\theta_k = \frac{2k-1}{2} \cdot \Delta \theta$ ($k = 1, 2, \dots, n_2$), θ_0 - некоторый фиктивный внешний угол).

$\theta_s = \frac{2s-1}{2} \cdot \Delta\theta$ ($\Delta\theta$ - углы, соответствующие к рассматриваемым криволинейным элементам).

Напишем уравнение движение произвольного выделенного элемента, положения которых в искомым состояниях определяются координатами $(r_0 + r_k, \theta_s)$.

Значение напряжений в серединных точках четырёх сторон криволинейного элемента определяются разностными соотношениями. Из-за громоздкости эти выражения $\sigma_{rr}[r_0 + k \cdot \Delta r, \theta_s]$, $\sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, s \cdot \Delta\theta]$, $\sigma_{\theta\theta}[r_0 + r_k, s \cdot \Delta\theta]$, $\sigma_{r\theta}[r_0 + k \cdot \Delta r, \theta_s]$ не приводятся. Задача симметрична относительно оси и поэтому можно ограничиться изучением движения среды в области $r_0 \leq r \leq b$ и $0 \leq \theta \leq \pi$.

Определив $m_{k,s}$ - массы выделенных элементов единичной толщины, имеем следующую систему дифференциальных уравнений для их описания в радиальных и тангенциальных направлениях:

$$\begin{aligned} m_{k,s} \ddot{u}_{k,s} = & -\theta_{rr}[r_0 + \Delta r(k-1), \theta_s] [r_0 + \Delta r(k-1)]' \Delta\theta + \sigma_{rr}[r_0 + \Delta r, k / \theta_s] \cdot \\ & \cdot [r_0 + \Delta r k] \Delta\theta - \sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, (s-1)\Delta\theta] \Delta r \cos \frac{\Delta\theta}{2} + \sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta] \Delta r \cos \frac{\Delta\theta}{2} - \\ & - \theta_{\theta\theta}[r_0 + r_k, (s-1)\Delta\theta] \cdot \sin \frac{\Delta\theta}{2} - \sigma_{\theta\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta] \Delta r \sin \frac{\Delta\theta}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} m_{k,s} \ddot{v}_{k,s} = & -\sigma_{\theta\theta}[r_0 + \Delta r(s-1), \Delta\theta] \Delta r \cos \frac{\Delta\theta}{2} + \sigma_{\theta\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta_s] \cdot \\ & \Delta r \cos \frac{\Delta\theta}{2} - \sigma_{r\theta}[r_0 + (k-1)\Delta r, \theta_s] [r_0 + (k-1)\Delta r] \Delta\theta + \sigma_{r\theta}[r_0 + k\Delta r, \theta_s] \cdot \\ & \Delta r \cos \frac{\Delta\theta}{2} - \sigma_{r\theta}[r_0 + (k-1)\Delta r, \theta_s] [r_0 + (k-1)\Delta r] \Delta\theta + \sigma_{r\theta}[r_0 + k\Delta r, \theta_s] \cdot \\ & \cdot (r_0 + k\Delta r) \Delta\theta + \sigma_{e\theta}[r_0 r_k, (s-1)\Delta\theta] \Delta r \sin \frac{\Delta\theta}{2} + \sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta] \Delta r \sin \frac{\Delta\theta}{2} \end{aligned}$$

Имеем следующее уравнение для движения цилиндра единичной толщины массы M :

$$M \ddot{u}_0 = \frac{2\pi r_0}{n_1} \sum \{ \sigma_{rr}[r_0, \theta_i] \cos \theta_i - \sigma_{r\theta}[r_0, \theta_i] \sin \theta_i \}, \quad (5)$$

где $u_0(t)$ - перемещение центра масс цилиндра по оси OX , n_1 - число делений окружности радиуса r_0 .

На границе цилиндра при $r = r_0$ выполняются условия:

$$u_{k,s} = u_0 \cos \theta_s, \quad v_{k,s} = -u_0 \sin \theta_s. \quad (6)$$

Движение системы частиц и цилиндра описываются уравнениями (4) и (5) в области $r_0 \leq r \leq b$. Вдоль дуги при $r = b$ и $0 \leq \theta \leq \arccos((Dt - r_0)/b)$: $u_{k,s} = v_{k,s} = 0$, если $\arccos((Dt - r_0)/b) \leq \theta \leq \pi$, то σ_{rr} , $\sigma_{r\theta}$, $\sigma_{\theta\theta}$ определяются из формул падающей волны. Система уравнений является замкнутой. Начальные условия из условий (3) за фронтом волны, а впереди него они равно нулю.

Литература

1. Х.А. Рахматулин, А.Я. Сагомоян, Н.А. Алексеев, «Вопросы динамики грунтов», 1964г., Изв. МГУ
2. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1973, -407с.
3. Ишлинский А.Ю., Зволинский Н.В., Степаненко И.З. К динамике грунтовых масс. ДАН СССР, т.95, № 4, 1954.
4. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П. и др. Физика взрыва. М.: Наука, 1975, - 704с.
5. Ляхов Г.М. Основы динамики взрывных волн в грунтах и горных породах. М.: Недра, 1974, -192 с.

PLUGNING EGAT HOSIL QILUVCHI ISH ORGANLARI PARAMETRLARINING TAHLILI

Xidirov Muso Qahramon o'g'li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Umummetodologik fanlar kafedrası assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada tuproqqa asosiy ishlov berishda qo'llaniladigan plugning egat hosil qiladigan ish organi konstruksiyasi va uning asosiy parametrlarini ilmiy jihatdan asoslash masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi plug korpuslari tomonidan hosil qilinadigan egatning geometrik shakli va o'lchamlarini belgilash, shuningdek, ish organining tuproq bilan o'zaro ta'siri jarayonida yuzaga keladigan qarshilik kuchlarini kamaytirish hamda agregatning texnologik barqarorligini oshirishdan iborat. Egat hosil qiluvchi ish organining konstruktiv-geometrik parametrlari sifatida uning ishchi kengligi, balandligi, uzunligi, tuproqqa kirish burchagi, gorizonta va vertikal o'rnatilish burchaklari, egrilik radiusi hamda ishchi yuzasining shakli qabul qilingan. Mazkur parametrlarning plugning tortish qarshiligi, tuproq qatlamining ag'darilish sifati, egat tubining tekisligi, tuproqning deformatsiyalanish darajasi va traktor agregatining harakat barqarorligiga ta'siri tahlil qilingan. Shuningdek, egat hosil qiluvchi ish organini takomillashtirish orqali plugdan foydalanish jarayonida traktor g'ildiraklarining hosil bo'lgan egatga tushib qolishi va tuproq bilan ortiqcha kontaktga kirishining oldini olish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda nazariy mexanika, tuproqning fizik-mexanik xossalari, qishloq xo'jaligi mashinalari nazariyasi va tajribaviy tadqiqot usullaridan foydalanish nazarda tutilgan. Olingan nazariy natijalar asosida egat hosil qiluvchi ish organining maqbul konstruktiv va texnologik parametrlarini aniqlash, plugning energetik ko'rsatkichlarini yaxshilash hamda tuproqqa ishlov berish sifatini oshirish bo'yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqish mumkin.

Kalit so'zlar: plug, egat, ish organi, egat hosil qiluvchi ish organi, konstruktiv parametr, geometrik parametr, tuproq, ag'darish, tortish qarshiligi, ishchi kenglik, ishchi chuqurlik, traktor, plug korpusi, tuproqqa ishlov berish, agrotehnik talablar.

Аннотация: В статье исследуются вопросы научного обоснования конструкции и основных параметров рабочего органа плуга, предназначенного для формирования борозды при основной обработке почвы. Основной целью исследования является определение геометрической формы и размеров борозды, формируемой корпусами плуга, а также снижение сил сопротивления, возникающих в процессе взаимодействия рабочего органа с почвой, и повышение технологической устойчивости машинно-тракторного агрегата. В качестве конструктивно-геометрических параметров рабочего органа, формирующего борозду, приняты его рабочая ширина, высота, длина, угол входа в почву, горизонтальный и вертикальный углы установки, радиус кривизны, а также форма рабочей поверхности. Проанализировано влияние указанных параметров на тяговое сопротивление плуга, качество оборота почвенного пласта, ровность дна борозды, степень деформации почвы и устойчивость движения машинно-тракторного агрегата. Кроме того, рассмотрены возможности предотвращения попадания колес трактора в образованную борозду и снижения их избыточного контакта с почвой путем

совершенствования рабочего органа, формирующего борозду. В исследовании предусматривается использование методов теоретической механики, изучения физико-механических свойств почвы, теории сельскохозяйственных машин и экспериментальных исследований. На основе полученных теоретических результатов предполагается определить рациональные конструктивно-технологические параметры рабочего органа, формирующего борозду, повысить энергетические показатели плуга и разработать научно обоснованные рекомендации по улучшению качества обработки почвы.

Ключевые слова: плуг, борозда, рабочий орган, рабочий орган для формирования борозды, конструктивный параметр, геометрический параметр, почва, оборот почвенного пласта, тяговое сопротивление, рабочая ширина, рабочая глубина, трактор, корпус плуга, обработка почвы, агротехнические требования.

Abstract: This article investigates the scientific justification of the design and main parameters of a plough working body intended for furrow formation during primary tillage. The main objective of the study is to determine the geometric shape and dimensions of the furrow formed by the plough bodies, as well as to reduce the resistance forces arising during the interaction between the working body and the soil and to improve the technological stability of the machine–tractor unit. The main design and geometric parameters of the furrow-forming working body include its working width, height, length, angle of entry into the soil, horizontal and vertical installation angles, radius of curvature, and shape of the working surface. The influence of these parameters on the draft resistance of the plough, the quality of soil inversion, the evenness of the furrow bottom, the degree of soil deformation, and the stability of the machine–tractor unit is analyzed. In addition, the study considers the possibility of preventing the tractor wheels from entering the formed furrow and reducing excessive contact between the wheels and the soil through improvement of the furrow-forming working body. The research is based on the methods of theoretical mechanics, analysis of the physical and mechanical properties of soil, agricultural machinery theory, and experimental research. Based on the theoretical results obtained, recommendations can be developed for determining rational design and technological parameters of the furrow-forming working body, improving the energy performance of the plough, and increasing the quality of soil tillage.

Key words: plough, furrow, working body, furrow-forming working body, design parameter, geometric parameter, soil, soil inversion, draft resistance, working width, tillage depth, tractor, plough body, soil tillage, agronomic requirements.

Kirish. Qishloq xo‘jaligida tuproqqa asosiy ishlov berish jarayonining sifati yetishtiriladigan ekinlarning hosildorligi, tuproqning fizik-mexanik holati va keyingi texnologik jarayonlarning samaradorligiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi. Ushbu jarayonda pluglar asosiy qishloq xo‘jaligi mashinalaridan biri hisoblanadi. Plug yordamida tuproq qatlami kesiladi, deformatsiyalanadi, ag‘dariladi va ma‘lum geometrik shakldagi egat hosil qilinadi.

An‘anaviy plug konstruksiyalarida korpusning tuproq qatlamini kesishi va ag‘darishi natijasida hosil bo‘lgan egat ko‘pincha agregatning keyingi harakatiga ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, traktor g‘ildiraklarining hosil bo‘lgan egatga yaqin joylashishi yoki egat ichiga tushishi natijasida tuproqning qayta zichlanishi, g‘ildiraklarning sirpanishi va tortish qarshiligining ortishi kuzatilishi mumkin.

Shu sababli plug konstruksiyasida egat hosil qilish jarayonini boshqaruvchi va uning geometrik parametrlarini maqbullashtiruvchi qo‘shimcha ish organlarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy masalalardan biridir. Bunda ish organining shakli va o‘lchamlari tuproqning fizik-mexanik xususiyatlari, ishlov berish chuqurligi, agregatning ish tezligi va plug korpusining konstruktiv parametrlariga mos ravishda tanlanishi lozim.

Materiallar va usullar. Tadqiqotning asosiy maqsadi plugning egat hosil qiladigan ish organining konstruktiv va texnologik parametrlarini nazariy hamda eksperimental jihatdan asoslash, uning tuproq bilan o‘zaro ta‘sirini o‘rganish va plugning ish jarayonidagi energetik hamda agrotexnik ko‘rsatkichlarini yaxshilashdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilanadi:

- Plug korpusining tuproq bilan o‘zaro ta’sir jarayonini nazariy jihatdan tahlil qilish.
- Egat hosil bo‘lishining geometrik va texnologik qonuniyatlarini aniqlash.
- Egat hosil qiluvchi ish organining konstruktiv parametrlarini belgilash.
- Ish organining tuproqqa kirish va chiqish burchaklarini asoslash.
- Ishchi kenglik va ishchi uzunlikning egat shakliga ta’sirini aniqlash.
- Ish organining egrilik radiusini tanlash.
- Tuproqning fizik-mexanik xususiyatlarining ish organi parametrlariga ta’sirini o‘rganish.
- Ish organi parametrlarining plugning tortish qarshiligiga ta’sirini baholash.
- Traktor g‘ildiraklarining egatga tushishi va tuproqni qayta zichlashining oldini olish imkoniyatlarini aniqlash.
- Nazariy va eksperimental tadqiqotlar asosida ish organining maqbul parametrlarini tavsiya etish.

Tadqiqot obyekti va usullari:

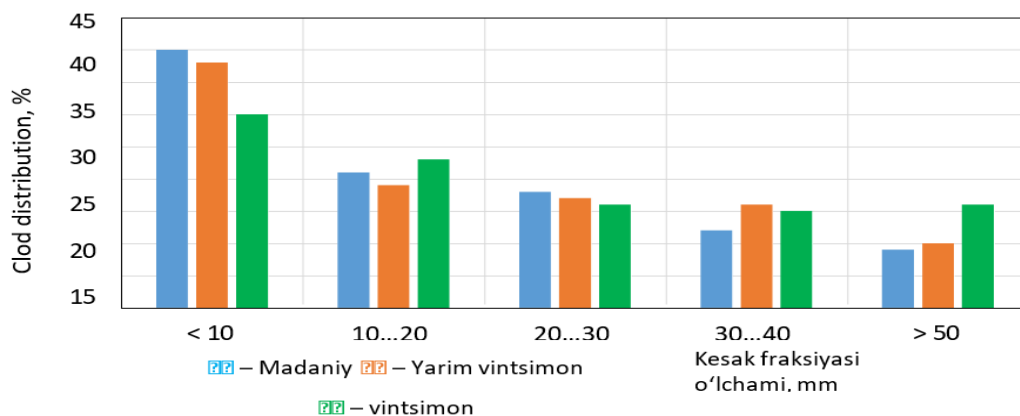
Tadqiqot obyekti sifatida plug korpuslari tomonidan hosil qilinadigan egat va ushbu egatning geometrik shaklini shakllantiruvchi ish organi qabul qilinadi.

Tadqiqot predmeti esa egat hosil qiluvchi ish organining konstruktiv-geometrik parametrlarining tuproq bilan o‘zaro ta’siri, egat shakllanishi, tortish qarshiligi va agregatning texnologik ko‘rsatkichlariga ta’siridan iborat.

Tadqiqotda nazariy mexanika, mashina va mexanizmlar nazariyasi, qishloq xo‘jaligi mashinalari nazariyasi, tuproq mexanikasi hamda matematik modellash tirish usullaridan foydalaniladi. Tajribaviy tadqiqotlarda tuproqning qattiqligi, namligi, zichligi, ishlov berish chuqurligi, ish tezligi va tuproqning solishtirma qarshiligi kabi parametrlarni hisobga olish maqsadga muvofiq.

Qumoq tuproqlarda **madaniy (cultural) korpuslar** bilan shudgorlashda tuproqning yaxshi maydalanishi ta’minlandi, biroq o‘simlik qoldiqlarini ko‘mish sifati vintsimon korpuslarga nisbatan pastroq bo‘ldi.

Tajriba o‘tkazilgan tuproq sharoitlarida tuproq qatlamining eng sifatli ag‘darilishi **vintsimon (helikoidal) korpuslarda** kuzatildi. Biroq ushbu korpuslardan foydalanilganda tuproq bo‘laklari o‘lchami kattalashib, tuproqni maydalash sifati biroz pasaydi.



1-rasm. Turli xil plug korpuslarida tuproqning maydalanganlik darajasi natijalari

Madaniy (cultural) korpuslar bilan shudgorlashda zich bog‘langan tuproq qatlamlarining yetarli darajada ag‘darilishi ta’minlanmadi, biroq tuproqni yumshatish jarayoni qoniqarli darajada amalga oshdi. Madaniy korpuslar faqat qattiqligi 3,0 MPa dan kam bo‘lgan, ilgari ishlov berilgan eski haydalma tuproqlarda yuqori sifatli shudgorlashni ta’minladi.

Turli xil korpuslar bilan jihozlangan pluglarning tortish qarshiligi (qarshilik kuchlarining gorizontall tashkil etuvchisi) shudgorlash chuqurligi, lemexning egat tubi va devoriga nisbatan qiyalik burchaklari, agregatning harakat tezligi hamda plug korpusining 225elicoida parametrlariga bog‘liq holda aniqlandi. Qattiqligi 3,1 Mpa bo‘lgan qumoq tuproqda o‘lchangan plug tortish qarshiligining

harakat tezligiga bog'liqligi misol tariqasida keltirilgan. Ushbu tajriba ma'lumotlari uchun aniqlanish koeffitsiyenti $R^2 = 0,75-0,85$ oralig'ida bo'ldi.

Plugning sifat ko'rsatkichlari, jumladan, tuproqning maydalanish darajasi, tuproq qatlamining ag'darilish sifati hamda o'simlik qoldiqlarining ko'milish darajasi turli xil plug korpuslaridan foydalanish afzalliklari to'g'risida xulosa chiqarish imkonini beradi.

Kutilganidek, tuproqning eng yaxshi maydalanishi silindroid yuzali (madaniy va yarim vintsimon) korpuslarda kuzatildi. Tajribalar davomida qattiqligi 3,1 Mpa bo'lgan qumoq tuproqda hosil bo'lgan kesaklarning maksimal 226elicoida 30–50 mm dan oshmadi. Biroq tuproq qatlamini ag'darish jarayonida o'simlik qoldiqlarining to'liq ko'milmasligi kuzatildi.

Plug bilan ishlov berish sifatining eng yaxshi ko'rsatkichlari madaniy va yarim vintsimon korpuslarda olindi: qumoq tuproqning maydalanishi yaxshi bo'ldi, tuproq qatlamining ag'darilishi esa yetarlicha to'liq amalga oshdi. Shu bilan birga, tortish-energetik ko'rsatkichlari bo'yicha yarim vintsimon korpuslar ma'lum ustunliklarga ega bo'ldi.

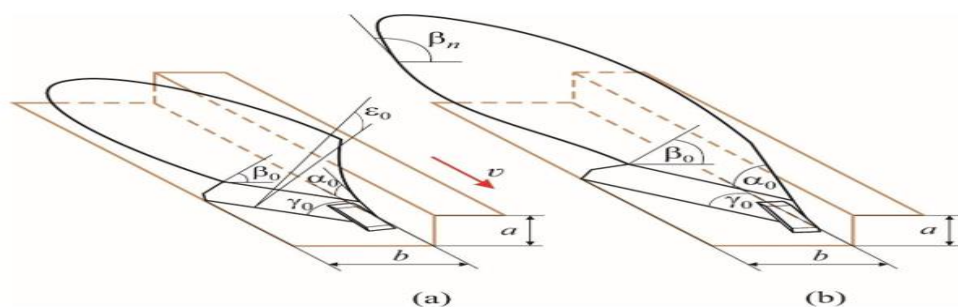
Egat hosil qiluvchi ish organining asosiy parametrlari:

Plugning egat hosil qiluvchi ish organini loyihalashda bir qator konstruktiv va texnologik parametrlarni hisobga olish zarur. Ularning asosiylari quyidagilardan iborat: ishchi kenglik, ishchi uzunlik, ishchi balandlik, ishlov berish chuqurligi, tuproqqa kirish burchagi, 226elicoid o'rnatilish burchagi, gorizontaal o'rnatilish burchagi, ishchi yuzaning egrilik radiusi.

Ish organining ishchi kengligi egatning kengligiga bevosita ta'sir etuvchi 226elicoida hisoblanadi. Ishchi kenglikning haddan tashqari katta tanlanishi tuproqning yon tomonga surilishiga va tortish qarshiligining ortishiga olib kelishi mumkin. Aksincha, juda kichik kenglik egatning talab etilgan 226elicoida shaklda hosil bo'lishini ta'minlamasligi mumkin.

Ishchi yuzaning egrilik radiusi ham muhim parametrdir. Egrilik radiusining o'zgarishi tuproq zarrachalarining ishchi yuza bo'ylab harakatlanish trayektoriyasini o'zgartiradi. Shu sababli ushbu 226elicoida tuproqning ko'tarilishi, surilishi va yon tomonga siljish jarayoniga ta'sir ko'rsatadi.

Dala tajribalarida tarkibli ustama qaytariluvchi (almashinuvchi) lemexlar bilan jihozlangan plug korpuslaridan foydalanildi. Bunday lemexlarning optimal 226elicoida parametrlari avvalgi tadqiqotlarda ilmiy jihatdan asoslangan. Xususan, lemexning tumshuq (bar-point) qismi chiqintisining uzunligi **40 mm** ni, kesuvchi tig'ni charxlash burchagi esa **7–8°** ni tashkil etdi.



2-rasm. Plug korpusi geometriyasining sxemasi: a) madaniy (kovlovchi) yoki yarim vintsimon korpus; b) vintsimon (226elicoidal) korpus.

Bu yerda:

$\alpha_0, \beta_0, \gamma_0, \epsilon_0$ – lemexning egat chizig'iga nisbatan o'rnatilish burchaklari;

a va b – shudgorlash chuqurligi va qamrov kengligi;

v – harakat tezligi.

Barcha tajribalar mahalliy bozorda mavjud bo'lgan turli xil plug korpuslari bilan jihozlangan MTZ-82 traktorlari va 3 korpusli osma PLN-3-35 pluglari yordamida amalga oshirildi. Tajribalarda quyidagi turdagi seriyali plug korpuslaridan foydalanildi: PLE-21.411 rusumli madaniy (kovlovchi) korpuslar, PLN-01.000 rusumli yarim vintsimon korpuslar hamda RZZ-4-01 rusumli vintsimon korpuslar.

Plugning tortish qarshiligi-plugning ish jarayonida tuproqning deformatsiyalanishi va ishchi organ bilan o‘zaro ta’siri natijasida tortish qarshiligi yuzaga keladi. Umumiy holda plugning tortish qarshiligini quyidagi ifoda orqali tavsiflash mumkin:

Plugning umumiy tortish qarshiligini dastlabki hisoblash uchun:

$$R_p = kBa$$

bu yerda:

R_p - plugning tortish qarshiligi, N;

k - tuproqning solishtirma qarshiligi, N/m²;

B - ishlov berish kengligi, m;

a - ishlov berish chuqurligi, m.

Amaliy sharoitda esa tortish qarshiligiga faqat tuproqning solishtirma qarshiligi emas, balki ishchi organlarning shakli, tuproq namligi, agregat tezligi, tuproqning zichligi va ishchi yuzalarning konstruktiv parametrlari ham ta’sir ko’rsatadi.

Shuning uchun egat hosil qiluvchi ish organining parametrlarini asoslashda faqat geometrik talablar emas, balki energetik talablar ham hisobga olinishi kerak.

Ish organining traktor shinalari yeyilishiga ta’siri. Plug bilan ishlash jarayonida hosil bo‘lgan egatning joylashuvi traktorning g‘ildiraklari harakatiga ta’sir ko’rsatadi. Agar traktor g‘ildiragi egatga juda yaqin harakatlansa, uning tuproq bilan o‘zaro ta’siri kuchayadi. Natijada shina protektori va tuproq orasidagi ishqalanish hamda sirpanish ortishi mumkin.

Bunday holatni kamaytirish uchun egatning geometrik shakli va joylashuvini boshqaruvchi maxsus ish organidan foydalanish mumkin. Ushbu ish organi tuproqni ma’lum yo‘nalishda siljitib, g‘ildirakning bevosita yumshatilgan tuproqqa tushishini kamaytirishga xizmat qiladi.

Bu konstruktiv yechimning muhim jihati shundan iboratki, ish organi tuproqni ortiqcha deformatsiyalamasligi va plugning umumiy tortish qarshiligini sezilarli oshirmasligi kerak. Shu sababli uning parametrlarini optimallashtirish masalasi alohida tadqiqotni talab qiladi.

Xulosa. Plugning egat hosil qiladigan ish organi parametrlarini ilmiy asoslash tuproqqa ishlov berish texnologiyasini takomillashtirishning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Ish organining konstruktiv-geometrik parametrlari egatning shakli, tuproqning deformatsiyalanishi, plugning tortish qarshiligi va agregatning barqaror harakatiga bevosita ta’sir ko’rsatadi.

Tadqiqotlar asosida ishchi kenglik, uzunlik, balandlik, kirish burchagi, o‘rnatilish burchaklari va egrilik radiusini maqbul tanlash orqali egat hosil bo‘lish jarayonini boshqarish mumkin. Ayniqsa, egatning geometrik parametrlarini traktor g‘ildiraklarining harakat trayektoriyasi bilan o‘zaro muvofiqlashtirish tuproqning qayta zichlanishini kamaytirish va shinalarning ortiqcha yeyilishini oldini olish nuqtayi nazaridan muhimdir.

Shu sababli takomillashtirilgan plug konstruksiyasida egat hosil qiluvchi maxsus ish organidan foydalanish texnologik jarayonni takomillashtirish, agregatning tortish qarshiligini maqbullashtirish, tuproqqa ishlov berish sifatini oshirish va traktorning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkonini beruvchi istiqbolli konstruktiv yechim sifatida qaralishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Godwin R J, O’Dogherty M J, Saunders C and Balafoutis A T 2007 A force prediction model for mouldboard ploughs incorporating the effects of soil characteristic properties, plough geometric factors and ploughing speed Biosystems Engineering **97(1)** pp 117–129
2. Ahmadi I 2017 A power estimator for an integrated active-passive tillage machine using the laws of classical mechanics Soil and Tillage Research **171** pp 1–8
3. Mattetti M, Varani M, Molari G and Morelli F 2017 Influence of the speed on soil-pressure over a plough Biosystems Engineering **156** pp 136–147.
4. Varani M, Mattetti M, Molari G and Morelli F 2017 Experimental evaluation of the soil pressure distribution on plough parts Chemical Engineering Transactions. pp 247–252.

TUPROQQA EKISH OLDDAN ISHLOV BERILADIGAN MASHINA- TRAKTORLAR SONINI ANIQLASH METODIKASI

Sobirov Rasulbek Voxobovich

Andijon davlat texnika instituti, Andijon, O'zbekiston Respublikasi

e-mail: rasuljon.sobirov1990.27@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tuproqqa ekish oldidan ishlov berishda foydalaniladigan mashina-traktor agregatlari sonini aniqlash metodikasi ko'rib chiqilgan. Texnikaga bo'lgan talabni aniqlashda ekin maydoni, agrotexnik muddat, smenali ish unumdorligi va vaqtdan foydalanish koeffitsiyentining ahamiyati yoritilgan. MTA sonini belgilashning asosiy hisoblash formulalari va ularni amaliy qo'llash tartibi keltirilgan. Shuningdek, traktor rusumini tanlashda tortish kuchi va qishloq xo'jaligi mashinalarining qarshilik kuchlarini hisobga olish masalalari tahlil qilingan. Taklif etilgan metodika texnikalardan oqilona foydalanish, agrotexnik muddatlarga rioya qilish hamda ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga imkon beradi.

Kalit so'zlar: mashina-traktor agregati, tuproqqa ishlov berish, ekish oldidan ishlov berish, agrotexnik muddat, ish unumdorligi, traktor, qishloq xo'jaligi texnikasi.

Аннотация. В статье рассмотрена методика определения количества машинно-тракторных агрегатов, необходимых для предпосевной обработки почвы. Определение потребности в технике основано на учёте площади посева, агротехнических сроков, сменной производительности агрегатов и коэффициента использования рабочего времени. Приведены основные расчётные зависимости и последовательность определения необходимого количества машинно-тракторных агрегатов. Рассмотрены вопросы выбора марки трактора с учётом его тягового усилия и сопротивления сельскохозяйственных машин. Предлагаемая методика позволяет рационально использовать машинно-тракторный парк, соблюдать оптимальные агротехнические сроки и снижать эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, обработка почвы, предпосевная обработка, агротехнический срок, производительность, трактор, сельскохозяйственная техника.

Abstract. The article considers a methodology for determining the required number of machine-tractor units for pre-sowing soil preparation. The demand for agricultural machinery is determined based on the cultivated area, agrotechnical deadlines, shift productivity, and the coefficient of working-time utilization. The main calculation relationships and the procedure for determining the required number of machine-tractor units are presented. The selection of tractor types is considered by taking into account their traction force and the draft resistance of agricultural implements. The proposed methodology makes it possible to use the machine-tractor fleet more efficiently, comply with optimal agrotechnical deadlines, and reduce operational costs.

Keywords: machine-tractor unit, soil tillage, pre-sowing soil preparation, agrotechnical deadline, productivity, tractor, agricultural machinery.

Kirish. O'simlikshunoslikda mahsulot olish inson tomonidan ishlab chiqarish jarayonini bajarishni tashkil etish va uning samaradorligini oshirish omillarini faollashtirishga qaratilgan muayyan harakatlarni amalga oshirish bilan bog'liq.

Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarish jarayoni (mahsulot ishlab chiqarish jarayoni) - bu qishloq xo'jaligi operatsiyasini olishga qaratilgan ketma-ket tabiiy (biologik) va texnologik jarayonlar yig'indisidir (1.1-rasm).

Texnologik jarayon - materialning xususiyatlarini kerakli holatgacha o'zgartirish maqsadida unga mashinaning ishchi organlari yordamida ishlov berish yoki qayta ishlashga qaratilgan qishloq xo'jaligi ishlari (texnologik operatsiyalar) majmui.

Har qanday texnologik jarayon sifat, energetik va iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan tavsiflanadi.

Texnologik jarayonning sifat ko'rsatkichlari agrotexnika talablari (tuproqqa ishlov berish chuqurligi, urug'larni ko'mish, ekish me'yori, o'rish balandligi va shu kabilar) asosida belgilanadi.

Energetik ko'rsatkichlar bajarilgan ish hajmi birligiga to'g'ri keladigan energiya va yoqilg'i sarfini tavsiflaydi.

Materiallar va usullar. Iqtisodiy ko'rsatkichlar muayyan jarayonni amalga oshirishda unumdorlikni, pul mablag'lari va mehnat sarfini, ekspluatatsion materiallar sarfini baholaydi.

Mashina-traktor agregatlari (MTA) ish sifatining qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining asosiy elementlariga ta'siri har doim hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lgan. Belgilangan sifat ko'rsatkichlariga qat'iy rioya qilish zarurligidan kelib chiqib, agregatning ruxsat etilgan ishchi tezligi, uning ishchi qamrash kengligi va ba'zi hollarda harakat usuli belgilanadi. Bu parametrlar asosan agregatning ish unumdorligini, oxir oqibatda esa MTA ning kerakli sonini belgilaydi. Agar agregatlar soni yetarli bo'lmasa, ishlarni bajarish muddatini uzaytirish kerak bo'ladi, bu esa hosildorlikka sezilarli ta'sir qiladi; ularning soni ko'payganda esa qo'shimcha kapital qo'yilmalar talab qilinadi, mexanizatorlar soni ortadi, ularning mavsumiy bandlik darajasi pasayadi - natijada ularning barchasi mahsulot tannarxida aks etadi.

Tuproqqa ishlov berishning ma'lum turini bajarish uchun kerakli miqdordagi MTA larini aniqlashda xo'jalikning yer maydoni, shu turdagi ishi bajarishning agrotexnik muddati, mavjud mashina-traktor parki haqidagi aniq ma'lumotlar, foydalanish sharoitlari, tuman va viloyat agrosanoat birlashmalari bo'linmalarining o'zaro hamkorlik imkoniyatlari va shu kabilar boshlang'ich axborot bo'lib xizmat qiladi.

Mashina-traktor agregati – bu energetik vositalar (traktor) va texnologik mashinalar (TTM) majmuidir.

Mashina-traktor agregatlari xo'jalikning turli rusumdagi traktorlar, tirkamalar, osma, yarim osma va o'zi yurar qishloq xo'jalik mashinalaridan tashkil topgan mashina-traktor parki (MTP) ga kiruvchi mashinalardan komplektlanadi. MTPning tarkibi har bir xo'jalik uchun shunday tanlanadiki, bunda eng kam mehnat va moddiy resurslar sarflangan holda rejalashtirilgan mahsulot hajmini olishga erishiladi.

Traktorlar markalarini tanlashni asoslash uchun mashinalarning mumkin bo'lgan tortish qarshiliklarini qishloq xo'jalik ishlarini bajarishda qo'llanilishi mo'ljallangan traktorlarning tortish kuchlari bilan taqqoslash maqsadga muvofiqdir. Mashinalarning tortishga qarshiliklarini va traktorlarning tortish kuchlarini taqqoslash ishlab chiqarish jarayonlari qaysi traktor markalariga ko'proq to'g'ri kelishini aniqlash imkonini beradi.

Agregatdagi mashinalar soni mahalliy sharoitlarni hisobga olgan holda tavsiyalar asosida shunday qabul qilinadiki, bunda agregatning maksimal unumdorligi ta'minlansin (agregatlar uchun mashinalar sonini hisoblash yo'li bilan aniqlash lozim).

Natijalar va muhokama. Qishloq xo'jalik texnikasiga bo'lgan talabni hisoblash agrotexnik ishlarni optimal muddatlarda bajarish uchun zarur bo'lgan mashinalar sonini aniqlashga asoslanadi va u quyidagi asosiy formula bilan aniqlanadi:

$$n = \frac{Q}{W} \cdot \mu, \quad (1)$$

Ya'ni, kerakli texnikalar soni ma'lum turdagi va ma'lum muddatda bajarilishi belgilangan ish hajmini (ga, tonna) bitta agregatning, shu turdagi ishni, belgilangan muddatda bajaradigan ish hajmiga (ga/mavsum, tonna/mavsum) nisbatini texnik tayyorgarlik koeffitsiyentiga ko'paytmasiga teng.

Boshqa manbaalarda kerakli MTA larni sonini quyidagicha aniqlash tavsiya etilgan.

$$N = \frac{W_{um}}{W_{sm} \cdot T \cdot k}, \quad (2)$$

bunda W_{um} - ekin ekiladigan umumiy maydon, ga; W_{sm} - agregatning smenali ish unumdorligi, ga/smena; T - belgilangan ish turini bajarish uchun belgilangan agrotexnik muddat, kun; k - smena vaqtidan joydalanish koeffitsienti.

Ekish oldidan ishlov beradigan texnikaga bo'lgan talabni hisoblash usuli belgilangan ish hajmini bajarish uchun zarur bo'lgan agregatlar sonini aniqlashga asoslangan.

Xususan, tuproqqa ekish oldidan ishlov beradigan texnikaga bo'lgan talabni hisoblash uslubi ekish maydoni, agrotexnik muddatlar va agregatlarning ish unumdorligidan kelib chiqqan holda

texnikaga tushadigan umumiy yuklamani aniqlashga asoslangan. Hisoblash mashinalar (boronalar, kultivatorlar) ni tanlash, optimal muddatlarda (odatda 5-15 kun) tayyor bo'lishi uchun zarur bo'lgan traktor va agregatlar sonini aniqlashni o'z ichiga oladi.

Ushbu formula yordamida hisoblash quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

- Ish hajmini aniqlash: Hisoblash ekin maydonlari tarkibi va ishlab chiqarish hajmini (hektar yoki tonnada) tahlil qilishdan boshlanadi.

- Ish unumini aniqlash: Har qanday turdagi texnika (seyalkalar, traktorlar, kombaynlar) uchun ishlab chiqarish me'yori va ish vaqtini (masalan, 12 soat) hisobga olgan holda smena yoki kunlik ish unumi hisoblanadi.

- Muddatlarni hisobga olish: Texnika butun ish hajmga ishlov berishga ulgurishi uchun ishlarning agrotexnik bajarilish muddati (kunlar soni) hisobga olinadi.

- Energetik quvvat: Barcha operatsiyalarni bajarish uchun zarur bo'lgan umumiy tortish kuchini aniqlash uchun ot kuchiga (quvvatga) bo'lgan ehtiyojni hisoblash.

- Mavjudlikni hisobga olish: Bunda xo'jalikda hisoblab topilgan traktorlar yoki agregatlar soni yetarli bo'lmasa, yetmagan qismni qo'shni xo'jaliklardan foydalanish uchun so'rab olib turish imkoniyati ham hisobga olinadi.

Xulosa. Tuproqqa ekish oldidan ishlov berishda mashina-traktor agregatlari sonini to'g'ri aniqlash agrotexnik tadbirlarni belgilangan muddatlarda va sifatli bajarishning muhim omillaridan biridir. Tadqiqotda zarur texnikalar sonini aniqlashda ekin maydoni, agrotexnik muddat, agregatning smenali ish unumdorligi va vaqtdan foydalanish koeffitsiyenti kabi asosiy ko'rsatkichlardan foydalanish metodikasi yoritildi. MTA sonini me'yoridan kam tanlash ishlarning kechikishiga, ortiqcha tanlash esa texnika, mehnat va moddiy xarajatlarning oshishiga olib kelishi asoslandi. Shuningdek, traktor rusumini tanlashda uning tortish kuchi va texnologik mashinalarning tortishga qarshiligini o'zaro taqqoslash zarurligi ko'rsatildi. Taklif etilgan yondashuv mavjud mashina-traktor parkidan samarali foydalanish, texnikalarning mavsumiy yuklanishini oshirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qiladi. Mazkur metodika tuproqqa ekish oldidan ishlov berish jarayonlarini maqbul muddatlarda tashkil etish va qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining iqtisodiy samaradorligini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Igamberdiev A.K., Aliqulov S. Traktorlar va qishloq xo'jaligi mashinalaridan foydalanish, texnik servis /O'quv qo'llanma/. Toshkent. TIQXMMI, 2020.-287 b.
2. GOST 20915-11. Ispitaniya sel'skoxozyaystvennoy tekhniki. Metodi opredeleniya usloviy ispitaniiy. –Moskva: Standartinform, 2013.–23 s.
3. Augambayev M., Ivanov A.Z., Terexov Yu.I. Osnovi planirovaniya nauchno-issledovatel'skogo eksperimenta. – Toshkent: O'qituvchi, 1993. – 336 b.
4. Spirin N.A., Lavrov V.V. Metodi planirovaniya i obrabotki rezultatov inzhener'nogo eksperimenta.–Yekaterinburg: GOU VPO Uralskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet–UPI, 2004.–258 s.
5. Dospexov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). - Moskva: Agropromizdat, 1985. - 351 s.
6. Kobzar A.I., Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnix rabotnikov. –Moskva: Fizmatlit, 2006.–816 s.
7. Djonson N., Lion F. Statistika i planirovaniye eksperimenta v tekhnike i nauke. Metodi obrabotki dannix. –Moskva: Mir, 1990.–610 s.
8. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. Tuproqqa ishlov berish bo'yicha agrotexnik talablar va me'yoriy ko'rsatkichlar. – Toshkent, 2021y.
9. GOST va me'yoriy hujjatlar: Qishloq xo'jaligi texnikalarining ish unumini aniqlash usullari.
10. K.Qosimov., R.Sobirov "Tuproqqa ishlov berish kombinatsiyalashgan agregatlarndan foydalanishning avzalliklari". Mashinasozlik ilmiy-texnika jurnali. №1 2024y.
11. R.Sobirov "Kombinatsiyalashgan mashinalarni qo'llash samaradorligining nazariy asoslari" Mashinasozlik ilmiy-texnika jurnali. Maxsus son. №1 2024y.

13. GOST 20915-11. Ispitaniya selskoxozyaystvennoy texniki. Metodi opredeleniya usloviy ispytaniy. –Moskva: Standartinform, 2013.–23 s.
14. Augambayev M., Ivanov A.Z., Terexov Yu.I. Osnovi planirovaniya nauchno-issledovatel'skogo eksperimenta. – Toshkent: O'qituvchi, 1993. – 336 b.1
15. Spirin N.A., Lavrov V.V. Metody planirovaniya i obrabotki rezultatov inzhernogo eksperimenta.–Yekaterinburg: GOU VPO Uralskiy gosudarstvennyy texnicheskii universitet–UPI, 2004.–258 s.
16. Dospexov B. A. Metodika polevogo opita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). - Moskva: Agropromizdat, 1985. - 351 s.
17. Kobzar A.I., Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnix rabotnikov. –Moskva: Fizmatlit, 2006.–816 s.
18. Djonson N., Lion F. Statistika i planirovaniye eksperimenta v texnike i nauke. Metody obrabotki dannykh. –Moskva: Mir, 1990.–610 s.
19. R.Sobirov “Mashina-traktor agregatlarini hisoblash (modellastirish)”“ilm-fan, innovatsiya va ilg'or texnologiyalar: global integratsiya va tarmoqlararo yechimlar” mavzusida xalqaro konferensiya. 2026-yil 3-tom.

JAMOAT TRANSPORTIDA YO'LOVCHILARNI TASHISHNI TASHKIL ETISH

Yusupov Akbar Eshquvvatovich¹, Xidirov Muso Qahramon o'g'li²

¹Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti O'zbekiston Respublikasi, Qarshi sh.

E-mail: akbar.yusupov@mail.ru

²Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti, O'zbekiston Respublikasi, Qarshi sh.

E-mail: xidrovmuso1996@gmail.com

Annotatsiya. Qarshi shahrida yo'lovchilarga transport xizmati ko'rsatish yetarli darajada emas va aholiga transport xizmat ko'rsatish uchun transport vositalari to'g'ri yo'lga qo'yilmagan, Qarshi shahrida avtobus yo'nalishlari kam, aholi gavjum hududlarda avtobus transport xizmatlari mavjud emas, aholiga transport xizmatlarini ko'p qismini yengil avtomobil taksilarda bajariladi bu esa hozirgi kun davlat talabiga javob bermaydi.

Kalit so'zlar: avtotransport vositalari, yo'lovchilar tashish, yo'nalish koeffitsiyenti, aholiga xizmat ko'rsatish, yo'lovchilar oqimini o'rganish.

Аннотация. В городе Карши уровень транспортного обслуживания пассажиров является недостаточным, а организация транспортных средств для обслуживания населения налажена не в полной мере. В Карши количество автобусных маршрутов ограничено, в густонаселённых районах отсутствуют услуги автобусного транспорта. Значительная часть пассажирских перевозок осуществляется легковыми автомобилями такси, что не соответствует современным государственным требованиям.

Ключевые слова: автотранспортные средства, пассажирские перевозки, коэффициент маршрута, обслуживание населения, изучение пассажиропотока.

Abstract. In the city of Karshi, the level of passenger transport services is insufficient, and the organization of transport vehicles for serving the population is not properly established. The number of bus routes in Karshi is limited, and bus transport services are unavailable in densely populated areas. A significant portion of passenger transportation is carried out by passenger cars operating as taxis, which does not meet current state requirements.

Keywords: motor vehicles, passenger transportation, route coefficient, public service, passenger flow analysis.

Ma'lumki, insonlar o'zlarining ijtimoiy-iqtisodiy, ma'naviy va boshqa ehtiyojlarini qondirish, yashash uchun doimo harakatda bo'lganlar yaxshi yashash uchun ko'rashganlar, bir joydan ikkinchi

joyga borish uchun karvon yo'llari barpo qilganlar. Bu karvonlari yurt obodonchiligi va yuksalishiga, xalqlar o'rtasidagi do'stlik rishtalarini mustahkamlashga xizmat qilib kelganlar. Biz agar majoziy ma'noda o'zimizning faoliyatimizni ularning davomchisi deb hisoblasak, mustaqil mamlakatimiz ravnaqi uchun shaharlarni shaharlarga ulashga, ellarni ellar bilan oshna qilishga, eng asosiysi, yo'lovchilarni sog'-salomat manziliga yetkazish yo'lida xizmat qilishga mas'ulmiz. Ushbu missiyani muvaffaqiyatli tashkil etishimizda avtomobil transporti yo'lovchilar tashishda eng samarali hamda qulay tashish vositasi hisoblanadi.

Transport infratuzilmasini yaxshilash va avtomobil transport xizmat ko'rsatish korxonalar faoliyatini tizimli tashkil qilish, aholi va transport korxonalari munosabatlarini uyg'unlashtirish, mamlakat iqtisodiy taraqqiyotini ta'minlash imkonini beradi. Shu jihatdan O'zbekiston avtomobil transporti tizimi korxonalari faoliyatini chuqur tahlil etish va innovatsion faoliyatni takomillashtirish bo'yicha o'rganishlarni olib borish bugungi kunning dolzarb masalalaridan hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan transport korxonalari bugungi kunda o'z faoliyatini qayta ko'rib chiqishlari va uni yo'lovchilar talabini qondirishga qaratishlari kerak.

Qashqadaryo viloyati va Qarshi shahri aholisiga, shu jumladan, iqtisodiyotning barcha sohasida faoliyat ko'rsatayotgan ishchi xizmatchilarga, ta'lim muassasalarida bilim olayotgan o'quvchi va talabalarga yuqori sifatli transport xizmatini ko'rsatishni tashkil etish avtomobil transporti korxonalari jamoasi oldida turgan eng muhim vazifalardan hisoblanadi. Bugungi kunda jamiyatning hech bir fuqarosining faol ijtimoiy hayotini (bir manzildan boshqasiga borishini) transportsiz tasavvur etib bo'lmaydi.

Hozirgi kunda Qarshi shahrida avtomobil transporti vositalarida yo'lovchilar tashishni xususiy tashuvchilar amalga oshirmoqda va ular orasida o'zaro raqobat muhiti mavjud. Xususiy yo'lovchi tashish bilan shug'ullanuvchi korxonalar o'rtasida erkin raqobat har bir sohada xo'jalik faoliyatini rivojlantirishni to'g'ri tashkil etishni va boshqarishning yangidan yangi tizimlarini va texnologiyalarini ishlab chiqishni taqozo etadi. Aks holda, ularning inqirozga yuz tutishi mumkinligi mustaqillikning dastlabki yillaridayoq amalda isbotlandi.

Hayot shuni ko'rsatmoqdaki, kelgusida O'zbekiston Respublikasining iqtisodiyotini yanada rivojlantirish, kelajagi porloq davlatga aylanishini bozor iqtisodiyoti sharoitiga mos, yangicha fikrlay oladigan va chuqur bilimga ega bo'lgan kadrlarsiz amalga oshirib bo'lmaydi.

O'zbekiston Respublikasi Hukumati avtomobilsozlikni rivojlantirish bilan bir vaqtda, avtomobil yo'llari va transporti, shahar transporti, yo'l harakati xavfsizligi, shahar transportidan bepul foydalanish to'g'risidagi qonunlar, bir qancha qarorlar qabul qildi va ular asosida shahar yo'lovchi transportini rivojlantirish konsepsiyalari va bir qancha nizomlar ishlab chiqildi.

Shahar aholisiga ish joylariga, yashash joylariga, dam olish va boshqa maishiy talablarini qondirish joylariga qisqa vaqtlarda yetib borishlari uchun xavfsiz va qulay transport vositalari talab etiladi.

Tashishga bo'lgan talab shahar hududining o'lchamiga, aholining moddiy ta'minlanganligi va madaniyat darajasiga ko'p jihatdan bog'liqdir [1].

Yo'nalishlarni to'g'ri tanlash yo'lovchilarni manzillariga yetib borishi uchun sarflaydigan vaqtini kamaytiradi va transport vositalaridan foydalanish samaradorligini oshishiga olib keladi.

Yo'nalishlar tizimining tarmoqlanishini tavsiflash uchun yo'nalish koeffitsiyentidan foydalaniladi.

Yo'nalish koeffitsiyenti (K_y) barcha avtobus yo'nalishi uzunligini ($\sum L_y$) avtobus yo'nalishlari o'tgan ko'cha va yo'llarning uzunligiga (L_m) ya'ni avtobus tarmog'i uzunligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$K_y = \frac{\sum L_{ii}}{\sum L_m}$$

Yo'nalish koeffitsiyenti qancha katta bo'lsa, yo'lovchilarga shunchalik qulay sharoit yaratiladi. Misol. Shahardagi barcha avtobus yo'nalishlarining uzunligi 2000 km va bu yo'nalishlardagi yo'llarning uzunligi 1000 km bo'lsin. U holda yo'nalish koeffitsiyenti:

$$K_y = \frac{2000}{1000} = 2 \text{ ga teng bo'ladi}$$

Transporti tarmog'i yaxshi rivojlangan shaharlar uchun bu ko'rsatkich 1,2-3,5 oraliq'ida bo'ladi.

Qarshi shahrida bu ko'rsatkich 1 dan ham kam. Shu sababli Qarshi shahrida avtobus yo'nalishlarini oqilona tashkil etish tafsifiya etiladi [2].

Yangi yo'nalishlar ochish va bu yo'nalishlarda ishlaydigan yangi zamonaviy avtobuslar sotib olish hamda ularni to'g'ri yo'nalishlarga yo'naltirish hozirgi kunning dolzarb vazifalaridan beridir.

Avtobus yo'nalishi ma'lum bir boshlang'ich va oxirgi manzillarni bog'lovchi yo'l tarmog'i bo'lib, mazkur yo'l tarmog'i bo'ylab belgilangan oraliq manzillarda to'xtab, yo'lovchilarni avtobusdan tushirish va avtobusga chiqarish hamda barcha manzillarni o'zaro bog'lovchi shahar ko'chalari (avtomobil yo'llari) bo'ylab, yo'lovchilar bilan yuklangan avtobusni harakatlantirish jarayonlarini tashkil etuvchi ob'ektlar majmuini o'z ichiga oladi.

Shaharlarda qanday transportni qo'llash va yo'lovchi tashishni tashkil etish birinchi navbatda shaharning turiga, ya'ni yo'lovchisining soniga, shahar hududining maydoniga va unda mavjud bo'lgan yo'llar va ularning konfiguratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Shahar yo'lovchisining soniga qarab shaharlar quyidagi turlarga ajratiladi:

-juda yirik – yo'lovchi soni 2000-2500 mingdan ko'p;

-yirik – yo'lovchisi 200-500 ming nafar;

-o'rtacha - yo'lovchisi 100-200 ming nafar;

-kichik- yo'lovchisi 100 ming nafardan kam.

Agar yo'nalishlarda yo'lovchi tashish uchun mavjud bo'lgan avtobuslar sonining cheklanganligini va "tig'iz" soatlarda zarur bo'lgan qo'shimcha avtobuslarni va yo'qligini hisobga olsak, ko'rinib turibdiki, yo'lovchilarga yuqori sifatli transport xizmatini ko'rsatish uchun harakatni tashkil etishning eng samarali usullarini ishlab chiqish va qo'llash zarur bo'ladi[3].

Misol. Avtobusning sig'imi $q_n = 37$ yo'lovchi, oddiy yo'nalishda aylanma qatnov vaqti $t_{ayl,q} = 80$ min, oraliq bekatlarda to'xtash vaqti $t_{ob} = 1$ min va oxirgi bekatda to'xtash vaqti $t_{oxb} = 5$ min. "Tig'iz" soatlardagi yo'lovchilar oqimining maksimal qiymati $Q_{max} = 280$ yo'lovchi/soat bo'lsin.

1. Oddiy yo'nalishda yo'lovchilarni tashish uchun zarur bo'lgan avtobuslar soni va harakat intervali quyidagicha topiladi:

$$A_y^{oddiy} = \frac{Q_{max} \times t_{ayl}}{q} = \frac{280 \times 80}{37 \times 60} = 10_{avtobus}$$
$$I = \frac{t_{ayl}}{A_y} = \frac{80}{10} = 8 \text{ min}$$

Yirik shaharlarda aholining transport harakatchanligini ortishi ularga transport xizmati ko'rsatish bilan bog'liq qator muammolarni hal etishni taqozo etmoqda. Qarshi shahrini chetki mahallalarini markaz bilan bog'laydigan marshrutlar yo'q masalan Bog'ushamol mahallasini shahar markazi bilan, Qavali mahallasini shahar markazi, Iski shahar, Er qurg'on bozori bilan bog'laydigan marshrutlar quyilmagan. Qarshi shahridagi barcha yo'nalishlar yo'lovchilar bekati bilan ta'minlanmagan. Keyingi yillarda Qarshi shahri aholisining ko'payishi, yo'lovchilarni o'ziga jalb etuvchi yangi ijtimoiy, iqtisodiy va madaniy ob'ektlarning qurilib ishga tushirilishi va shahar maydonining kengayishi natijasida yo'lovchilarga transport xizmat ko'rsatishni sifat darajasini oshirish, zarur hollarda yangi yo'nalishlarni ochish bilan bog'liq muammolarni hal etish zarurati vujudga kelmoqda.

Xulosa. Shunday qilib hozirgi kunda Qarshi shahrida ko'pgina yo'nalishlar bo'yicha jamoat transport qatnovi mavjud emas. Buning natijasida shu yo'nalishdagi yo'lovchilar manziliga yetib borishi uchun yo'nalishsiz taksilar xizmatidan foydalanishga majbur bo'lmoqda. Qarshi shahrida yo'lovchilarga jamoat transportida xizmat ko'rsatish holati aholining talablariga javob bera olmayapti va ularning haqli e'tirozlariga sabab bo'lmoqda.

Bu muammoni ijobiy hal etish va Qarshi shahrida aholiga transportda xizmat ko'rsatishni yaxshilash maqsadida yo'nalishlarda yo'lovchilar oqimini mukammal o'rganish va yangi yo'nalishlarni ochish, har bir yo'nalishlar boyicha 200-300 metr masofada yo'lovchilar uchun qulay va shinam bekatlar qurush va bu bekatlar asosiy yo'ldan tashqarida yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlagan holda chuntak asosida qurilgan bo'lishi, yo'nalishlar shahar chetini markaz bilan

bog'lovchi hamda yo'lovchilarga xizmat ko'rsatish va o'z manzillariga kam xarajat bilan xavfsiz yetib olishlari uchun yo'nalishlarda avtobuslarni harakatlanishini oqilona tashkil qilish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

- 1.E.Karimov. Avtomobillarda yo'lovchilar tashish, Toshkent, "Sharq,"2015 y.
- 2.K.M.Nazarov, N.Z. Arifjonova, X.A.Mirgiyazov "Avtotransport vositalarida yo'lovchilar tashishni tashkil etish" - T. Uzbekistan milliy akademiyasi – 2012y.
- 3.B.M.Беляев. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения. МАДИ. 2014.

HISORAK SUV OMBORIDA CHCNAV APACHE 4 USV YORDAMIDA GIDROGRAFIK-GEODEZIK TADQIQOTLAR

**Qodirov Isomiddin Eshmo'minovich¹, Rasulov Ne'mat Shokir o'g'li²,
Muazzamov Navro'z Faxriddin o'g'li³**

¹Xalqaro innovatsion universiteti, Axborot texnologiyalari, matematika va muhandislik tizimlari kafedrası, Texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent,
ORC:ID 0009-0009-2310-1967.

²Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, E-mail: nematrasulov59@gmail.com
ORC:ID 0009-0008-1942-5371.

³Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, <https://orcid.org/0009-0007-0085-7791>
E-mail: mnavroz@internet.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada CHCNAV Apache 4 insonsiz suzuvchi kemasi (USV) yordamida Hisorak suv omborida olib borilgan gidrografik-geodezik tadqiqotlar tahlil qilingan. Tadqiqotda GNSS/RTK va IMU texnologiyalariga asoslangan USV platformasining imkoniyatlari, suv ombori tubining batimetrik o'lchovlari, qirg'oq chizig'i va kadastr elementlarini aniqlash hamda bo'ylama profil ko'rsatkichlarini baholash masalalari ko'rib chiqilgan. Olingan natijalar USV texnologiyasidan suv omborlarini o'rganish, suv resurslarini hisobga olish va yer-suv kadastr ma'lumotlarini yangilashda samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Geodeziya, yer va suv kadastr, gidrografik tadqiqot, insonsiz suzuvchi kema (USV), CHCNAV Apache 4, GNSS/RTK, batimetriya, bo'ylama profil, Hisorak suv ombori, melioratsiya, suv resurslarini boshqarish.

Аннотация. В статье проанализированы гидрографо-геодезические исследования, выполненные с использованием беспилотного надводного судна (USV) CHCNAV Apache 4 на Хисоракском водохранилище. В исследовании рассмотрены возможности USV-платформы на основе технологий GNSS/RTK и IMU, батиметрические измерения дна водохранилища, определение береговой линии и кадастровых элементов, а также оценка показателей продольного профиля. Полученные результаты показывают эффективность применения технологии USV для исследования водохранилищ, учета водных ресурсов и обновления данных земельно-водного кадастра.

Ключевые слова: Геодезия, земельный и водный кадастр, гидрографическое исследование, беспилотное надводное судно (USV), CHCNAV Apache 4, GNSS/RTK, батиметрия, продольный профиль, Хисоракское водохранилище, мелиорация, управление водными ресурсами.

Abstract. This article analyzes hydrographic and geodetic surveys conducted using the CHCNAV Apache 4 unmanned surface vehicle (USV) in the Hisorak Reservoir. The study examines the capabilities of the USV platform based on GNSS/RTK and IMU technologies, bathymetric measurements of the reservoir bottom, determination of the shoreline and cadastral elements, as well as assessment of longitudinal profile parameters. The results demonstrate the effectiveness of USV technology for reservoir surveys, water resource accounting, and updating land and water cadastre data.

Keywords: Geodesy, land and water cadastre, hydrographic survey, unmanned surface vehicle (USV), CHCNAV Apache 4, GNSS/RTK, bathymetry, longitudinal profile, Hisorak Reservoir, land reclamation, water resource management.

Kirish. O'zbekiston Respublikasida qishloq xo'jaligini barqaror suv bilan ta'minlash, aholi punktlarini ichimlik suvi bilan ta'minlash hamda gidroenergetika salohiyatidan foydalanish masalalarida suv omborlari alohida strategik ahamiyatga ega. Suv omborlarining haqiqiy sig'imi, tubining relyefi, qirg'oq chizig'ining holati va unga tutash yer uchastkalarining kadastr holati to'g'risidagi aniq va dolzarb ma'lumotlar suv resurslarini boshqarish, sug'orish tarmoqlarini rejalashtirish, ekologik monitoring va suv xo'jaligi inshootlarining texnik xavfsizligini ta'minlash uchun boshlang'ich baza bo'lib xizmat qiladi.

An'anaviy tarzda bunday ma'lumotlar ekipajli qayiqlarda o'rnatilgan yagona nurli yoki ko'p nurli exolotlar, GNSS qabul qilgichlar va odatiy geodezik asboblardan yordamida yig'ib kelingan. Biroq bu usul bir qator jiddiy cheklavlarga ega: ekipaj xavfsizligiga tahdid (ayniqsa chuqur, oqimli yoki noqulay relyefli suv havzalarida), yuqori mehnat va vaqt sarfi, inson omili tufayli yuzaga keladigan xatoliklar, shuningdek sayoz va tor kanallarga kirib borish imkoniyatining cheklanganligi. Bunday sharoitda insonsiz suzuvchi kemalar (Unmanned Surface Vehicle, USV) texnologiyasi zamonaviy gidrografik-geodezik amaliyotda muqobil va tobora keng qo'llanilayotgan yechim sifatida maydonga chiqmoqda.

Ushbu tadqiqot doirasida biz bevosita dala sharoitida CHCNAV Apache 4 insonsiz suzuvchi kemasi (USV) yordamida Hisorak suv ombori (Хисорак сув омбори) bo'yicha gidrografik-geodezik o'lchash ishlarini amalga oshirdik [1]. Maqolaning maqsadi — shu tarzda olingan dala ma'lumotlari, ya'ni suv ombori uchun tayyorlangan topografik-kadastr rejalari (1:2000 masshtab, WGS-84 koordinata tizimi) [3, 6] va suv ombori o'zani bo'ylab o'lchangan bo'ylama profil ma'lumotlari asosida, Apache 4 Pro USV platformasining texnik-texnologik imkoniyatlarini hamda uning geodeziya, kadastr, gidrografiya va melioratsiya sohalaridagi qo'llanilish salohiyatini ilmiy-amaliy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

Maqolada quyidagi vazifalar yechilishi ko'zda tutilgan:

- insonsiz suzuvchi kemalar texnologiyasining zamonaviy holati va ularning an'anaviy usullardan afzalliklarini tizimlashtirish;
- Apache 4 Pro USV platformasining texnik-metrologik tavsiflarini keltirish va tahlil qilish;
- Hisorak suv ombori kadastr-topografik rejalarning tarkibiy elementlarini (chegaralar, kommunikatsiyalar, yo'llar, koordinata to'ri) tahlil qilish;
- suv ombori bo'ylama profili bo'yicha balandlik va uklon ko'rsatkichlarini raqamli tahlil qilish;
- USV texnologiyasini milliy yer-suv kadastr va melioratsiya monitoring tizimlariga integratsiya qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

1. **Mavzuga oid ilmiy-texnik adabiyotlar tahlili.** Gidrografik o'lchashlarning aniqligi va ishonchliligiga qo'yiladigan xalqaro talablar Xalqaro gidrografiya tashkiloti (International Hydrographic Organization, IHO) tomonidan ishlab chiqilgan standartlarda ifodalangan bo'lib, ular chuqurlik o'lchash, pozitsiyalash va ma'lumotlarni tekshirish bo'yicha aniqlik toifalarini belgilaydi [2]. Zamonaviy sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlariga (GNSS) asoslangan haqiqiy vaqtda kinematik tuzatish (Real Time Kinematic, RTK) texnologiyasi geodezik va gidrografik o'lchashlarda santimetr darajasidagi aniqlikni ta'minlashga imkon beradi, bu esa suv omborlari va daryolarning raqamli relyef modellarini (RRM) yuqori ishonchlilik bilan qurish imkonini yaratadi [7].

Jahon amaliyotida so'nggi o'n yillikda insonsiz suzuvchi kemalar (USV) gidrografik, ekologik va muhandislik-qidiruv tadqiqotlarida keng qo'llanila boshlandi. Bunday platformalar GNSS/IMU pozitsiyalash tizimi, bir yoki ko'p nurli exolotlar, akustik Doppler oqim profilometrlari (ADCP), yon skanerlovchi sonarlar va suv sifatini nazorat qiluvchi sensorlarni bir korpusda birlashtirib, avtonom yoki masofadan boshqariladigan rejimda ishlaydi [1]. Bunday integratsiyalashgan yondashuv gidrografik, geodezik va ekologik ma'lumotlarni bir vaqtning o'zida, bir xil fazoviy va vaqt mos yozuvida yig'ish imkonini beradi.

Yer va suv kadastr tizimida barcha fazoviy ob'ektlar, jumladan suv omborlari, ularning qirg'oq chizig'i va unga tutash yer uchastkalari yagona koordinata tizimida — xususan WGS-84 global geodezik tizimida — hisobga olinishi zarur [3]. Bu esa turli vazirlik va tashkilotlar (Suv xo'jaligi vazirligi, Davlat yer kadastr xizmati, mahalliy hokimiyat organlari) tomonidan yuritiladigan geografik axborot tizimlari (GIS) o'rtasida ma'lumotlar almashinuvi va o'zaro moslashuvni ta'minlaydi [4]. Shu bilan birga, melioratsiya sohasida suv omborlari va kanallarning loyihaviy va haqiqiy holatini muntazam monitoring qilish, ularning sig'imi, loyqalanish darajasi va bo'ylama-ko'ndalang profillarining o'zgarishini kuzatib borish suv resurslaridan oqilona foydalanishning muhim shartlaridan biri hisoblanadi [5, 8].

Yuqorida keltirilgan tendentsiyalarni umumlashtirib aytish mumkinki, geodeziya, kadastr, gidrografiya va melioratsiya sohalarini USV texnologiyasi asosida integratsiyalashgan raqamli platformada birlashtirish zamonaviy suv xo'jaligini boshqarishning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Aynan shu integratsion yondashuv ushbu maqolaning nazariy asosini tashkil etadi.

2. Tadqiqot materiallari va metodlari.

2.1. Tadqiqot ob'ekti va boshlang'ich kartografik materiallar. Tadqiqot ob'ekti sifatida Hisorak suv ombori (Хисорак сув омбори) tanlab olindi. Tadqiqot uchun boshlang'ich material sifatida biz ushbu suv ombori va unga tutash hududlarning 1:2000 masshtabdagi, WGS-84 koordinata tizimida tuzilgan beshta topografik-kadastr reja varag'ini, shuningdek suv ombori o'zani bo'ylab bevosita dala sharoitida o'lchab olingan bo'ylama profil chizmasini ishlatdik [6]. Rejalarda quyidagi asosiy fazoviy ob'ektlar aks ettirilgan: bino va inshootlar (КЖ), yer uchastkalarining burilish nuqtalari (1, 2, 3, ..., N ko'rinishida raqamlangan), gaz o'tkazish liniyasi, avtomobil yo'llari, geodezik koordinata to'ri, daraxtzorlar, devor chizig'i hamda yer uchastkalari (kadastr) chegaralari [4].



2-rasm. Hisorak suv ombori topografik-kadastr rejasining 1-varag'i (masshtab 1:2000, WGS-84): suv ombori chegarasi, yondosh avtomobil yo'li, daraxtzor va yer uchastkasi konturi

Rejalarning barchasida bir xil shartli belgilar tizimi qo'llanilgan bo'lib, bu turli varaqlar va turli mutaxassislar (geodezist, kadastr muhandisi, suv xo'jaligi mutaxassisi) tomonidan ma'lumotlarni bir xil tushunishni ta'minlaydi. Shartli belgilarning umumlashtirilgan tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.

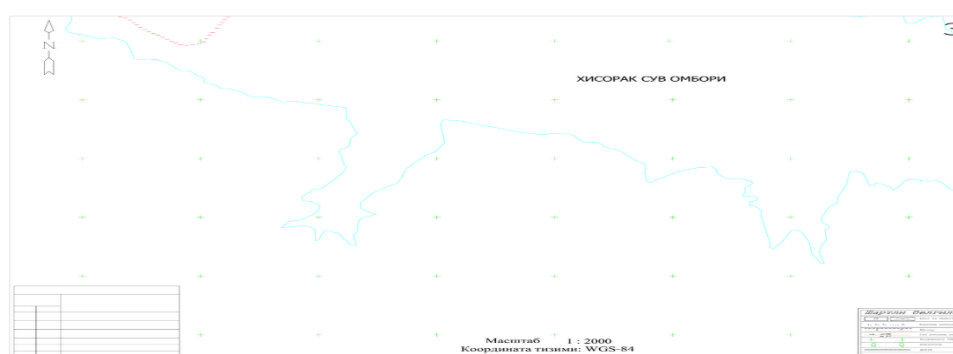
1-jadval.

Hisorak suv ombori kadastr-topografik rejasidagi shartli belgilar tavsifi

Belgi	Ma'nosi
КЖ	Bino va inshootlar
1, 2, 3, ..., N	Yer uchastkasi burilish nuqtalari (poligon uchlari)
Uzluksiz och-ko'k chiziq	Suv ombori suv chizig'i / qirg'oq chegarasi
Sariq shtrix chiziq (A—Г)	Gaz o'tkazish liniyasi va uning tayanch nuqtalari
Ikki parallel chiziq	Avtomobil yo'llari

Belgi	Ma'nosi
Yashil xoch belgilar	Koordinata to'ri (masshtab 1:2000 katakchalari)
Yashil nuqta-doira belgilar	Daraxtzorlar / yashil ekinzorlar chizig'i
Qalin uzluksiz chiziq	Devor / inshoot chegarasi
Qizil shtrix chiziq	Yer uchastkasi (kadastr) chegarasi

Koordinata to'rining zichligi (rejada muntazam oraliqda joylashgan yashil xoch belgilar) 1:2000 masshtabga mos ravishda tanlangan bo'lib, bu suv ombori qirg'og'i egri chiziqlarining fazoviy joylashuvini yuqori aniqlik bilan raqamlashtirish va keyinchalik geografik axborot tizimlariga (GIS) integratsiya qilish imkonini beradi. Gaz o'tkazish liniyasining suv ombori qirg'og'iga yaqin joylashganligi muhandislik kommunikatsiyalari xavfsizlik zonalarini kadastr hisobiga olishning zarurligini ko'rsatadi.



3-rasm. Suv ombori qirg'og'i, gaz o'tkazish liniyasi va yer uchastkalari chegaralarining o'zaro joylashuvi aks ettirilgan reja varag'i namunasi

2.2. CHCNAV Apache 4 insonsiz suzuvchi kemasining texnik tavsifi. Bo'ylama va ko'ndalang profillarni o'lchash, shuningdek suv ombori tubining batimetrik surati (syomkasi) uchun biz CHCNAV kompaniyasi ishlab chiqargan Apache 4 Pro insonsiz suzuvchi kemasidan (USV) foydalandik [1]. Ushbu platforma karbon tolali korpusga, GNSS+IMU pozitsiyalash blokiga, o'rnatilgan yagona nurli exolotga (200 kHz), 360° kuzatuv kamerasiga va to'siqni avtomatik aniqlash tizimiga ega bo'lib, uni ko'p nurli exolot (MBES), akustik Doppler oqim profilometri (ADCP), yon skanerlovchi sonar va suv sifati sensorlari bilan ham jihozlash mumkin [1].



4-rasm. CHCNAV Apache 4 USV platformasining umumiy ko'rinishi (yon-orqa proyeksiya)

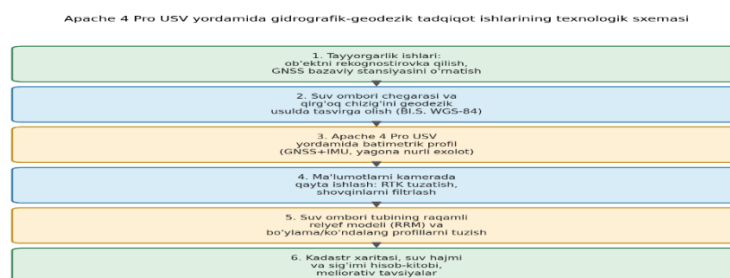
Platformaning asosiy texnik-metrologik ko'rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan (manba: CHC Navigation kompaniyasining rasmiy texnik tavsiflari [1]).

CHCNAV Apache 4 USV platformasining texnik xususiyatlari

Ko'rsatkich	Qiymat
Maksimal harakat tezligi	6,5 m/s
Foydali yuk ko'tarish qobiliyati	50 kg gacha
Suzish chuqurligi (osadka)	8,6 sm
Pozitsiyalash tizimi	To'liq GNSS + IMU
Exolot turi	Yagona nurli (single-beam), 200 kHz
O'lchash diapazoni	0,1–200 m
Chuqurlik o'lchash aniqligi	$\pm 0,01 \text{ m} + 0,1\% \times D$
Pozitsiyalash aniqligi	Gorizontal 0,8 sm / Vertikal 1,5 sm
Video kuzatuv	360° kamera, to'siqni aniqlash tizimi
Aloqa kanali	2,4 GHz ($\leq 1,5 \text{ km}$) va 4G LTE
Og'irligi	29,6 kg (batareya va antennisiz)
Gabarit o'lchamlari (U×K×B)	1280 × 720 × 420 mm
Batareya ishlash muddati	10 soat (1,5 m/s tezlikda)
Ish harorati diapazoni	–20 °C dan +50 °C gacha
Himoya darajasi	IP67

Keltirilgan ko'rsatkichlardan ko'rinib turibdiki, platformaning 8,6 santimetrlik osadkasi va yuqori manevrlik qobiliyati uni sayoz qirg'oq bo'yi zonalarida, tor irrigatsiya kanallarida va suv omborining chuqur, katta ekipajli qayiqlar kira olmaydigan joylarida ishlatish imkonini beradi. GNSS+IMU tizimining 0,8 sm (gorizontal) va 1,5 sm (vertikal) pozitsiyalash aniqligi esa geodezik-kadastr talablariga to'liq javob beradi va olingan ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri davlat kadastr xaritalariga integratsiya qilish imkonini yaratadi.

2.3. Ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlash metodikasi. Tadqiqot metodikasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: dastlab ob'ektni rekognostirovka qilish va GNSS bazaviy stansiyasini o'rnatish, so'ngra suv ombori chegarasi va qirg'oq chizig'ini geodezik usulda suratga olish, keyin USV platformasi yordamida oldindan rejalashtirilgan trayektoriya bo'yicha batimetrik profil o'lchash, olingan xom ma'lumotlarni kamerada RTK tuzatish va shovqinlardan tozalash, so'ngra suv ombori tubining raqamli relyef modelini (RRM) va bo'ylama/ko'ndalang profillarni qurish, va nihoyat ushbu natijalar asosida kadastr xaritasi, suv hajmi-sig'imi hisob-kitobi hamda meliorativ tavsiyalarni shakllantirish. Ushbu texnologik zanjirning umumlashtirilgan sxemasi 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. Apache 4 Pro USV yordamida gidrografik-geodezik tadqiqot ishlarining texnologik sxemasi

Bo'ylama profil bo'yicha piketlash (stansiyalash) usulida har bir uchastkaning uzunligi, ukhon ko'rsatkichi va chegara nuqtalarining mutlaq balandligi qayd etiladi [7]. Biz Apache 4 Pro USV yordamida bevosita o'lchagan Hisorak suv ombori bo'ylama profilining PK0 dan PK4+76,18 pikettacha oralig'idagi (jami taxminan 476 metrlik) ko'tarilish uchastkasiga oid dala ma'lumotlari qayta ishlanib, 3-jadvalda tizimlashtirilgan [6].

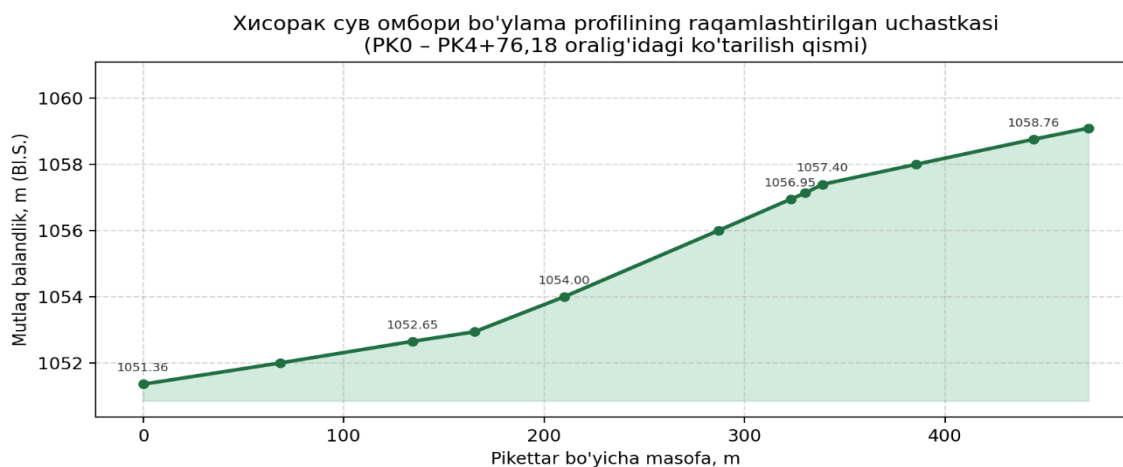
3. Natijalar va tahlil. Bo'ylama profil bo'yicha balandlik va ukhon ko'rsatkichlari tahlili

3-jadval.

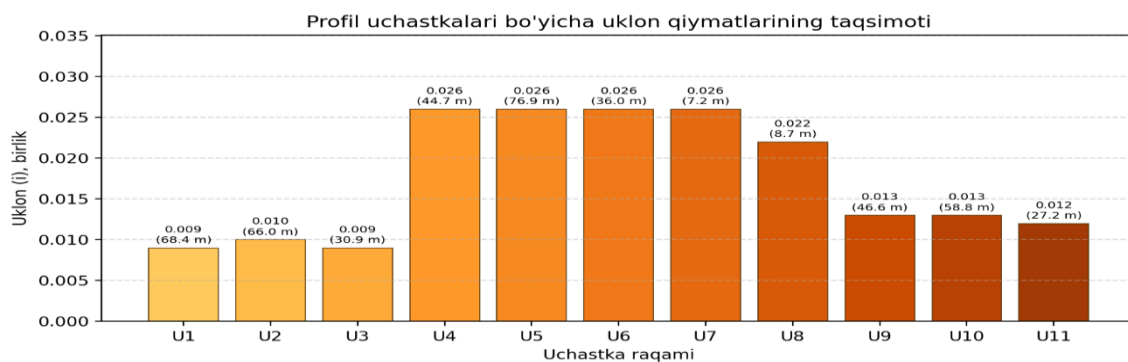
Hisorak suv ombori bo'ylama profilining piketlar bo'yicha balandlik-ukhon ma'lumotlari

№	Piket (taxminiy)	Kumulyativ masofa, m	Uchastka uzunligi, m	Ukhon (i)	Mutlaq balandlik, m
0	PK0	0.00	68.351	0.009	1051.359
1	PK1	68.35	66.007	0.010	1052.000
2	PK2	134.36	30.945	0.009	1052.653
3	PK3	165.30	44.749	0.026	1052.942
4	PK4	210.05	76.935	0.026	1054.000
5	PK5	286.99	36.034	0.026	1056.000
6	PK6	323.02	7.228	0.026	1056.948
7	PK7	330.25	8.666	0.022	1057.134
8	PK8	338.92	46.643	0.013	1057.396
9	PK9	385.56	58.833	0.013	1058.000
10	PK10	444.39	27.172	0.012	1058.760
11	PK4+76	471.56	—	—	1059.095

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, tahlil qilingan uchastkada mutlaq balandlik 1051,36 metrdan 1059,10 metrgacha, ya'ni jami 7,74 metrga ortadi, umumiy uzunlik esa taxminan 471,6–476,2 metrni tashkil etadi (dala o'lchash chizmasidagi qiymatlar orasidagi ~1% farq qo'lda chizilgan profilni raqamlashtirish jarayonidagi texnik xatolik bilan izohlanadi). Balandlikning masofa bo'yicha o'zgarish grafigi 6-rasmda, har bir uchastkaning ukhon qiymatlari esa 7-rasmda keltirilgan.

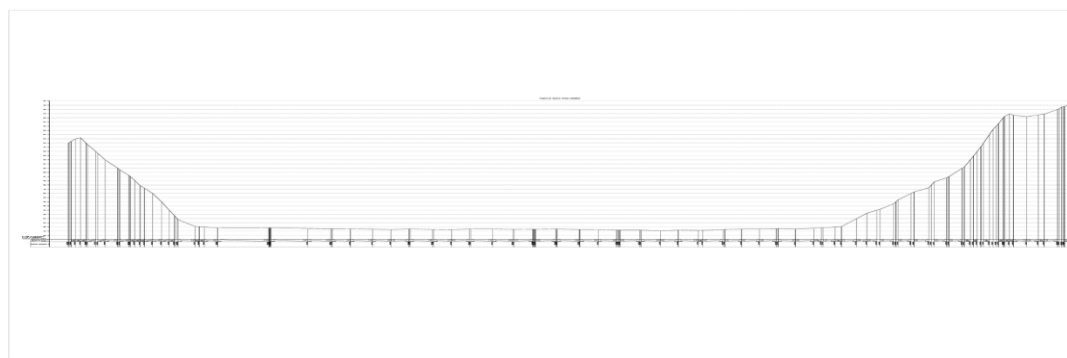


6-rasm. Hisorak suv ombori bo'ylama profilining raqamlashtirilgan uchastkasi bo'yicha balandlik o'zgarish grafigi



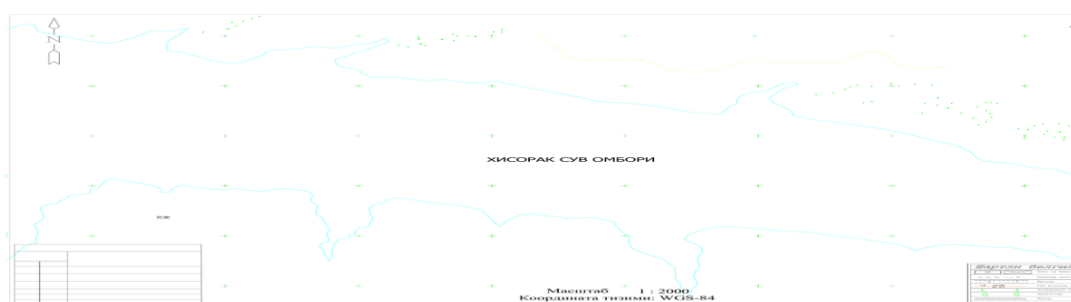
7-rasm. Profil uchastkalari bo'yicha uklon (i) qiymatlarining taqsimoti

Grafik tahlildan ko'rinadiki, profilning boshlang'ich qismida (0–165 m oralig'ida) uklon nisbatan yumshoq (0,009–0,010), 240elior 165–330 metrlik oraliqda esa u sezilarli darajada ortib, 0,022–0,026 qiymatlariga yetadi. So'nggi uchastkalarda (330–476 m) uklon yana pasayib, 0,012–0,013 oralig'ida barqarorlashadi. Bunday nomonoton uklon taqsimoti qirg'oq relyefining geomorfologik xilma-xilligini, jumladan tik yon bag'irlar va nisbatan tekis maydonchalarning almashinib kelishini aks ettiradi va bu ma'lumotlar qirg'oq mustahkamlash ishlarini, cho'kish (loyqalanish) zonalarini hamda 240eliorative drenaj tarmog'ini rejalashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.



8-rasm. Suv ombori o'zani ko'ndalang kesimining umumiy profili (loyiha chizmasi asosida): ikki yon bag'ir va nisbatan tekis o'zan tubi qismi ko'rinib turibdi

3.2. Suv ombori chegaralari va kadastr elementlarining fazoviy tahlili. Topografik-kadastr rejalarining tahlili shuni ko'rsatadiki, Hisorak suv ombori qirg'oq chizig'i murakkab, ko'p burilishli konturga ega bo'lib, bir necha joyda ingichka qo'ltiqchalar va yarim orolsimon chiqiqlar mavjud. Bunday murakkab morfologiya an'anaviy usulda to'liq va bir xil zichlikda suratga olishni qiyinlashtiradi, biroq USV platformasining avtomatik trayektoriya bo'yicha harakatlanish imkoniyati aynan shunday murakkab konturli suv havzalarida barcha qirg'oq chizig'ini uzluksiz va bir xil zichlikda qamrab olish imkonini beradi.



9-rasm. Suv ombori qirg'og'ining murakkab, ko'p burilishli konturi aks etgan reja varag'i

Rejalarda qayd etilgan yer uchastkalari burilish nuqtalari (1, 2, 3, ..., N) kadastr hujjatlarida yer egaligi va foydalanish huquqini rasmiylashtirish uchun asosiy fazoviy mos yozuv nuqtalari hisoblanadi. Ushbu nuqtalarning WGS-84 tizimidagi aniq koordinatalarini USV va GNSS/RTK texnologiyasi yordamida qayta tekshirish, ayniqsa suv ombori suv sathi mavsumiy o'zgarishi natijasida qirg'oq chizig'i siljigan hollarda, kadastr ma'lumotlar bazasini dolzarblashtirishning muhim vositasi bo'lib xizmat qiladi.



10-rasm. Suv ombori sharqiy qismidagi yer uchastkalari va yo'l tarmog'ining kadastr rejadagi tasviri

3.3. An'anaviy va USV texnologiyasiga asoslangan tadqiqot usullarining qiyosiy tahlili.

An'anaviy ekipajli qayiqlarda olib boriladigan gidrografik o'lchashlar bilan Apache 4 Pro USV platformasi asosidagi zamonaviy usulning qiyosiy tahlili 4-jadvalda umumlantirilgan.

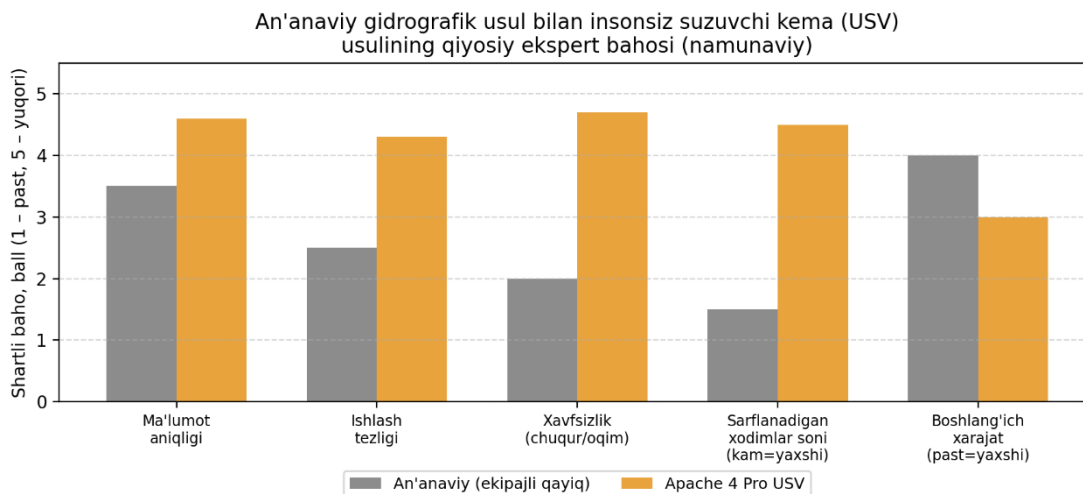
4-jadval.

An'anaviy usul va Apache 4 Pro USV texnologiyasining qiyosiy tavsifi

Mezon	An'anaviy usul (ekipajli qayiq)	Apache 4 Pro USV
Ishchi ekipaj	2–3 kishi (haydovchi, operator, geodezist)	1 kishi (masofadan boshqaruv)
Xavfsizlik	Chuqur/oqimli suv havzalarida xavf yuqori	Ekipaj suvga chiqmaydi, xavf minimal
Sig'ib kirish qobiliyati	Sayoz va tor kanallarda cheklangan	8,6 sm osadka — sayoz va tor joylarda ishlay oladi
Pozitsiyalash aniqligi	Odatda GNSS-qo'l qurilma, o'rtacha aniqlik	GNSS+IMU, 0,8 sm (gorizontal) / 1,5 sm (vertikal)
Ma'lumot zichligi	Nuqtama-nuqta, operator tezligiga bog'liq	Uzluksiz avtomatik trek bo'yicha zich profil
Ish unumdorligi	Ob-havo va inson charchashiga bog'liq	10 soatgacha uzluksiz avtonom ishlash
Boshlang'ich xarajat	Nisbatan past (qayiq + odatiy exolat)	Yuqoriroq boshlang'ich investitsiya, lekin operatsion xarajat past

Qiyosiy ekspert bahoga asoslangan umumlantirilgan diagramma (11-rasm) shuni ko'rsatadiki, USV texnologiyasi xavfsizlik, ma'lumot zichligi/aniqligi va ishlash tezligi bo'yicha an'anaviy usuldan

sezilarli darajada ustunlikka ega, biroq boshlang'ich investitsiya xarajati nisbatan yuqoriroq bo'lib qolmoqda. Shu bilan birga, USVning bir marta xarid qilingandan so'ng operatsion xarajatlarning pastligi (yoqilg'i, ekipaj xarajatlari kamayishi) uzoq muddatli istiqbolda umumiy xarajatlarni muvozanatlashtiradi.



11-rasm. An'anaviy usul va Apache 4 Pro USV texnologiyasining namunaviy qiyosiy ekspert bahosi (shartli 1–5 ballik shkala)

3.4. Kadastr va melioratsiya sohalarida amaliy qo'llash imkoniyatlari. O'tkazilgan tahlil natijalariga tayanib, Apache 4 Pro USV texnologiyasi va unga asoslangan integratsiyalashgan ma'lumot yig'ish metodikasining quyidagi amaliy yo'nalishlarda qo'llanilishi maqsadga muvofiq deb hisoblanadi:

- suv ombori tubining raqamli relyef modeli (RRM) asosida suv hajmi-sathi bog'liqlik jadvalini (batimetrik egri chiziqni) muntazam yangilab borish;
- suv ombori qirg'og'iga tutash yer uchastkalarining kadastr chegaralarini WGS-84 tizimida davriy tekshirish va rasmiylashtirish hujjatlarini dolzarblashtirish [3, 4];
- gaz o'tkazish liniyasi kabi muhandislik kommunikatsiyalarining suv chizig'iga nisbatan joylashuvini monitoring qilish va xavfsizlik zonalarini kadastr xaritalarida aniqlashtirish [4];
- suv ombori tubidagi loyqalanish (zaililanish) dinamikasini yillar kesimida solishtirib, sug'orish tarmoqlarini suv bilan ta'minlash bo'yicha meliorativ tavsiyalar ishlab chiqish [5, 8];
- bo'ylama va ko'ndalang profillar asosida qirg'oq mustahkamlash va eroziyaga qarshi muhandislik-meliorativ tadbirlarni loyihalashtirish uchun boshlang'ich ma'lumotlar bazasini shakllantirish.

4. Muhokama. Tadqiqot davomida biz olgan natijalar insonsiz suzuvchi kemalar texnologiyasining geodeziya, kadastr va suv xo'jaligi sohalarini bir-biriga integratsiya qilishdagi salohiyatini yaqqol ko'rsatadi. Ayniqsa, GNSS/RTK asosidagi pozitsiyalashning santimetr darajasidagi aniqligi kadastr talablariga to'liq mos kelishi [1, 3], ma'lumotlarni bir martalik o'lchash sikli davomida ham gidrografik (batimetriya), ham geodezik (qirg'oq chizig'i, yer uchastkalari chegaralari) maqsadlarda foydalanish imkonini beradi [2, 7].

Shu bilan birga, ushbu maqolada keltirilgan bo'ylama profil ma'lumotlari dala sharoitida qo'lda chizilgan asl profil chizmasidan raqamlashtirilgan bo'lib, ba'zi qiymatlarda (xususan, qisqa uchastkalardagi ukлон ko'rsatkichlarida) chizma sifatiga bog'liq kichik noaniqliklar mavjudligini alohida ta'kidlash lozim. Shu sababli, keltirilgan raqamli tahlil ko'proq metodologik namuna va tendensiyalarni ko'rsatish maqsadida keltirilgan bo'lib, amaliy loyihalash ishlari uchun bevosita USV dasturiy ta'minotidan olingan xom (RTK bilan tuzatilgan) ma'lumotlardan foydalanish tavsiya etiladi.

Kelgusi tadqiqotlar yo'nalishi sifatida quyidagilarni belgilash mumkin: Apache 4 Pro platformasini ko'p nurli exolot (MBES) bilan jihozlab, suv ombori tubining to'liq uch o'lchamli raqamli modelini qurish; olingan ma'lumotlarni geografik axborot tizimlari (GIS) muhitida davlat yer-suv kadastri ma'lumotlar bazasi bilan avtomatik sinxronlashtirish algoritmlarini ishlab chiqish; shuningdek,

bir necha yillik monitoring natijalarini solishtirish orqali suv omborlarining loyqalanish dinamikasini prognozlash modellarini yaratish. Bunday integratsiyalashgan raqamli platforma — mohiyatan suv omborining «raqamli egizagi» (digital twin) — kelajakda suv xo'jaligi obyektlarini boshqarishning asosiy vositasiga aylanishi mumkin.

5. Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

- CHCNAV Apache 4 insonsiz suzuvchi kemasi (USV) 6,5 m/s tezlik, 8,6 sm osadka, GNSS+IMU asosida 0,8 sm/1,5 sm aniqlikdagi pozitsiyalash va o'rnatilgan yagona nurli exolot kabi texnik ko'rsatkichlari bilan suv omborlari va kanallarda gidrografik-geodezik ma'lumot yig'ishning xavfsiz, tez va yuqori aniqlikdagi vositasi bo'la olishini biz o'z dala tajribamizda tasdiqladik [1, 6];

- Hisorak suv ombori bo'yicha biz bevosita o'lchab tayyorlagan 1:2000 masshtabdagi WGS-84 kadastr-topografik rejalari suv ombori chegaralari, muhandislik kommunikatsiyalari, yo'llar va yer uchastkalari chegaralarini yagona fazoviy tizimda birlashtirish imkonini beradi, bu esa USV orqali olinadigan ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri mavjud kadastr bazasiga integratsiya qilishni osonlashtiradi [3, 4, 6];

- bo'ylama profil ma'lumotlarining raqamli-grafik tahlili (balandlik va uklon ko'rsatkichlari) suv ombori qirg'og'i relyefining geomorfologik xilma-xilligini son jihatidan tavsiflash, shuningdek qirg'oq mustahkamlash va meliorativ tadbirlarni loyihalashtirish uchun boshlang'ich ma'lumot sifatida foydalanish mumkinligini ko'rsatdi;

- an'anaviy va USV asosidagi usullarning qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, USV texnologiyasi xavfsizlik, ma'lumot zichligi va ishlash unumdorligi bo'yicha sezilarli ustunlikka ega bo'lib, uni milliy suv xo'jaligi, yer-suv kadastr va melioratsiya monitoring tizimlariga bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvofiqdir.

Umuman olganda, geodeziya, kadastr, gidrografiya va melioratsiya sohalarini USV texnologiyasi asosida integratsiyalashgan yagona raqamli platformada birlashtirish suv resurslarini boshqarishning sifat va samaradorligini oshirishning istiqbolli va amaliy jihatdan asoslangan yo'nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. CHC Navigation (CHCNAV). Apache 4 Pro: USV for Hydrographic Surveys — texnik xususiyatlar va mahsulot tavsifi. Rasmiy manba: <https://geospatial.chcnave.com/products/chcnave-apache-4-pro>

2. International Hydrographic Organization (IHO). Gidrografik tadqiqotlar bo'yicha xalqaro standartlar (S-44 seriyasi) — chuqurlik o'lchash va pozitsiyalash aniqligi toifalari.

3. WGS-84 (World Geodetic System 1984) global geodezik koordinata-vaqt tizimi bo'yicha xalqaro me'yoriy-texnik hujjatlar.

4. O'zbekiston Respublikasi Yer resurslari, geodeziya, kartografiya va davlat kadastr qo'mitasi. Yer va suv kadastr yuritish bo'yicha me'yoriy-huquqiy hujjatlar.

5. O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligi. Suv omborlari va sug'orish tarmoqlarini texnik ekspluatatsiya qilish bo'yicha me'yoriy materiallar.

6. Hisorak suv ombori bo'yicha CHCNAV Apache 4 USV yordamida bevosita bajarilgan dala gidrografik-geodezik o'lchash ishlari natijalari: topografik-kadastr rejalari (1:2000 masshtab, WGS-84 koordinata tizimi) va bo'ylama profil chizmasi (mualliflarning shaxsiy dala materiallari).

7. Geodeziya, fotogrammetriya va kartografiya sohasidagi umumiy o'quv-uslubiy adabiyotlar: GNSS/RTK o'lchashlar nazariyasi, raqamli relyef modellarini qurish tamoyillari.

8. Gidrologiya va suv xo'jaligini boshqarish sohasidagi umumiy o'quv-uslubiy adabiyotlar: suv omborlari sig'imini hisoblash va monitoring qilish metodikasi.

9. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=Lx2l66kAAAAJ&citation_for_view=Lx2l66kAAAAJ:2osOgNQ5qMEC

10. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=Lx2l66kAAAAJ&citation_for_view=Lx2l66kAAAAJ:9yKSN-GCB0IC

11. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=Lx2l66kAAAAJ&citation_for_view=Lx2l66kAAAAJ:UeHWp8X0CEIC

QASHQADARYO HAVZASIDA SUV TA'MINOTI MANBALARINI MUHOFAZA QILISHNING YER KADASTR VA EKOLOGIK MONITORING MA'LUMOTLARINI INTEGRATSIYALASHTIRISH

Qodirov Isomiddin Eshmo'minovich¹, Rasulov Ne'mat Shokir o'g'li²

¹Xalqaro innovatsion universiteti, Axborot texnologiyalari, matematika va muhandislik tizimlari kafedrası dotsenti, [ORC:ID 0009-0009-2310-1967](https://orcid.org/0009-0009-2310-1967)

²Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, E-mail: nemtrasulov59@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-1942-5371>

Annotatsiya. Maqolada Qashqadaryo havzasida suv manbalarini muhofaza qilish tizimi tahlil qilingan. Havzaning gidrografik va infratuzilma ko'rsatkichlari, yer osti suvlari sathi va mineralizatsiyasining ko'p yillik o'zgarishi hamda sug'oriladigan yerlarning sho'rlanish darajasi ochiq manbalar asosida keltirilgan. Asosiy muammo yer kadastrı, suv kadastrı va ekologik monitoring ma'lumotlarining bir-biridan ajralganligi ekanligi ko'rsatilgan. Ularni yagona GAT platformasida birlashtirish, uchastka darajasida ifloslanish va sho'rlanish xavfini indeks orqali baholash hamda boshqaruv choralari xavf toifasiga bog'lash taklif etilgan.

Kalit so'zlar: Qashqadaryo havzasi, suv ta'minoti manbalari, yer kadastrı, ekologik monitoring, GAT, suv muhofaza zonalari, sho'rlanish, yer osti suvlari.

Abstract. The article analyzes the water resource protection system in the Kashkadarya basin. Data on the basin's hydrographic and infrastructure characteristics, long-term fluctuations in groundwater levels and mineralization, and the salinity levels of irrigated lands are presented based on open sources. The study identifies the fragmentation of land cadastre, water cadastre, and environmental monitoring data as a primary issue. It proposes integrating these datasets into a unified GIS platform, assessing pollution and salinity risks at the plot level using an index, and linking management measures to specific risk categories.

Keywords: Kashkadarya basin, water supply sources, land cadastre, environmental monitoring, GIS, water protection zones, salinity, groundwater.

Аннотация. В статье анализируется система защиты источников водоснабжения в бассейне Кашкадарьи. На основе открытых источников представлены гидрографические и инфраструктурные показатели бассейна, долгосрочные изменения уровня и минерализации грунтовых вод, а также степень засоленности орошаемых земель. Основная проблема – разделение данных земельного кадастра, водного кадастра и экологического мониторинга. Предлагается объединить их на единой платформе ГАТ, оценить риск загрязнения и засоления на уровне участка с использованием индекса и связать меры управления с категорией риска.

Ключевые слова: бассейн Кашкадарьи, источники водоснабжения, земельный кадастр, экологический мониторинг, ГАТ, зоны охраны водных ресурсов, засоление, грунтовые воды.

Kirish. Qashqadaryo viloyati suv ta'minoti ikki mustaqil tizimga tayanadi: mahalliy daryo oqimi va Amudaryodan nasos kaskadi orqali keltiriladigan suv. Tog'oldi hududlarda mahalliy oqim yetakchi, Qarshi cho'lida esa asosiy manba Amudaryo suvi hisoblanadi. Qashqadaryo havzasining maydoni 8 780 km², daryo uzunligi esa 378 km ni tashkil etadi [1, 2].

Suv resurslariga bosim quyidagi omillardan kelib chiqadi. Birinchidan, sug'orma dehqonchilik hajmi katta: Qarshi cho'li sug'orish tizimi 500 ming gektardan ortiq yerni suv bilan ta'minlashga mo'ljallab loyihalangan [3]. Ikkinchidan, Qarshi nasos kaskadi 1973 yilda, Talimarjon suv ombori 1975–1976 yillarda ishga tushirilgan va bu sug'orish tizimlarining kengayishi hamda jadallashuvida hal qiluvchi bo'lgan [3]. Uchinchidan, sug'orish, kollektor-drenaj tarmog'i va sanoat oqavalari suv sifatiga ta'sir qiladi, yer osti suvlari sathining ko'tarilishi esa ikkilamchi sho'rlanishni kuchaytiradi.

Suv muhofazasidagi asosiy muammolar: [1] suv muhofaza zonalari me'yoriy hujjatlarda belgilangan bo'lsa-da, kadastr ma'lumotlarida aniq chegara va rejim sifatida kam aks etadi; [2]

ekologik monitoring turli idoralarda alohida yuritiladi va yagona bazaga birlashmagan; [3] monitoring natijalari muayyan yer uchastkasi egasiga nisbatan aniq boshqaruv choralari kam aylanadi.

Adabiyotlar tahlili. Suv resurslarini havza darajasida va yer foydalanish bilan bog'liq holda boshqarish integratsiyalashgan suv resurslari boshqaruvi (IWRM) konsepsiyasining asosidir [10]. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining ichimlik suvi sifati bo'yicha yo'riqnomasi xavfni suv manbai darajasida boshqarishni, ya'ni suv xavfsizligi rejalarini ishlab chiqishni tavsiya etadi [9].

Markaziy Osiyo bo'yicha ilmiy manbalarda sug'orma dehqonchilik kuchaygan sari sho'rlanish va suv tanqisligi muammolari o'sgani qayd etilgan. FAO ma'lumotiga ko'ra, 1994 yilda Orol dengizi havzasida sug'oriladigan yerlarning taxminan 40 foizi sho'rlangan, havzalarning quyi qismlarida yer osti suvlari sho'rligi esa 1 dan 30 g/l gacha o'zgargan [4]. Shu manbada Zarafshon va Qashqadaryo kabi irmoqlar shu darajada o'zlashtirilganki, ular Amudaryo oqimiga bevosita qo'shilmay qo'ygani ham ta'kidlangan [4].

Mahalliy va xorijiy soha mutaxassislar tomonidan ushbu masala ko'rib chiqilgan bo'lib, ular Usmonov M. [7], D.O.Svakov [8], X.Nazarov [9], X.I.Valiev, Sh.O.Muradov, B.M.Xolbaev [11], Tashmatov X.T., Kushaev T.K., Ismaylova S.S.[12], Umurzaqov O'.P., Rizaev T. [13], Sultonov A.S., Xudayberganov Z.D., Qo'chqorova S.A. [14]. Xorijiy olimlar ilmiy tadqiqot ishlari o'rganildi ulardan A.V.Grechishchev, I.G.Jurkin, V.V.Tragalova, K.V.Kondratyev, V.I.Kravtsova, A.A.Mayorov, V.A.Malinnikov, V.Y.Tsvetkov, Mayk keri (Mayk Karey), Magnus Larson (Magnus Larson), tayalan S. Kaliraj (Thayalan S. Kaliraj), Jek Danjermond (Mayk Karey), Magnus Larson (Magnus Larson), Jack Dangermond, ularning maqsadi masofadan zondlash va GAT-tahlil vositalari bilan hududlarning geoaxborot monitoringini ta'minlash, daryolar muhofaza zonalarini monitoring qilish masalasida tadqiqotlar olib borishgan.

Quyi Qashqadaryo havzasining melioratsiya monitoringi bo'yicha so'nggi ishda 1951 va 2016 yillardagi kuzatuv ma'lumotlari solishtirilib, yer osti suvlarining yuzaga yaqinlashishi va mineralizatsiyaning oshishi ko'rsatilgan [5]. Sun'iy yo'ldosh indeksleri (NDSI) yordamida sho'rlanishni baholash usuli O'zbekistonning sug'oriladigan hududlarida sinovdan o'tkazilgan [8]. Biroq yer kadastri, suv muhofaza zonalar va monitoringni yagona boshqaruv modeliga birlashtiruvchi ishlar hali kam. Ushbu maqola shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

Material va metodlar. Ma'lumot manbalari: davlat yer kadastri va suv kadastri, gidrometeorologiya va ekologiya organlarining monitoring natijalari, melioratsiya kuzatuv quduqlari, sanitariya-epidemiologiya laboratoriyalari tahlillari, Sentinel-2 va Landsat sun'iy yo'ldosh tasvirlari, shuningdek ochiq ilmiy nashrlar [1–8].

Usullar: tizimli va qiyosiy tahlil; GAT-modellashtirish (buffer, overlay, fazoviy interpolatsiya); masofaviy zondlash indeksleri (NDVI, NDWI, NDSI); ko'p mezonli baholash (AHP – Saaty usuli [11]).

Xavf indeksi. Har bir yer uchastkasi uchun ifloslanish va sho'rlanish xavfi quyidagi ko'rinishda hisoblanadi:

$$R = w_1 \cdot S + w_2 \cdot L + w_3 \cdot H + w_4 \cdot A \quad (1)$$

bu yerda S – suv manbasi va muhofaza zonasigacha bo'lgan masofa omili; L – yer foydalanish turi; H – yer osti suvlarining sathi va mineralizatsiyasi bo'yicha himoyalanganlik; A – monitoring natijalari (sifat ko'rsatkichlari); w – AHP orqali aniqlanadigan vazn koeffitsiyentlari ($\sum w = 1$). Har bir omil 1–4 ballik shkalada normallashtiriladi. Juftlab taqqoslash matritsasining muvofiqlik nisbati (CR) 0,10 dan oshmasligi lozim [11]. Xavf toifalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Xavf toifalari (taklif etilgan shkala)

Toifa	R qiymati	Boshqaruv rejimi
Past	1,0–1,9	Oddiy monitoring (yiliga 1 marta)
O'rta	2,0–2,9	Kuchaytirilgan monitoring (yiliga 2 marta)
Yuqori	3,0–3,5	Cheklovlar, maqsadli tekshiruv
Kritik	3,6–4,0	Faoliyatni cheklash, tuzatish choralari

Natijalar va muhokama. Havzaning gidrografik va infratuzilma tavsifi. Qashqadaryoning asosiy irmoqlari Jinnidaryo, Oqdaryo (Oqsuv), Yakkabog‘daryo, Tanxizdaryo, Guzardaryo, Langar va Qizildaryodir [1]. Ularning ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Qashqadaryo havzasi asosiy daryolarining ko‘rsatkichlari

Daryo	Uzunligi, km	Havza maydoni, km²
Qashqadaryo (asosiy)	378	8 780
Oqdaryo (Oqsuv)	154	1 280
Yakkabog‘daryo	99	1 180
Tanxizdaryo	93	1 910
Langar	76	258
Jinnidaryo	57	367

Suv omborlari havza suv ta‘minotining asosiy tartibga soluvchi bo‘g‘ini hisoblanadi (3-jadval). Chimqo‘rg‘on suv ombori 1963 yilda ishga tushirilgan, umumiy hajmi 500 mln m³, foydali hajmi 450 mln m³, o‘lik hajmi 50 mln m³, suv yuzasi maydoni 49,2 km² [6]. Amudaryo suvi bilan to‘ldiriladigan Talimarjon suv omborining sig‘imi taxminan 1,5 km³ [7]. Qashqadaryo havzasidagi 14 ta kichik suv omborining umumiy hajmi ham taxminan 1,5 km³ ga teng [7]; viloyat bo‘yicha 14 ta suv omborining foydali sig‘imi 2,3 km³ deb baholangan [12].

3-jadval.

Qashqadaryo viloyatining asosiy suv omborlari

Suv ombori	Suv manbai	Ishga tushgan yil	Umumiy hajmi, mln m³
Talimarjon	Amudaryo (Qarshi kaskadi)	1975–1976	≈1 500
Chimqo‘rg‘on	Qashqadaryo	1963	500
Gissarak	Oqsuv	1990	170
Kamashi	Qorabog‘daryo	1987	25

Suv ta‘minotining ikki zonali tuzilishi muhofaza siyosati uchun muhim. Yuqori qismdagi Qashqadaryo zonasi to‘liq havza suvi bilan ta‘minlanadi, Qarshi zonasida esa sug‘orishning taxminan 90 foizi Amudaryo, atigi 10 foizi Qashqadaryo (asosan Chimqo‘rg‘on suv ombori) hisobiga qoplanadi [3]. Yettita nasos stansiyasi suvni Amudaryodan 159 m balandlikka ko‘tarib, Talimarjon suv omboriga beradi, undan maksimal 360 m³/s suv chiqarish mumkin [3]. Demak, muhofaza tizimi mahalliy daryo havzasi bilan cheklanmay, transchegaraviy manba va magistral infratuzilmani ham qamrab olishi kerak.

Yer osti suvlari va sho‘rlanish. Quyi Qashqadaryo havzasi bo‘yicha 1951 va 2016 yillardagi kuzatuv ma‘lumotlarini solishtirish jiddiy o‘zgarishni ko‘rsatadi. 1951 yilda yer osti suvlari sathi asosan 5–10 m chuqurlikda bo‘lgan, 2016 yilga kelib esa 2,5–4,5 m gacha ko‘tarilgan; quruq qoldiq miqdori 127–1 910 mg/l dan 2 900–5 400 mg/l gacha oshgan [5] (4-jadval).

Quyi Qashqadaryo havzasida yer osti suvlari quruq qoldig'ining o'zgarishi, mg/l

Kuzatuv hududi	1951 y.	2016 y.
Gubalak	430	3 700
Isabay	127	4 000
Oqmachit	388	5 400

Yer osti suvlarining yuzaga yaqinlashishi va mineralizatsiyaning oshishi ikkilamchi sho'rlanish xavfini oshirgan asosiy melioratsiya omilidir; sug'orma yerlarning kengayishi, suv-tuz almashinuvi va drenaj sharoitlari ham ta'sir qilgan [5]. Sho'rlanishning respublika miqyosidagi ko'lami 5-jadvalda ko'rsatilgan: 4,28 mln ga sug'oriladigan yerning 46,7 foizi turli darajada sho'rlangan [13].

O'zbekiston sug'oriladigan yerlarining sho'rlanish darajasi (jami 4,28 mln ga)

Sho'rlanish darajasi	ECe, dS/m	Ulushi, %
Sho'rlanmagan	–	53,3
Kuchsiz sho'rlangan	2–4	30,9
O'rtacha sho'rlangan	4–8	13,3
Kuchli sho'rlangan	8–16	2,5

Sho'rlanishning iqtisodiy oqibati sezilarli: kuchli sho'rlangan tuproqlarda hosildorlik 80–85 foizga, o'rtacha sho'rlanganlarda 30–50 foizga, kuchsiz sho'rlanganlarda 10–15 foizga pasayadi [14]. Bu monitoring ma'lumotlarini kadastr bahosi (bonitet) bilan bog'lash zarurligini ko'rsatadi.

Mavjud tizimning kamchiliklari. Ma'lumotlar bo'linganligi. Yer kadastr, suv kadastr, melioratsiya va ekologik monitoring ma'lumotlari turli idoralarda, turli format va koordinata tizimlarida yuritiladi. Natijada bitta uchastka bo'yicha yagona axborot olish qiyin.

Muhofaza zonalarining kadastrda aks etmasligi. Muhofaza zonalar chegarasi raqamli kadastr qatlamida yo'q yoki natura holatida belgilanmagan bo'lishi mumkin; yer egasi cheklovdan rasman xabardor bo'lmasligi ehtimoli bor.

Monitoring tarmog'ining notekisligi. Kuzatuv asosan magistral ob'ektlarda amalga oshiriladi; kollektorlar, mahalliy manbalar va kichik suv omborlari atrofi yetarli qamrab olinmagan. Uzoq muddatli ma'lumotlar (masalan, 1951–2016) nuqtaviy kuzatuvlarga tayanadi va fazoviy interpolyatsiya qilinmagan [5].

Natijalarning boshqaruv qaroriga aylanmasligi. Monitoring hisobotlari statistik xarakterda bo'lib, aniq uchastkaga nisbatan ogohlantirish, cheklov yoki tekshiruvga bog'lanmagan.

Taklif etilayotgan integratsiyalashgan tizim. Tizim to'rt blokdan iborat:

1) **Ma'lumotlar bloki.** Yagona geoaxborot bazasida yer uchastkalari (kadastr), suv ob'ektlari va muhofaza zonalar, kuzatuv quduqlari, yer foydalanish turi, sho'rlanish va yer osti suvlari qatlamlari birlashtiriladi; yagona koordinata tizimi va atribut standarti belgilanadi.

2) **Tahlil bloki.** Har bir uchastka uchun R indeksi hisoblanadi; NDSI va NDVI sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan olinadi, yer osti suvlari sathi va mineralizatsiyasi kuzatuv quduqlari bo'yicha interpolyatsiya qilinadi.

3) **Qaror qabul qilish bloki.** Xavf toifasiga qarab choralar belgilanadi (1-jadval): o'g'it va pestitsidlarni cheklash, tomchilatib sug'orishga o'tish, drenajni tiklash, qo'shimcha monitoring.

4) **Nazorat va shaffoflik bloki.** Ochiq portal orqali muhofaza zonalar va cheklovlar yer egalari yetkaziladi, cheklovlar yer uchastkasi hujjatlariga qayd etiladi, tekshiruv natijalari bazaga kiritiladi.

Tizimni bosqichma-bosqich joriy etish rejasi va samaradorlik ko'rsatkichlari 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval.

Amalga oshirish bosqichlari va samaradorlik ko'rsatkichlari (taklif)

Bosqich	Muddat	Asosiy ishlar	Ko'rsatkich (KPI)
1. Tayyorgarlik	1-yil	Ma'lumotlar inventarizatsiyasi, standart va koordinata tizimini belgilash	Idoralararo almashinuv protokoli tasdiqlangan
2. Pilot	1–2-yil	Chimqo'rg'on suv ombori va Quyi Qashqadaryo sug'orma massivida sinov	Pilot hudud uchastkalarining 100 % i toifalangan
3. Kengaytirish	2–4-yil	Talimarjon suv ombori, yer osti suv olish inshootlari va butun havza	Muhofaza zonalarining kadastrda aks etgan ulushi
4. Doimiy ishlash	4-yildan	Yiliga 2 marta (bahor, kuz) sun'iy yo'ldosh monitoringi	Kritik toifadagi uchastkalar ulushining kamayishi

Tashkiliy-huquqiy tavsiyalar. Suv muhofaza zonalarini bosqichma-bosqich raqamlashtirib, davlat yer kadastr qatlamiga kiritish va cheklovlarni yer uchastkasi ma'lumotlariga yozib qo'yish.

– Melioratsiya kuzatuv quduqlari tarmog'ini kollektor-drenaj tizimlari va sanoat ob'ektlari yonida zichlashtirish, avtomatik datchiklar (sath, sho'rlik) o'rnatish.

– Idoralararo ma'lumot almashish tartibini (format, yangilanish muddati, mas'uliyat) me'yoriy hujjat bilan mustahkamlash.

– Fermerlar uchun suvni tejovchi texnologiyalarni qo'llashga rag'batlantirish mexanizmlarini joriy etish.

– Yer kadastr, gidrogeologiya va ekologiya mutaxassislarini GAT va masofaviy zondlash bo'yicha o'qitish.

Kutilayotgan samara. Tizim joriy etilganda: (1) suv manbalari atrofidagi har bir uchastka uchun aniq muhofaza rejimi shakllanadi; (2) sho'rlanish va ifloslanish xavfi erta aniqlanadi; (3) nazorat organlarining tekshiruvlari xavf toifasiga qarab maqsadli o'tkaziladi; (4) monitoring va kadastr ma'lumotlarining ikki karra kiritilishi kamayadi; (5) ichimlik va sug'orish suvi xavfsizligi oshadi. 6-jadvaldagi ko'rsatkichlar pilot natijalari asosida miqdoriy baholanadi.

Xulosa. Qashqadaryo havzasi (8 780 km²) ikki manbali suv ta'minotiga ega: mahalliy oqim (Chimqo'rg'on, Gissarak va boshqa suv omborlari) va Amudaryodan Talimarjon orqali keluvchi suv ($\approx 1,5$ km³ sig'im, 360 m³/s gacha chiqarish quvvati). Muhofaza tizimi ikkala manbani qamrab olishi kerak [3, 6, 7].

1) Quyi Qashqadaryo havzasida 1951–2016 yillarda yer osti suvlari sathi 5–10 m dan 2,5–4,5 m gacha ko'tarilgan, quruq qoldiq 127–1 910 mg/l dan 2 900–5 400 mg/l gacha oshgan; bu ikkilamchi sho'rlanish xavfini oshirgan [5].

2) Asosiy institutsional muammo yer kadastr, suv kadastr va monitoring ma'lumotlarining ajralganligi, muhofaza zonalarining kadastrda aks etmasligidir.

3) Taklif etilgan to'rt blokli GAT-asosli tizim va R xavf indeksi har bir uchastka uchun boshqaruv choralarini belgilash imkonini beradi. Tizimni avval pilot hududda sinash, so'ng butun havzaga tatbiq etish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. CAWater-Info. *Kashkadarya River basin: Water resources*. https://www.cawater-info.net/kashkadarya/water_e.htm

2. Wikipedia. *Kashkadarya River*. https://en.wikipedia.org/wiki/Kashkadarya_River

3. Conrad C., et al. *The Kashkadarya Province in the south of Uzbekistan (irrigation extent, Karshi Pumping Cascade, Talimardjan Reservoir)*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/The-Kashkadarya-Province-indicated-by-red-solid-line-in-the-south-of-Uzbekistan-Upper_fig1_236670445
4. FAO. *Transboundary River Basin Overview – Amu Darya*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8531eff7-f8d7-46ce-a644-168ea15ab5a5/content>
5. Norkulova F.N., Babajanov Y.T., Makhmudov U.X. Temporal dynamics of groundwater and soil salinization in irrigated lands of the lower Kashkadarya River Basin. *International Journal of Technology and Academic Research*, 2026, 6(9), 161–164. DOI: 10.5281/zenodo.22806123. <https://zenodo.org/records/22806123>
6. CAWater-Info. *Reservoirs in Uzbekistan* (Chimkurgan, Gissarak, Kamashi). http://www.cawater-info.net/bk/1-1-1-1-3-uz_e.htm
7. CAWater-Info. *Amudarya River Basin: Water management infrastructure*. https://www.cawater-info.net/amudarya-knowledge-base/infrastructure_e.htm
8. *Analysis of soil salinity monitoring in irrigated areas (NDSI, ArcGIS Pro)*. E3S Web of Conferences, 2024. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/120/e3sconf_gi2024_01007.pdf
9. World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, 4th ed. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950> (havolani tekshiring)
10. Global Water Partnership. *Integrated Water Resources Management*. <https://www.gwp.org>
11. Saaty T.L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
12. *Water reservoirs, irrigation and sedimentation in Central Asia: A first-cut assessment for Uzbekistan*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/235723614_Water_reservoirs_irrigation_and_sedimentation_in_Central_Asia_A_first-cut_assessment_for_Uzbekistan
13. *Soil degradation in Uzbekistan: a quantitative analysis* (FAO, 2023 ma'lumotlariga tayangan). <https://worldsciencepub.com/index.php/lmc/article/download/563/528/1044>
14. Tadjiev, et al. *A new technology for leaching saline soils*. IJARSET, 2022. <https://www.ijarset.com/upload/2022/november/10-tadjiev-08.PDF>
15. O'zbekiston Respublikasining «Suv va suvdan foydalanish to'g'risida»gi Qonuni; «Davlat yer kadastrini to'g'risida»gi Qonuni; «Tabiatni muhofaza qilish to'g'risida»gi Qonuni – amaldagi tahrirlari: <https://lex.uz>
16. Qodirov, I. ., & Rasulov, N. . (2025). GAT DASTURLARIDA SUVNI HIMOYA QILISH ZONALARINI MONITORING QILISH. *Sharqiy geografiya jurnali* , 5 (01), 1–6. <https://doi.org/10.37547/ojg/vol-05issue-01-01>
17. Bystrov.A.Yu and Mayorov.A.A Modern systems of geoinformation monitoring of water protection zones of rivers and reservoirs *News of Higher Ed. Institutions. Geodesy and Aerial Photography* 61(2) 80–6, 2017.
18. Nazarov X. *Ekologiya va suv huquqi: ma'muriy huquqbuzarlik va javobgarlik*, TIQXMMIMTU nashryoti, 2022-yil.
19. Boboqulov B.K., *Suv fondi obyektlari muhofaza zonalarini belgilashning huquqiy asoslari*. // O'zbekiston zamini Ilmiy – amaliy va innovatsion jurnal 2026-yil 1 – son, 105-109-b

YO'L-TRANSPORT HODISASINI OLDINI OLISHDA HAYDOVCHINING MAJBURIYATLARI

Yusupov Akbar Eshquvvatovich

Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti, Qarshi sh. O'zbekiston,
e-mail: akbar.yusupov@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada yo'l-transport hodisalarining oldini olishda haydovchining huquqiy, texnik, psixofiziologik va tashkiliy majburiyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashda "haydovchi–transport vositasi–yo'l–muhit" tizimining o'zaro bog'liqligi, ayniqsa, haydovchining qaror qabul qilishi, tezlikni to'g'ri tanlashi, masofa va oraliqni saqlashi, yo'l belgilariga rioya qilishi hamda xavfli vaziyatlarni oldindan baholashi muhim omil sifatida yoritilgan. Shuningdek, transport vositasining texnik sozligini tekshirish, yo'lga chiqishdan oldin xavfsizlik vositalarini nazorat qilish, yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlash, piyodalar va boshqa zaif yo'l harakati qatnashchilariga nisbatan ehtiyotkorlik bilan munosabatda bo'lish kabi majburiyatlarning yo'l transport hodisasi profilaktikasidagi ahamiyati ochib berilgan.

Kalit so'zlar: yo'l-transport hodisasi, haydovchi, yo'l harakati xavfsizligi, transport vositasi, xavfsiz tezlik, texnik sozlik, yo'l harakati qoidalari, piyoda, xavf, profilaktika.

Abstract. This article scientifically analyzes the legal, technical, psychophysiological and organizational responsibilities of drivers in preventing road traffic accidents. The study considers road safety as an integrated "driver–vehicle–road–environment" system and emphasizes the importance of the driver's ability to make timely decisions, select an appropriate speed, maintain a safe distance and lateral interval, comply with traffic signs and signals, and anticipate potentially dangerous situations. Particular attention is paid to the driver's responsibility for checking the technical condition of the vehicle before starting a journey, ensuring passenger safety, using safety equipment properly, and demonstrating increased caution toward pedestrians, children, elderly people, cyclists and other vulnerable road users. The article also examines the driver's responsibilities during acceleration, braking, maneuvering, overtaking and crossing intersections. From a preventive perspective, driver discipline, legal awareness, professional competence, attention, reaction speed and risk perception are considered essential components of safe driving behavior.

Keywords: road traffic accident, driver, road safety, vehicle, safe speed, technical condition, traffic regulations, pedestrian, risk, prevention.

Аннотация. В данной статье научно проанализированы правовые, технические, психофизиологические и организационные обязанности водителя в предупреждении дорожно-транспортных происшествий. В обеспечении безопасности дорожного движения рассмотрена взаимосвязь системы «водитель–транспортное средство–дорога–окружающая среда», при этом особое внимание уделено таким факторам, как принятие водителем решений, правильный выбор скорости движения, соблюдение безопасной дистанции и интервала, выполнение требований дорожных знаков, а также своевременная оценка потенциально опасных ситуаций. Кроме того, раскрыто значение таких обязанностей, как проверка технического состояния транспортного средства, контроль средств безопасности перед выездом на дорогу, обеспечение безопасности пассажиров, а также проявление повышенной осторожности по отношению к пешеходам и другим уязвимым участникам дорожного движения в профилактике дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, водитель, безопасность дорожного движения, транспортное средство, безопасная скорость, техническая исправность, правила дорожного движения, пешеход, опасность, профилактика.

Harakat xavfsizligini ta'minlashda inson yo'l harakatining asosiy ishtirokchisi: haydovchi, yo'lovchi, piyoda va harakatni tashkil qiluvchi sifatida qatnashadi. Bularning ichida haydovchi alohida

o‘rin egallaydi, shuning uchun harakatni tashkil qilishda uning psixologik, fiziologik va biologik imkoniyatlarini e‘tiborga olish zarur. Harakatlanish davomida haydovchiga har xil noxush omillar ta‘sir etadi: avtomobil saloniga kirayotgan chiqindi gazlar, transport shovqini, vibratsiya, qishning sovuq va yozning issiq havosi, yomg‘ir, qor, tuman, yo‘lning yomon sharoiti, avtomobilning har xil kamchiliklari, piyodalarning tartibsiz harakatlanishi, har xil qonunbuzarliklar huquqbuzarliklar va hokazolar.

Yo‘l-transport hodisalari zamonaviy transport tizimining eng muhim xavfsizlik muammolaridan biridir. Avtomobillashtirish darajasining oshishi, transport oqimlarining zichlashuvi, shaharlar hududining kengayishi va harakat tezligining ortishi natijasida yo‘l harakati jarayonida yuzaga keladigan xavfli vaziyatlarni o‘z vaqtida aniqlash va ularga to‘g‘ri javob berish masalasi yanada muhimlashmoqda. Yo‘l harakati xavfsizligi faqat avtomobilning texnik holati yoki yo‘l infratuzilmasiga bog‘liq bo‘lmay, inson omili bilan ham chambarchas bog‘liqdir.

Yo‘l harakati xavfsizligi — yo‘l harakati ishtirokchilarining yo‘l-transport hodisalari va ularning oqibatlaridan himoyalanganlik darajasini ifodalovchi tizimli tushunchadir. Ushbu tizimda haydovchi faol boshqaruvchi subyekt hisoblanadi. U transport vositasining harakat yo‘nalishini, tezligini va manyovrlarini belgilaydi hamda mavjud yo‘l sharoitiga mos ravishda boshqaruv qarorlarini qabul qiladi.

Haydovchining xavfsizlikka ta‘sirini uch bosqichda ko‘rish mumkin: xavfni oldindan aniqlash, xavfni baholash va xavfni bartaraf etish. Masalan, haydovchi piyodalar o‘tish joyiga yaqinlashayotganida faqat yo‘l belgisi mavjudligini ko‘rish bilan cheklanmasligi, balki piyodalarning harakatini ham kuzatishi kerak. Xuddi shuningdek, chorrahaga yaqinlashganda svetofor holati, boshqa transport vositalarining tezligi va yo‘nalishi, yo‘l qoplamasi hamda ko‘rinish masofasini hisobga olish zarur.

Yo‘l-transport hodisalarining oldini olishda transport vositasining texnik holati alohida ahamiyatga ega. Tormoz tizimi, rul boshqaruvi, shinalar, tashqi yoritish asboblari, oynalar, xavfsizlik kamarlari va boshqa konstruktiv elementlarning sozligi harakat xavfsizligiga bevosita ta‘sir qiladi.

Amaldagi Yo‘l harakati qoidalarining 11-bandida haydovchi yo‘lga chiqishdan oldin transport vositasining texnik sozligi, tozaligi va to‘liq jihozlanganligini tekshirishi hamda harakat vaqtida uning texnik sozligini ta‘minlashi belgilangan.

Ushbu talabning ilmiy mohiyati shundaki, transport vositasining texnik nosozligi haydovchining boshqaruv imkoniyatlarini kamaytiradi. Masalan, tormoz tizimining samaradorligi pasaysa, transport vositasining to‘xtash yo‘li ortadi. Soddalashtirilgan holda tormozlanish masofasi tezlikning kvadratiga bog‘liq.

$$S_m \approx v^2 / (2\phi g)$$

bu yerda:

S_m — tormozlanish masofasi;

v — transport vositasining boshlang‘ich tezligi;

ϕ — shina va yo‘l orasidagi ilashish koeffitsiyenti;

g — erkin tushish tezlanishi.

Formuladan ko‘rinadiki, tezlik oshishi bilan tormozlanish masofasi sezilarli ravishda ortadi. Yo‘l qoplamasining sirpanchiligi esa ϕ koeffitsiyentini kamaytirib, to‘xtash masofasining uzayishiga sabab bo‘ladi.

Inson omili yo‘l harakati xavfsizligining eng murakkab elementlaridan biridir. Haydovchining diqqat darajasi, reaksiya tezligi, ko‘rish qobiliyati, charchoq holati, emotsional barqarorligi va axborotni qayta ishlash tezligi transport vositasini boshqarish sifatiga ta‘sir qiladi.

Haydovchining reaksiya vaqti oshgan sari xavfni aniqlash bilan tormozlashni boshlash o‘rtasidagi masofa ham ortadi. Reaksiya masofasi quyidagi formula bilan ifodalanishi mumkin:

$$S_r = v \cdot t_r$$

bu yerda:

S_r — haydovchining reaksiya vaqtida bosib o‘tgan masofasi;

v — transport vositasi tezligi;

t_r — haydovchining reaksiya vaqti.

Masalan, transport vositasi 20 m/s tezlikda harakat qilsa va haydovchining reaksiya vaqti 1 soniya bo'lsa, tormoz tizimi ishga tushishidan oldin avtomobil taxminan 20 metr masofani bosib o'tadi. Agar reaksiya vaqti 1,5 soniyaga oshsa, ushbu masofa 30 metrga yetadi.

Yo'l transport hodisasining oldini olishning eng samarali usuli xavfli vaziyatni hodisa sodir bo'lishidan oldin aniqlashdir. Biroq ayrim vaziyatlarda hodisa sodir bo'lishi mumkin. Bunday holatda haydovchining keyingi harakatlari jarohatlar og'irligini va qo'shimcha xavflarni kamaytirishga qaratilishi kerak.

Amaldagi qoidalarga ko'ra, yo'l transport hodisasi sodir bo'lganda unga daxldor haydovchilar transport vositasini darhol to'xtatishi, avariya ishoralarini yoqishi, avariya sababli to'xtash belgisini o'rnatishi va hodisaga daxldor transport vositasi hamda buyumlarni joyidan qo'zg'atmasligi kerak. Jarohatlanganlarga birinchi yordam ko'rsatish choralari ko'rish, tez tibbiy yordam va favqulodda qutqaruv xizmatlarini chaqirish ham nazarda tutilgan.

Xulosa. Yo'l-transport hodisalarining oldini olishda haydovchining majburiyatlari kompleks xarakterga ega bo'lib, ular transport vositasini boshqarishning barcha bosqichlarini qamrab oladi. Haydovchi yo'lga chiqishdan oldin transport vositasining texnik sozligini tekshirishi, harakat vaqtida uning holatini nazorat qilishi, yo'l va ob-havo sharoitiga mos tezlikni tanlashi, xavfsiz masofani saqlashi va yo'l harakati qoidalariga qat'iy rioya qilishi zarur.

Umuman olganda, yo'l-transport hodisasining oldini olish "haydovchi-transport vositasi-yo'l-muhit" tizimining o'zaro uyg'un ishlashiga bog'liq. Ushbu tizimda haydovchi faol boshqaruvchi subyekt sifatida xavfni aniqlash, baholash va bartaraf etish jarayonining markazida turadi. Shuning uchun haydovchilarni tayyorlash va qayta tayyorlashda nafaqat yo'l harakati qoidalarini yod oldirish, balki xavfni prognozlash, favqulodda vaziyatlarda to'g'ri qaror qabul qilish, xavfsiz boshqaruv madaniyatini shakllantirish va amaliy mashg'ulotlarni kuchaytirish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Azizov K. X. Harakat xavfsizligini tashkil etish asoslari. Toshkent: Yozuvchi, 2002. - 182 b
2. Prezident Shavkat Mirziyoyevning O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi qabul qilinganining 35 yilligiga bag'ishlangan tantanali marosimdagi ma'ruzasi.
3. А.Бони. Мастерство управления автомобилем. М. Транспорт, 1992

AVTOMOBILDA YUK TASHISHDA TRANSPORT VOSITASINI TANLASH

Yusupov Akbar Eshquvvatovich

Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston,

E-mail: akbar.yusupov@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada yuk tashish jarayonida avtomobil transporti vositalarini tanlashda samaradorlikka ta'sir etuvchi omillar, texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar hamda transport jarayonini optimallashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, yuk turi, masofa, yo'l sharoiti va ekspluatatsion xarajatlarni inobatga olgan holda eng maqbul transport vositasini tanlash usullari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: Avtomobil transporti, yuk tashish marshruti, tannarx, ish unumi, transport vositasi tahloli.

Аннотация. В данной статье рассмотрены факторы, влияющие на эффективность выбора автотранспортных средств в процессе грузоперевозок, технико-экономические показатели, а также вопросы оптимизации транспортного процесса. Кроме того, проанализированы методы выбора наиболее рационального транспортного средства с учётом вида груза, расстояния перевозки, дорожных условий и эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, маршрут грузоперевозки, себестоимость, производительность труда, выбор транспортного средства.

Abstract. This article examines the factors affecting the efficiency of selecting road transport vehicles in the freight transportation process, techno-economic indicators, as well as issues of optimizing the transport process. In addition, methods for selecting the most appropriate transport vehicle are analyzed, taking into account the type of cargo, transportation distance, road conditions, and operating costs.

Keywords: road transport, freight transportation route, cost price, labor productivity, vehicle selection.

Hozirgi kunda transport-logistika tizimi mamlakat iqtisodiyotining ajralmas qismi bo'lib, yuk tashish jarayonining samaradorligi ishlab chiqarish va iste'mol o'rtasidagi bog'liqlikni ta'minlaydi. Avtomobil transporti yuk tashish sohasida yetakchi o'rin tutadi, chunki u moslashuvchanlik, tezlik va qulaylik jihatidan boshqa transport turlaridan ustun hisoblanadi. Ammo, yuk tashishning iqtisodiy samaradorligi ko'p jihatdan to'g'ri transport vositasini tanlashga bog'liq. Shu bois, transport vositasini tanlashda yukning turi, og'irligi, hajmi, masofa, yo'l holati, yonilg'i sarfi va ekspluatatsion xarajatlar hisobga olinishi zarur.

Hozirgi vaqtda texnika va texnologiyalarni rivojlanib borishi hamda harakat xavfsizligiga bo'lgan talabni oshib borishi zamon talabiga javob beradigan transport vositalarini ishlab chiqarishni taqozo itmoqda. Shuni inobatga olgan holda bugungi kunda barcha avtomobil ishlab chiqaruvchi davlatlar bir narsaga kam xarajatli harakat xavfsizligini taminlovchi transport vositalarini ishlab chiqarishga etiborni qaratmoqda. Shu bilan birga yuk ko'tarish qobiliyati yuqori va zamon talablariga javob beradigan kam yonilg'i sarflaydigan avtomobil transporti vositalariga talab yuqoriligi sizilmoqda[1].

Yuksak darajada taraqqiy etgan hozirgi zamon transportisiz rivojlangan jamiyat asosini yaratib bo'lmaydi. Chunki transport har qanday mamlakat ishlab chiqaruvchi kuchlarining muhim tarkibiy qismidir. Transport insonlar mehnatini engillshtirib beruvchi vositadir.

Transport yaxshi ishlashini belgilovchi muhim omillaridan biri, uniig yuk tashish muntazamligidir. Zarur mahsulot, xom ashyo, ehtiyot, qismlar, yonilg'ilar o'z vaqtida va muntazam tashilgandagina ularning omborlardagi zahiralar eng kam miqdorda bo'lishi va ishlab chiqarishni beto'xtov tashkil etishlik imkoni bo'ladi. Avtomobil transporti saroyidagi avtomobillar ayni iqtisodiy hudud talablariga to'laroq moslangan bo'lishlari zarur. Hajmi ko'p va maxsuslashtirilgan yuklarni tashish uchun mo'ljallanilgan avtomobillarni tanlashga alohida ahamiyat berilishi lozim. Transport vositalarini tanlashda ularni yuqori samara bilan ishlashlari uchun zarur texnik ekspluatatsion va iqtisodiy tomonlarini nazarga olish lozim. Ayniqsa yuklarni tashishda ular miqdori va sifatlarini kamaytirmasdan, tashish tannarxi iloji boricha arzon bo'lishiga e'tiborni kuchaytirish lozim.

Avtomobil transporti vositasini tanlashda undan eng samarali foydalanishni nazarda tutish hamda quyidagilarni hisobga olish lozim:

- tanlanayotgan yuk avtomobilining tashiluvchi yuk turi va uning upakovkasi (o'rab joylashtirilganligi) mosligini;

- yuk oqimi yoki yuk partiyasi miqdori (hajmi), xarakteri, tarkibi va tashish masofasini;

- har xil, ayniqsa alohida sharoitni talab etuvchi yuklarni tashishda avtomobillarni ishlatish yo'l va iqlim sharoitlarini;

- ortish va tushirish operatsiyalari bajarish usularini. Mexanizat-siyalashtirilgan usullarni qo'llashda avtomobillarning yuk ko'tarish qobiliyatini ortish va tushirish vositalari turi va quvvatiga mosligini;

- yuk oboroti tarkibini hisobga olgan holda ayni tashishning kelajakdagi rivojlanishini;

- yuklarni tashib berish muddatiga ko'ra bajarilishini;

- amalda bor aniq sharoitlarda transport vositasining unumdor-ligini;

- har xil turdagi transport vositalarining qo'llanishdagi tashish tannarxini [2].

Avtomobil transportida yuk tashishda albatta yo'llarda harakatlanganda harakat xavfsizligiga etibor qaratilishi lozim. Harakat xavfsizligini ta'minlash yuk tashishda asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Avtoobil transporti qisqa masofalarga yuk etkazib berishda eng samarali transport vositalaridan beri hisoblanadi. Shuning uchun avtomobil transporti vositasida yuk tashishda marshrutlarni aniqlash va yuklarni turiga qarab transport vositasini tanlash zarurdir[3].

Yuk tashishda avtomobil transportini tanlashda uchtdan kam bo'lmagan avtomobillar (avtopoyezdlar) tanlovini ko'rib chiqamiz.

Transport-logistika kompaniyasi "LogiTrans" korxonasi Toshkent–Buxoro yo'nalishida 100 tonna qurilish materiallarini tashimoqchi. Kompaniya tasarrufida uch xil avtomobil mavjud.

Yo'nalish masofasi: 600 km. Yoqilg'i narxi: 11 000 so'm/litr

Transport turi	Yuk ko'tarish sig'imi (t)	Yoqilg'i sarfi (litr/100 km)	Avtomobil tezligi (km/soat)	Narxi (so'm/km)	Avtomobil narxi (mln so'm)
1. Isuzu NPR (kichik tonnajli)	5 t	20 l	70 km/soat	6 000	450
2. MAN TGS (o'rta tonnajli)	15 t	30 l	75 km/soat	9 000	800
3. Volvo FH (yirik tonnajli)	25 t	40 l	80 km/soat	11 000	1 100

Yukni tashish uchun kerakli reyslar sonini aniqlaymiz. Reyslar sonini qo'yidagi formula orqali hisoblaymiz.

$$N = \frac{Q}{q}$$

N-reyslar soni, Q-yuk hajmi, q-avtomobilning sig'imi

Transport turi	Yuk sig'imi (t)	Yuk hajmi (t)	Kerakli reyslar soni
Isuzu NPR	5	100	20 reys
MAN TGS	15	100	7 reys
Volvo FH	25	100	4 reys

Yoqilg'i xarajatini hisoblaymiz. Yoqilg'i xarajatlarini qo'yidagi formula orqali hisoblaymiz.

$$X_{\text{har}} = (L * \frac{E_{\text{sarf}}}{100}) * N_{\text{nax}}$$

Transport turi	Sarf (l/100 km)	Masofa (km)	1 reys yoqilg'i (l)	1 reys yoqilg'i narxi (so'm)
Isuzu NPR	20	600	120	1 320 000
MAN TGS	30	600	180	1 980 000
Volvo FH	40	600	240	2 640 000

Har bir transport uchun umumiy xarajatni qo'yidagi formula orqali hisoblaymiz.

$$X_{1 \text{ reys uchun}} = (L * N_{\text{har}}/\text{km}) + X_{\text{har}}$$

Transport turi	Masofa (km)	Narx/km	Yoqilg'i xarajati	1 reys xarajati (so'm)	Reyslar soni	Umumiy xarajat (so'm)
Isuzu NPR	600	6 000	1 320 000	4 920 000	20	98 400 000
MAN TGS	600	9 000	1 980 000	7 380 000	7	51 660 000
Volvo FH	600	11 000	2 640 000	9 240 000	4	36 960 000

Tahlil va solishtirish.

Transport turi	Umumiy xarajat (so'm)	Yuk tashish muddati (soat)	Bir tonnaga to'g'ri keladigan xarajat (so'm/t)
Isuzu NPR	98 400 000	600/70 = 8,6 soat	984 000
MAN TGS	51 660 000	600/75 = 8 soat	516 600
Volvo FH	36 960 000	600/80 = 7,5 soat	369 600

Tahlil natijasiga ko'ra Volvo FH avtomobili eng samarali hisoblanadi, chunki:

1. Eng kam umumiy tashish xarajati (36,96 mln so'm);
2. Eng qisqa tashish vaqti (7,5 soat);
3. Eng past 1 tonna yuk uchun xarajat (369 600 so'm/t).

Shu bois, 100 tonna qurilish materiallarini Toshkent–Buxoro yo'nalishida tashishda Volvo FH transport vositasini tanlash eng iqtisodiy va samarali yechimdir.

Xulosa. Avtomobil transportida yuk tashishda yuk tashish xududini va yuk hajmini o'rgangan holda avtomobil transporti vositalarini tanlovini o'rganib chiqqan maqsadga muvofiqligini yuqoridagi misolda aniq isbotini topgan. Bunda avtomobilning eng kam umumiy tashish xarajati, eng qisqa tashish vaqti va eng past 1 tonna yuk uchun xarajat bo'yicha Volvo FH avtomobilning samaradorligi yuqori bo'lar ekan. Shu sababli ko'rinib to'ribdiki yuklarni turiga qarab avtomobil transportida yuk tashishda transport vositalarini tanlavini qilish va eng samarali transport vositasida yuklarni tashish maqsadga muvofiq bo'lar ekan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. B.A. Xo'jayev «Avtomobillarda yuk va passajirlar tashish asoslari». T.: «O'zbekiston», 2002
2. O'N. Abduraxmonov, O.Ch. Kuziyev, A.E. Yusupov - Avtomobillarda tashishni tashkil etish, Q: "INTELEKT", 2022y.
3. Q.X. Azizov «Harakat xavfsizligini tashkil etish asoslari» T, Yozuvchi -2009 y, 246

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСКОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ГЕНЕРАТОРА В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УЗБЕКИСТАНА

Киямов Асрор Зиядуллаевич¹, Баймаханов Кенжемирза²

¹доцент, Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Республика Узбекистан, e-mail: asror.kiyamov@mail.ru,

²доцент, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени Мухтара Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются экономические предпосылки разработки, локализации и возможного промышленного применения дискового электромагнитного генератора с перфорированным алюминиевым ротором в автомобильной промышленности Республики Узбекистан. В основу исследования положена конструкция генератора с алюминиевым диском толщиной 6 мм, четырьмя сквозными отверстиями и четырьмя сплошными секторами, взаимодействующими с неподвижными магнитно-катушечными модулями, расположенными с обеих сторон ротора. Перспективная конструкция предусматривает восемь пар магнитно-катушечных модулей. Показано, что экономическая перспективность разработки определяется прежде всего достижением требуемой электрической мощности и КПД при приемлемом тормозном моменте, а также возможностью локального производства алюминиевого ротора, корпуса, вала, опорных элементов, крепежа и части катушечных узлов.

Ключевые слова: автомобильная промышленность, дисковый генератор, электромагнитный генератор, алюминиевый ротор, локализация, электромобиль, гибридный автомобиль, себестоимость, экономическая эффективность, импортозамещение, автомобильные компоненты.

Annotatsiya. Maqolada O'zbekiston Respublikasi avtomobil sanoatida perforatsiyalangan alyuminiy rotorli diskli elektromagnit generatorni ishlab chiqish, mahalliyashtirish va undan sanoat miqyosida foydalanishning iqtisodiy shart-sharoitlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot asosini qalinligi 6 mm bo'lgan alyuminiy disk, to'rtta o'tuvchi teshik va to'rtta yaxlit sektordan tashkil topgan hamda rotorning har ikki tomonida joylashgan qo'zg'almas magnit-g'altak modullari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi generator konstruksiyasi tashkil etadi. Istiqbolli konstruksiyada sakkiz juft magnit-g'altak modullaridan foydalanish nazarda tutilgan. Ishlanmaning iqtisodiy istiqbolliligi, eng avvalo, maqbul tormozlovchi moment sharoitida talab etiladigan elektr quvvati va foydali ish koeffitsiyentiga erishish, shuningdek, alyuminiy rotor, korpus, val, tayanch elementlari, mahkamlash detallari hamda g'altak uzellarining bir qismini mahalliy ishlab chiqarish imkoniyatlari bilan belgilanishi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: avtomobil sanoati, diskli generator, elektromagnit generator, alyuminiy rotor, mahalliyashtirish, elektromobil, gibrid avtomobil, tannarx, iqtisodiy samaradorlik, import o'rnini bosish, avtomobil komponentlari.

Abstract. The article examines the economic prerequisites for the development, localization, and potential industrial application of a disc-type electromagnetic generator with a perforated aluminum rotor in the automotive industry of the Republic of Uzbekistan. The study is based on a generator design incorporating a 6 mm thick aluminum disc with four through-holes and four solid sectors interacting with stationary magnet-coil modules arranged on both sides of the rotor. The prospective design provides for the use of eight pairs of magnet-coil modules.

It is shown that the economic viability of the proposed development is primarily determined by achieving the required electrical power and efficiency at an acceptable braking torque, as well as by the possibility of local manufacturing of the aluminum rotor, housing, shaft, support elements, fastening components, and part of the coil assemblies.

Keywords: automotive industry, disc generator, electromagnetic generator, aluminum rotor, localization, electric vehicle, hybrid vehicle, production cost, economic efficiency, import substitution, automotive components.

Введение. Автомобильная промышленность Республики Узбекистан находится на этапе структурного расширения, характеризующегося увеличением объёмов производства, появлением новых производителей, освоением электрических и гибридных транспортных средств и последовательным углублением локализации комплектующих. По данным Национального комитета по статистике Республики Узбекистан, производство легковых автомобилей увеличилось со 190,5 тыс. единиц в 2015 году до 457,9 тыс. единиц в 2025 году. Таким образом, за десятилетний период выпуск увеличился примерно в 2,4 раза.

Одновременно расширяется технологическая структура отрасли. В стране функционируют предприятия, сотрудничающие с Chevrolet, BYD, KIA, Hyundai и другими производителями. Развитие электрического транспорта формирует дополнительный спрос на электротехнические компоненты, системы преобразования энергии, вспомогательные электроприводы, системы рекуперации и элементы управления энергопотоками.

Методы. В этих условиях перспективным направлением отечественных научно-конструкторских исследований является создание собственных электромеханических компонентов, которые после экспериментального подтверждения характеристик могут быть локализованы на предприятиях Республики Узбекистан. Одной из таких разработок является дисковый электромагнитный генератор с перфорированным алюминиевым ротором и неподвижной магнитно-катушечной системой.

Цель настоящего исследования — разработать методические основы экономической оценки перспектив производства и применения предлагаемого генератора в автомобильной промышленности Узбекистана с учётом локализации компонентов, масштабов производства, капитальных затрат и возможного снижения зависимости от импортных электромеханических узлов.

Результаты и обсуждение. Предлагаемый генератор имеет ряд конструктивных особенностей, непосредственно влияющих на потенциальную себестоимость его производства. Ротор представляет собой алюминиевый диск толщиной 6 мм. На его рабочей кольцевой поверхности расположены четыре отверстия, чередующиеся с четырьмя сплошными секторами. На вращающемся диске отсутствуют постоянные магниты, электрические обмотки и токосъёмные элементы.

Постоянные магниты и катушки располагаются неподвижно с обеих сторон ротора. Перспективная конструкция предусматривает восемь пар магнитно-катушечных модулей.

С экономической точки зрения это позволяет разделить конструкцию на три технологические группы:

1. относительно простые локализуемые механические детали;
2. электротехнические компоненты, производство которых может быть локализовано постепенно;
3. высокотехнологичные магнитные и электронные компоненты, которые на начальной стадии могут частично импортироваться.

Таблица.1

Предварительная оценка возможности локализации компонентов генератора

Компонент	Основной материал/технология	Потенциал локализации
Перфорированный ротор	алюминиевый сплав, механическая обработка	90–100 %
Вал	конструкционная сталь	90–100 %
Корпус	алюминиевый сплав/сталь	90–100 %
Держатели катушек	металл/полимер	90–100 %
Крепёжные элементы	сталь	90–100 %
Подшипниковые опоры	стандартные изделия	60–90 %
Медная обмотка катушек	электротехническая медь	70–100 %
Сердечники	электротехническая сталь	60–90 %
Постоянные магниты	NdFeB или аналог	10–40 %
Выпрямитель и силовая электроника	электронные компоненты	30–70 %
Датчики и система управления	электронные компоненты	30–70 %

Следовательно, наиболее импортозависимыми элементами на первоначальном этапе могут оставаться высокоэнергетические постоянные магниты, специализированная силовая электроника и отдельные электронные компоненты.

В 2025 году в Узбекистане было произведено около 457,9 тыс. легковых автомобилей. Даже ограниченное внедрение нового локализованного электромеханического компонента в часть выпускаемых транспортных средств потенциально формирует значительный внутренний рынок. Для экономической оценки рассмотрим три сценария возможного освоения генератора после завершения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и сертификационных работ.

Таблица.2

Сценарии потенциального объёма производства

Сценарий	Годовой выпуск модулей, шт.	Характер производства
I	1 000	опытно-промышленное
II	10 000	малосерийное
III	50 000	серийное
IV	100 000	крупносерийное

Даже выпуск 50 тыс. генераторных модулей соответствует примерно 10,9 % от объёма производства легковых автомобилей Узбекистана 2025 года. Это не означает, что устройство

может быть установлено на 10,9 % автомобилей без дополнительных исследований. Показатель характеризует только потенциальный масштаб рынка в случае успешного завершения испытаний и адаптации конструкции.

Полную производственную себестоимость одного генератора предлагается определять выражением:

$$C_{г} = C_{м} + C_{э} + C_{зп} + C_{а} + C_{эн} + C_{н},$$

где:

$C_{г}$ — себестоимость генератора;

$C_{м}$ — стоимость материалов;

$C_{э}$ — стоимость электротехнических и электронных компонентов;

$C_{зп}$ — производственная заработная плата;

$C_{а}$ — амортизационные расходы;

$C_{эн}$ — затраты на электроэнергию;

$C_{н}$ — накладные производственные расходы.

Для предварительного сценарного расчёта принимается следующая условная структура себестоимости серийного изделия.

Таблица.3

Расчётная структура производственной себестоимости

Статья затрат	Доля, %
Постоянные магниты	24
Медные катушки	20
Алюминиевый ротор	10
Корпус, вал и механические детали	12
Электроника и выпрямитель	12
Подшипники и крепёж	5
Сборка и заработная плата	7
Энергия и амортизация	4
Контроль качества	2
Накладные расходы	4
Всего	100

Из таблицы видно, что магнитно-катушечная система формирует наиболее значительную часть себестоимости. Поэтому одним из ключевых направлений дальнейшей оптимизации должна стать не только электромагнитная эффективность, но и снижение материалоемкости магнитов и меди на единицу выходной мощности.

Уровень локализации предлагаемого изделия можно оценить:

$$Кл = \frac{Слок}{Собщ} \times 100 \%,$$

где: Слок — стоимость компонентов и технологических операций, выполненных в Узбекистане; Собщ — полная стоимость компонентов и операций. Рассмотрим три этапа.

Таблица.4

Сценарий углубления локализации

Этап	Уровень локализации, %	Характеристика
Опытный образец	35	значительная доля импортных магнитов, электроники и комплектующих
Малосерийное производство	55	локализация ротора, корпуса, вала, катушек и сборки
Серийное производство	70	расширение местной кооперации
Перспективный этап	80	глубокая локализация электротехнических компонентов

Рост локализации с 35 до 70–80 % может обеспечить не только снижение валютной составляющей себестоимости, но и формирование внутренней производственной кооперации. Одним из основных преимуществ перехода от экспериментального образца к серии является распределение постоянных расходов на большее число изделий.

Среднюю себестоимость можно представить в виде:

$$C_{\text{ср}} = C_{\text{пер}} + C_{\text{пост}} / Q,$$

где:

$C_{\text{пер}}$ — переменные затраты на одно изделие;

$C_{\text{пост}}$ — годовые постоянные затраты;

Q — годовой объём производства.

Для демонстрации экономического эффекта масштаба принимаются условные расчётные значения. Они не являются фактической ценой будущего генератора и должны быть уточнены после изготовления опытного образца.

Таблица.5

Сценарная оценка себестоимости

Годовой выпуск, шт.	Расчётная себестоимость одного модуля, долл. США	Снижение относительно опытного производства
1 000	240	—
10 000	175	27,1 %
50 000	145	39,6 %
100 000	132	45,0 %

Полученная зависимость показывает экономическое значение серийности. При переходе от 1 тыс. к 100 тыс. изделий расчётная себестоимость может уменьшиться приблизительно на 45 % при условии достижения запланированного уровня локализации и стабильности технологического процесса.

Экономический эффект локализации может быть определён по выражению:

$$Э_{\text{им}} = Q \times (C_{\text{им}} - C_{\text{лок}}),$$

где:

$Э_{\text{им}}$ — годовой эффект импортозамещения;

Q — количество изделий;

$C_{\text{им}}$ — стоимость импортного функционального аналога;

$C_{\text{лок}}$ — себестоимость локализованного изделия.

Например, исключительно для сценарной оценки примем стоимость условного импортного электромеханического модуля 190 долл. США и локализованного серийного изделия 145 долл. США. Тогда экономия на одном изделии составит: $190 - 145 = 45$ долл. США.

Таблица.6

Сценарный эффект импортозамещения

Объём выпуска, шт./год	Экономия на изделии, долл.	Годовой эффект, млн долл.
10 000	45	0,45
25 000	45	1,125
50 000	45	2,25
100 000	45	4,50

Таким образом, при выпуске 50 тыс. изделий условное сокращение затрат на импорт функционально сопоставимых компонентов может составить порядка 2,25 млн долл. США ежегодно. Данный расчёт является сценарным и приобретает практическое значение только после определения реального функционального аналога предлагаемого генератора.

Для организации серийного производства потребуются затраты на:

- разработку и испытание опытных образцов;
- электромагнитное моделирование;
- изготовление технологической оснастки;
- станочное оборудование;
- оборудование для намотки катушек;
- сборочные стенды;
- балансировку роторов;
- испытательные установки;
- оборудование контроля качества;
- сертификацию;
- разработку силовой электроники.

Предположим, что организация малой серийной линии потребует условно 2,0 млн долл.

США первоначальных инвестиций.

При годовом экономическом результате 0,8 млн долл. срок простой окупаемости составит:

$$\text{Ток} = 2,0 / 0,8 = 2,5 \text{ года.}$$

При результате 1,2 млн долл.:

$$\text{Ток} = 2,0 / 1,2 = 1,67 \text{ года.}$$

Таблица.7

Чувствительность срока окупаемости

Годовой экономический результат, млн долл.	Инвестиции, млн долл.	Срок окупаемости, лет
0,40	2,0	5,00
0,60	2,0	3,33
0,80	2,0	2,50
1,00	2,0	2,00
1,20	2,0	1,67
1,50	2,0	1,33

Эти значения предназначены для определения порогов экономической эффективности, а не для утверждения фактической окупаемости проекта.

Предлагаемый генератор целесообразно исследовать не как замену штатного автомобильного генератора на текущем этапе, а как потенциальный специализированный электромеханический модуль. Перспективными объектами исследования являются:

- вспомогательные генераторные установки;
- гибридные силовые установки;
- электромеханические системы рекуперации;
- трансмиссионные узлы;
- колёсные электромеханические системы;
- стендовые источники электрической энергии;
- автономные приводы;
- системы питания датчиков и вспомогательного оборудования;
- специализированная автомобильная и транспортная техника.

Наиболее перспективным является модульный принцип, при котором число магнитно-катушечных элементов изменяется в зависимости от требуемой мощности.

Развитие производства электромобилей в Узбекистане существенно повышает актуальность отечественных исследований в области электрических машин. Проект BYD Uzbekistan Factory предусматривает поэтапное расширение производственной мощности: первоначально 50 тыс. автомобилей в год, на последующем этапе — до 200 тыс., а в перспективе — до 500 тыс. автомобилей ежегодно. Одновременно государственная промышленная политика предусматривает локализацию автомобильных компонентов. Это означает, что экономическая ценность предлагаемой разработки определяется не только возможностью изготовления одного

конкретного генератора, но и созданием компетенций в области проектирования электрических машин, изготовления катушек, расчёта магнитных систем, силовой электроники, мехатроники, испытания электрических машин, электромагнитной совместимости, автомобильной электроники. Именно технологическая компетенция может стать более значимым результатом НИОКР, чем первоначальная коммерческая стоимость первого поколения устройства.

Локализация генератора может быть построена по кластерному принципу.

Таблица.8

Возможная производственная кооперация

Производственный процесс	Возможный исполнитель
Алюминиевый ротор	металлообрабатывающие предприятия
Вал	предприятия машиностроения
Корпус	литейные и механические производства
Намотка катушек	электротехнические предприятия
Держатели	предприятия металлообработки и полимерных изделий
Электроника	предприятия электротехнической промышленности
Финальная сборка	предприятие автокомпонентов
Балансировка	специализированный участок
Электрические испытания	испытательная лаборатория
Автомобильная адаптация	НИОКР-подразделение автомобильного предприятия

Такая модель позволяет распределить добавленную стоимость между несколькими предприятиями и способствует формированию специализированной цепочки поставщиков.

Для принятия решения о промышленном освоении недостаточно подтвердить наличие напряжения на выходе катушек.

Необходимо экспериментально определить следующие показатели:

1. напряжение холостого хода;
2. ток под нагрузкой;
3. максимальную полезную электрическую мощность;
4. механическую мощность на валу;
5. КПД;
6. дополнительный тормозной момент;
7. температуру диска, катушек и магнитов;
8. удельную мощность, Вт/кг;
9. стабильность работы при различных частотах вращения;
10. ресурс;
11. вибрационную устойчивость;
12. электромагнитную совместимость.

Таблица.9

Система принятия инвестиционного решения

Этап	Основной результат	Экономическое решение
I	подтверждение ЭДС	продолжение исследований
II	подтверждение полезного тока	изготовление улучшенного прототипа
III	определение мощности и КПД	предварительный ТЭО
IV	испытание 8 пар модулей	оценка удельной мощности
V	ресурсные испытания	оценка промышленной применимости
VI	автомобильный стенд	расчёт экономического эффекта
VII	опытная партия	окончательное ТЭО
VIII	сертификация	решение о серийном производстве

Таким образом исключается риск преждевременного инвестирования в конструкцию, электрические характеристики которой ещё не подтверждены.

Экономическая значимость разработки может рассматриваться на трёх уровнях. На уровне отдельного изделия — это потенциальное снижение материалоёмкости вращающейся части, возможность ремонта неподвижных электрических компонентов и локализация механических деталей. На уровне предприятия — создание нового вида автомобильного электромеханического компонента и загрузка производственных мощностей отечественных предприятий. На отраслевом уровне — развитие собственной научно-конструкторской школы электрических машин, автомобильной мехатроники и силовой электроники.

Особенно важным является третий уровень. Современный автомобиль постепенно превращается из преимущественно механической системы в сложный электротехнический и программно-управляемый комплекс. Поэтому конкурентоспособность автомобильной промышленности всё в большей степени зависит от способности страны самостоятельно проектировать электродвигатели, генераторы, преобразователи, электронные блоки и системы управления. Разработка отечественных экспериментальных электрических машин способствует формированию именно такой компетенции.

Выводы. Выполненный анализ показывает, что дисковый электромагнитный генератор с перфорированным алюминиевым ротором представляет интерес для автомобильной промышленности Узбекистана прежде всего как объект отечественных НИОКР и потенциально локализуемый электромеханический компонент. Конструктивным преимуществом с производственно-экономической точки зрения является отсутствие на вращающемся алюминиевом диске постоянных магнитов, обмоток и электрических контактов. Значительная часть механических элементов потенциально может производиться предприятиями Узбекистана.

Сценарные расчёты показывают, что повышение серийности и уровня локализации способно существенно снизить себестоимость изделия. При условном увеличении выпуска с 1 тыс. до 100 тыс. единиц расчётное снижение себестоимости может достигать порядка 45 %. При сценарной разнице между импортным функциональным аналогом и локализованным изделием в 45 долл. США производство 50 тыс. модулей соответствует потенциальному импортозамещающему эффекту около 2,25 млн долл. США в год. Однако эти показатели не следует рассматривать как прогноз фактической экономии. Реальная экономическая эффективность может быть установлена только после экспериментального определения электрической мощности, КПД, тормозного момента, теплового режима, массы, ресурса и стоимости серийного изготовления.

Первоочередной задачей является создание усовершенствованного экспериментального образца с восемью парами магнитно-катушечных модулей и проведение комплексных стендовых испытаний. После получения внешней характеристики $P_{\Sigma} = f(n, R_n)$, зависимости КПД от нагрузки и экспериментальных данных о механическом сопротивлении станет возможным переход от сценарной к фактической технико-экономической оценке.

В стратегическом отношении проект соответствует современным направлениям развития автомобильной промышленности Республики Узбекистан: углублению локализации, расширению производства автокомпонентов, развитию электрического транспорта, созданию собственных инженерных компетенций и увеличению технологической независимости отрасли.

Таким образом, предлагаемая разработка может рассматриваться не только как отдельный экспериментальный генератор, но и как элемент более широкой программы формирования отечественной научно-технологической базы автомобильной электромеханики. При подтверждении требуемых технических характеристик последующая локализация подобных устройств способна способствовать развитию производственной кооперации, снижению импортозависимости и созданию продукции с более высокой добавленной стоимостью в автомобильной промышленности Узбекистана.

Использованная литература

- [1] Chapman S.J. *Electric Machinery Fundamentals*. 5th ed. — New York: McGraw-Hill Education, 2012.
- [2] Boldea I. *Electric Generators Handbook. Variable Speed Generators*. — Boca Raton: CRC Press, 2005. — 552 p. DOI: 10.1201/9781420037265.
- [3] Katona M., Orosz T. Circular Economy Aspects of Permanent Magnet Synchronous Reluctance Machine Design for Electric Vehicle Applications: A Review // *Energies*. — 2024. — Vol. 17, No. 6. — Article 1408. DOI: 10.3390/en17061408.
- [4] Национальный комитет Республики Узбекистан по статистике. Как изменилась автопромышленность Узбекистана за последние 10 лет? — Ташкент, 2026. Statistika O'zbekiston.
- [5] Президент Республики Узбекистан. Представлена информация о планах в автомобильной промышленности. — 25 ноября 2024 г. Электронный ресурс.
- [6] Президент Республики Узбекистан. Поставлены задачи по локализации и экспорту. — 5 декабря 2024 г. Электронный ресурс.
- [7] Президент Республики Узбекистан. Определены приоритетные задачи по развитию автомобильной промышленности. — 2026. Электронный ресурс.
- [8] Invest Uzbekistan. *BYD Uzbekistan Factory: Development of Electric and Hybrid Vehicle Production in Uzbekistan*. — 2025–2026.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ АНАЭРОБНЫМИ ГЕРМЕТИКАМИ

¹Тоиров Илхом, ²Алимова Гулзода, ³Рузиева Шахноза Ризокуловна
Каршинский государственный технический университет, toirov1957@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы восстановления посадок подшипников качения с применением анаэробных герметиков. Особое внимание уделяется прочности и долговечности клеевых соединений, которые определяются их адгезионными и когезионными свойствами и должны обеспечивать надежную фиксацию колец подшипников на валу и в корпусе при различных видах нагрузок. Рассмотрены основные теории адгезии: молекулярная (адсорбционная), диффузионная, химическая и микрореологическая. Проанализированы факторы, влияющие на формирование и прочность адгезионного соединения, в том числе состояние и микрорельеф поверхности, смачиваемость, вязкость адгезива, температура, продолжительность процесса и условия отверждения. Показано значение адгезионного взаимодействия для обеспечения надежности восстановленных посадок подшипников качения.

Ключевые слова: подшипники качения, восстановление посадок, анаэробные герметики, клеевое соединение, адгезия, когезия, адгезионная прочность, долговечность соединения, поверхность деталей, восстановление соединений.

Abstract. The article examines the restoration of rolling bearing fits using anaerobic sealants. Particular attention is paid to the strength and durability of adhesive joints, which are determined by their adhesive and cohesive properties and must ensure reliable fixation of bearing rings on the shaft and in the housing under various types of loads. The main theories of adhesion are considered, including molecular (adsorption), diffusion, chemical, and microrheological theories. The factors affecting the formation and strength of adhesive joints are analyzed, including surface condition and microrelief, wettability, adhesive viscosity, temperature, process duration, and curing conditions. The importance of adhesive interaction in ensuring the reliability of restored rolling bearing fits is demonstrated.

Keywords: rolling bearings, fit restoration, anaerobic sealants, adhesive joint, adhesion, cohesion, adhesive strength, joint durability, component surfaces, restoration of joints.

Annotatsiya. Maqolada anaerob germetiklardan foydalangan holda dumalash podshipniklarining o'tqazish joylarini tiklash masalalari ko'rib chiqiladi. Asosiy e'tibor yelimli birikmalarning mustahkamligi va uzoq muddat xizmat qilishiga qaratilgan bo'lib, ular adgezion va kogeziон xususiyatlar bilan belgilanadi hamda turli xil yuklanishlar ta'sirida podshipnik halqalarining valda va korpusda ishonchli mahkamlanishini ta'minlashi lozim. Adgeziyaning asosiy nazariyalari: molekulyar (adsorbsion), diffuzion, kimyoviy va mikoreologik nazariyalar ko'rib chiqilgan. Adgezion birikmaning shakllanishi va mustahkamligiga ta'sir etuvchi omillar, jumladan, sirtning holati va mikorelyefi, namlanish xususiyati, adgezivning qovushqoqligi, harorat, jarayon davomiyligi va qotish sharoitlari tahlil qilingan. Tiklangan dumalash podshipniklari o'tqazish joylarining ishonchliligini ta'minlashda adgezion o'zaro ta'sirning ahamiyati ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: dumalash podshipniklari, o'tqazish joylarini tiklash, anaerob germetiklar, yelimli birikma, adgeziya, kogeziya, adgezion mustahkamlik, birikmaning uzoq muddat xizmat qilishi, detallar sirti, birikmalarni tiklash.

Введение. Восстановление посадок подшипников качения анаэробными герметиками производят путем их нанесения на соединяемые детали с последующей сборкой соединения и отверждением герметика. Долговечность полученного клеевого соединения зависит от его прочности при статическом, динамическом и циклическом нагружениях. Прочность клеевого соединения зависит от адгезионной когезионной составляющих.

Адгезионная и когезионная прочности должны обеспечить неподвижность соединений колец подшипников с корпусом и валом. Восстановленные соединения должны воспринимать без разрушения крутящие моменты, осевые и изгибающие нагрузки.

Материалы и методы. В настоящее время существует ряд теорий и взглядов, которые по по-разному трактуют причины адгезии. Известны молекулярная (адсорбционная), диффузионная, химическая, микрореологическая и другие теории адгезии.

Молекулярная теория [1] изучает молекулярные взаимодействия субстрата и адгезива при условии, что они имеют функциональные группы, способные к взаимодействию. По этой теории образование адгезионной связи осуществляется в две стадии. На первой стадии происходит контактирование молекул субстрата и адгезива за счет транспортирования молекул адгезива к поверхности субстрата. На второй стадии начинается межмолекулярное взаимодействие после сближения молекул адгезива на расстояние $5 \text{ \AA}$. Этот процесс продолжается до достижения адсорбционного равновесия. Согласно молекулярной теории на адгезию оказывают влияние все факторы, связанные с формированием адгезионного контакта (способность адгезива, к смачиванию поверхности субстрата и растеканию по ней, реологические явления, поверхностная диффузия) и определяющие его полноту (микрорельеф поверхности и ее чистота, вязкость адгезива, продолжительность процесса склеивания и его режим - давление и температура).

Согласно диффузионной теории адгезия возникает в результате взаимной диффузии полимеров или других материалов через границу раздела фаз. Для осуществления диффузионных процессов необходимы взаимная растворимость и подвижность макромолекул полимеров. При этом на адгезионную прочность влияют продолжительность диффузии, температура, вязкость, молекулярные массы компонентов и т.д.

На основе химической [2] для получения прочного клеевого соединения необходимо, чтобы соединяемые материалы взаимодействовали между собой с образованием ковалентных химических связей через границу раздела фаз.

Суть микрореологической теории заключается в том, что в процессе формирования пленке из адгезива происходит заполнение впадин шероховатой поверхности субстрата, что приводит к увеличению площади фактического контакта и числа связей между адгезивом и субстратом.

Результаты и обсуждение. Одной из важнейших практических характеристик адгезионного соединения является адгезионная прочность.

Количественно адгезионная прочность клеевых соединений может быть описана уравнением [2]

$$A_o = \frac{Pt_e e^\alpha}{Ae \dot{E} / R_{tk}} \hat{E}_1 V e \dot{E}_A / R_{op}, \quad (2.1)$$

где A_o – адгезионная прочность клеевого соединения;

P – давление контакта;

t_k – продолжительность контакта;

α – параметр вязкости;

I – энергия активизации вязкого течения;

T_k – температура контакта;

V – скорость расслаивания адгезива и субстрата;

I_A – энергия активизации адгезионного разрушения;

T_p – температура расслаивания;

$\hat{E}_1$ – коэффициент, учитывающий природу адгезива и субстрата.

Адгезионная прочность клеевых соединений зависит от параметра вязкости, который зависит от степени смачивания, количественно определяемой углом смачивания.

Наилучшее смачивание обеспечивается в том случае, если адгезив наносится в жидком виде на твердую поверхность под углом смачивания, близким к нулю.

Температура контакта играет важную роль для создания прочного клеевого соединения. Увеличение прочности соединения с повышением температуры связано с уменьшением вязкости адгезива и более полным контактом адгезива и субстрата. Кроме того, возрастание прочности адгезионного соединения с повышением температуры может происходить за счет увеличения подвижности молекул адгезива. Однако чрезмерное увеличение температуры может снизить адгезионную прочность в результате процессов деструкции полимера.

С увеличением времени контактирования адгезива с субстратом прочность клеевых соединений увеличивается и стабилизируется истечении определенного времени.

При возрастании времени и увеличивается заполнение адгезивом капилляров, пор и микронеровностей субстрата.

На прочность клеевых соединений существенно влияет давление контактирования. Особенно заметно влияние давления при склеивании пористых тел, когда оно способствует затеканию адгезива в поры и микронеровности субстрата. В результате значительно увеличивается адгезионная прочность клеевых соединений.

Таким образом, анализ различных теорий адгезии показывает, что клеевые соединения с высокой адгезионной прочностью можно получить только при наличии надлежащего контакта между адгезивом и субстратом. При этом контакт необходимо обеспечить по возможности на максимальной площади. В случае использования жидких адгезивов максимальная адгезионная прочность может быть получена при полном заполнении впадин шероховатости поверхности. Для выполнения этого условия необходимо обеспечить для склеивания максимальную чистоту поверхности субстрата, адгезив должен обладать способностью наилучшего смачивания субстрата и растекаться по его поверхности, обладать незначительной вязкостью и хорошо заполнить впадин шероховатостей поверхности. С увеличением давления, температуры и времени склеивания адгезионная прочность клеевого соединения увеличивается.

Адгезионная прочность клеевых соединений зависит от скорости и температуры расслаивания. С увеличением скорости расслаивания адгезионная прочность соединений увеличивается. При увеличении скорости расслаивания в адгезиве не успевают протекать релаксационные процессы. Адгезив работает как жесткий материал. Для разрушения адгезионного соединения требуется большая сила.

При повышении температуры испытаний адгезионная прочность испытаний снижается. Снижение адгезионной прочности клеевых соединений с повышением температуры объясняется увеличением интенсивности теплового движения молекул и понижением вязкости полимера.

Количественно когезионная прочность соединения определяется формулой [3].

$$f_i = \frac{\xi}{\beta} - \sigma_{ai} \quad (2.2)$$

где f_i – когезионная прочность клеевого соединения:

ξ – молекулярная когезия адгезива;

β – коэффициент концентрации напряжений, возникающих в результате микроскопической неоднородности твердого тела;

σ_{ai} – внутренние напряжения возникающие в адгезиве во время его затвердевания.

Выводы. Отвержденный адгезив связан с поверхностью субстрата адгезионным взаимодействием, и поэтому при усадочных явлениях он оказывается растянутым по сравнению с его равновесным состоянием. В результате в клеевом соединении образуются внутренние напряжения [3].

Для определения внутренних напряжений в клеевых соединениях предложена следующая формула

$$\sigma_{ai} = \frac{E\varepsilon}{1-\mu} \quad (2.3)$$

где E и μ – модуль упругости и коэффициент Пуассона адгезива:

ε – усадка.

Внутренние напряжения действуют против когезионных с адгезионных сил. Поэтому их можно приравнять к длительно действующей нагрузке. Внутренние напряжения приводят к возникновению энергии отрыва клеевого слоя, которое снижает адгезионную прочность соединения.

Внутреннюю энергию отрыва можно определить по формуле [4].

$$W_{ai} = \frac{\sigma_{ai}^2}{2E} S \cdot h, \quad (2.4)$$

где σ_{ai} – внутренняя энергия отрыва:

S – площадь контакта адгезива с субстратом;

h – толщины адгезива.

Подставив (2.3) в уравнение (2.4), получим

$$W_{ai} = \frac{E\varepsilon^2}{2(1-\mu)^2} S \cdot h \quad (2.5)$$

Уравнение (2.5) показывает, что внутренняя энергия отрыва возрастает с увеличением усадки, модуля упругости, толщины и площади клеевого слоя. Поэтому для обеспечения высокой адгезионной прочности клеевого соединения необходимо выбирать адгезивы с низкими усадками и модулями упругости, а также ограничивать толщину клеевого соединения.

Использованная литература

[1] Теоретические основы адгезии полимеров : учебное пособие / сост.: В. И. Бутовецкая, И. А. Старостина, А. С. Зиганшина [и др.]; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. – 108 с.

[2] Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов: учеб. пособие для студентов специальности «Композиционные наноматериалы» / Ю. Г. Богданова. – М: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 2010. – 68 с.

[3] Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. Учеб. для хим.-технол. вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство «Лабиринт», 1994. — 367 с: ил.

[4] Айнбиндер С.Б., Клокова Э.Ф. ДАН СССР. — 1962. — Т.146. — № 5. — С.1058-1060.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ДИСКОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ГЕНЕРАТОРА С ПЕРФОРИРОВАННЫМ АЛЮМИНИЕВЫМ РОТОРОМ И НЕПОДВИЖНОЙ МАГНИТНО-КАТУШЕЧНОЙ СИСТЕМОЙ

Киямов Асрор Зиядуллаевич¹, Буртыль Юрий Валерьевич²

¹доцент, Каршинский государственный технический университет, Республика Узбекистан,
E-mail: asror.kiyamov@mail.ru

²доцент, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассматривается дисковый электромагнитный генератор с вращающимся алюминиевым диском толщиной 6 мм. На рабочей кольцевой части диска выполнены четыре сквозных отверстия, чередующиеся с четырьмя сплошными секторами. Постоянные магниты и неподвижные катушки расположены с обеих сторон ротора. Описан предполагаемый механизм изменения потокоцепления катушек, приведены зависимости для частоты, ЭДС, мощности и коэффициента полезного действия. Предложена экспериментальная программа, позволяющая проверить работоспособность устройства и оценить перспективу применения восьми пар магнитно-катушечных модулей.

Ключевые слова: дисковый генератор, алюминиевый ротор, постоянный магнит, катушка, вихревые токи, электромагнитная индукция, магнитный поток, ЭДС, электромеханический преобразователь.

Annotatsiya. Maqolada qalinligi 6 mm bo'lgan aylanuvchi alyuminiy diskli elektromagnit generator ko'rib chiqilgan. Diskning ishchi halqasimon qismida to'rtta yaxlit sektor bilan navbatmanavbat joylashgan to'rtta o'tuvchi teshik hosil qilingan. Doimiy magnitlar va qo'zg'almas g'altaklar rotorning har ikki tomonida joylashtirilgan. G'altaklarning magnit oqim ilashuvining o'zgarish mexanizmi tavsiflangan, chastota, elektr yurituvchi kuch (EYuK), quvvat va foydali ish koeffitsiyentini aniqlashga oid bog'lanishlar keltirilgan. Qurilmaning ish qobiliyatini tekshirish hamda sakkiz juft magnit-g'altak modullaridan foydalanish istiqbollari baholash imkonini beruvchi eksperimental tadqiqotlar dasturi taklif etilgan.

Kalit so'zlar: diskli generator, alyuminiy rotor, doimiy magnit, g'altak, uyurma toklar, elektromagnit induksiya, magnit oqim, elektr yurituvchi kuch (EYuK), elektromexanik o'zgartirgich.

Abstract. A disc-type electromagnetic generator with a rotating 6 mm thick aluminum disc is considered. Four through-holes alternating with four solid sectors are formed in the working annular region of the disc. Permanent magnets and stationary coils are arranged on both sides of the rotor. The proposed mechanism of variation in the magnetic flux linkage of the coils is described, and relationships for frequency, electromotive force (EMF), power, and efficiency are presented. An experimental program is proposed to verify the operability of the device and to evaluate the prospects for using eight pairs of magnet-coil modules.

Keywords: disc generator, aluminum rotor, permanent magnet, coil, eddy currents, electromagnetic induction, magnetic flux, electromotive force (EMF), electromechanical converter.

Введение. Дисковые электрические машины привлекают малой осевой длиной и возможностью размещать активные элементы по окружности ротора. В предлагаемой конструкции вращающимся элементом служит простой электропроводящий диск без закреплённых на нём магнитов и обмоток. Электрическая часть устройства остаётся

неподвижной, что упрощает компоновку ротора и исключает скользящие электрические контакты.

Цель работы — сформировать теоретическую основу и методику испытаний дискового электромагнитного генератора, в котором периодическое прохождение отверстий и сплошных алюминиевых секторов через рабочие зоны неподвижных магнитно-катушечных модулей вызывает изменение магнитного потока в катушках.

Материалы и методы. В работе использованы методы теоретического анализа электромагнитных процессов, математического моделирования и расчёта основных параметров дискового генератора. Теоретическое описание основано на законе электромагнитной индукции Фарадея и учёте влияния вихревых токов, возникающих в электропроводящем алюминиевом роторе. Для оценки выходных характеристик установлены зависимости ЭДС и частоты генерируемого напряжения от скорости вращения ротора и числа периодически чередующихся отверстий и сплошных секторов. Экспериментальная методика предусматривает измерение напряжения и частоты при различных частотах вращения с последующим сопоставлением полученных данных с расчётными зависимостями.

Результаты и обсуждение. Конструкция генератора. Ротор генератора представляет собой алюминиевый диск толщиной $h = 6$ мм, установленный на валу. В рабочей кольцевой зоне выполнены четыре сквозных отверстия. Между ними расположены четыре сплошных сектора из алюминия; угловой шаг повторяющейся структуры составляет 90° .

С обеих сторон диска неподвижно закрепляются постоянные магниты и катушки. Магнитно-катушечный модуль создаёт преимущественно осевой магнитный поток в активной зоне диска. Двухстороннее размещение модулей позволяет работать с одной зоной ротора с обеих сторон и уменьшает одностороннюю осевую нагрузку.

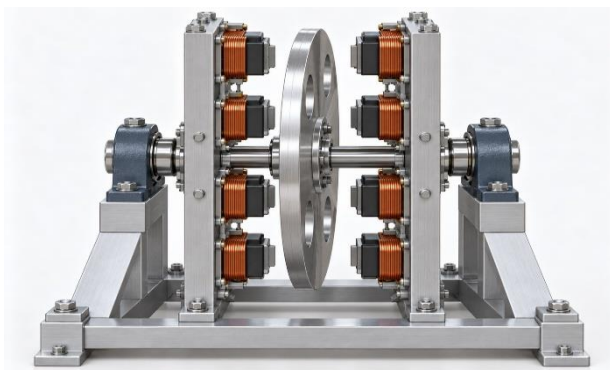


Рис. 1. Конструкция генератора

Перспективная компоновка предусматривает восемь пар катушек, равномерно размещённых по окружности. Каждая пара образована элементами, расположенными напротив друг друга по обе стороны диска. Полярность магнитов, направление намотки и способ соединения катушек должны быть определены экспериментально, чтобы исключить взаимную компенсацию ЭДС.

Физический принцип действия. При движении проводящего материала в магнитном поле на свободные заряды действует сила Лоренца. Для движущейся проводящей среды плотность тока в общем виде описывается выражением

$$\mathbf{J} = \sigma (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (1)$$

где $\mathbf{J}$ — плотность электрического тока, А/м²; σ — электрическая проводимость алюминия, См/м; $\mathbf{E}$ — напряжённость электрического поля, В/м; $\mathbf{v}$ — линейная скорость участка диска, м/с; $\mathbf{B}$ — магнитная индукция, Тл.

При прохождении сплошного сектора через активную область в диске возможны вихревые токи, создающие вторичное магнитное поле. При прохождении отверстия проводящий путь в этой области отсутствует, поэтому распределение вихревых токов и

связанное с ним магнитное состояние изменяются. Для алюминия, не являющегося ферромагнетиком, ключевым предполагаемым механизмом являются электропроводность диска, вихревые токи и их вторичное магнитное поле.

Образование ЭДС в неподвижной катушке. Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея мгновенная ЭДС неподвижной катушки определяется скоростью изменения магнитного потока:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

где e — мгновенная ЭДС, В; N — число витков катушки; Φ — магнитный поток, сцепленный с одним витком, Вб; t — время, с.

Для приближённого описания периодического изменения магнитного потока в рабочей зоне примем зависимость

$$\Phi(t) = \Phi_0 + \Phi_1 \cos(z\omega t + \varphi) \quad (3)$$

где Φ_0 — постоянная составляющая магнитного потока; Φ_1 — амплитуда переменной составляющей; z — число периодов структуры за один оборот; ω — угловая скорость ротора; φ — начальная фаза. Для рассматриваемого диска $z = 4$.

После дифференцирования выражения (3) получаем

$$e(t) = Nz\omega\Phi_1 \sin(z\omega t + \varphi) \quad (4)$$

При приближённо синусоидальной форме изменения магнитного потока действующее значение ЭДС одной катушки оценивается выражением

$$E = \frac{Nz\omega\Phi_1}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

Таким образом, напряжение зависит от числа витков, частоты вращения и амплитуды изменения магнитного потока. На последнюю влияют магнитная индукция, воздушный зазор, размеры и расположение катушек, форма отверстий и свойства диска.

Частота генерируемого напряжения. Угловая скорость диска определяется выражением

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (6)$$

где n — частота вращения, об/мин. Частота изменения магнитного состояния возле одной неподвижной катушки составляет

$$f = \frac{zn}{60} \quad (7)$$

При $z = 4$ зависимость принимает вид

$$f = \frac{4n}{60} = \frac{n}{15} \quad (8)$$

Например, при $n = 300, 600, 900, 1200$ и 1500 об/мин ожидаемая основная частота равна соответственно 20, 40, 60, 80 и 100 Гц. Совпадение измеренной частоты с этой зависимостью будет важным признаком связи выходного сигнала с четырёхпериодной структурой ротора.

Фазовые соотношения при восьми парах катушек. При равномерном размещении восьми модулей механический угловой шаг между соседними модулями равен 45° . Электрический фазовый сдвиг для структуры с четырьмя периодами составит

$$\Delta\varphi_z = z\Delta\varphi_m = 4 \cdot 45^\circ = 180^\circ \quad (9)$$

Следовательно, сигналы соседних модулей могут находиться в противофазе. При последовательном соединении необходимо подобрать начало и конец обмоток так, чтобы ЭДС складывались. Альтернативный способ — выпрямить выход каждого модуля отдельно и затем объединить выпрямленные выходы.

Определение электрической мощности. При активной нагрузке выходная электрическая мощность определяется выражением

$$P_3 = U_n I_n \quad (10)$$

где $P_{\text{э}}$ — выходная электрическая мощность, Вт; $U_{\text{н}}$ — напряжение на нагрузке, В; $I_{\text{н}}$ — ток нагрузки, А. Сначала следует измерить напряжение холостого хода U_0 , затем проводить измерения на нагрузочных сопротивлениях. Автомобильная лампа не подходит для первичной проверки, поскольку требует значительного тока и может не загореться даже при наличии измеримой ЭДС.

Механическая мощность и коэффициент полезного действия. Механическая мощность, подводимая к валу, определяется произведением вращающего момента на угловую скорость:

$$P_{\text{м}} = M\omega = \frac{2\pi nM}{60} \quad (11)$$

где $P_{\text{м}}$ — механическая мощность, Вт; M — момент на валу, Н·м. КПД вычисляется по формуле

$$\eta = \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{м}}} \cdot 100 \% \quad (12)$$

Для корректной оценки КПД необходимо измерять не только напряжение и ток, но также момент на валу. При подключении нагрузки следует контролировать появление дополнительного тормозного момента.

Число структурных периодов ротора. При угловом шаге повторяющейся структуры $\alpha = 90^\circ$ число структурных периодов за один оборот равно

$$z = \frac{360^\circ}{\alpha} = \frac{360^\circ}{90^\circ} = 4 \quad (13)$$

Это значение используется при расчёте частоты выходного сигнала и фазового сдвига между соседними магнитно-катушечными модулями.

Выводы. Предложена конструкция дискового электромагнитного генератора с алюминиевым перфорированным ротором толщиной 6 мм, четырьмя отверстиями и четырьмя сплошными секторами. Неподвижное размещение магнитов и катушек с обеих сторон диска создаёт условия для бесконтактного съёма электрической энергии с обмоток. Теоретическая модель связывает частоту выходного сигнала с частотой вращения зависимостью $f = n/15$.

Разработанная конструкция дискового электромагнитного генератора в перспективе может представлять интерес для автомобильной промышленности Узбекистана при создании компактных вспомогательных источников электрической энергии, интегрируемых в гибридные и электрические транспортные средства, стендовые установки, системы рекуперации энергии и автономные электромеханические модули. Простота вращающегося элемента, отсутствие на роторе постоянных магнитов и обмоток, а также возможность размещения магнитно-катушечных модулей в неподвижной части создают предпосылки для повышения ремонтпригодности и технологичности конструкции. При последующей экспериментальной оптимизации генератор может быть исследован в составе вспомогательных приводов автомобиля, колёсных и трансмиссионных узлов, а также в системах преобразования механической энергии во вторичную электрическую энергию.

С точки зрения локализации производства данная конструкция представляет дополнительный интерес, поскольку алюминиевый диск, механические элементы, корпусные детали, вал, подшипниковые опоры и часть электротехнических компонентов потенциально могут изготавливаться на отечественных предприятиях. Это позволяет рассматривать разработку не только как экспериментальную электрическую машину, но и как основу для дальнейшего создания локализованного электромеханического модуля для транспортного машиностроения Республики Узбекистан.

Вместе с тем практическое внедрение предлагаемого генератора в автомобильную технику должно основываться на результатах последующих исследований его удельной мощности, коэффициента полезного действия, теплового режима, надёжности, виброустойчивости, электромагнитной совместимости и ресурса при длительной эксплуатации.

Поэтому следующим этапом работы является создание усовершенствованного экспериментального образца с восемью парами магнитно-катушечных модулей и проведение комплексных стендовых испытаний с последующей оценкой возможности его адаптации к автомобильным электромеханическим системам.

Работоспособность устройства и величина полезной мощности должны быть подтверждены экспериментально измерениями холостого хода, внешней характеристики, механического момента и нагрева. Перспективным направлением является модульная двухсторонняя схема из восьми пар катушек с контролем фазировки и полярности соединений.

Использованная литература

[1] Fitzgerald A. E., Kingsley C., Umans S. D. Electric Machinery. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

[2] Chapman S. J. Electric Machinery Fundamentals. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.

[3] Reitz J. R., Milford F. J., Christy R. W. Foundations of Electromagnetic Theory. 4th ed. Reading: Addison-Wesley, 1993.

[4] Kiyamov A.Z. Parameters of the comb-forming machine with elastic rods/ The International Scientific Conference Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering (CONMECHYDRO 2021). 1-3 april, 2021. Tashkent

[5] Киямов А.З. Обоснование параметров катка-гребнеобразователя для подготовки гребней. Вестник науки и образования 2022. № 10 (130). Ч. 1. Российский импакт-фактор: 3,58 Научно-методический журнал.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УЗБЕКИСТАНА

**Киямов Асрор Зиядуллаевич¹, Курасов Владимир Станиславович²,
Музаффаров Сухроб Акмал угли³**

¹ доцент, Каршинский государственный технический университет, Республика Узбекистан, E-mail: asror.kiyamov@mail.ru

² профессор, Кубанский государственный аграрный университет, Российская Федерация

³ студент магистратуры, Каршинский государственный технический университет, Республика Узбекистан

Аннотация. В статье рассмотрены современное состояние и основные перспективные направления развития автомобильной промышленности Республики Узбекистан. Проанализирована динамика производства легковых автомобилей, расширение модельного ряда, развитие производственной кооперации и локализации автомобильных компонентов. Особое внимание уделено переходу отрасли к производству электрических и гибридных транспортных средств, развитию отечественной компонентной базы, инженерных центров и научно-исследовательских работ. Показано, что дальнейшее повышение конкурентоспособности автомобильной промышленности Узбекистана связано не только с увеличением количества выпускаемых автомобилей, но и с углублением локализации, освоением производства высокотехнологичных компонентов, развитием электротранспорта, повышением качества продукции и расширением экспортного потенциала. Определены перспективные направления научно-технического развития отрасли, включая электрические машины, силовую электронику, тяговые батареи, системы управления и другие компоненты автомобилей нового поколения.

Ключевые слова: автомобильная промышленность, автомобилестроение, локализация, электромобиль, гибридный автомобиль, автокомпоненты, производство, инновации, экспорт, электротранспорт.

Annotatsiya. Maqolada O‘zbekiston Respublikasi avtomobil sanoatining zamonaviy holati va uni rivojlantirishning asosiy istiqbolli yo‘nalishlari ko‘rib chiqilgan. Yengil avtomobillar ishlab chiqarish dinamikasi, avtomobillar model qatorining kengayishi, ishlab chiqarish kooperatsiyasi va avtomobil komponentlarini mahalliyashtirish jarayonlari tahlil qilingan.

Avtomobil sanoatining elektr va gibrid transport vositalarini ishlab chiqarishga bosqichma-bosqich o‘tishi, mahalliy komponentlar bazasini, muhandislik markazlarini hamda ilmiy-tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlarini rivojlantirishga alohida e‘tibor qaratilgan. O‘zbekiston avtomobil sanoatining raqobatbardoshligini yanada oshirish nafaqat ishlab chiqarilayotgan avtomobillar sonini ko‘paytirish, balki mahalliyashtirish darajasini chuqurlashtirish, yuqori texnologiyali komponentlar ishlab chiqarishni o‘zlashtirish, elektr transportini rivojlantirish, mahsulot sifatini oshirish va eksport salohiyatini kengaytirish bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

Elektr mashinalari, kuch elektronikasi, tortish akkumulyatorlari, boshqaruv tizimlari va yangi avlod avtomobillarining boshqa komponentlarini o‘z ichiga oluvchi avtomobil sanoatini ilmiy-texnik rivojlantirishning istiqbolli yo‘nalishlari belgilangan.

Kalit so‘zlar: avtomobil sanoati, avtomobilsozlik, mahalliyashtirish, elektromobil, gibrid avtomobil, avtomobil komponentlari, ishlab chiqarish, innovatsiyalar, eksport, elektr transporti.

Abstract. The article examines the current state and key prospective directions for the development of the automotive industry of the Republic of Uzbekistan. The dynamics of passenger car production, expansion of the vehicle model range, development of industrial cooperation, and localization of automotive components are analyzed. Particular attention is paid to the transition of the industry toward the production of electric and hybrid vehicles, as well as to the development of a domestic component base, engineering centers, and research and development activities. It is shown that further improvement in the competitiveness of Uzbekistan’s automotive industry depends not only on increasing vehicle production volumes but also on deepening localization, developing the production of high-tech components, advancing electric mobility, improving product quality, and expanding export potential. Promising areas for the scientific and technological development of the industry are identified, including electric machines, power electronics, traction batteries, control systems, and other components of next-generation vehicles.

Keywords: automotive industry, automobile manufacturing, localization, electric vehicle, hybrid vehicle, automotive components, manufacturing, innovation, export, electric mobility.

Введение. Автомобильная промышленность является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности Республики Узбекистан. Её значение определяется не только выпуском транспортных средств, но и развитием металлургии, электротехнической промышленности, производства полимерных материалов, электроники, машиностроения, логистики и сервисного обслуживания. Автомобилестроение формирует устойчивый спрос на продукцию большого количества смежных предприятий и способствует созданию высококвалифицированных рабочих мест.

За последние десять лет объём производства легковых автомобилей в Узбекистане существенно увеличился.

По данным Национального комитета по статистике Республики Узбекистан, в 2015 году было произведено 190,5 тыс. легковых автомобилей, а в 2025 году — 457,9 тыс. единиц. Таким образом, производство увеличилось примерно в 2,4 раза [1].

Материалы и методы. Современный этап характеризуется также изменением структуры отрасли. Наряду с традиционным производством автомобилей с двигателями внутреннего сгорания развивается выпуск гибридных автомобилей и электромобилей, расширяется присутствие международных автомобильных компаний, формируется конкурентная среда и повышается роль локальных поставщиков комплектующих.

Цель настоящей работы заключается в анализе основных тенденций и определении перспективных направлений развития автомобильной промышленности Республики

Узбекистан с учётом локализации, электрификации транспорта, инновационного развития и расширения экспортного потенциала.

Динамика производства свидетельствует о значительном расширении производственной базы автомобилестроения страны.

Таблица.1

Динамика производства легковых автомобилей в Узбекистане

Год	Производство, тыс. шт.
2015	190,5
2018	225,8
2019	278,0
2020	285,2
2022	341,2
2023	426,1
2024	435,2
2025	457,9

За период 2015–2025 гг. прирост производства составил около 267,4 тыс. автомобилей. Особенно заметное увеличение наблюдается после 2021 года. Структура производства также становится более разнообразной. В 2025 году в стране было произведено 161 152 автомобиля Cobalt, 93 681 Damas, 50 362 Tracker, 33 122 Onix и 26 317 автомобилей KIA. Производство BYD достигло 20 200 единиц. Кроме того, выпускались автомобили Chery, Naual и другие модели [1, 2].

Таким образом, автомобильная промышленность Узбекистана постепенно переходит от модели, основанной преимущественно на одном крупном производителе, к более диверсифицированной системе. В 2026 году официально отмечалось функционирование пяти автомобильных заводов в сотрудничестве с такими крупными брендами, как Chevrolet, BYD, KIA и Hyundai [3].

Результаты и обсуждение. Одним из важнейших условий устойчивого развития национального автомобилестроения является углубление локализации производства. Экономический смысл локализации заключается в переносе производства деталей, узлов и технологических операций на территорию страны. Это позволяет уменьшать зависимость от импортных поставок, сокращать валютные расходы, создавать рабочие места и увеличивать внутреннюю добавленную стоимость.

По официальным данным, уже к концу 2024 года в автомобильной промышленности Узбекистана было локализовано около 1,4 тыс. видов компонентов. Одновременно предусматривалась реализация 63 проектов стоимостью 325 млн долл. США по освоению производства ещё 700 видов компонентов [4].

Перспективными направлениями дальнейшей локализации являются:

- детали ходовой части и трансмиссии;
- электрические машины и электроприводы;
- электронные блоки управления;
- автомобильные датчики;
- элементы силовой электроники;
- кабельная продукция;
- тяговые и вспомогательные электрические системы;
- компоненты аккумуляторных батарей;
- системы рекуперации энергии.

Особое значение имеет переход от локализации относительно простых механических деталей к производству высокотехнологичных изделий. В 2026 году более 300 предприятий уже поставляли комплектующие для Chevrolet, а около 40 предприятий — для KIA и BYD. В

сформированных вокруг автомобильной отрасли производственных цепочках заняты более 10 тыс. молодых специалистов [3].

Следовательно, развитие автомобилестроения оказывает мультипликативное влияние на экономику: увеличение выпуска автомобилей создаёт дополнительный спрос на продукцию десятков и сотен предприятий смежных отраслей.

Одним из наиболее значимых перспективных направлений является электрификация автомобильного транспорта. Создание в Джизаке предприятия BYD Uzbekistan Factory стало важным этапом формирования нового сегмента национального автомобилестроения. На первоначальном этапе мощность предприятия составила около 50 тыс. автомобилей в год. Проект предусматривает последующее расширение производства до 200 тыс., а в перспективе — до 500 тыс. электрических и гибридных автомобилей ежегодно [5].

Развитие данного направления требует формирования новой компонентной базы. Электромобиль конструктивно существенно отличается от традиционного автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Возрастает значение тягового электродвигателя, аккумуляторной батареи, инвертора, преобразователей электрической энергии, электронных систем управления и терморегулирования. Поэтому перспективная структура автомобильной промышленности может быть представлена следующим образом:

*Традиционное автомобилестроение → гибридные автомобили → электромобили
→ локализация электрических компонентов → собственные инженерные разработки →
экспорт высокотехнологичной продукции*

Особое значение имеет локализация комплектующих. В частности, на 2025 год была поставлена задача локализовать 60 деталей для автомобилей BYD, что непосредственно связывалось со снижением себестоимости электромобилей [6].

Дальнейший рост отрасли должен сопровождаться переходом от преимущественно производственной локализации к инженерно-технологической. На первом этапе страна осваивает сборку автомобиля. На втором локализуются отдельные детали и узлы. Следующим этапом должно стать самостоятельное проектирование компонентов и технологических систем. Для автомобильной промышленности Узбекистана перспективны исследования в следующих областях:

- **электромеханики** — тяговые электродвигатели, генераторы, вспомогательные электрические машины;
- **силовой электроники** — инверторы, преобразователи напряжения, системы управления энергией;
- **аккумуляторных технологий** — системы управления батареями, охлаждения и диагностики;
- **мехатроники** — интеллектуальные исполнительные механизмы и электронные системы управления;
- **цифровых технологий** — диагностика, телематика, интеллектуальные системы помощи водителю;
- **энергосбережения** — рекуперация энергии и повышение общего КПД транспортного средства.

Важным условием является взаимодействие автомобильных предприятий с техническими университетами и научно-исследовательскими организациями. Разработка собственных экспериментальных электродвигателей, генераторов, преобразователей, систем управления и элементов трансмиссии позволяет не только получить конкретное изделие, но и сформировать национальные инженерные компетенции.

С учётом существующих тенденций перспективы автомобильной промышленности Узбекистана можно представить в виде нескольких взаимосвязанных направлений.

Основные перспективные направления развития

Направление	Ожидаемый результат
Рост производства	увеличение загрузки предприятий и внутреннего предложения
Углубление локализации	снижение импортозависимости
Электромобилизация	освоение автомобилей нового поколения
Производство компонентов	увеличение внутренней добавленной стоимости
НИОКР	создание собственных технологий
Подготовка кадров	формирование инженерных компетенций
Повышение качества	усиление конкурентоспособности
Экспорт	расширение рынков сбыта
Цифровизация	повышение эффективности производства и эксплуатации

В долгосрочной перспективе принципиальное значение имеет изменение самой модели развития: **сборка → локализация → собственное проектирование → собственные технологии → экспорт.**

Такой переход позволяет постепенно увеличивать долю добавленной стоимости, создаваемой непосредственно внутри страны.

Автомобильная промышленность уже имеет существенное значение для промышленного комплекса Узбекистана. В конце 2024 года её доля оценивалась примерно в 10 % промышленности страны [4]. Дальнейший экономический эффект может обеспечиваться не только ростом количества произведённых автомобилей. Не менее значимыми факторами являются увеличение локальной добавленной стоимости, развитие сети поставщиков, снижение импорта комплектующих и увеличение экспорта. Особенно важным является производство компонентов, которые могут использоваться сразу несколькими автомобильными предприятиями. Это позволяет поставщику не зависеть от одной модели автомобиля и способствует формированию полноценного рынка автокомпонентов. Для повышения устойчивости отрасли необходимо также расширять экспортную ориентацию. В этом случае внутреннее производство получает возможность расти не только вследствие увеличения внутреннего спроса, но и за счёт рынков Центральной Азии, СНГ и других регионов.

Выводы. Проведённый анализ показывает, что автомобильная промышленность Республики Узбекистан обладает значительным потенциалом дальнейшего развития. За 2015–2025 гг. производство легковых автомобилей увеличилось примерно в 2,4 раза и достигло около 457,9 тыс. единиц в год. Одновременно происходит диверсификация производителей и модельного ряда. Одним из основных факторов дальнейшего развития должна стать глубокая локализация производства. При этом стратегически важно переходить от изготовления относительно простых механических компонентов к освоению электрических машин, силовой электроники, систем управления, аккумуляторных компонентов и других высокотехнологичных изделий.

Особое место занимает развитие производства электрических и гибридных автомобилей. Расширение BYD Uzbekistan Factory и формирование локальной цепочки поставщиков создают предпосылки для появления в стране нового направления автомобильного машиностроения.

Следующий этап развития автомобилестроения Узбекистана целесообразно связывать не только с количественным увеличением выпуска автомобилей, но прежде всего с ростом технологического уровня отрасли. Формула перспективного развития может быть представлена следующим образом:

Производство автомобилей → локализация компонентов → собственные инженерные разработки → высокотехнологичное производство → конкурентоспособный экспорт. Реализация этого подхода позволит увеличить внутреннюю добавленную стоимость, сформировать национальную научно-инженерную базу, создать новые

высококвалифицированные рабочие места и укрепить позиции Узбекистана как одного из центров автомобильной промышленности Центральной Азии.

Использованная литература

- [1] Национальный комитет Республики Узбекистан по статистике. Как изменилась автопромышленность Узбекистана за последние 10 лет? — Ташкент, 2026.
- [2] Национальный комитет Республики Узбекистан по статистике. В 2025 году в Узбекистане произведено больше всего автомобилей Cobalt. — 23 января 2026 г.
- [3] Президент Республики Узбекистан. Представлена информация о планах в автомобильной промышленности. — 25 ноября 2024 г. Электронный ресурс.
- [4] Президент Республики Узбекистан. Поставлены задачи по локализации и экспорту. — 5 декабря 2024 г. Электронный ресурс.
- [5] Президент Республики Узбекистан. Определены приоритетные задачи по развитию автомобильной промышленности. — 2026. Электронный ресурс.
- [6] Invest Uzbekistan. BYD Uzbekistan Factory: Development of Electric and Hybrid Vehicle Production in Uzbekistan. — 2025–2026.
- [7] Абдухамидова М. Т. Развитие автомобилестроения в Узбекистане: становление и развитие, происходящие изменения // Marketing Journal. — 2025. — № 1. — С. 264–270. — DOI: 10.67668/mj/2025iss1/1251.
- [8] Туйчиев К. Л. Развитие автомобильной промышленности как катализатор структурной трансформации экономики и общества // Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance. — 2023. — Vol. 4, No. 2. — DOI: 10.51699/cajitmf.v4i2.423.
- [9] Qobilov R. Sh. Автомобильная локализация: единственный путь развития // Журнал «Маркетинг». — 2025. — № 6. — DOI: 10.67668/mj/2025iss6/399.

QASHQADARYO HAVZASIDA SUV-YER RESURSLARINI BOSHQARISH VA MUHOFAZA QILISHDA GAT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

*Qodirov Isomiddin Eshmo‘minovich¹, Rasulov Ne‘mat Shokir o‘g‘li²,
Muazzamov Navro‘z Faxriddin o‘g‘li³*

¹*Xalqaro innovatsion universiteti, Axborot texnologiyalari, matematika va muhandislik tizimlari kafedrasi dotsenti, [ORCID: 0009-0009-2310-1967](#)*

²*Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, E-mail: nematrasulov59@gmail.com*

³*Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, E-mail: mnavroz@internet.ru*

Аннотация. Ushbu maqolada Qashqadaryo daryosining tabiiy-geografik va gidrologik xususiyatlari, suv resurslarining shakllanishi, mavsumiy taqsimlanishi, sug‘orish tizimlarida foydalanilishi hamda suvni muhofaza qilish zonalarining hududiy tashkil etilishi tahlil qilingan. Tadqiqotning asosiy maqsadi Qashqadaryo daryosi suv resurslaridan foydalanish va ularni muhofaza qilish holatini baholash hamda ushbu jarayonlarda geografik axborot tizimlaridan foydalanish imkoniyatlarini asoslashdan iborat. Tadqiqotda tavsifiy, tahliliy, statistik, kartografik va hududiy tahlil usullaridan foydalanildi.

Калит so‘zlar: Qashqadaryo, suv resurslari, daryo oqimi, gidrologiya, suvni muhofaza qilish zonasi, sohilbo‘yi mintaqasi, irrigatsiya, gidrotexnika inshootlari, GAT, ArcGIS, raqamli xarita.

Аннотация. В данной статье анализируются природно-географические и гидрологические характеристики реки Кашкадарья, формирование водных ресурсов, их сезонное распределение, использование в ирригационных системах и территориальная организация водоохраных зон. Главная цель исследования – оценка состояния использования и охраны водных ресурсов реки Кашкадарья и обоснование возможностей применения географических информационных систем в этих процессах. В исследовании использованы

описательные, аналитические, статистические, картографические и территориально-аналитические методы.

Ключевые слова: Кашкадарья, водные ресурсы, речной сток, гидрология, водоохранная зона, прибрежная полоса, ирригация, гидротехнические сооружения, ГИС, ArcGIS, цифровое картографирование.

Abstract. This article analyzes the natural-geographical and hydrological characteristics of the Kashkadarya River, the formation of water resources, their seasonal distribution, use in irrigation systems, and the territorial organization of water protection zones. The main goal of the study is to assess the state of use and protection of water resources of the Kashkadarya River and to substantiate the possibilities of using geographic information systems in these processes. The study used descriptive, analytical, statistical, cartographic, and territorial analysis methods.

Keywords: Kashkadarya River, water resources, river runoff, hydrology, water protection zone, coastal zone, irrigation, hydraulic structures, GIS, ArcGIS, digital mapping.

Kirish. Suv resurslari hududlarning ekologik barqarorligi, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi va ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishining muhim tabiiy omillaridan biridir. Ayniqsa, quruq iqlim sharoitida joylashgan va sug‘orma dehqonchilikka ixtisoslashgan hududlarda daryo suvlaridan oqilona foydalanish hamda ularni muhofaza qilish alohida ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi[2].

Manba ma‘lumotlariga ko‘ra, Qashqadaryo daryosining umumiy uzunligi 378 km, tekislikka chiqqandan keyingi oqim miqdori sekundiga 50 m³ yoki yiliga 1575 mln m³ ni tashkil etadi. Daryo suv rejimining asosiy qismi mart–iyun oylariga to‘g‘ri kelishi uning mavsumiy suv taqsimotini tartibga solish zaruratini yuzaga keltiradi. Qashqadaryo daryosining viloyat hududidagi suvni muhofaza qilish zonasi 13 107 gektar, sohilbo‘yi mintaqasi esa 1568 gektar etib belgilangan. Tadqiqot natijasida suv resurslari, gidrotexnika inshootlari, suvni muhofaza qilish zonalar va yer resurslari haqidagi ma‘lumotlarni yagona GAT bazasida integratsiyalash Qashqadaryo daryosi havzasini boshqarish samaradorligini oshirishga xizmat qilishi asoslandi.

Mavjud ma‘lumotlarga ko‘ra, viloyatda Qashqadaryodan tashqari doimiy oqadigan yirik daryo mavjud emas. Shimoliy qismdagi tog‘lardan boshlanuvchi ko‘plab soylarning suvi esa Qashqadaryoga yetib bormasdan sug‘orish ehtiyojlariga sarflanadi yoki yoz oylarida qurib qoladi.

Hisor tizmasi hududidagi taxminan 3000 m balandlikdan boshlanadi. Daryo tekislikka chiqqach, Jindaryo, Oqsuv, Tanhoz, Yakkabog‘daryo va G‘uzordaryo kabi irmoqlarni qabul qiladi.

Qashqadaryo viloyatining suv resurslari bo‘yicha tadqiqotlarda ham daryolar, soylar, kanallar va suv omborlarining sug‘orma dehqonchilikdagi ahamiyati qayd etilgan.

So‘nggi ilmiy tadqiqotlarda Qashqadaryo hududidagi suv omborlarining gidrologik ko‘rsatkichlari va ularning ta‘sir zonasidagi yerlarning meliorativ holatiga ta‘siri ham o‘rganilmoqda. Xususan, 2026-yilda Qamashi suv ombori misolida suv sathi, suv hajmi, sizot suvlarining chuqurligi va tuproq sho‘rlanishi o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlil qilingan.

Shu nuqtayi nazardan, Qashqadaryo daryosi suv resurslarini faqat gidrologik jihatdan emas, balki hududiy va geoaxborot yondashuvi asosida o‘rganish muhimdir. O‘zbekistonning yer usti suvlarini monitoring qilish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarda GAT ma‘lumotlar bazalarini yaratish va ArcGISPro kabi dasturlarda gidrologik xaritalar ishlab chiqishning ilmiy-amaliy imkoniyatlari ko‘rsatilgan.

Material va metodlar. Tadqiqotning asosiy axborot bazasini foydalanuvchi tomonidan taqdim etilgan Qashqadaryo daryosi haqidagi ma‘lumotlar tashkil etdi. Unda daryoning uzunligi, suv oqimi, suv bilan ta‘minlanish manbalari, suv omborlari, gidrouzellar, suvni muhofaza qilish zonalar va suv xo‘jaligi boshqaruvi haqida ma‘lumotlar keltirilgan.

Tadqiqotda quyidagi usullardan foydalanish taklif etildi:

1. Gidrologik tahlil. Daryoning oqim miqdori, mavsumiy suv taqsimoti va suv bilan ta‘minlanish manbalari tahlil qilindi.

2. Kartografik usul. Daryo o‘zani, irmoqlar, gidrotexnika inshootlari, suv omborlari va muhofaza zonalarini xaritalash nazarda tutildi.

3. GAT usuli. Qashqadaryo daryosi va uning havzasiga tegishli fazoviy ma'lumotlarni yagona geoaxborot bazasida birlashtirish taklif etildi.

4. Hududiy tahlil. Suv resurslarining hududlar bo'yicha taqsimlanishi va irrigatsiya tizimlari bilan bog'liqligi baholandi.

5. Statistik tahlil. Daryo uzunligi, oqim miqdori, suv omborlari hajmi, suvni muhofaza qilish zonalarini maydoni va gidrouzellarining suv o'tkazish qobiliyati kabi ko'rsatkichlardan foydalanildi.

GAT bo'yicha metodik jihatdan daryolar tarmog'ini raqamlashtirish, havza chegaralarini aniqlash, suv obyektlari atributlarini shakllantirish va tematik xaritalash kabi amallarni ArcGIS yoki QGIS muhitida bajarish mumkin. GATning gidrologik monitoringdagi qo'llanilishi O'zbekiston bo'yicha ilmiy tadqiqotlarda ham asoslangan.

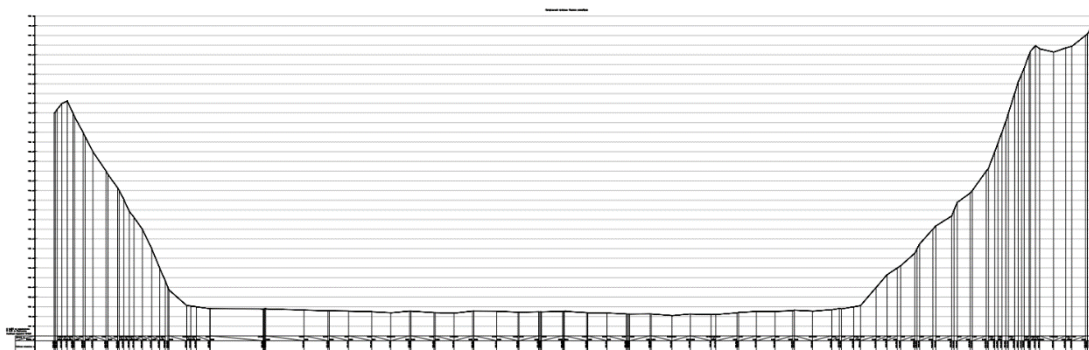
Natijalar. Qashqadaryo daryosining asosiy gidrologik ko'rsatkichlari. Tadqiqot natijalari Qashqadaryo daryosining viloyat suv xo'jaligi tizimidagi strategik ahamiyatini ko'rsatadi.

1-jadval

№	Ko'rsatkich	Qiymat
1	Daryoning umumiy uzunligi	378 km
2	Boshlanish balandligi	≈3000 m
3	Tekislik qismidagi oqim	50 m ³ /s
4	Yillik oqim	1575 mln m ³
5	Suvni muhofaza qilish zonasi	13 107 ga
6	Sohilbo'yi mintaqasi	1568 ga
7	Sohilbo'yi mintaqasining eni	35 m
8	Muhofaza zonasining eni	300 m gacha
9	Chimg'o'rg'on suv ombori umumiy hajmi	500 mln m ³
10	Chimg'o'rg'on suv omborining foydalaniladigan hajmi	339 mln m ³

Manba: *Tadqiqot natijasida olingan ma'lumotlar.*

Suv oqimining mavsumiy taqsimlanishi. Qashqadaryo qor, kichik muzliklar va bahorgi yog'inlar hisobiga to'yinadi. Shu sababli suv miqdori bahorda ortadi, yoz va qish oylarida kamayadi.



1-rasm. Daryo o'zani, chuqurliklar (katlovan) relyefi

Mavjud ma'lumotlarga ko'ra, iliq davrdagi suv miqdorining 64,0 foizi mart–iyun oylariga, 11,7 foizi iyul–sentabr oylariga to'g'ri keladi.



2-rasm. Daryo o‘zanlarini toposyomka jarayoni

Bu holat suv resurslarini mavsumlar bo‘yicha qayta taqsimlash zarurligini ko‘rsatadi. Shu maqsadda Qashqadaryo quyi qismida Chimg‘o‘rg‘on suv ombori barpo etilgan. Uning umumiy sig‘imi 500 mln m³ bo‘lib, foydalaniladigan hajmi 339 mln m³ ni tashkil etadi.

Suv omborlari orqali daryo oqimini mavsumiy tartibga solish zamonaviy suv xo‘jaligi boshqaruvining muhim vositalaridan biridir. O‘zbekistonda suv omborlari gidrologiyasiga bag‘ishlangan ilmiy-uslubiy materiallarda ham suv omborlari yordamida daryo oqimini boshqarish va GAT texnologiyalaridan foydalanish masalalari yoritilgan.

Gidrotexnika inshootlari Qashqadaryo daryosida oltita yirik suv taqsimlash gidrouzeli mavjud:

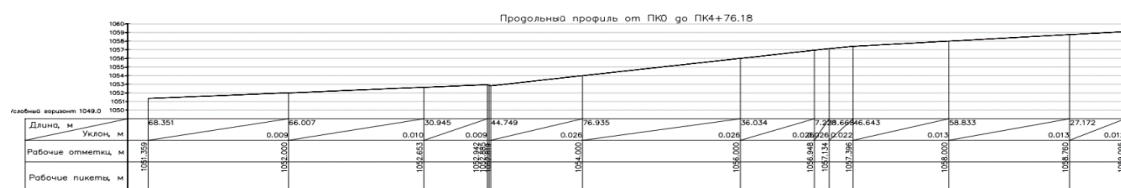
2-jadval

Gidrouzel	Suv o‘tkazish qobiliyati, m ³ /s
Oqsuv	240
Chaqap	90
Qatog‘on	90
Yakkabog‘	510
Tayoqli	10
Qarshi	515

Manba ma’lumotlariga ko‘ra, Qamashi, Qarshi va Kitob tumanlarida Qashqadaryo hamda uning irmoq-kanallaridan suv olish uchun qator nasos stansiyalari ham faoliyat yuritadi.

Mazkur obyektlarni GAT bazasida nuqtaviy obyektlar sifatida joylashtirish, ularning suv o‘tkazish qobiliyati, joylashuvi, xizmat ko‘rsatish hududi va texnik holatini atribut ma’lumotlari sifatida saqlash mumkin.

Suvni muhofaza qilish zonalari. Qashqadaryo daryosi bo‘yicha mavjud ma’lumotlarda suvni muhofaza qilish zonasining maydoni 13107 gektar, sohilbo‘yi mintaqasi esa 1568 gektar etib ko‘rsatilgan.



3-rasm. Daryo o‘zanining bo‘ylama profili (PK0 – PK4+76.18)

2019-yil 11-dekabrda 981-son qaror suv obyektlarining suvni muhofaza qilish va sanitariya-muhofaza zonalarini belgilash tartibini tasdiqlagan. Qarorning maqsadlaridan biri daryolar, soylar, suv

omborlari va boshqa suv obyektlarini sanoat, qurilish, transport va qishloq xo'jaligi obyektlarining zararli ta'siridan muhofaza qilishni kuchaytirishdan iborat.

Mazkur huquqiy talablar suv obyektlari bo'yicha raqamli ma'lumotlar bazasini shakllantirish va hududiy nazoratni kuchaytirish zaruratini ham belgilaydi. 981-son qarorga ilova qilingan chora-tadbirlarda suvni muhofaza qilish zonalarini bo'yicha ma'lumotlar bazasini to'liq tashkil etish va nazoratni kuchaytirish vazifalari ham ko'rsatilgan[8].

GAT asosida Qashqadaryo daryosi suvni muhofaza qilish zonalarini xaritalash tadqiqotining amaliy jihatdan eng muhim yo'nalishlaridan biri Qashqadaryo daryosi bo'yicha raqamli geoaxborot bazasi yaratishdir. *GAT bazasini quyidagi qatlamlardan tashkil etish maqsadga muvofiq:*

3-jadval

Qatlam	Geometriya turi	Asosiy atributlar
Qashqadaryo daryosi	Polyline	nomi, uzunligi, oqim turi
Irmoqlar	Polyline	nomi, uzunligi, oqim xususiyati
Suv omborlari	Polygon	nomi, sig'imi, foydalaniladigan hajmi
Gidrouzellar	Point	nomi, suv o'tkazish qobiliyati
Nasos stansiyalari	Point	nomi, joylashuvi, xizmat hududi
Suvni muhofaza qilish zonasi	Polygon	maydoni, huquqiy maqomi
Sohilbo'yi mintaqasi	Polygon	kengligi, maydoni
Ma'muriy chegaralar	Polygon	viloyat, tuman, MFY
Sug'oriladigan yerlar	Polygon	yer turi, foydalanish turi
Kanallar	Polyline	nomi, uzunligi, vazifasi

GAT xaritasini yaratish algoritmi

1. Qashqadaryo daryosining raqamli o'zanini yaratish.
2. Daryoning irmoqlarini raqamlashtirish.
3. Hidrotexnika inshootlarining koordinatalarini kiritish.
4. Suv omborlari chegaralarini raqamlashtirish.
5. Daryo bo'ylab 35 m sohilbo'yi mintaqasini buferlash.
6. 300 m gacha bo'lgan muhofaza zonasini buferlash.
7. Suvni muhofaza qilish zonasining hujjatlarda ko'rsatilgan chegaralari bilan solishtirish.
8. Ma'muriy chegaralar bilan overlay tahlilini bajarish.
9. Sug'oriladigan yerlar bilan kesishuvchi qismlarni aniqlash.
10. Yakuniy tematik xaritani ishlab chiqish [11].

Bu yondashuv suv obyektlarini raqamli xaritalash, ularning hududiy chegaralarini aniqlash va monitoring qilish imkonini beradi. GAT asosida gidrologik ma'lumotlar bazasini yaratish va raqamli monitoring xaritalarini ishlab chiqish O'zbekiston yer usti suvlarini monitoring qilish bo'yicha tadqiqotlarda ham ilmiy yo'nalish sifatida ko'rsatilgan.

Muhokama. Tadqiqot natijalari Qashqadaryo daryosining suv resurslarini boshqarishda uchta o'zaro bog'liq yo'nalish — gidrologik boshqaruv, yer resurslaridan foydalanish va hududiy geoaxborot monitoringini yagona tizimga birlashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Birinchidan, daryoning suv rejimi mavsumiy xarakterga ega. Suv oqimining katta qismi mart–iyun oylariga to'g'ri kelishi bahorgi suvlarni tartibga solish va keyingi vegetatsiya davrida foydalanish masalasini dolzarb qiladi. Shu jihatdan suv omborlari va gidrotexnika inshootlari suv resurslarini vaqt bo'yicha qayta taqsimlashda muhim vosita hisoblanadi.

Ikkinchidan, daryo suvlaridan foydalanish irrigatsiya tizimlari bilan bevosita bog'langan. Shu sababli suv obyektlari, kanallar, gidrouzellar va sug'oriladigan yerlarni alohida-alohida emas, balki yagona hududiy tizim sifatida tahlil qilish zarur.

Uchinchidan, suvni muhofaza qilish zonalarining mavjudligi ushbu hududlarda yer resurslaridan foydalanishni tartibga solishni talab qiladi. 981-son qaror suv obyektlarini zararli

ta'sirlardan muhofaza qilish va suvni muhofaza qilish zonalarini belgilashning huquqiy asoslarini mustahkamlaydi.

To'rtinchidan, GAT texnologiyalaridan foydalanish mavjud ma'lumotlarni yagona raqamli tizimda birlashtirish imkonini beradi. Bunda daryo o'zani, suv omborlari, gidrouzellar, nasos stansiyalari, suvni muhofaza qilish zonalar va yer resurslari yagona koordinata tizimida tasvirlanadi.

Bu yondashuvning ilmiy-amaliy ahamiyati shundaki, kelgusida suv resurslaridan foydalanish samaradorligi, muhofaza zonalariga rioya qilinishi, noqonuniy qurilishlar, sug'oriladigan yerlarning suv obyektlariga nisbatan joylashuvi va gidrotexnika inshootlarining xizmat hududlarini fazoviy tahlil qilish imkoniyati paydo bo'ladi.

Xulosa. Tadqiqot natijalariga ko'ra, Qashqadaryo daryosi Qashqadaryo viloyatining asosiy tabiiy suv manbalaridan biri bo'lib, uning suv resurslari qishloq xo'jaligi va irrigatsiya tizimlari uchun muhim ahamiyatga ega.

Qashqadaryo daryosining umumiy uzunligi 378 km, tekislik qismidagi oqim miqdori 50 m³/s yoki yiliga 1575 mln m³ ni tashkil etadi. Daryo qor, kichik muzliklar va bahorgi yog'inlar hisobiga to'yinadi hamda suv oqimining asosiy qismi bahor oylariga to'g'ri keladi.

Daryoning mavsumiy suv rejimini tartibga solishda Chimg'o'rg'on suv ombori va boshqa gidrotexnika inshootlarining ahamiyati katta. Daryoda mavjud yirik gidrouzellar suvni hududlar bo'yicha taqsimlashda muhim infratuzilma sifatida xizmat qiladi.

Qashqadaryo daryosining suvni muhofaza qilish zonasi 13 107 gektar, sohilbo'yi mintaqasi esa 1568 gektarni tashkil etadi. Ushbu hududlardan foydalanish suv obyektlarini muhofaza qilish talablariga muvofiq amalga oshirilishi lozim.

Tadqiqotning asosiy ilmiy-amaliy xulosasi shundan iboratki, Qashqadaryo daryosi suv va yer resurslarini boshqarishda GAT asosidagi yagona geoaxborot bazasini yaratish maqsadga muvofiq. Ushbu bazada gidrologik obyektlar, gidrotexnika inshootlari, muhofaza zonalar, irrigatsiya tarmoqlari va yer resurslari o'zaro bog'langan holda aks ettirilishi kerak.

Kelgusidagi tadqiqotlarda masofadan zondlash ma'lumotlari, raqamli relyef modeli, yuqori aniqlikdagi kosmik suratlar va GIS-based spatial analysis yordamida Qashqadaryo daryosi bo'yidagi yer foydalanish holatini, suv obyektlarining o'zgarishini va muhofaza zonalariga rioya qilinishini monitoring qilish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hikmatov F.H., Yunusov G'.X., Raxmonov K.R. Gidrologik bashorat. – Toshkent: Faylasuflar nashriyoti, 2013. – 144 b. UDK 556.5(075).
2. Hikmatov F., Aytbayev D., Yunusov G'. Gidrologiya va gidrometriya. – Toshkent: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2007. – 264 b.
3. Hikmatov F. Daryolar gidrologiyasi. – Toshkent: Universitet, 2017. Daryolar morfologiyasi, suv oqimi, suv bilan ta'minlanish manbalari va suv resurslaridan oqilona foydalanish masalalari yoritilgan.
4. Shonazarov J.Y., Bobojonov N.Sh. Qashqadaryo viloyatining suv resurslari. 2024. ISSN 2720-6874. Qarshi davlat texnika universiteti elektron repozitoriyasi.
5. Avlakulov M., Egamberdiyev J. Suv omborining gidrologik ko'rsatkichlari uning ta'sir zonasidagi yerlar meliorativ holatiga ta'sirini o'rganish (Qashqadaryo viloyati Qamashi suv ombori misolida). Innovatsion texnologiyalar, 62(2), 2026, 77–82. DOI: 10.70769/2181-4732.ITJ.2026-2.10.
6. Poyanov J. Yer osti suvlarini o'rganishning ilmiy-amaliy masalalari (Qashqadaryo vohasi misolida). Наука и инновации, 1(22), 2023, 68–72.
7. Bazarov S.S. Sug'oriladigan yerlar unumdorligini oshirishda suv resurslaridan foydalanish samaradorligini iqtisodiy tahlil qilish (Qashqadaryo viloyati misolida). Zamonaviy dunyoda ilm-fan va texnologiya, 4(20), 2025.
8. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 11-dekabrda 981-son qarori. O'zbekiston Respublikasi hududidagi suv obyektlarining suvni muhofaza qilish va sanitariya-muhofaza zonalarini belgilash tartibi to'g'risidagi nizomni tasdiqlash haqida.

9. J.Urinov, I.E.Qodirov, N.Sh.Rasulov Qishloq xo'jaligi yerlarini xatlovdan o'tkazish va elektron xaritalarini yaratish masalalar // AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKAR KARANTINI Ilmiy-amaliy jurnal №1 [108], 2025

10. UNDP Uzbekistan. Textbook on Water Reservoirs Hydrology. 2020. Suv omborlari yordamida daryo oqimini boshqarish, gidrologik ko'rsatkichlar va GAT texnologiyalaridan foydalanish masalalari yoritilgan.

11. I.E.Qodirov, N.Sh.Rasulov Gat dasturlarida suvni muhofaza qilish zonalarini monitoring qilish. // Sharq geografiya jurnalining ISSN 2181-27 64 2025. DOI: <https://doi.org/10.55640/oig/vol-05issue-01-01>

12. Qodirov I.E., Rasulov N.Sh. Qurg'oqchil mintaqalar sug'orishida foydalaniladigan shahar oqava suvlarini tozalash va tuproq osti sug'orishning afzalliklari. "Ilm-fan muammolari tadqiqotchilar talqinida" mavzusidagi respublika ilmiy konferensiyasi 2026. 12-16b

13. Qodirov I.E., Rasulov N.Sh. Biologik tozalangan oqava suvning aynimaslik shartlari va uni sug'orish tarmog'ida saqlash. INTELLINOVA GLOBAL CONFERENCE. INTELLINOVA 2026. 13-15b. <http://intellinova.totalh.net/index.php/intellinova/article/view/28>

14. <https://scholar.google.com/citations?user=4frqwg0AAAAJ&hl=ru>

15. <https://scholar.google.com/citations?user=4frqwg0AAAAJ&hl=ru>

16. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=4frqwg0AAAAJ&citation_for_view=4frqwg0AAAAJ:IjCSPb-OG44C

O'SIMLIK URUG'LARIDAN MOY OLIISH USULLARI: ULARNING QIYOSIY TAHLILI VA ETIL SPIRT BILAN EKSTRAKSIYA QILISHNING AFZALLIKLARI

**Serkayev Qamar Pardayevich¹, Meyliyev Ahror Shodiyonovich²,
Yulduz Boynazarova Anvarovna³**

¹Toshkent kimyo-texnologiya institute, professor.

^{2,3}Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston, E-mail:
ahrormeyliyev013@gmail.com

Annotatsiya. O'simlik moylari oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika va biotexnologiyada muhim ahamiyatga ega xomashyo hisoblanadi. Urug'lardan moy ajratib olish usuli nafaqat chiqim miqdoriga, balki mahsulot sifati, xavfsizligi va jarayonning ekologik ta'siriga ham bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ushbu maqolada o'simlik urug'laridan moy olishning asosiy usullari - sovuq va issiq presslash, n-geksan bilan ekstraktsiya, Tahlil shuni ko'rsatadiki, etanol universal yechim emas, balki harorat, konsentratsiya va jarayon parametrlarini optimallashtirish orqali sanoatda amaliy tatbiq etilishi mumkin bo'lgan istiqbolli muqobil erituvchidir.

Kalit so'zlar: o'simlik moyi; urug'; sovuq presslash; n-geksan; etanol ekstraktsiyasi; Soxhlet usuli; ultratovush ekstraktsiyasi; suvli-fermentativ ekstraktsiya; moy chiqimi; ekologik erituvchi; oziq-ovqat texnologiyasi; qayta tiklanuvchi erituvchi.

Аннотация. Растительные масла являются важным сырьём для пищевой промышленности, фармацевтики и биотехнологии. Метод извлечения масла из семян напрямую влияет не только на выход продукта, но и на его качество, безопасность и экологическое воздействие процесса. Проведённый анализ показывает, что этанол не является универсальным решением, но представляет собой перспективный альтернативный растворитель, промышленное применение которого возможно при оптимизации температуры, концентрации и других параметров процесса экстракции.

Ключевые слова: растительное масло; семена; холодное прессование; н-гексан; этанольная экстракция; метод Сокслета; ультразвуковая экстракция; водно-ферментативная экстракция; выход масла; экологичный растворитель; пищевая технология; возобновляемый растворитель.

Abstract. Vegetable oils are an important raw material for the food, pharmaceutical, and biotechnology industries. The method used to extract oil from seeds directly affects not only the yield but also the quality, safety, and environmental impact of the process. This article presents a comparative analysis, based on scientific literature, of the main methods for extracting oil from plant seeds - cold and hot mechanical pressing, n-hexane extraction, the Soxhlet method, aqueous enzymatic extraction, and modern techniques involving, ultrasound, and microwave treatment. The analysis shows that ethanol is not a universal solution but a promising alternative solvent whose industrial application depends on optimizing temperature, concentration, and other process parameters.

Keywords: vegetable oil; oilseeds; cold pressing; n-hexane; ethanol extraction; Soxhlet method; ultrasound-assisted extraction; aqueous enzymatic extraction; oil yield; green solvent; food technology; renewable solvent.

Kirish. O'simlik moylari inson ovqatlanishida, farmatsevtika sanoatida hamda kosmetika va biotexnologik ishlab chiqarishda muhim xomashyo hisoblanadi [1]. Urug' tarkibidagi lipidlar miqdori va tarkibi o'simlik turiga qarab keng chegaralarda o'zgaradi, biroq ularni samarali va sifatli ajratib olish ko'p jihatdan qo'llaniladigan texnologik usulga bog'liq. Moy olish usulining tanlanishi nafaqat chiqim miqdoriga, balki olingan mahsulotning fizik-kimyoviy sifatiga, xomashyoda qolgan oqsil fraksiyasining sifatiga, jarayonning energiya sarfiga hamda ishlab chiqarish xavfsizligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [2].

Sanoatda eng keng tarqalgan usul - n-geksan bilan ekstraksiya - yuqori chiqim va past tannarx bilan ajralib tursa-da, uning neyrotoksik ta'siri, yonuvchanligi va portlash xavfi, shuningdek atrof-muhitga salbiy ta'siri sababli ushbu erituvchini cheklash yoki almashtirish masalasi so'ngi o'n yillikda ilmiy jamoatchilik e'tiborini jalb qilmoqda [3].

O'simlik urug'laridan moy olishning asosiy usullarini ilmiy manbalar asosida qiyosiy tahlil qilish va etanol bilan ekstraksiyaning texnologik, iqtisodiy hamda ekologik afzalliklari bilan bir qatorda uning cheklovlarini ham obyektiv yoritishdan iborat. Quyidagi 1-rasmda o'simlik urug'idan moy olishning umumiy texnologik sxemasi keltirilgan bo'lib, ular: (1) mavjud moy olish usullarini tizimlashtirish; (2) ularning afzallik va kamchiliklarini solishtirish; (3) etanol ekstraksiyasi samaradorligiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrlarni aniqlash; (4) sanoatga tatbiq etish imkoniyatlarini baholashdan iborat [4].

1-rasm. O'simlik urug'idan moy olishning umumiy texnologik sxemasi



Muallif tomonidan ilmiy manbalar (Nde and Foncha, 2020; Cravotto et al., 2023) asosida tuzildi.

Mexanik presslash - moy olishning eng qadimiy va sanoatda keng qo'llaniladigan usullaridan biri. Sovuq presslash jarayonida urug' odatda 60 °C dan oshmaydigan haroratda presslanadi, bu esa moydagi tabiiy antioksidantlar va ta'm-hid xususiyatlarini saqlab qolishga imkon beradi, biroq moy chiqimi issiq presslashga nisbatan pastroq bo'ladi.

Issiq presslash urug'ni oldindan qizdirish orqali hujayra devorlarini yumshatadi va moy chiqimini oshiradi, ammo bu holda termik yemirilish mahsulotlari hosil bo'lish xavfi ortadi. n-Geksan bilan ekstraksiya deyarli to'liq moy chiqimini (odatda 98–99 % darajasida) ta'minlaydi va past qaynash harorati (69 °C) tufayli erituvchini distillash nisbatan kam energiya talab qiladi.

Biroq n-geksan xavfli moddalar tasnifida yonuvchan va zaharli modda sifatida belgilangan (H225, H304, H315, H336 va boshqa xavf kodlari); uning neyrotoksik ta'siri bir necha Yevropa mamlakatlarida kasbiy kasallik sifatida rasman qayd etilgan. Suvli-fermentativ ekstraksiya usulida hujayra devorlarini parchalash uchun sellyulaza, pektinaza yoki proteaza kabi fermentlardan foydalaniladi, bu esa organik erituvchisiz yoki uning miqdorini minimallashtirgan holda moy ajratib olish imkonini beradi [5].

Pion (*Paenia*) urug'i moyini etanol yordamida kuchaytirilgan suvli-fermentativ ekstraksiya usulida ajratib olishni o'rgangan va bu yondashuvning moy sifatini saqlagan holda chiqimni oshirishini ko'rsatgan. Usulning kamchiligi - fermentlarning yuqori narxi va jarayon davomiyligining boshqa usullarga nisbatan kattaroq bo'lishi.

Superkritik CO_2 bilan ekstraksiya erituvchi qoldig'i muammosini deyarli butunlay bartaraf etadi, chunki CO_2 atmosfera bosimida gazsimon holatga o'tib, mahsulotda qoldiq qoldirmaydi. Bu usul harorat va bosimni nozik boshqarish orqali oksidlanishga moyil bo'lgan bioaktiv birikmalarni saqlab qolishga imkon beradi, biroq yuqori bosimli uskunalarning qimmatligi sanoatga keng joriy etilishini cheklaydi. Ultratovush va mikroto'lqin yordamidagi ekstraksiya kavitatsiya yoki dielektrik qizishi hisobiga hujayra strukturasini buzib, ekstraksiya vaqtini qisqartiradi va erituvchi sarfini kamaytiradi, biroq bu usullar hozircha asosan laboratoriya va pilot miqyosida qo'llanilmoqda [6].

Etanol bilan ekstraksiya samaradorligi bir qator parametrlarga - erituvchi konsentratsiyasi, harorat, vaqt, zarracha o'lchami, erituvchi/xomashyo nisbati, aralashtirish intensivligi va erituvchini qayta tiklash usuliga bog'liq.

Xorijiy olimlar esa raps urug'ini 95,6% li etanol-suv azeotropi bilan 95 °C haroratda ekstraksiya qilib, atigi 10 daqiqada deyarli to'liq moy chiqimiga erishgan; shu bilan birga, ular miscellani (erituvchi-moy aralashmasini) to'liq distillashsiz, faqat sovutish orqali ikki fazaga - moyga boy va erituvchiga boy fazalarga - ajratish mumkinligini ko'rsatgan (HECS - issiq etanol ekstraksiyasi va sovutish orqali ajratish usuli).

Adabiyotlarda keltirilishicha moyning etanol-suv azeotropidagi eruvchanligi xona haroratida 2 vazn foizdan past bo'lib, 90 °C da 11,3 vazn foizgacha ortadi - bu esa haroratning etanol ekstraksiyasi samaradorligidagi hal qiluvchi rolini ko'rsatadi. Shu bilan birga, etanolning n-geksanga nisbatan pastroq uchuvchanligi erituvchini bug'lantirish uchun ko'proq energiya talab qilishiga olib keladi, shuning uchun ekologik toza erituvchi tushunchasini ehtiyotkorlik bilan qo'llash lozim: etanol ba'zi jihatlardan n-geksandan afzal bo'lsa-da, uning ham o'ziga xos energiya va texnologik cheklovlari mavjud [7].

2-rasm. Etil spirti bilan ekstraksiya jarayoni



Muallif tomonidan Citeau va boshq. (2018) ma'lumotlari asosida tuzildi.

1-jadvalda keltirilgan solishtirma tahlildan ko'rinadiki, mexanik presslash usullari xavfsiz, ammo nisbatan past chiqim beradi; n-geksan yuqori chiqim va past energiya sarfi bilan ajralib turadi, biroq toksiklik va ekologik xavf jihatidan eng zaif nuqtaga ega; superkritik CO_2 va fermentativ usullar yuqori xavfsizlikni ta'minlasa-da, sanoatga joriy etilishi hozircha cheklangan. Etanol ekstraksiyasining samaradorligiga eng ko'p ta'sir qiluvchi parametr - jarayon harorati hisoblanadi. Citeau ma'lumotlariga ko'ra, ekstraksiya uchun zarur bo'lgan minimal erituvchi/xomashyo nisbati etanol uchun 1,9 vazn/vazn, an'anaviy n-geksan ekstraksiyasi uchun esa 0,8 vazn/vaznni tashkil etadi. Shu bilan birga,

HECS usuli (sovutish orqali ajratish) qo‘llanilganda, erituvchini bug‘lantirish uchun zarur energiya miqdori etanol uchun n-geksanga nisbatan taxminan 0,12 baravar past bo‘lishi mumkin, chunki bu holda faqat miscellaning kichik bir qismi (og‘ir faza, umumiy massaning 9–10%) distillashni talab qiladi [8-9].

1-jadval

O‘simlik urug‘laridan moy olish usullarining qiyosiy tahlili

Usul	Prinsip	Moy chiqimi / Vaqt	Energiya / Xavfsizlik-ekologiya	Sanoatga moslik	Asosiy kamchiligi (manba)
Sovuq presslash	Mexanik bosim, past harorat (<60°C)	O‘rtacha/past	Past energiya, erituvchisiz - yuqori xavfsizlik	Yuqori, keng qo‘llaniladi	Chiqim past (Nde and Foncha, 2020)
Issiq presslash	Oldindan qizdirish + mexanik bosim	Sovuqqa nisbatan yuqoriroq	O‘rta energiya, xavfsiz	Yuqori	Termik yemirilish xavfi (Cravotto et al., 2023)
n-Geksan ekstraksiyasi	Organik erituvchida erish	Yuqori (98–99%)	Past energiya, lekin toksik/yonuvchan	Juda yuqori, sanoat standarti	Neyrotoksiklik, ekologik xavf (Cravotto et al., 2022)
Soxhlet ekstraksiyasi	Uzluksiz aylanma erituvchili ekstraksiya	Yuqori (laboratoriya)	Yuqori energiya, uzoq vaqt	Past (faqat laboratoriya)	Vaqt va erituvchi sarfi yuqori
Suvli-fermentativ ekstraksiya	Ferment yordamida hujayra devorini parchalash	O‘rta–yuqori	O‘rta energiya, erituvchisiz/kam erituvchi	O‘rta, rivojlanmoqda	Ferment narxi yuqori (Song et al., 2019)
Superkritik CO ₂	Yuqori bosimda CO ₂ erituvchi sifatida	O‘rta–yuqori (turga bog‘liq)	Yuqori bosim energiyasi, qoldiqsiz	O‘rta, uskuna qimmat	Yuqori boshlang‘ich xarajat (Ahangari et al., 2021)
Ultratovush / mikroto‘lqin	Kavitatsiya yoki dielektrik qizish orqali intensivikasiya	O‘rta	O‘rta-past energiya, xavfsiz	Past–o‘rta (asosan pilot)	Sanoat miqyosida masshtablash muammosi (Rodríguez-Blázquez et al., 2025)
Etanol ekstraksiyasi	Polyar erituvchida erish; haroratga kuchli bog‘liq	Optimallashtiрилganda yuqori (95°C, 10 daq)	Distillatsiya uchun yuqori energiya, lekin kam toksik	O‘rta, sanoatlash tirish jarayonida	Past haroratda past eruvchanlik (Citeau et al., 2018)

Xulosa. Olib borilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, moy olish usulini tanlash yagona “Eng yaxshi” yechimga emas, balki xomashyo turi, talab qilinadigan mahsulot sifati, sanoat quvvati va ekologik-iqtisodiy sharoitlarga bog‘liq murakkab tanlovga asoslanishi kerak. Mexanik presslash sodda va

xavfsiz, biroq chiqimi cheklangan; n-geksan yuqori chiqim va past energiya sarfini ta'minlaydi, biroq toksikligi va ekologik xavfi tufayli tartibga soluvchi organlar tomonidan tobora ko'proq nazorat ostiga olinmoqda. Xususan, uzum urug'i, amarant urug'i, qora zira (*Nigella sativa*), piyoz (*Allium cepa*), kunjut va zig'ir kabi mahalliy ahamiyatga ega yog'li ekinlar uchun bunday parametrlar hozircha yetarlicha o'rganilmagan bo'lib, bu yo'nalish kelajakdagi eksperimental tadqiqotlar uchun dolzarb bo'lib qolmoqda.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Ahangari, H., King, J. W., Ehsani, A., and Yousefi, M. (2021). Supercritical fluid extraction of seed oils – A short review of current trends. *Trends in Food Science and Technology*, 111, 249–260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.066>
2. Citeau, M., Albe Slabi, S., Joffre, F., and Carré, P. (2018). Improved rapeseed oil extraction yield and quality via cold separation of ethanol miscella. *OCL*, 25(2), D207. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018012>
3. Codex Alimentarius Commission. (1999). Codex standard for named vegetable oils (CXS 210-1999). FAO/WHO.
4. Cravotto, C., Claux, O., Bartier, M., Fabiano-Tixier, A.-S., and Tabasso, S. (2023). Leading edge technologies and perspectives in industrial oilseed extraction. *Molecules*, 28(16), 5973. <https://doi.org/10.3390/molecules28165973>
5. Cravotto, C., Fabiano-Tixier, A.-S., Claux, O., Abert-Vian, M., Tabasso, S., Cravotto, G., and Chemat, F. (2022). Towards substitution of hexane as extraction solvent of food products and ingredients with no regrets. *Foods*, 11(21), 3412. <https://doi.org/10.3390/foods11213412>
6. Nde, D. B., and Foncha, A. C. (2020). Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. *Processes*, 8(2), 209. <https://doi.org/10.3390/pr8020209>
7. Rodríguez-Blázquez, S., Gómez-Mejía, E., Rosales-Conrado, N., and León-González, M. E. (2025). Recent insights into eco-friendly extraction techniques for obtaining bioactive compounds from fruit seed oils. *Foods*, 14(13), 2271. <https://doi.org/10.3390/foods14132271>
8. Song, Y., Zhang, W., Wu, J., Admassu, H., Liu, J., Zhao, W., and Yang, R. (2019). Ethanol-assisted aqueous enzymatic extraction of peony seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(6), 595–606. <https://doi.org/10.1002/aocs.12204>
9. Toda, T. A., Sawada, M. M., and Rodrigues, C. E. C. (2016). Kinetics of soybean oil extraction using ethanol as solvent: Experimental data and modeling. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 1–

UZUM URUG'INING KIMYOVIY TARKIBI, BIOLOGIK FAOL MODDALARI VA QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYALARI: ADABIYOTLAR SHARHI

Meyliyev Ahror Shodiyonovich

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston,
e-mail: ahormeyliyev013@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada uzum (*Vitis vinifera* L.) urug'ining oziq-ovqat va texnologik xomashyo sifatidagi ahamiyati, kimyoviy tarkibi, moy fraksiyasi, polifenolik birikmalari hamda uzum urug'idan moy olishning an'anaviy va zamonaviy usullari bo'yicha ilmiy adabiyotlar tahlili keltirilgan. Uzum urug'i moyining miqdori nav, yetishtirish sharoiti va ekstraksiya texnologiyasiga qarab o'zgaradi. Mexanik presslash, erituvchi ekstraksiyasi, ultratovush va mikroto'lqin yordamidagi ekstraksiya ushbu xomashyoni qayta ishlashning asosiy yo'nalishlari hisoblanadi.

Kalit so'zlar: uzum urug'i, *Vitis vinifera* L., uzum urug'i moyi, linoleik kislota, polifenollar, proantotsianidinlar, tokoferol, fitosterol, sovuq presslash, ekstraksiya, funksional oziq-ovqat.

Аннотация. В статье представлен анализ научной литературы, посвящённой значению семян винограда (*Vitis vinifera* L.) как пищевого и технологического сырья, их химическому составу, масляной фракции, полифенольным соединениям, а также традиционным и современным методам получения масла из виноградных семян. Содержание масла в

виноградных семенах варьирует в зависимости от сорта, условий выращивания и технологии экстракции. Механическое прессование, экстракция растворителями, ультразвуковая и микроволновая экстракция являются основными направлениями переработки данного сырья.

Ключевые слова: виноградные семена, *Vitis vinifera* L., масло из виноградных семян, линолевая кислота, полифенолы, проантоцианидины, токоферол, фитостеролы, холодное прессование, экстракция, функциональные продукты питания.

Abstract. This article presents a review of the scientific literature on the importance of grape seeds (*Vitis vinifera* L.) as a food and technological raw material, their chemical composition, oil fraction, polyphenolic compounds, and traditional and modern methods for extracting oil from grape seeds. The oil content of grape seeds varies depending on the grape variety, growing conditions, and extraction technology. Mechanical pressing, solvent extraction, ultrasound-assisted extraction, and microwave-assisted extraction are among the main approaches used for processing this raw material.

Keywords: grape seeds, *Vitis vinifera* L., grape seed oil, linoleic acid, polyphenols, proanthocyanidins, tocopherol, phytosterols, cold pressing, extraction, functional foods.

Kirish. Uzumni qayta ishlash, ayniqsa vino va sharbat ishlab chiqarish jarayonlarida, sezilarli miqdorda ikkilamchi o'simlik xomashyosi hosil bo'ladi. Uzum urug'i ana shunday qo'shimcha xomashyo bo'lib, uning tarkibida oziqaviy va biologik faol komponentlar mavjudligi sababli uni oddiy chiqindi sifatida emas, balki yuqori qo'shilgan qiymatli mahsulotlar olish uchun resurs sifatida baholash mumkin. Ilmiy adabiyotlarda uzum urug'lari moy, oqsil, tola va fenol birikmalarga boyligi qayd etilgan [1].

Uzum urug'ining texnologik ahamiyati uning ikki xil qimmatli fraksiyasiga bog'liq: lipid fraksiyasi va polifenolga boy qattiq fraksiya. Moy tarkibida asosan to'yinmagan yog' kislotalari, xususan linolen kislotasi ko'pligi bilan ajralib turadi; urug'ning boshqa qismlarida esa proantotsianidinlar, katexin va epikatexin kabi fenol moddalar uchraydi. Shu sababli uzum urug'ini qayta ishlashda faqat moy olish emas, balki barcha fraksiyalarni kompleks foydalanish muhim hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi uzum urug'ining kimyoviy tarkibi va biologik faol komponentlarini, uzum urug'i moyining xususiyatlarini hamda moy olish texnologiyalarining istiqbollari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilishdan iborat.

Uzum urug'ining kimyoviy tarkibi. Uzum urug'ining tarkibi uzum navi, yetishtirish hududi, hosil yili va tahlil usuliga qarab farqlanadi. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, quruq urug' tarkibidagi moy miqdori taxminan 8–20% oralig'ida qayd etilgan. Boshqa tadqiqotlarda esa 13–19% ekanligi ham keltirilgan [2]. Shuning uchun texnologik hisob-kitoblarda bitta qat'iy qiymatni emas, mahalliy xomashyoning laboratoriya natijasini asos qilib olish maqsadga muvofiq.

1-jadval.

Uzum urug'ining asosiy oziqaviy va biofaol xususiyatlari bo'yicha adabiyotlarda qayd etilgan ma'lumotlar

Ko'rsatkich	Adabiyotlarda qayd etilgan qiymat/xususiyat
Moy	8–20 % (quruq asosda)
Oqsil	11 %
Oziq tolasi	35–40 % yoki undan yuqori qiymatlar
Fenolik birikmalar	Proantotsianidinlar, katexin, epikatexin va boshqalar
Linoleik kislota	65–75% (moydagi yog' kislotalari)
Oleik kislota	20–40 %
To'yingan yog' kislotalari	10 %
Tokoferol/Vitamin E	1–53 mg /100 g moy
Fitosterollar	2–11 mg/g moy

Uzum urug'ining fenol fraksiyasi ham alohida ahamiyat kasb etadi. Proantotsianidinlar, katexin, epikatexin va boshqa fenol birikmalar urug'ning antioksidant qiymatini belgilovchi asosiy

komponentlar sifatida o'rganilgan. Biroq fenol moddalar moyning o'zida qattiq fraksiyaga nisbatan kamroq bo'lishi mumkin va ularning moyga o'tishi ekstraksiya, quritish hamda keyingi tozalash jarayonlariga bog'liq [3].

Jadvaldan ko'rinadiki, uzum urug'i bir vaqtning o'zida moy va fenol birikmalarga boy xomashyo hisoblanadi. Ayniqsa, moyning yuqori darajadagi to'yinmaganligi uni oziq-ovqat va funksional ingredient sifatida o'rganish juda muhim. Biroq yuqori to'yinmaganlik oksidlanishga sezgirlikni ham oshiradi, shu sababli moyni olishdan keyingi filtrlash, qadoqlash va saqlash sharoitlari texnologik jarayonning muhim qismi hisoblanadi.

Uzum urug'i moyining yog' kislotalari va biofaol komponentlari. Uzum urug'i moyining asosiy xususiyati - to'yinmagan yog' kislotalarining yuqori ulushidir. Adabiyotlarda jami to'yinmagan yog' kislotalar taxminan 90% ga yaqin bo'lishi, linol kislota 65–75%, olein kislota esa 20–40% atrofida bo'lishi ko'rsatilgan. Ushbu ko'rsatkichlar uzum navi va urug'ni qayta ishlash sharoitiga qarab o'zgarishi mumkin.

Moyning tarkibida tokoferollar va tokotrienollar, shuningdek fitosterollar mavjud. Ayrim adabiyotlarda uzum urug'i moyidagi vitamin E miqdori 1–53 mg/100 g oralig'ida berilgan. Fitosterollardan β -sitosterol, stigmasterol va kampesterol asosiy komponentlar sifatida qayd etilgan [4]. Ushbu komponentlarning miqdori xomashyoni saqlash va qayta ishlashga ham bog'liq bo'ladi.

Polifenollar va uzum urug'ining funksional ahamiyati. Uzum urug'i polifenollarning muhim manbalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa proantotsianidinlar, katexin va epikatexin kabi flavan-3-ollar ko'plab tadqiqotlarda asosiy biofaol birikmalar sifatida ko'rsatilgan. Ushbu moddalar erkin radikallarni tutib qolish qobiliyati bilan bog'liq antioksidant xususiyatlari sababli oziq-ovqat, nutrasevtika va kosmetika yo'nalishlarida o'rganilmoqda.

Uzum urug'idan moy olish usullari. Uzum urug'idan moy olishning an'anaviy usullariga mexanik presslash va organik erituvchi ekstraksiyasi kiradi. Mexanik presslash texnologik jihatdan sodda va erituvchi qoldig'i bilan bog'liq muammolarni kamaytiradi, biroq urug' tarkibidagi moyni to'liq ajratib olish darajasi erituvchi yoki superkritik ekstraksiyaga nisbatan pastroq bo'lishi mumkin.

Erituvchi ekstraksiyasi yuqori moy chiqishini ta'minlaydi, ammo erituvchining xavfsizligi, regeneratsiyasi va qoldiq miqdorini nazorat qilish talab etiladi.

Ultratovush va mikroto'lqin yordamidagi ekstraksiya usullari hujayra tuzilishini buzish va massa almashinuvini jadallashtirish orqali ekstraksiya jarayonini intensivlashtirishga qaratilgan. [5].

2-jadval.

Uzum urug'idan moy olish usullarining qiyosiy tavsifi

Usul	Asosiy afzallik	Asosiy cheklov
Mexanik presslash	Sodda, erituvchisiz	Moy chiqimi to'liq bo'lmasligi mumkin
Organik erituvchi	Yuqori ekstraksiya samaradorligi	Erituvchi qoldig'i va regeneratsiya talabi
Ultratovush	Massa almashinuvini jadallashtiradi	Energiya va rejim optimallasuvi zarur
Mikroto'lqin	Tez qizdirish va hujayra strukturasiga ta'sir	Mahalliy qizib ketish xavfi

Qayta ishlashning istiqbolli yo'nalishlari. Uzum urug'ini kompleks qayta ishlashda xomashyoning barcha fraksiyalaridan foydalanish muhim. Moy ajratilgandan keyingi qattiq fraksiya tarkibida oqsil, tola va polifenol komponentlar saqlanib qoladi. Shu sababli uni oziq-ovqat ingredientlari, tolali kompozitsiyalar yoki fenol ekstraktlar olish uchun qo'shimcha xomashyo sifatida o'rganish mumkin [6].

Biroq texnologiyani tanlashda faqat moy chiqimi emas, balki oksidlanish barqarorligi, fenol komponentlarning saqlanishi, energiya sarfi, uskunaning narxi va tayyor mahsulotning oziq-ovqat xavfsizligi ham birgalikda baholanishi kerak. Shu sababli mahalliy uzum navlari uchun optimal namlik,

maydalash darajasi, presslash bosimi tezligi, oldindan ishlov rejimi va ekstraksiya jarayonining texnologik ko'rsatkichlarini tajriba asosida aniqlash maqsadga muvofiq.

Xulosa. Adabiyotlar tahlili uzum urug'ini yuqori qiymatli ikkilamchi oziq-ovqat xomashyosi sifatida baholashga asos beradi. Uning asosiy afzalliklari moy fraksiyasining mavjudligi, linol kislotaning yuqori ulushi, tokoferol va tokotrienollar, fitosterollar hamda proantotsianidinlarga boy fenol fraksiyasi bilan bog'liq. Moy miqdori va biofaol komponentlar konsentratsiyasi nav, yetishtirish sharoiti va ekstraksiya usuliga qarab o'zgaradi.

Uzum urug'idan moy olishda mexanik presslash, erituvchi ekstraksiyasi, ultratovush va mikroto'lqin yordamidagi usullar. Shu bilan birga, mahalliy xomashyo uchun iqtisodiy va texnologik jihatdan maqbul rejimlar alohida eksperimental tadqiqotlar bilan aniqlanishi kerak.

Umuman olganda, uzum urug'ini kompleks qayta ishlash moy, polifenolli ingredient va yog'sizlantirilgan qattiq fraksiyani bir vaqtning o'zida olish imkonini berishi mumkin. Bu yondashuv uzumchilik va vinochilikdagi ikkilamchi xomashyodan samarali foydalanish, oziq-ovqat chiqindilarini kamaytirish va funksional mahsulotlar assortimentini kengaytirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Garavaglia J., Markoski M.M., Oliveira A., Marcadenti A. Grape Seed Oil Compounds: Biological and Chemical Actions for Health. Nutrition and Metabolism. 2016. Vol. 13. DOI: 10.1186/s12986-016-0126-4.

[2]. Shi J., et al. Phytochemical Constituents, Health Benefits, and Industrial Applications of Grape Seeds. Antioxidants. 2017. Vol. 6, No. 3, 71. DOI: 10.3390/antiox6030071.

[3]. Bail S., et al. Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed Oil: A Functional Food from the Winemaking Industry. Molecules. 2020. (Review).

[4]. Ghafoor K., et al. Advances in Grape Seed Oil Extraction Techniques and Their Applications in Food Products: A Comprehensive Review and Bibliometric Analysis. Foods. 2024. Vol. 13, No. 22, 3561. DOI: 10.3390/foods13223561.

[5]. Gitea M.A., et al. Evaluation of the Phytochemistry–Therapeutic Activity Relationship for Grape Seeds Oil. Molecules. 2023. Vol. 28. DOI: 10.3390/molecules28020745.

[6]. Ahangari H., King J.W., Ehsani A., Yousefi M. Supercritical fluid extraction of seed oils – A short review of current trends. Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 111. P. 249–260. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.066.

[7]. Ćurko N., et al. Effect of cold pressing and supercritical CO₂ extraction assisted with pulsed electric fields pretreatment on grape seed oil yield, composition and antioxidant characteristics. LWT. 2023. Vol. 184, 114974. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114974.

O'SIMLIK XOMASHYOSINI FERMENTATSIYA QILISHNING ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARI VA BIOLOGIK FAOL BIRIKMALARNING O'ZGARISHI: FUNKSIONAL OZIQ-OVQATLAR ISTIQBOLLARI

A.X. Jabborova¹, J.B. Farmonov²

¹Qarshi davlat texnika universiteti

²Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Gmail: jabborovaa1990@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu sharhda o'simlik xomashyosini fermentatsiya qilishning mikrobiologik va texnologik asoslari, ayniqsa sut kislotali fermentatsiyaning biologik faol birikmalarga ta'siri umumlashtirildi. Meva-sabzavot matritsalarida *Lactiplantibacillus plantarum* kabi sut kislotasi bakteriyalarining moslashuvi, fenolik birikmalar biotransformatsiyasi, antioksidant faollikning o'zgarishi hamda fermentlangan ichimliklar sifatini belgilovchi asosiy omillar tahlil qilindi. Fermentatsiyaning ijobiy ta'siri har bir xomashyo–shtamm tizimida bir xil emasligi, shu bois pH, harorat, vaqt, inokulyum miqdori va substrat tarkibini kompleks optimallashtirish zarurligi ko'rsatildi. Mahalliy biologik faol o'simlik xomashyolaridan funksional ichimliklar yaratishda nazorat qilinadigan sut kislotali fermentatsiya istiqbolli yondashuv sifatida baholanadi.

Kalit soʻzlar: fermentatsiya, sut kislotasi bakteriyalari, *Lactiplantibacillus plantarum*, fenolik birikmalar, antioksidant faollik, oʻsimlik ichimliklari, funksional oziq-ovqat.

Аннотация. В данном обзоре обобщены микробиологические и технологические основы ферментации растительного сырья, особенно влияние молочнокислой ферментации на биологически активные соединения. Проанализированы адаптация молочнокислых бактерий, таких как *Lactiplantibacillus plantarum*, в матрицах фруктового и овощного сырья, биотрансформация фенольных соединений, изменения антиоксидантной активности, а также основные факторы, определяющие качество ферментированных напитков. Показано, что положительное воздействие ферментации неодинаково для каждой системы «сырьё–штамм», в связи с чем необходимо комплексно оптимизировать pH, температуру, продолжительность ферментации, количество инокулюма и состав субстрата. Контролируемая молочнокислая ферментация рассматривается как перспективный подход к созданию функциональных напитков на основе местного растительного сырья, богатого биологически активными соединениями.

Ключевые слова: ферментация, молочнокислые бактерии, *Lactiplantibacillus plantarum*, фенольные соединения, антиоксидантная активность, растительные напитки, функциональные продукты питания.

Abstract. This review summarizes the microbiological and technological foundations of plant raw material fermentation, with particular emphasis on the effects of lactic acid fermentation on biologically active compounds. The adaptation of lactic acid bacteria, particularly *Lactiplantibacillus plantarum*, in fruit and vegetable matrices, the biotransformation of phenolic compounds, changes in antioxidant activity, and the key factors determining the quality of fermented beverages are analyzed. The findings indicate that the beneficial effects of fermentation are not uniform across different raw material–strain systems; therefore, the pH, temperature, fermentation time, inoculum level, and substrate composition should be optimized comprehensively. Controlled lactic acid fermentation is considered a promising approach for developing functional beverages based on locally available plant raw materials rich in biologically active compounds.

Keywords: fermentation, lactic acid bacteria, *Lactiplantibacillus plantarum*, phenolic compounds, antioxidant activity, plant-based beverages, functional foods.

Kirish. Fermentatsiya oziq-ovqatni saqlashning qadimiy usullaridan biri boʻlsa-da, zamonaviy biotexnologiyada u xomashyo tarkibini maqsadli oʻzgartiruvchi boshqariladigan jarayon sifatida qaraladi. Mikroorganizmlar uglevodlar va boshqa oziq komponentlarini metabolizmga uchratib, organik kislotalar, uchuvchan birikmalar hamda boshqa metabolitlarni hosil qiladi. Natijada mahsulotning kislotaliligi, taʼmi, hidi, mikrobiologik barqarorligi va ayrim biologik xususiyatlari oʻzgaradi. Oʻsimlik matritsalarini fermentatsiya uchun alohida qiziqish uygʻotadi.

Meva va sabzavotlar qandlar, oziq tolalari, vitaminlar, minerallar, fenolik birikmalar va flavonoidlarga boy boʻlib, sut kislotasi bakteriyalari uchun tabiiy substrat vazifasini bajarishi mumkin.

Soʻnggi yillarda *Lactiplantibacillus plantarum* oʻsimlik asosidagi fermentatsiyalarda koʻp oʻrganilayotgan starterlardan biriga aylandi. [1-2].

Ushbu maqolaning maqsadi fermentatsiyaning asosiy mexanizmlari va texnologik omillarini ixcham tahlil qilish hamda oʻsimlik asosidagi funksional ichimliklar uchun amaliy ahamiyatini yoritishdan iborat.

Fermentatsiyaning mikrobiologik asoslari. Fermentatsiya yoʻnalishi mikroorganizmning metabolik imkoniyati, xomashyoning tarkibi va jarayon sharoitlari bilan belgilanadi. Oziq-ovqat texnologiyasida sut kislotali, spirtli, sirka kislotali va aralash fermentatsiya muhim oʻrin tutadi [3]. Oʻsimlik asosidagi funksional, ayniqsa alkogolsiz mahsulotlar uchun sut kislotali fermentatsiya koʻproq amaliy ahamiyatga ega; boshqa turlar esa asosan taʼm-aroma shakllanishi yoki maxsus mahsulot texnologiyalari bilan bogʻliq.

Sut kislotasi bakteriyalari va *L. plantarum*. Sut kislotasi bakteriyalari uglevodlarni organik kislotalarga aylantirib, muhit pH ini pasaytiradi. Bu jarayon mahsulotning saqlanish barqarorligiga yordam beradi va ta'm profilini shakllantiradi. Gomolaktik yo'nalishda asosiy mahsulot sut kislotasi bo'lsa, geterolaktik metabolizmida CO₂, etanol yoki sirka kislotasi ham hosil bo'lishi mumkin.

1-jadval

Oziq-ovqat fermentatsiyasining asosiy turlari

Fermentatsiya turi	Asosiy mikroorganizmlar	Asosiy metabolitlar	Texnologik ahamiyati
Sut kislotali	LAB: <i>L. plantarum</i> , <i>Lactocaseibacillus</i> spp., <i>Pediococcus</i> spp.	Sut kislotasi, ayrim hollarda CO ₂ , etanol/sirka kislotasi	pH pasayishi, barqarorlik, fenolik birikmalar biotransformatsiyasi
Spirтли	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> va boshqa xamirturushlar	Etanol, CO ₂ , aroma metabolitlari	Non, vino va ayrim mevali mahsulotlarda aroma va gaz hosil bo'lishi
Sirka kislotali	<i>Acetobacter</i> va yaqin guruhlar	Sirka kislotasi	Etanolning oksidlanishi, nordon mahsulotlar ishlab chiqarish
Aralash	LAB + xamirturushlar va boshqa mikroflora	Organik kislotalar, spirtlar, uchuvchan moddalar	Murakkab aroma; spontan jarayonlarda tarkibning o'zgaruvchanligi

Asosiy texnologik parametrlar. Fermentatsiya natijasi bitta omil bilan belgilanmaydi. Xomashyo tarkibi, boshlang'ich pH, harorat, fermentatsiya davomiyligi, inokulyum miqdori va kislorod rejimi o'zaro bog'liq holda mikroorganizmlarning o'sishi hamda metabolitlar profilini shakllantiradi [4]. Shu sababli amaliy tajribada parametrlarni alohida emas, tizim sifatida kuzatish maqsadga muvofiq.

2-jadval.

O'simlik substratlari fermentatsiyasida nazorat qilinadigan asosiy ko'rsatkichlar

Parametr	Jarayondagi roli	Amaliy nazorat
Xomashyo va qandlar	Mikroorganizmlar uchun substrat; kislota va metabolitlar hosil bo'lishiga ta'sir qiladi	°Brix/quruq modda, qandlar, dastlabki kislotalilik
Harorat	O'sish tezligi va fermentativ faollikni belgilaydi	<i>L. plantarum</i> uchun ko'p tizimlarda mezofil diapazon; shtammga mos tanlanadi
pH va kislotalilik	Jarayon tezligi, mikrobiologik barqarorlik va sensor nordonlikni ifodalaydi	pH dinamikasi va titrlanuvchi kislotalilik
Vaqt	Metabolitlar to'planishi va substrat sarfini belgilaydi	Ortiqcha nordonlashishdan oldin optimal nuqtani aniqlash
Inokulyum	Jarayonning tez boshlanishi va takrorlanuvchanligiga ta'sir qiladi	Starter konsentratsiyasini tajriba asosida optimallashtirish
Kislorod rejimi	LAB va aralash kulturadagi metabolik yo'nalishga ta'sir qiladi	Idishning gaz almashinuvi/aeratsiya sharoiti

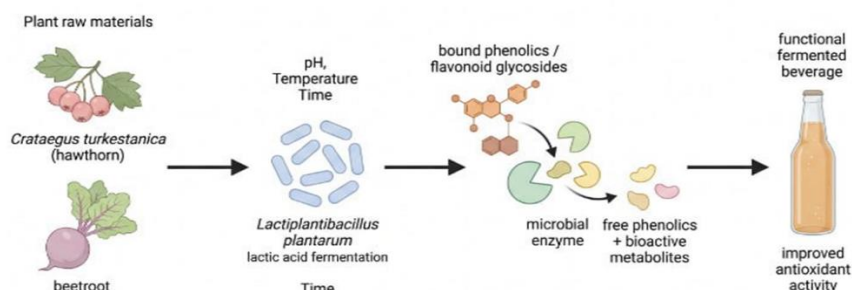
Biologik faol birikmalarning biotransformatsiyasi. O'simlik xomashyosidagi fenolik birikmalar erkin va bog'langan shakllarda uchraydi. Fermentatsiya vaqtida mikroorganizmlar va ularning fermentlari hujayra matritsasini qisman parchalashi, glikozidlarni gidrolizlashi yoki ayrim aromatik kislotalarni boshqa metabolitlarga aylantirishi mumkin. Antioksidant faollik ayrim tizimlarda ortadi, boshqalarida esa o'zgarmaydi yoki kamayadi. Bu farq xomashyo tarkibi, shtamm va jarayon sharoitlariga bog'liq [5].

Fermentatsiya vaqtida biologik faol birikmalarda kuzatilishi mumkin bo'lgan o'zgarishlar

Mexanizm	Kutiladigan o'zgarish	Talqin qilishda ehtiyot nuqta
Bog'langan fenollarning ajralishi / glikozid gidrolizi	Erkin fenolik shakllar va eruvchanlik ortishi mumkin	Umumiy miqdor oshishi barcha individual birikmalar oshganini anglatmaydi
Mikrobial dekarboksillanish yoki reduksiya	Yangi fenolik metabolitlar hosil bo'lishi mumkin	Metabolitlarning biologik faolligi alohida baholanishi zarur
Oksidlanish yoki mikroorganizmlar tomonidan iste'mol	Ayrim fenollar va antioksidant faollik kamayishi mumkin	Jarayon va saqlash sharoitlarini ajratib talqin qilish kerak
Matritsaning yumshashi va ekstraktlanishning yaxshilanishi	Analitik usulda ko'proq fenol aniqlanishi mumkin	Bu har doim yangi birikma sintezi degani emas

O'simlik asosidagi fermentlangan ichimliklar. Fermentlangan meva-sabzavot ichimliklari sut mahsulotlariga muqobil funksional mahsulotlar segmentida istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. LAB bilan fermentatsiya qandlarning bir qismini organik kislotalarga aylantiradi, pH ni pasaytiradi va aroma profilini o'zgartiradi; xamirturushlar ishtirok etsa, etanol hamda uchuvchan aroma birikmalari hosil bo'lishi mumkin [6]. Mahalliy biologik faol meva xomashyolarini, jumladan *Crataegus turkestanica* turkumiga mansub turlarni, sut kislotali fermentatsiya uchun o'rganish ilmiy-amaliy jihatdan qiziq yo'nalishdir. Bunda asosiy vazifa “fermentatsiyadan keyin antioksidantlik oshdi” degan umumiy xulosadan ko'ra, qaysi fenolik komponentlar qanday o'zgargani, qaysi parametrlar bu o'zgarishni boshqargani va hosil bo'lgan ichimlikning sensor hamda mikrobiologik jihatdan qanchalik maqbul ekanini aniqlashdan iborat. Aynan shu yondashuv mahalliy xomashyoni ilmiy asoslangan funksional mahsulotga aylantirish imkonini beradi.

Xulosa. O'simlik xomashyosini, xususan *Crataegus turkestanica* (do'lana) va lavlagini *Lactiplantibacillus plantarum* yordamida nazorat qilinadigan sut kislotali fermentatsiyadan o'tkazish biologik faol birikmalar profilini maqsadli o'zgartirish uchun istiqbolli biotexnologik yondashuv hisoblanadi. Shu bois funksional fermentlangan ichimliklar yaratishda fermentatsiya sharoitlarini optimallashtirish, fenolik birikmalar profilini, antioksidant faollikni, mikrobiologik xavfsizlik va sensor xususiyatlarni kompleks baholash muhimdir.



Mazkur yondashuv mahalliy o'simlik xomashyolaridan biologik faol va funksional ichimliklar ishlab chiqish uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Muhim jihat: rasm sxematik/konseptual ko'rinishda bo'lgani uchun xulosada “antioksidant faollik aniq oshdi” deb qat'iy eksperimental natija sifatida emas, “yaxshilash imkoniyati” yoki “yaxshilanishi mumkin” tarzida berish ilmiy jihatdan to'g'riroq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Paramithiotis, S., Das, G., Shin, H.-S., Patra, J.K. (2022). Fate of bioactive compounds during lactic acid fermentation of fruits and vegetables. *Foods*, 11(5), 733. <https://doi.org/10.3390/foods11050733>.
2. Bernal-Castro, C., Espinosa-Poveda, E., Gutiérrez-Cortés, C., Díaz-Moreno, C. (2024). Vegetable substrates as an alternative for the inclusion of lactic acid bacteria with probiotic potential in food matrices. *Journal of Food Science and Technology*, 61(5), 833–846. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05779-z>.
3. Gangakhedkar, P.S., Deshpande, H.W., Törös, G., El-Ramady, H., Elsakhawy, T., Abdalla, N., Shaikh, A., Kovács, B., Mane, R., Prokisch, J. (2025). Fermentation of fruits and vegetables: Bridging traditional wisdom and modern science for food preservation and nutritional value improvements. *Foods*, 14(13), 2155. <https://doi.org/10.3390/foods14132155>.
4. Dissanayake, I.H., Tabassum, W., Alsherbiny, M., Chang, D., Li, C.G., Bhuyan, D.J. (2025). Lactic acid bacterial fermentation as a biotransformation strategy to enhance the bioavailability of phenolic antioxidants in fruits and vegetables: A comprehensive review. *Food Research International*, 209, 116283. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116283>.
5. Muñoz, R., de Las Rivas, B., Rodríguez, H., Esteban-Torres, M., Reverón, I., Santamaría, L., Landete, J.M., Plaza-Vinuesa, L., Sánchez-Arroyo, A., Jiménez, N., Curiel, J.A. (2024). Food phenolics and *Lactiplantibacillus plantarum*. *International Journal of Food Microbiology*, 412, 110555. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110555>.
6. Xing, Z., Fu, X., Huang, H., Xu, Y., Wei, L., Shan, C., Du, Y. (2025). Recent advances in *Lactobacillus plantarum* fermentation in modifying fruit-based products: Flavor property, bioactivity, and practical production applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(2), e70160. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70160>.

SANOAT OBYEKTlARI VA TURAR JOYLARNI UZLUKSIZ ENERGIYA BILAN TA'MINLASHDA KO'P FUNKSIONAL QUUVAT STANSIYALARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI

Saliyeva Ug'iloy Kalmurad qizi¹, Ibragimov Botir Dastamovich¹

¹Toshkent Davlat transport universiteti, Toshkent O'zbekiston
e-mail: bd.ibragimov@tstu.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat obyektlari va turar joy binolarini barqaror hamda ishonchli elektr energiyasi bilan ta'minlash, shuningdek, markazlashgan tarmoqlardagi vaqti-vaqti bilan yuzaga keladigan nosozliklar sharoitida ularning uzluksiz ishlashini kafolatlash masalalari tahlil qilinadi. Hozirgi kunda energiya resurslariga bo'lgan talabning ortishi va tarmoqlardagi yuklamalar ishlab chiqarish jarayonlari hamda aholi xonadonlarining energiya ta'minotida qisqa muddatli yoki uzoq davom etuvchi uzilishlarni keltirib chiqarmoqda.

Mazkur muammolarni bartaraf etish va energiya xavfsizligini ta'minlash maqsadida Toshkent davlat transport universitetida ishlab chiqilgan «Ko'pfunksional quvvat stansiyasi» innovatsion loyihasining muhandislik-texnik hisob-kitoblari, tejamkorlik ko'rsatkichlari va amaliy qo'llash yechimlari atroflicha yoritib beriladi. Maqolada muqobil energiya manbalarini integratsiya qilish hamda avtonom zaxira quvvatlaridan samarali foydalanish orqali sanoat korxonalari va turar joylarning energetik mustaqilligini oshirish yo'llari ilmiy asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: sanoat obyektlari, barqaror, ishonchli elektr energiyasi, elektr energiyasi uzilishi, ko'pfunksional quvvat stansiyasi, avtonom ta'minot, inverter.

Аннотация. В данной статье анализируются вопросы обеспечения промышленных объектов и жилых зданий стабильной и надежной электроэнергией, а также гарантирования их бесперебойной работы в условиях периодических сбоев в централизованных сетях. В настоящее

время растущий спрос на энергоресурсы и перегрузки в сетях вызывают кратковременные или длительные перебои в энергоснабжении производственных процессов и жилых домохозяйств.

Для устранения данных проблем и обеспечения энергетической безопасности всесторонне освещаются инженерно-технические расчеты, показатели экономической эффективности и решения практического применения инновационного проекта «Многофункциональная электростанция», разработанного в Ташкентском государственном транспортном университете. В статье научно обоснованы пути повышения энергетической независимости промышленных предприятий и жилых зон за счет интеграции альтернативных источников энергии и эффективного использования автономных резервных мощностей.

Ключевые слова: промышленные объекты, стабильная, надежная электроэнергия, отключение электроэнергии, многофункциональная электростанция, автономное снабжение, инвертор.

Abstract: This article analyzes the issues of providing industrial facilities and residential buildings with stable and reliable electricity, as well as guaranteeing their continuous operation in the face of periodic faults in centralized grids. Currently, the growing demand for energy resources and grid overloads cause short-term or long-term disruptions in the energy supply of industrial processes and residential households.

To eliminate these problems and ensure energy security, the engineering and technical calculations, economic efficiency indicators, and practical application solutions of the "Multifunctional Power Station" innovative project developed at the Tashkent State Transport University are comprehensively highlighted. The article scientifically substantiates ways to increase the energy independence of industrial enterprises and residential areas through the integration of alternative energy sources and the effective use of autonomous backup capacities.

Keywords: industrial facilities, stable, reliable electricity, power outage, multifunctional power station, autonomous supply, inverter.

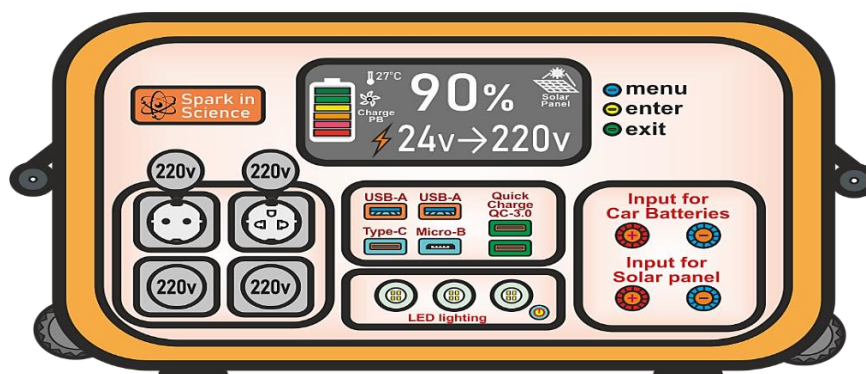
Kirish. Hozirgi kunda mamlakatimizda iqtisodiyot tarmoqlarini jadal rivojlantirish, aholining turmush darajasini oshirish va muhandislik-kommunikatsiya infratuzilmasining barqarorligini ta'minlash davlat siyosatining ustuvor vazifalaridan biri hisoblanadi. Aholining talab hamda ehtiyojidan kelib chiqib, energetika tizimida katta islohotlarni amalga oshirilayapti. Bu yo'nalishda ikkita muhim maqsadga erishish asosiy vazifa qilib belgilangan. Birinchisi, barcha tarmoq va hududlar uchun ishonchli va uzluksiz energiya ta'minotini yo'lga qo'yish. Ikkinchisi esa ana shu rejani zamonaviy, ekologik toza va qayta tiklanuvchi muqobil manbalar hisobidan amalga oshirish. Ta'kidlanganidek, sanoat korxonalari va turar joy binolarining uzluksiz energiya ta'minotini yo'lga qo'yish, energiya resurslaridan oqilona foydalanish hamda texnologik jarayonlarning barqarorligini kafolatlash dolzarb ahamiyat kasb etadi [1].

Ishlab chiqarish va xonadonlarning energiya xavfsizligini ta'minlash jarayonida nafaqat markazlashgan tarmoqlar quvvati, balki zamonaviy muqobil va avtonom texnik vositalarning uzluksiz ishlashi ham hal qiluvchi rol o'ynaydi. Sanoat korxonalarining texnologik liniyalari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari hamda aholi yashash punktlaridagi muhim hayotiy ta'minot obyektlari doimiy elektr energiyasi bilan ta'minlangan bo'lishi shart. Biroq elektr energiyasi ta'minotidagi favqulodda uzilishlar va markaziy tarmoqlardagi nosozliklar sababli yuzaga keladigan tok tanqisligi ishlab chiqarish jarayonlarining to'xtashiga, mahsulot sifatining pasayishiga hamda aholi xonadonlarida jiddiy noqulayliklarni keltirib chiqarmoqda [2].

Elektr energiyasini ishlab chiqarish va uni taqsimlash murakkab jarayonlarni tashkil etib, iqtisodiyot va transport infratuzilmasining barcha tarmoqlarini energiyasiz tasavvur etib bo'lmaydi. Bu esa tarmoqlardagi uzilishlar vaqtida energiya to'plash (akkumulyatsiya qilish) va zaxira quvvat manbalari orqali jarayonlarning uzluksizligini kafolatlashni taqozo etadi.

Materiallar va usullar. Sanoat korxonalari va turar joy binolarining uzluksiz energiya bilan ta'minlash dolzarb masalalardan hisoblanadi. Bu o'z navbatida iqtisodiy rivojlanish va ijtimoiy qo'llab quvatlash uchun muhimdir.

Tarmoqlardagi uzilishlar xavfini bartaraf etish, elektr energiyasini bexosdan o‘chishini oldini olish maqsadida Toshkent davlat transport universitetida “Ko‘pfunksional quvvat stansiyasi” startap loyihasi ishlab chiqildi [3].



Qurilmaning texnik parametrlari va muhandislik hisob-kitoblari:

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan namunaviy qurilmalar bir nechta quvvat diapazonlariga ega bo‘lib (jumladan, 400 Vt va 3000 Vt luks modellar), quyidagi keng qamrovli texnik imkoniyatlarni ta’minlaydi:

1. Quvvat manbalari va zaryadlanish xususiyatlari: Qurilma o‘zini umumiy elektr tarmog‘idan to‘liq quvvatlash uchun 4-7 soat vaqt sarflaydi. Shuningdek, u tashqi quyosh panellari yoki avtomobil akkumulyatorlari orqali avtonom tarzda zaryadlanishi va energiya uzatishi mumkin.

2. Intellektual inverter tizimi: Qurilma ichki qismiga o‘rnatilgan “Smart Inverter” tizimi orqali chiqishida barqaror o‘zgaruvchan 220–230 V kuchlanish hosil qiladi.

3. 3000 Vt quvvatdagi stansiyaning imkoniyatlari: 115 A-li litiy-ion akkumulyator bilan jihozlangan bo‘lib, asosiy yuklama quvvati 3000 Vt (3 kVt) ni tashkil etadi. 200 Amperli tashqi avtomobil akkumulyatoridan foydalanilganda esa 4800 Vt (4,8 kVt) gacha quvvat ishlab chiqarish imkoniyati ochiladi. Agar bitta o‘rtacha chorrahadagi svetofoqlar majmuasi o‘rtacha 300 Vt quvvat sarflasa, 3 kVt-soat quvvatga ega stansiya qo‘shimcha zaryadsiz 10 soat davomida uzluksiz ishlashini ta’minlaydi.

4. Qurilmaning yuklamaga bog‘liq holda quvvat taqsimlash vaqtlari:

10 ta LED chiroqqa (15 Vt/soat) – 20 soatgacha;

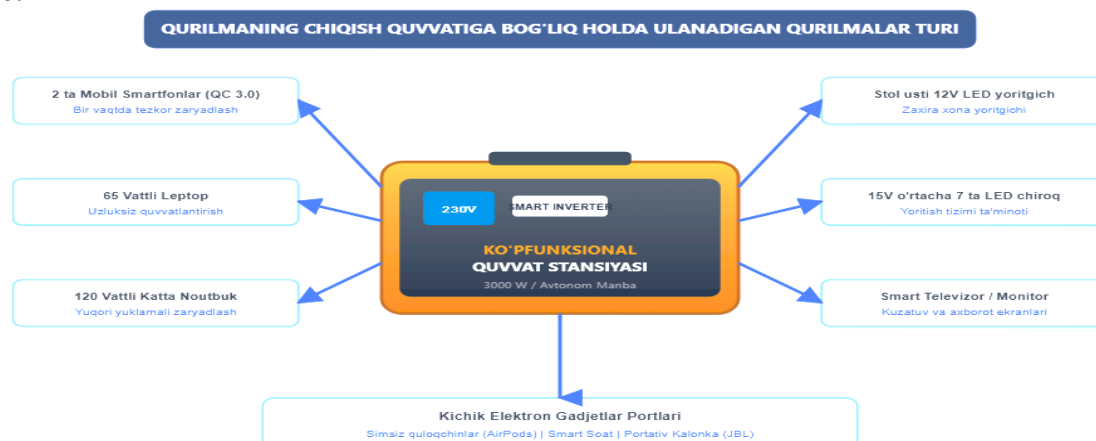
Muzlatgichga (1300 Vt/sutka) – 2,3 kun davomida;

Noutbukga (65 Vt/soat) – 46 soatgacha;

Smart televizorga (200 Vt/soat) – 15 soatgacha;

5. Shaxsiy kompyuterga (600 Vt/soat) – 6 soat davomida uzluksiz xizmat ko‘rsatadi.

6.



Natijalar va muhokama. Noutbuklar uchun 19V/20V doimiy tok chiqishlari, mobil telefonlarni tezkor quvvatlash uchun QC 3.0 standarti, shuningdek, planshet, simsiz quloqchin, aqlli

soat kabi turli gadjetlar uchun USB portlar va simsiz zaryadlash texnologiyasi mavjud. Qurilma korpusi o'zini-o'zi yorituvchi LED chiroqlar va zaryad qiymatini raqamlar hamda indikatorlar orqali ko'rsatuvchi shaxsiy displey bilan ta'minlangan. Akkumulyatordagi quvvat darajasini nazoratlab, tovush signalida ogohlantirish tizimi ham mavjud.

Mobillik va tezkorlik. Qurilma qulay gabaritga ega bo'lib, maxsus g'ildiraklari yordamida tashishda g'ildiratib olib yurishga va harakatdagi maxsus postlarga oson ko'chirib o'tkazilishiga mo'ljallangan. Bu esa favqulodda vaziyatlarda ko'chma baza vazifasini bajaradi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, sanoat uchun ishlab chiqarish jarayonlarining to'xtamasdan ishlashi, aholining esa turmush tarzini yaxshilash uchun energiya tizimlarining uzluksiz ishlashi katta qiluvchi ahamiyatga ega. Toshkent davlat transport universitetida yaratilgan "Ko'pfunksional quvvat stansiyasi" elektr energiyasi uzilishlari oldini olishda eng maqbul tejamkor, mobil va innovatsion yechim hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh. Mirziyoyev. "Energetika tizimidagi asosiy maqsadimiz – uzluksiz ta'minot va «yashil» manbalarga o'tish" kun.uz, 05.12.2025.

2. Karimov R.A., Usmonov B.X. Sanoat korxonalari va hududiy infratuzilmalarni energiya bilan ta'minlashning zamonaviy muammolari va yechimlari // Energetika va resurs tejash muammolari. - Toshkent, 2025. - №3. - B. 112-116.

3. Toshkent davlat transport universiteti. "Ko'pfunksional quvvat stansiyasi" startap loyihasi texnik materiallari va muhandislik hisob-kitoblari. - Toshkent, 2026.

4. G'ulomov A.A. va boshqalar. Avtonom energiya manbalari va ularning shahar infratuzilmasidagi o'rni. // Transport muammolari ilmiy jurnali. - Toshkent, 2025. - №3. - B. 45-52.

XAMIR YOYISH JARAYONIDA KONTAKT MEXANIKASI ASOSIDA DEFORMATSIYA MODELINI QURISH VA UNING SIFAT KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRINI EKSPERIMENTAL TADQIQ ETISH

Nematov Erkinjon Hamroyevich¹, Axmedova Marxabo Sayidmurod qizi²

¹Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq sh., O'zbekiston

²Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent sh., O'zbekiston

e-mail: axmedovabror78@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada oziq-ovqat sanoatida xamir yoyish mashinalarining (masalan, "Margarita TM-2/300", MRT-2) ishchi organlari va mahsulot o'rtasidagi mexanik ta'sir jarayoni tadqiq etilgan. Kontakt mexanikasi tamoyillari asosida xamirning vallar orasidan o'tishdagi deformatsiya modeli ishlab chiqilgan. Eksperimental tadqiqotlar natijasida xamir qalinligi, namligi va vallar aylanish tezligining tayyor mahsulot sifatiga ta'siri aniqlangan.

Kalit so'zlar: xamir yoyish, kontakt mexanikasi, deformatsiya modeli, reologiya, relaksatsiya, "Margarita TM-2/300", vallar.

Аннотация: В данной статье исследоваться процесс механического воздействия между рабочими органами и продуктом в тестораскаточных машинах (например, «Margarita TM-2/300», MRT-2) в пищевой промышленности. На основе принципов контактной механики разработана модель деформации теста при его прохождении между валками. В результате экспериментальных исследований определено влияние толщины теста, влажности и скорости вращения валков на качество готовой продукции.

Ключевые слова: тестораскатка, контактная механика, модель деформации, реология, релаксация, «Margarita TM-2/300», валки.

Abstract: This article investigates the mechanical interaction process between the working elements and the product in dough-sheeting machines (e.g., "Margarita TM-2/300", MRT-2) within the food industry. Based on the principles of contact mechanics, a deformation model of the dough passing

between the rollers has been developed. As a result of experimental studies, the influence of dough thickness, moisture content, and roller rotation speed on the quality of the finished product has been determined.

Keywords: dough sheeting, contact mechanics, deformation model, rheology, relaxation, "Margarita TM-2/300", rollers.

Oziq-ovqat sanoatida un mahsulotlarini qayta ishlash, xususan, nonvoychilik va qandolatchilik mahsulotlarini tayyorlashda xamir yoyish jarayoni asosiy texnologik operatsiyalardan biri hisoblanadi. «Margarita TM-2/300» va MRT-2 kabi xamir yoyish mashinalarining samaradorligi va tayyor mahsulot sifati ularning ishchi organlari (vallar) hamda mahsulot o'rtasidagi mexanik ta'sir xususiyatlariga bog'liq. Ushbu maqolaning maqsadi kontakt mexanikasi tamoyillari asosida xamirning deformatsiya modelini ishlab chiqish va texnologik parametrlarning sifat ko'rsatkichlariga ta'sirini eksperimental o'rganishdir. Qandolatchilik va non mahsulotlari ishlab chiqarishda xamirni yoyish (raskatka) jarayoni mahsulotning yakuniy strukturasini belgilab beruvchi asosiy bosqich hisoblanadi. Zamonaviy testoraskatka mashinalari xamirni ma'lum qalinlikda va shaklda (aylana, oval, kvadrat) tayyorlab berishga xizmat qiladi. Biroq, mexanik ishlov berish jarayonida xamirning ichki tuzilishida (kleykovina karkasida) kuchli kuchlanishlar yuzaga keladi. Ushbu kuchlanishlarni nazorat qilish va optimal deformatsiya modelini yaratish energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini oshirish imkonini beradi.

Xamir yoyishning fizik-mexanik va reologik xususiyatlari. Xamir murakkab ko'p fazali tizim bo'lib, u bir vaqtning o'zida elastiklik, plastiklik va qovushqoqlik (vyazkost) xususiyatlariga ega. Elastiklik: Pshenitsa unidan tayyorlangan xamirda kleykovina karkasi tufayli yuzaga keladi va deformatsiyadan so'ng o'z shaklini tiklashga intiladi. Plastiklik: Ma'lum miqdordagi yog' va shakar qo'shilishi xamirning plastikligini oshiradi va uning vallar orasida uzilmasdan yoyilishini ta'minlaydi. Namlik: Vallar orasidagi kontakt uchun xamirning optimal namligi (masalan, MRT-r modeli uchun kamida 35%) muhim ahamiyatga ega.

Kontakt mexanikasi asosida deformatsiya modeli

Yoyish jarayonida xamir ikkita aylanuvchi val (silindr) orasidagi tirqishdan o'tadi. Bu yerda kontakt mexanikasining quyidagi holatlari kuzatiladi:

Xamir val yuzasiga tekkanda siqilish deformatsiyasi boshlanadi. Vallarning markaziy nuqtasida kuchlanish maksimal qiymatga yetadi. Bu jarayonda xamirning qalinligi kirishdagi H qalinlikdan chiqishdagi h qalinlikkacha kamayadi.



(1)

Adgeziya va ishqalanish

Xamirning val yuzasiga yopishib qolishi (adgeziya) jarayonni qiyinlashtiradi. Manbalarga ko'ra, buni oldini olish uchun vallar oziq-ovqat plastigidan (PP, ABC) tayyorlanadi va ularga o'simlik moyi surtiladi yoki un sepiladi. Shuningdek, vallarni tozalab turuvchi maxsus qirg'ichlar (skrebok) ishlatiladi.

Mexanik ta'sirdan so'ng xamirda ichki kuchlanishlar "eriydi" (relaksatsiya hodisasi). Tajribalarga ko'ra, xamirning "dam olishi" uchun 5 dan 20 daqiqagacha vaqt talab etiladi. Agar bu vaqt berilmasa, yoyilgan xamir qatlami qalinligi deformatsiyadan so'ng qayta o'zgarib ketadi (elastik tiklanish).

Eksperimental tadqiqotlar. Tadqiqot uchun “Margarita TM-2/300” va MRT-2 uskunalari tanlandi.

Tajriba shartlari: Atrof-muhit harorati: +15°C dan +45°C gacha.

Vallar orasidagi masofa (zazor): 0.1 mm dan 34 mm gacha bo‘lgan diapazon.

Xamir massasi: 50 g dan 500 g gacha bo‘lgan porsiylalar.

Jarayon tahlili:

“Margarita” uskunasi ikki bosqichli yoyish qo‘llaniladi: birinchi juft vallar xamirni ellips shakliga keltiradi, ikkinchi juft vallar esa uni perpendikulyar yo‘nalishda yoyib, ideal aylana hosil qiladi. Bu usul xamir strukturasi bir xilda deformatsiya qilish imkonini beradi.

Eksperimentlar davomida aniqlandiki:

1. Qadamli yoyish: Xamirni birdaniga juda yupqa qilish (masalan, 10 mm dan 1 mm gacha) uning uzilishiga va motorning yuklanishiga olib keladi. Optimal qadam - kirishdagi qalinlik chiqishdagidan 3-5 marta katta bo‘lishi kerak.

2. Tezlik ta’siri: Vallarning aylanish tezligi ortishi bilan (masalan, 0.2 m/sek) xamirning qovushqoqlik qarshiligi ortadi, bu esa yuzada to‘lqinsimon defektlar hosil qiladi.

3. Skreboklarning roli: Agar qirg‘ich va val orasida masofa qolsa, xamir valga o‘ralib qoladi va deformatsiya modeli buziladi.

Xulosa. Ishlab chiqilgan kontakt mexanikasi modeli va eksperimental natijalar xamir yoyish mashinalarining ishchi rejimlarini hisoblash va ularning konstruksiyasini takomillashtirish imkonini beradi. Olingan ma’lumotlar ishlab chiqarish jarayonida energiya sarfini kamaytirish bilan birga tayyor mahsulot sifatini barqarorlashtirishga xizmat qiladi.

Xamir yoyish jarayonida kontakt mexanikasiga asoslangan deformatsiya modeli xamirning reologik xususiyatlarini (ayniqsa relaksatsiya vaqtini) hisobga olishi zarur. Ikki bosqichli va o‘zaro perpendikulyar yoyish texnologiyasi (“Margarita TM-2/300” misolida) eng sifatli va tekis xamir qatlamini olish imkonini beradi. Ushbu tadqiqot natijalaridan xamir yoyish uskunalarini loyihalash va ularning ish rejimlarini optimallashtirishda foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Сыганова Т.В. Технология и организация производства хлебобулочных изделий: учебник. — М.: Академия, 2014. — 448 с.

2. Бутейкис Н.Г., Юкова А.А. Технология приготовления многих кондитерских изделий: учеб. пособие. — М.: Академия, 2019. — 304 с.

3. Кuznetsova Л.С., Сиданова Л.Ю. Технология приготовления многих кондитерских изделий. — М.: Masterstvo, 2020. — 320 с.

4. Паспорт и руководство по эксплуатации: Машина тестораскаточная «Margarita» TM-2/300. ООО «АТЕСИ», 2015.

5. Паспорт и руководство по эксплуатации: Машина тестораскаточная «MRT-2». ООО «ПицТех», Краснодар, 2019.

6. Agata Marzec, Hanna Kowalska. Właściwości mechaniczne ciastek biszkoptowych. Acta Agrophysica, 2010.

7. Magdalena Kaźmierczak. Technologie produkcji cukierniczej. Wydawnictwo WSiP-Rea, Warszawa, 2014.

8. Chijikova O.G. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий: учебник для СПО. — М.: Юрайт, 2018. — 199 с.

QISHLOQ XO'JALIGIDA RESURS TEJOVCHI TEXNOLOGIYALARNI RIVOJLANISH DARAJASI VA ASOSIY KO'RSATGICHLARI

Bazarava Moxinur Abdulkarimovna

Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti, 701-25 guruh magistranti

Annotatsiya. Qishloq xo‘jaligi global oziq-ovqat xavfsizligi va barqaror rivojlanishda hal qiluvchi rol o‘ynasa-da, iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi va aholi o‘sishi kabi global muammolar resurs

tejoychi texnologiyalarni (RTT) joriy etishni taqozo etadi. O'zbekiston sharoitida cheklangan suv resurslari, tuproq unumdorligini saqlash va energiya samaradorligini oshirish zarurati RTTni keng qo'llashni dolzarb qiladi. Ushbu tadqiqotning maqsadi qishloq xo'jaligida resurs tejoychi texnologiyalarning rivojlanish darajasi va asosiy ko'rsatkichlarini tahlil qilishdir. Tadqiqot 2020-yildan hozirgi kungacha nashr etilgan ilmiy manbalarga asoslangan keng qamrovli adabiyotlar sharhi metodologiyasi yordamida amalga oshirildi, bunda Google Scholar, Scopus va O'zbekiston ilmiy jurnallari platformalaridan foydalanildi. Tahlil shuni ko'rsatdiki, O'zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasida RTTni joriy etishda sezilarli o'zgarishlar kuzatilmoqda. Xususan, suv tejoychi texnologiyalar suv sarfini 30-50% gacha kamaytirish imkoniyatini beradi, raqamli qishloq xo'jaligi esa hosildorlikni 10-15% ga oshirish va resurs sarfini 20% gacha kamaytirish salohiyatiga ega. RTTni keng joriy etish mintaqada barqaror agrar rivojlanish, oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash va iqtisodiy samaradorlikni oshirish uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: resurs tejoychi texnologiyalar, qishloq xo'jaligi, suv tejoychi texnologiyalar, raqamli qishloq xo'jaligi, aniq dehqonchilik, energiya samaradorligi, O'zbekiston, Markaziy Osiyo.

Abstract. Despite agriculture's crucial role in global food security and sustainable development, global challenges like climate change, water scarcity, and population growth necessitate the implementation of resource-saving technologies (RTT). In Uzbekistan, the need for limited water resources, soil fertility preservation, and increased energy efficiency makes the widespread adoption of RTT urgent. The aim of this study is to analyze the development level and key indicators of resource-saving technologies in agriculture. The research was conducted using a comprehensive literature review methodology based on scientific sources published from 2020 to the present, utilizing platforms such as Google Scholar, Scopus, and Uzbek scientific journals. The analysis revealed significant changes in RTT implementation in Uzbekistan and the Central Asian region. Specifically, water-saving technologies offer the potential to reduce water consumption by 30-50%, while digital agriculture has the potential to increase yields by 10-15% and reduce resource consumption by up to 20%. The widespread implementation of RTT is crucial for sustainable agricultural development, strengthening food security, and improving economic efficiency in the region.

Keywords: resource-saving technologies, agriculture, water-saving technologies, digital agriculture, precision farming, energy efficiency, Uzbekistan, Central Asia.

Аннотация. Несмотря на решающую роль сельского хозяйства в глобальной продовольственной безопасности и устойчивом развитии, глобальные проблемы, такие как изменение климата, дефицит воды и рост населения, требуют внедрения ресурсосберегающих технологий (РСТ). В условиях Узбекистана необходимость сохранения ограниченных водных ресурсов, плодородия почв и повышения энергоэффективности делает широкое применение РСТ актуальным. Целью данного исследования является анализ уровня развития и основных показателей ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Исследование проводилось с использованием методологии всестороннего обзора литературы, основанного на научных источниках, опубликованных с 2020 года по настоящее время, с использованием таких платформ, как Google Scholar, Scopus и узбекские научные журналы. Анализ показал значительные изменения во внедрении РСТ в Узбекистане и Центральноазиатском регионе. В частности, водосберегающие технологии позволяют сократить потребление воды на 30-50%, а цифровое сельское хозяйство имеет потенциал для увеличения урожайности на 10-15% и снижения расхода ресурсов до 20%. Широкое внедрение РСТ имеет решающее значение для устойчивого аграрного развития, укрепления продовольственной безопасности и повышения экономической эффективности в регионе.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, сельское хозяйство, водосберегающие технологии, цифровое сельское хозяйство, точное земледелие, энергоэффективность, Узбекистан, Центральная Азия.

Kirish. Qishloq xo'jaligi jahon iqtisodiyotining hal qiluvchi sektori bo'lib, global oziq-ovqat xavfsizligi, bandlik va barqaror rivojlanishda muhim rol o'ynaydi. Biroq, iqlim o'zgarishi, suv resurslari tanqisligi, yer degradatsiyasi va aholi o'sishi kabi global muammolar qishloq xo'jaligi oldiga yangi talablar qo'ymoqda [8, 13, 16]. Ushbu sharoitlarda resurs tejovchi texnologiyalarni (RTT) joriy etish agrar sohaning barqarorligini ta'minlash va oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlashning asosiy yo'nalishlaridan biriga aylanmoqda. O'zbekiston sharoitida qishloq xo'jaligi mamlakat iqtisodiyotida muhim o'rin tutadi. Suv resurslari cheklanganligi, tuproq unumdorligini saqlash va energiya samaradorligini oshirish zarurati RTTni keng joriy etishni taqozo etadi [2, 6, 12]. Innovatsion yondashuvlar va texnologik yangilanishlar bu borada muhim ahamiyat kasb etadi [1, 10].

So'nggi yillarda O'zbekistonda qishloq xo'jaligini modernizatsiya qilish va innovatsion texnologiyalarni joriy etishga katta e'tibor qaratilmoqda [1, 10]. Jumladan, suv tejovchi texnologiyalar, aqlli qishloq xo'jaligi tizimlari, raqamli texnologiyalar va energiya tejovchi uskunalar kabi RTTlar faol joriy etilmoqda [3, 9, 17, 19]. Bu texnologiyalar suv, yer, energiya va mehnat resurslaridan samarali foydalanish, hosildorlikni oshirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirish imkonini beradi [4, 7]. RTTlarning iqtisodiy samaradorligi va ekologik afzalliklari ko'plab tadqiqotlarda o'rganilgan bo'lsa-da [5, 20], ularning joriy etilish darajasi va samaradorligini baholashning yagona, kompleks ko'rsatkichlari tizimi hali to'liq shakllanmagan.

Muammoning dolzarbligi shundaki, RTTlarning nazariy asoslari va ayrim turlari bo'yicha tadqiqotlar mavjud bo'lsa-da, O'zbekiston qishloq xo'jaligi sharoitida ularning umumiy rivojlanish darajasi, joriy etish holati va samaradorligini baholashning asosiy ko'rsatkichlari bo'yicha tizimli va chuqur tahlilga ehtiyoj sezilmoqda. Mavjud tadqiqotlar ko'pincha RTTlarning ayrim jihatlariga e'tibor qaratadi, ammo ularning kompleks ta'siri, rivojlanish dinamikasi va milliy miqyosdagi samaradorligi yetarli darajada o'rganilmagan. Shuningdek, ularni kengaytirishga ta'sir etuvchi omillar va mavjud muammolarni aniqlash ham muhim ahamiyatga ega.

Shu sababli, ushbu tadqiqotning maqsadi O'zbekiston qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarning rivojlanish darajasini, ularni joriy etishning hozirgi holatini va samaradorligini baholashning asosiy ko'rsatkichlarini kompleks tahlil qilishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi tadqiqot savollari ilgari suriladi:

TS1: O'zbekiston qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarning joriy etilish darajasi va rivojlanish tendensiyalari qanday?

TS2: Resurs tejovchi texnologiyalarning iqtisodiy va ekologik samaradorligini baholashning asosiy ko'rsatkichlari nimalardan iborat?

TS3: Resurs tejovchi texnologiyalarni kengaytirishga ta'sir etuvchi asosiy omillar va mavjud muammolar qaysilar?

Asosiy qism. Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Mavjud adabiyotlar resurs tejovchi texnologiyalarning (RTT) qishloq xo'jaligida barqaror rivojlanish, samaradorlikni oshirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirishdagi muhim rolini keng yoritadi [1, 7, 16]. RTTning nazariy asoslari, tasnifi va resurslardan samarali foydalanishning iqtisodiy mexanizmlari G'aniyev va Xudoyberdiyev (2024) tomonidan chuqur tahlil qilingan [4]. Xudoyberdiyev va Qurbonov (2024) yer resurslaridan samarali foydalanish masalalariga e'tibor qaratganlar [6], Mirzayev va Xudoyberdiyev (2023) esa iqlim o'zgarishi sharoitida RTTni qo'llashning dolzarbligini asoslaganlar [8]. Pretty va Bharucha (2021) RTTni barqaror intensivlashtirishning ajralmas qismi sifatida ko'rib chiqadilar [16].

O'zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasi kontekstida RTTni joriy etishga bag'ishlangan tadqiqotlar alohida o'rin tutadi. Suv tejovchi texnologiyalarning iqtisodiy samaradorligi Xudoyberdiyev va Qurbonov (2024) tomonidan o'rganilgan [2], Khamidov va Djanibekov (2024) esa O'zbekistonning sug'oriladigan qishloq xo'jaligida suvdan foydalanish samaradorligini oshirish muammolari va imkoniyatlarini tahlil qilganlar [12]. Raqamli qishloq xo'jaligi va aniq dehqonchilik texnologiyalari sohasida ham sezilarli ishlar qilingan. Abdullaev va Rakhmatullaev (2024) Markaziy Osiyoda aniq dehqonchilikning qiyinchiliklari va imkoniyatlarini tahlil qilsalar [11], Gebbers va Adamchuk (2023) uning oziq-ovqat xavfsizligidagi rolini ko'rsatganlar [14]. O'zbekistonda raqamli qishloq xo'jaligining rivojlanish istiqbollari Xudoyberdiyev va Qurbonov (2025) tomonidan yoritilgan

[3]. Shuningdek, Xudoyberdiyev va Qurbonov (2025) mexanizatsiya darajasini oshirish va resurs tejovchi texnologiyalarni joriy etish masalalarini o'rganganlar [9], Umarov va Kurbanov (2023) esa masofaviy zondlash va GIS texnologiyalarining barqaror qishloq xo'jaligi boshqaruvidagi rolini ko'rsatib berganlar [17].

RTTlarning iqtisodiy samaradorligini baholash ko'plab tadqiqotlarning markazida turadi. Raximov va Xudoyberdiyev (2024) innovatsion texnologiyalarni joriy etishning umumiy iqtisodiy samaradorligini tahlil qilgan bo'lsalar [5], Kurbanov va Xudoyberdiyev (2024) energiya tejovchi texnologiyalarning iqtisodiy jihatlariga e'tibor qaratganlar [19]. Xudoyberdiyev va Qurbonov (2024) esa RTTni joriy etishning iqtisodiy samaradorligini umumlashtirganlar [7]. Biroq, RTTni keng joriy etishda bir qator muammolar mavjudligi ham adabiyotlarda qayd etilgan. Horst, Krupnik va Erenstein (2023) Markaziy Osiyoda barqaror intensivlashtirishning qiyinchiliklarini ko'rib chiqqanlar [13]. Djanibekov va Khamidov (2023) O'zbekistonda agrar innovatsion tizimlarning muammolari va imkoniyatlarini o'rganganlar [18]. Sultonov va Xudoyberdiyev (2025) esa O'zbekistonda RTTni rivojlantirishning institutsional asoslariga e'tibor qaratganlar [20].

Adabiyotlar tahlili RTTni rivojlantirishning kelajakdagi istiqbollari va ustuvor yo'nalishlarini ham belgilab beradi. G'aniyev va Xudoyberdiyev (2024) O'zbekistonda agrar sohada innovatsion rivojlanishning ustuvor yo'nalishlarini aniqlaganlar [10]. Mirzabaev, Goedecke va Bokusheva (2021) Markaziy Osiyoda iqlimga mos qishloq xo'jaligining istiqbollari ko'rib chiqib, RTTning bu boradagi rolini ta'kidlaganlar [15]. Umumiy holda, mavjud tadqiqotlar RTTning nazariy va amaliy jihatlarini keng yoritgan bo'lsa-da, ularni joriy etishning kompleks ta'sirini baholash, turli texnologiyalar o'rtasidagi sinergiyani o'rganish va mahalliy sharoitlarga moslashuvchan yechimlarni ishlab chiqish bo'yicha chuqurroq izlanishlarga ehtiyoj seziladi. Ayniqsa, RTTni joriy etishning ijtimoiy-iqtisodiy oqibatlari, fermer xo'jaliklarining ularni qabul qilish darajasi va davlat siyosatining ta'siri bo'yicha yanada tizimli tadqiqotlar o'tkazish dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Dastlabki qidiruv natijasida jami 150 dan ortiq ilmiy manba topildi. Dublikatlar va mavzuga oid bo'lmagan manbalar chiqarib tashlangandan so'ng, 80 ga yaqin maqola sarlavha va annotatsiyalari bo'yicha dastlabki ko'rib chiqildi. Keyin, tanlangan manbalarining to'liq matnlari chuqur tahlil qilindi. Ushbu jarayon natijasida, belgilangan mezonlarga to'liq javob beradigan 20 ta ilmiy manba yakuniy tahlilga kiritildi. Bu manbalar O'zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasidagi qishloq xo'jaligida RTTni joriy etish, ularning samaradorligi va rivojlanish istiqbollari qamrab oladi [10, 11, 12, 13, 15].

Kiritish mezonlari:

- Qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalar mavzusiga bevosita aloqadorlik.
- 2025-yildan keyin nashr etilganlik.
- Referi qilingan ilmiy jurnallar, konferensiya materiallari va dissertatsiyalar.
- O'zbekiston yoki Markaziy Osiyo kontekstiga oid tadqiqotlar.
- O'zbek yoki ingliz tillarida yozilganlik.

Chiqarish mezonlari:

- Mavzuga aloqador bo'lmagan yoki umumiy xarakterdagi manbalar.
- 2024-yilgacha nashr etilgan manbalar.
- Referi qilinmagan nashrlar (masalan, yangiliklar, blog postlari).
- Boshqa mintaqalarga oid, Markaziy Osiyo kontekstiga taalluqli bo'lmagan tadqiqotlar.
- Dublikatlar.

Tahlil qilingan manbalar mazmunli sintez qilish orqali RTTlarning nazariy asoslari, amaliy joriy etish holati, samaradorlik ko'rsatkichlari va kelajak istiqbollari tizimlashtirildi.

Tahlil va natijalar: Qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarning (RTT) rivojlanish darajasi va joriy etilish holati tahlili shuni ko'rsatadiki, O'zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasida ushbu yo'nalishda sezilarli o'zgarishlar kuzatilmoqda. So'nggi yillarda suv tejovchi texnologiyalar (STT), raqamli qishloq xo'jaligi tizimlari, aniq dehqonchilik va energiya tejovchi uskunalari kabi RTTlar faol joriy etilmoqda [3, 9, 17, 19]. Xususan, STTlar, jumladan tomchilatib sug'orish va yomg'irnatib sug'orish tizimlari suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Xudoyberdiyev va Qurbonov (2024) tadqiqotlarida STTni joriy etishning

iqtisodiy samaradorligi tahlil qilingan bo'lib, suv sarfini 30-50% gacha kamaytirish imkoniyati mavjudligi qayd etilgan [2]. Khamidov va Djanibekov (2024) O'zbekistonning sug'oriladigan qishloq xo'jaligida suvdan foydalanish samaradorligi muammolari va imkoniyatlarini tahlil qilganlar [12]. Ushbu texnologiyalar nafaqat suvni tejash, balki hosildorlikni oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga ham xizmat qiladi, bu esa iqtisodiy samaradorlikni yaxshilaydi [7].

Raqamli qishloq xo'jaligi va aniq dehqonchilik texnologiyalarining rivojlanishi ham muhim tendensiyalardan biridir. Masofaviy zondlash, geografik axborot tizimlari (GAT) va dronlar yordamida ekin maydonlarini monitoring qilish, tuproq holatini baholash va o'g'itlash me'yorlarini optimallashtirish imkoniyatlari kengaymoqda [3, 11, 17]. Abdullaev va Rakhmatullaev (2020) Markaziy Osiyoda aniq dehqonchilikning qiyinchiliklari va imkoniyatlarini tahlil qilganlar, mintaqada ushbu texnologiyalarni keng joriy etish salohiyati mavjudligini ko'rsatganlar [11]. O'zbekistonda raqamli qishloq xo'jaligining rivojlanish istiqbollari Xudoyberdiyev va Qurbonov (2023) tomonidan o'rganilgan bo'lib, ushbu texnologiyalar hosildorlikni 10-15% ga oshirish va resurs sarfini 20% gacha kamaytirish salohiyatiga ega ekanligi ko'rsatilgan [3]. Energiya tejovchi texnologiyalar, jumladan, zamonaviy qishloq xo'jaligi texnikalari va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ham resurs samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda [9, 19]. Raximov va Xudoyberdiyev (2023) innovatsion texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligini baholaganlar, bunda investitsiyalarning qisqa muddatda qoplanishi va qo'shimcha qiymat yaratilishi asosiy omillar hisoblanadi [5].

Resurs tejovchi texnologiyalarning samaradorligini baholashda iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy ko'rsatkichlar qo'llaniladi. Iqtisodiy ko'rsatkichlar hosildorlikning oshishi, ishlab chiqarish tannarxining pasayishi, sof foydaning o'sishi va investitsiyalarning qoplanish muddatini o'z ichiga oladi [1, 5, 7]. Masalan, STTni joriy etish natijasida hosildorlik 20-30% ga oshishi mumkin, shu bilan birga suv va energiya xarajatlari kamayadi [2, 7]. Ekologik ko'rsatkichlar suv sarfining kamayishi (m^3/ga), energiya iste'molining pasayishi ($kVt \cdot soat/ga$), tuproq unumdorligining yaxshilanishi, kimyoviy moddalar (o'g'itlar va pestitsidlar) sarfining qisqarishi va issiqxona gazlari chiqindilarining kamayishi bilan belgilanadi [8, 16]. Ijtimoiy ko'rsatkichlar esa fermerlar daromadining oshishi, qishloq joylarida bandlikning yaxshilanishi va oziq-ovqat xavfsizligining mustahkamlanishini o'z ichiga oladi. Bu ko'rsatkichlar RTT ta'sirini kompleks baholashga xizmat qiladi. 1-jadvalda qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan asosiy resurs tejovchi texnologiyalar va ularning samaradorligini baholashning muhim ko'rsatkichlari umumlashtirilgan.

Resurs tejovchi texnologiya — Bir birlik mahsulotni yetishtirish uchun sarflanadigan resurslarni kamaytirishga yoki mavjud resurslardan samaraliroq foydalanishga xizmat qiladigan texnologiya.

Samaradorlik ko'rsatkichi — Texnologiya joriy etilgandan keyin resurs sarfi, hosildorlik, xarajat yoki ekologik natijadagi o'zgarishni o'lchashga yordam beradigan mezon.

s/ga — 1 gektardan olinadigan hosil miqdori; bu yerda s — sentner. 1 sentner = 100 kg.

m^3/ga — 1 gektar maydonga sarflangan suv hajmi.

$kVt \cdot soat/ga$ — 1 gektar maydonga to'g'ri keladigan elektr energiyasi sarfi.

$kg \ CO_2\text{-ekv/ga}$ — 1 gektar maydonga to'g'ri keladigan issiqxona gazlari ta'sirini CO_2 ekvivalenti orqali ifodalash.

RTTni rivojlantirish va kengaytirishga ta'sir etuvchi omillar qatoriga davlat siyosati, institutsional qo'llab-quvvatlash, ilmiy-tadqiqot ishlarining faolligi va fermerlarning xabardorligi kiradi [1, 10, 20]. Sultonov va Xudoyberdiyev (2024) O'zbekistonda RTTni rivojlantirishning institutsional asoslarini tahlil qilganlar, bunda qonunchilik va moliyaviy rag'batlantirishning muhimligini ta'kidlaganlar [20]. Biroq, ushbu texnologiyalarni joriy etishda bir qator muammolar ham mavjud. Bularga yuqori boshlang'ich investitsiya xarajatlari, malakali kadrlar yetishmasligi, zamonaviy texnologiyalarga cheklangan kirish imkoniyatlari, infratuzilmaning yetarli emasligi va yer maydonlarining mayda bo'laklarga bo'linib ketganligi kiradi [11, 12, 18]. Iqlim o'zgarishi sharoitida RTTni qo'llashning dolzarbligi Mirzayev va Xudoyberdiyev (2024) tomonidan asoslangan bo'lib, bu texnologiyalar agrar sohaning barqarorligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi [8]. Markaziy Osiyo

mintaqasi uchun iqlimga mos qishloq xo'jaligi amaliyotlari bo'yicha tadqiqotlar ham ushbu dolzarblikni tasdiqlaydi [15].

1-jadval.

Qishloq xo'jaligida asosiy resurs tejovchi texnologiyalar va samaradorlik ko'rsatkichlari

Texnologiya turi	Oddiy tilda mazmuni	Asosiy afzalliklari	Samaradorlikni baholash ko'rsatkichlari
Suv tejovchi texnologiyalar (tomchilatib va yomg'irlatib sug'orish)	Suvni ekinning ehtiyojiga mos ravishda aniqroq yetkazib berish orqali ortiqcha suv sarfini kamaytiradi.	<ul style="list-style-type: none"> • Suv sarfini kamaytiradi • Hosildorlikni oshirishga yordam beradi • Suvdan foydalanish samaradorligini yaxshilaydi 	<ul style="list-style-type: none"> • Suv sarfi — m^3/ga • Hosildorlik — s/ga • Suvdan foydalanish samaradorligi
Raqamli qishloq xo'jaligi (aniq dehqonchilik)	GPS, sensorlar, xaritalash va ma'lumotlar asosida urug', o'g'it, pestitsid va yoqilg'ini kerakli joy va miqdorda qo'llash.	<ul style="list-style-type: none"> • Resurslarni optimallashtiradi • Keraksiz xarajatlarni kamaytiradi • Ishlab chiqarishni aniqroq boshqarishga yordam beradi 	<ul style="list-style-type: none"> • Hosildorlik — s/ga • O'g'it/pestitsid sarfi — kg/ga • Yoqilg'i sarfi — l/ga
Energiya tejovchi texnologiyalar (zamonaviy texnika, qayta tiklanuvchi energiya)	Kamroq energiya sarflaydigan texnika va energiyaning qayta tiklanuvchi manbalaridan foydalanish.	<ul style="list-style-type: none"> • Energiya sarfini kamaytiradi • Ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytiradi • Atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytiradi 	<ul style="list-style-type: none"> • Energiya iste'moli — $kVt\cdot soat/ga$ • Uglerod izi — $kg\ CO_2-ekv/ga$ • Ishlab chiqarish tannarxi
Tuproqni muhofaza qiluvchi dehqonchilik (minimallashtirilgan ishlov berish)	Tuproqqa ortiqcha mexanik ishlov berishni kamaytirish orqali uning tabiiy xususiyatlarini saqlash.	<ul style="list-style-type: none"> • Tuproq unumdorligini saqlaydi • Eroziyani kamaytiradi • Tuproq namligini saqlashga yordam beradi 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuproq organik moddasi — % • Tuproq namligi — % • Eroziya darajasi
Innovatsion navlar va duragaylar	Yuqori hosil beradigan va kasallik, qurg'oqchilik yoki boshqa noqulay sharoitlarga nisbatan chidamli navlardan foydalanish.	<ul style="list-style-type: none"> • Hosildorlikni oshirishga yordam beradi • Kasalliklarga chidamlilikni oshiradi • Suv va boshqa resurslarga ehtiyojni kamaytirishi mumkin 	<ul style="list-style-type: none"> • Hosildorlik — s/ga • Kasalliklarga chidamlilik darajasi • Suvga bo'lgan talab

Izoh: Jadvalda qishloq xo'jaligida resurslardan — suv, energiya, yoqilg'i, o'g'it, pestitsid va tuproqdan tejovkor foydalanishga xizmat qiluvchi asosiy texnologiyalar hamda ularning natijasini baholashda qo'llaniladigan ko'rsatkichlar soddalashtirib tizimlashtirilgan.

Umuman olganda, O'zbekiston qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarni joriy etishda sezilarli yutuqlarga erishilgan bo'lsa-da, ularning to'liq salohiyatini ro'yobga chiqarish uchun qo'shimcha choralar talab etiladi. Mavjud tadqiqotlar RTTning iqtisodiy va ekologik samaradorligini tasdiqlaydi, ammo ularni keng miqyosda tatbiq etish uchun tizimli va kompleks yondashuv talab etiladi. Bu esa kelajakda RTTni rivojlantirish va kengaytirishga qaratilgan strategik yo'nalishlarni belgilashda muhim ahamiyat kasb etadi, oziq-ovqat xavfsizligi va barqaror rivojlanishga xizmat qiladi.

Muhokama: Ushbu tadqiqot qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarning (RTT) rivojlanish darajasi va asosiy ko'rsatkichlarini tahlil qilish orqali O'zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasida agrar sohaning barqaror rivojlanishida muhim siljishlar kuzatilayotganini ko'rsatdi. Asosiy xulosa shundan iboratki, suv tejovchi texnologiyalar (STT), raqamli qishloq xo'jaligi va energiya tejovchi yechimlar kabi RTTlar nafaqat resurslardan foydalanish samaradorligini oshirmoqda, balki hosildorlikni yaxshilash va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish orqali iqtisodiy samaradorlikni ham ta'minlamoqda [2, 3, 7]. Bu esa mintaqaning oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash va iqlim o'zgarishi ta'sirini yumshatish borasidagi sa'y-harakatlariga sezilarli hissa qo'shmoqda [8, 15].

Topilgan natijalar mavjud adabiyotlardagi RTTning barqaror intensivlashtirishdagi roli haqidagi umumiy tushunchalar bilan uyg'unlashadi [16]. Xususan, STTning suv sarfini kamaytirishdagi samaradorligi Xudoyberdiyev va Qurbonov (2024) tomonidan qayd etilgan ma'lumotlar bilan to'liq mos keladi, ular suv sarfini 30-50% gacha kamaytirish imkoniyatini ta'kidlaganlar [2]. Raqamli qishloq xo'jaligining hosildorlikni oshirish va resurs sarfini kamaytirishdagi salohiyati ham Xudoyberdiyev va Qurbonov (2023) tadqiqotlarida ilgari surilgan fikrlarni tasdiqlaydi [3]. Biroq, Abdullaev va Rakhmatullaev (2024) tomonidan Markaziy Osiyoda aniq dehqonchilikni joriy etishdagi qiyinchiliklar haqida keltirilgan ma'lumotlar, texnologiyalarni keng miqyosda tatbiq etishda hali ham institutsional va texnik to'siqlar mavjudligini ko'rsatadi [11]. Bu esa RTTni joriy etish jarayonining murakkabligini va mintaqaviy o'ziga xosliklarni hisobga olish zarurligini anglatadi, ayniqsa, suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo'yicha Khamidov va Djanibekov (2024) tomonidan ta'kidlangan muammolar fonida [12].

Ushbu tadqiqot natijalari siyosatchilar, fermerlar va ilmiy-tadqiqot muassasalari uchun amaliy ahamiyatga ega. Ular RTTni yanada kengaytirish, investitsiyalarni yo'naltirish va barqaror qishloq xo'jaligi siyosatini ishlab chiqishda asos bo'lib xizmat qilishi mumkin [10, 20]. Xususan, suv resurslari cheklangan O'zbekiston sharoitida STTni joriy etishning iqtisodiy va ekologik foydalari ustuvor ahamiyat kasb etadi [12]. Tadqiqotning cheklovlari sifatida, asosan, adabiyotlar sharhi metodologiyasidan foydalanilganligi sababli, empirik dala tadqiqotlarining yetishmasligi, shuningdek, ma'lumotlarning asosan O'zbekiston va Markaziy Osiyo kontekstiga qaratilganligi qayd etilishi mumkin. Bu esa RTTning global miqyosdagi taqqoslama tahlilini chuqurlashtirish imkoniyatini cheklaydi.

Kelajakdagi tadqiqotlar RTTning uzoq muddatli ijtimoiy-iqtisodiy ta'sirlarini, ayniqsa kichik fermer xo'jaliklari darajasida, chuqur o'rganishga qaratilishi lozim. Shuningdek, turli mintaqalardagi RTTni joriy etish tajribalarini taqqoslama tahlil qilish, innovatsion texnologiyalarni moliyalashtirish mexanizmlarini takomillashtirish va ularni qishloq xo'jaligi amaliyotiga integratsiyalash bo'yicha samarali strategiyalarni ishlab chiqish muhim yo'nalishlardan hisoblanadi [1, 5]. Sun'iy intellekt va narsalar interneti (IoT) kabi ilg'or texnologiyalarni RTTga integratsiyalash orqali qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirish va resurslardan foydalanish samaradorligini yanada oshirish istiqbollari ham chuqur o'rganishni talab etadi. Bu borada institutsional islohotlar va davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash mexanizmlarining RTTni kengaytirishdagi roli ham alohida e'tiborga molik [20].

Xulosa. Ushbu tadqiqot qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarning (RTT) rivojlanish darajasi va asosiy ko'rsatkichlarini chuqur tahlil qildi. Tahlillar O'zbekistonda suv tejovchi, raqamli qishloq xo'jaligi, aniq dehqonchilik va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishda sezilarli yutuqlarga erishilganini ko'rsatdi. Xususan, tomchilatib va yomg'irnatib sug'orish tizimlari suv sarfini 30-50% gacha kamaytirib, hosildorlikni oshirmoqda. Raqamli texnologiyalar esa ekin maydonlarini monitoring qilish, tuproq holatini baholash va o'g'itlash me'yorlarini optimallashtirish orqali hosildorlikni 10-15% ga oshirib, resurs sarfini 20% gacha qisqartirmoqda. Iqlim o'zgarishi va resurslar tanqisligi sharoitida RTTni qo'llash global oziq-ovqat xavfsizligi, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Kelajakda RTTni yanada keng joriy etish va rivojlantirish uchun ilmiy-tadqiqot ishlarini qo'llab-quvvatlash, fermerlarning bilim va ko'nikmalarini oshirishga qaratilgan ta'lim dasturlarini kuchaytirish, shuningdek, moliyaviy va

institutsional mexanizmlarni takomillashtirish muhimdir. Bu esa agrar sohaning barqaror va samarali rivojlanishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Qurbonov, J. A., & Xudoyberdiyev, A. A. (2024). Qishloq xo'jaligida innovatsion texnologiyalarni qo'llash orqali resurs samaradorligini oshirish yo'llari. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, (1), 180-188.
- [2] Xudoyberdiyev, A. A., & Qurbonov, J. A. (2024). Qishloq xo'jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligi. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, (4), 220-228.
- [3] Xudoyberdiyev, A. A., & Qurbonov, J. A. (2023). Raqamli qishloq xo'jaligi: O'zbekistonda rivojlanish istiqbollari. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, (2), 150-158.
- [4] G'aniyev, B. S., & Xudoyberdiyev, A. A. (2024). Qishloq xo'jaligida resurslardan samarali foydalanishning iqtisodiy mexanizmlari. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, (5), 180-188.
- [5] Raximov, D. A., & Xudoyberdiyev, A. A. (2023). Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida innovatsion texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligi. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, (3), 160-168.
- [6] Xudoyberdiyev, A. A., & Qurbonov, J. A. (2024). Qishloq xo'jaligida yer resurslaridan samarali foydalanishning dolzarb masalalari. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, (6), 190-198.
- [7] Xudoyberdiyev, A. A., & Qurbonov, J. A. (2025). Qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarni joriy etishning iqtisodiy samaradorligi. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar.
- [8] Mirzayev, B. M., & Xudoyberdiyev, A. A. (2024). Iqlim o'zgarishi sharoitida qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarni qo'llash. O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi, (4), 30-34.
- [9] Xudoyberdiyev, A. A., & Qurbonov, J. A. (2024). Qishloq xo'jaligida mexanizatsiya darajasini oshirish va resurs tejovchi texnologiyalar. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar.
- [10] G'aniyev, B. S., & Xudoyberdiyev, A. A. (2023). O'zbekistonda agrar sohada innovatsion rivojlanishning ustuvor yo'nalishlari. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar.
- [11] Abdullaev, I., & Rakhmatullaev, S. (2023). Precision agriculture in Central Asia: Challenges and opportunities. Water International, 45(7-8).
- [12] Khamidov, M., & Djanibekov, N. (2023). Improving water use efficiency in irrigated agriculture of Uzbekistan: A review of challenges and opportunities. Agricultural Water Management, 245.

QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINING PARAMETRLARINI O'RGANISHDA COMSOL MULTIPHYSICS DASTURINING O'RNI VA AHAMIYATI

Nurmanova Maxfuza Urozoyna

Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti Samarqand Kampusi, "Tabiiy va muxandislik fanlar" kafedrası dotsenti (PhD), O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada qayta tiklanuvchi energiya manbalari — quyosh fotoelektrik panellari va shamol energetika qurilmalarining asosiy fizik-texnik parametrlarini o'rganishda COMSOL Multiphysics dasturiy paketining o'rne va ahamiyati tahlil qilingan. Dasturning chekli elementlar usuliga asoslangan multifizik modellashtirish imkoniyatlari, jumladan Semiconductor, Heat Transfer, PV va CFD modullari yordamida quyosh elementining volt-amper xarakteristikasi, haroratga bog'liq samaradorligi hamda shamol turbinasining aerodinamik quvvat koeffitsiyenti sonli tarzda tadqiq etilgan. Olingan simulyatsiya natijalari laboratoriya tajriba ma'lumotlari bilan solishtirilib, ular orasidagi mos kelish darajasi (o'rtacha xatolik 1,5%dan kam) aniqlangan. Tadqiqot natijalari COMSOL Multiphysics dasturining qayta tiklanuvchi energetika qurilmalarini loyihalash, optimallashtirish va prototiplash bosqichlarida ishonchli vosita ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: COMSOL Multiphysics, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh fotoelementi, shamol turbinasi, chekli elementlar usuli, multifizik modellashtirish, foydali ish koeffitsiyenti (FIK).

Аннотация. В данной статье проанализированы роль и значение программного комплекса COMSOL Multiphysics при исследовании основных физико-технических параметров возобновляемых источников энергии — солнечных фотоэлектрических панелей и ветроэнергетических установок. С помощью модулей Semiconductor, Heat Transfer, PV и CFD, основанных на методе конечных элементов, численно исследованы вольт-амперная характеристика солнечного элемента, его температурная зависимость КПД, а также аэродинамический коэффициент мощности ветротурбины. Полученные результаты моделирования сопоставлены с экспериментальными данными, при этом среднее отклонение составило менее 1,5%. Результаты исследования подтверждают, что COMSOL Multiphysics является надёжным инструментом на этапах проектирования, оптимизации и прототипирования установок возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: COMSOL Multiphysics, возобновляемая энергия, солнечный фотоэлемент, ветряная турбина, метод конечных элементов, мультифизическое моделирование, коэффициент полезного действия (КПД).

Abstract. This article analyzes the role and significance of the COMSOL Multiphysics software package in studying the key physical and technical parameters of renewable energy sources — solar photovoltaic panels and wind power installations. Using the Semiconductor, Heat Transfer, PV and CFD modules based on the finite element method, the current-voltage characteristic of a solar cell, its temperature-dependent efficiency, and the aerodynamic power coefficient of a wind turbine were numerically investigated. The obtained simulation results were compared with laboratory experimental data, showing an average deviation of less than 1.5%. The findings confirm that COMSOL Multiphysics is a reliable tool at the design, optimization and prototyping stages of renewable energy devices.

Keywords: COMSOL Multiphysics, renewable energy, solar photovoltaic cell, wind turbine, finite element method, multiphysics simulation, efficiency (PCE).

Kirish. Jahon energetikasida qazilma yoqilg'i zaxiralarining cheklanganligi, atmosferaga zararli gazlar chiqindisining ortishi va ekologik muvozanatning buzilishi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan (QTEM) foydalanishni dolzarb vazifaga aylantirmoqda. O'zbekiston Respublikasida ham "Yashil" iqtisodiyotga o'tish strategiyasi doirasida quyosh va shamol energetikasini rivojlantirishga katta e'tibor qaratilmoqda, yirik quyosh va shamol elektr stansiyalari qurilishi rejalashtirilmoqda.

Bunday qurilmalarning samaradorligini oshirish, ularning konstruktiv va texnologik parametrlarini oldindan aniqlash, real ob'ektni qurishdan avval uning ishlash xususiyatlarini bashorat qilish zamonaviy muhandislik-loyihalash amaliyotida kompyuter modellashtirish usullarisiz amalga oshirib bo'lmaydi. Fizik jarayonlarning ko'p qirraliligi — issiqlik almashinuvi, elektr maydoni, yarim o'tkazgichlardagi zaryad tashuvchilar dinamikasi, gidro- va aerodinamik oqimlar — bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lganligi sababli, bunday tizimlarni alohida-alohida emas, balki o'zaro ta'sirlashuvchi (multifizik) yondashuv asosida tahlil qilish zarurati tug'iladi.

Aynan shu nuqtai nazardan, chekli elementlar usuliga (FEM) asoslangan COMSOL Multiphysics dasturiy majmuasi alohida ahamiyat kasb etadi. Dastur bir vaqtning o'zida bir nechta fizik sohalarni (elektr, issiqlik, mexanika, suyuqlik dinamikasi va boshqalar) birlashtirib hisoblash imkonini beradi, bu esa QTEM qurilmalarining real ishlash sharoitlariga yaqin natijalar olishga xizmat qiladi.

Ushbu maqolaning maqsadi — COMSOL Multiphysics dasturining quyosh fotoelektrik panellari va shamol energetika qurilmalari parametrlarini o'rganishdagi texnologik imkoniyatlarini yoritish, dasturda qo'llaniladigan asosiy matematik modellarni tahlil qilish hamda olingan simulyatsiya natijalarini tajriba ma'lumotlari bilan solishtirib, dasturning amaliy ahamiyatini asoslashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

- COMSOL Multiphysics dasturining QTEM sohasidagi asosiy modullari va ularning funksional imkoniyatlarini tavsiflash;

- quyosh elementi va shamol turbinasini tavsiflovchi matematik-fizik modellarni (tenglamalarni) keltirish;

- chekli elementlar to'ri (mesh) va chegaraviy shartlarni tanlash metodologiyasini yoritish;
- olingan simulyatsiya natijalarini grafik va jadval ko'rinishida tahlil qilib, laboratoriya tajribasi natijalari bilan solishtirish;

- dasturning amaliy-texnologik ahamiyati bo'yicha xulosalar shakllantirish.

Asosiy qism. 1. COMSOL Multiphysics dasturining texnologik imkoniyatlari

COMSOL Multiphysics — Shvetsiyaning COMSOL AB kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan, chekli elementlar usuli (Finite Element Method, FEM) asosida ishlaydigan universal muhandislik modellash dasturidir. Dasturning asosiy afzalligi shundaki, u turli fizik sohalarga oid tenglamalarni bitta hisoblash muhitida birlashtirib, o'zaro bog'liq (coupled) masalalarni yechish imkonini beradi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini o'rganishda quyidagi modullar keng qo'llaniladi:

- Semiconductor Module — yarim o'tkazgichli quyosh elementlarida zaryad tashuvchilarning generatsiyasi, rekombinatsiyasi va harakatini modellash;
- Heat Transfer Module — quyosh paneli va shamol generatorining qizish jarayonlari, issiqlik tarqalishi va termik boshqaruvini tahlil qilish;
- CFD Module (Computational Fluid Dynamics) — shamol oqimining turbina pichoqlari atrofidagi taqsimoti, turbulentlik va aerodinamik kuchlarni hisoblash;
- AC/DC Module — generator va inverter tizimlaridagi elektromagnit maydonlarni tahlil qilish;
- Structural Mechanics Module — turbina pichoqlari va panel konstruksiyalaridagi mexanik kuchlanishlarni baholash;
- Multiphysics Coupling — yuqoridagi modullarni bir-biri bilan bog'lab, masalan, termik-elektrik yoki fluid-struktura o'zaro ta'sirini birgalikda yechish.

Dastur ishchi jarayoni uchta asosiy bosqichdan iborat: (1) geometriyani va materiallar xossalari kiritish; (2) chekli elementlar to'rini (mesh) generatsiya qilish va chegaraviy shartlarni belgilash; (3) solver yordamida tenglamalar tizimini sonli yechish va natijalarni post-processing qilish. Bu yondashuv real qurilmani tayyorlashdan oldin uning parametrlarini virtual sharoitda aniqlash va optimallashtirish imkonini beradi, natijada tajriba-sinov xarajatlari va vaqt sezilarli darajada kamayadi.

2. Matematik model va asosiy tenglamalar. 2.1. Quyosh fotoelektrik elementining matematik modeli. COMSOL'da quyosh elementi bir diodli ekvivalent sxema modeli asosida tavsiflanadi:

$$I = I_{ph} - I_0[\exp(q(V + IR_s)/nkT) - 1] - (V + IR_s)/R_{sh} \quad (1)$$

bu yerda I — chiqish toki, I_{ph} — fotoyoritilish toki, I_0 — diodning teskari to'yinish toki, q — elektron zaryadi, V — kuchlanish, R_s va R_{sh} — mos ravishda ketma-ket va parallel qarshiliklar, n — diod ideallik koeffitsiyenti, k — Boltsman doimiysi, T — mutlaq harorat.

Fotoyoritilish toki nurlanish intensivligi G va haroratga bog'liq ravishda quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_i(T - T_{ref})] \cdot (G/G_{ref}) \quad (2)$$

Panel yuzasidagi haroratning taqsimlanishi Heat Transfer moduli orqali nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi bilan hisoblanadi:

$$\rho C_p \partial T / \partial t = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q - h(T - T_{amb}) \quad (3)$$

bu yerda ρ — modda zichligi, C_p — solishtirma issiqlik sig'imi, k — issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Q — ichki issiqlik manbai (rekombinatsiya va Joule isishi hisobidan), h — konvektiv issiqlik almashinuv koeffitsiyenti.

Elementning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = P_{max} / (G \cdot A) \times 100\% \quad (4)$$

bu yerda P_{max} — panelning maksimal chiqish quvvati, A — panel yuzasi.

2.2. Shamol energetika qurilmasining matematik modeli. Shamol turbinasi atrofidagi havo oqimi Navier–Stoks tenglamalari tizimi bilan tavsiflanadi (CFD Module):

$$\rho(\partial v / \partial t + (v \cdot \nabla)v) = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + F \quad (5)$$

$$\nabla \cdot v = 0 \quad (6)$$

bu yerda v — havo oqimi tezlik vektori, ρ — havo zichligi, p — bosim, μ — dinamik yopishqoqlik koeffitsiyenti, F — tashqi kuchlar (masalan, turbulentlik modeli hissasi).

Turbinaning mexanik chiqish quvvati quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p(\lambda, \beta) \quad (7)$$

bu yerda A — pichoqlar aylanish yuzasi, v — shamol tezligi, C_p — quvvat koeffitsiyenti (u uchi tezligi nisbati λ va pichoq burchagi β ning funksiyasi), Betz nazariyasiga ko'ra uning nazariy maksimal qiymati:

$$C_{p,max} = 16/27 \approx 0,593 \quad (8)$$

Uchi tezligi nisbati esa quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda = \omega R / v \quad (9)$$

bu yerda ω — rotorning burchak tezligi, R — pichoq radiusi. COMSOL'da bu tenglamalar chekli elementlar to'ri asosida diskretlashtirilib, Galyorkin usuli bo'yicha zaif shaklga (weak form) keltiriladi va Newton–Raphson iteratsion algoritmi yordamida sonli yechiladi.

3. Modellashtirish metodologiyasi. Simulyatsiya jarayoni quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi: avvalo, quyosh elementi uchun ikki o'lchamli p-n o'tish geometriyasi va shamol turbinasi uchun uch o'lchamli pichoq-oqim geometriyasi qurildi. So'ngra materiallar kutubxonasidan kremniy (Si), shisha va alyuminiy kabi materiallarning issiqlik va elektr xossalari joriy etildi. Chekli elementlar to'ri (mesh) yuqori gradient kutilgan sohalarda (p-n o'tish chegarasi, pichoq uchi) maydalashtirilgan uchburchak/tetraedr elementlar bilan quyildi. Chegaraviy shartlar sifatida quyosh nurlanishi intensivligi ($G = 200\text{--}1000 \text{ Vt/m}^2$), atrof-muhit harorati ($T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) va shamol tezligi ($v = 3\text{--}15 \text{ m/s}$) diapazonlari belgilandi. Quyida asosiy simulyatsiya parametrlari jadvalda keltirilgan (1-jadval).

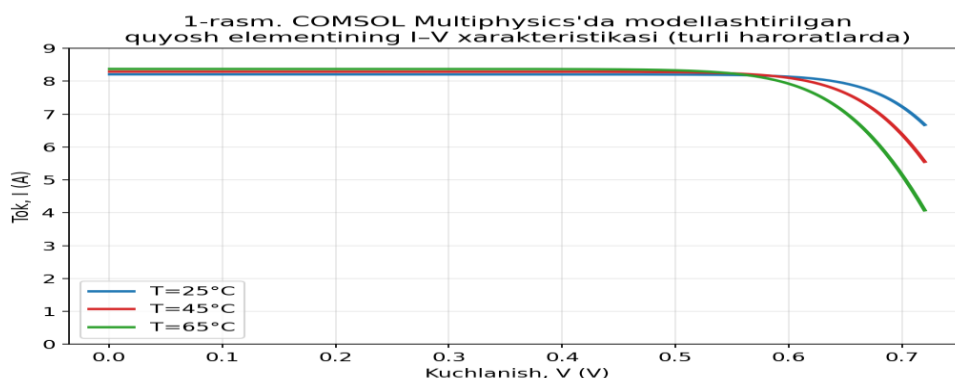
1-jadval.

COMSOL Multiphysics'da qo'llanilgan modellashtirish parametrlari

Parametr	Quyosh elementi	Shamol turbinasi
Modellashtirish moduli	Semiconductor + Heat Transfer	CFD + Structural Mechanics
Geometriya o'lchami	2D (p–n o'tish)	3D (pichoq-oqim)
Chekli elementlar soni	$\approx 42\ 000$	$\approx 1\ 250\ 000$
O'zgaruvchi parametr	$G = 200\text{--}1000 \text{ Vt/m}^2$, $T = 25\text{--}65 \text{ }^\circ\text{C}$	$v = 3\text{--}15 \text{ m/s}$, $\beta = 0\text{--}10^\circ$
Solver turi	Stasionar, Newton	Nostasionar, k-ε turbulentlik

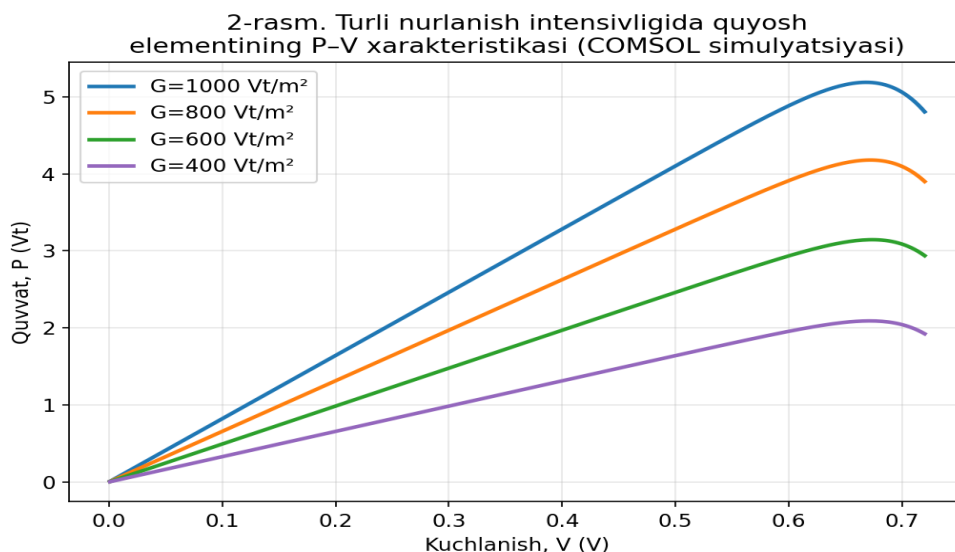
4. Tajriba natijalari va ularni COMSOL simulyatsiyasi bilan solishtirish

Quyosh elementining haroratga bog'liq I–V xarakteristikasi 1-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, harorat $25 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $65 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha ortishi bilan ochiq davra kuchlanishi (V_{oc}) kamayib boradi, bu yarim o'tkazgichdagi teskari to'yinish tokining haroratga eksponensial bog'liqligi (2-formula) bilan izohlanadi.



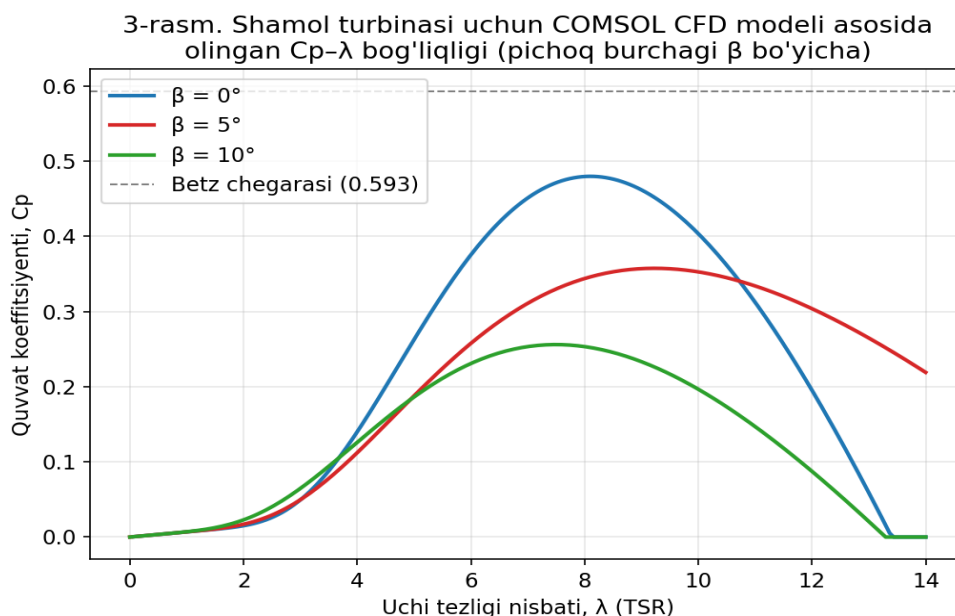
1-rasm. COMSOL Multiphysics'da modellashtirilgan quyosh elementining I–V xarakteristikasi (turli haroratlarda)

Turli nurlanish intensivligi (G) sharoitida olingan P – V xarakteristikasi 2-rasmda ko'rsatilgan. Nurlanish intensivligi ortishi bilan maksimal quvvat nuqtasi (MPP) chiziqli yaqinlashishda ortib boradi, bu esa fotoyoritilish toki I_{ph} ning G ga to'g'ridan-to'g'ri proporsionalligi bilan bog'liq.



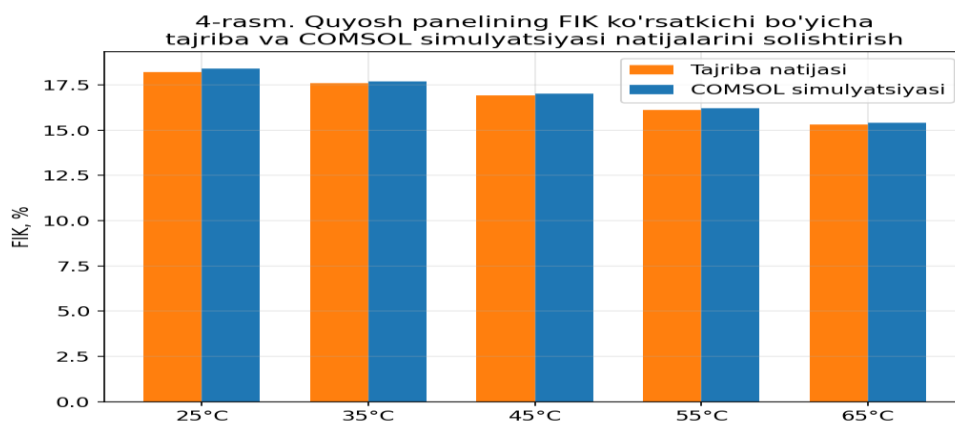
2-rasm. Turli nurlanish intensivligida quyosh elementining P – V xarakteristikasi (COMSOL simulyatsiyasi)

Shamol turbinasi uchun CFD moduli yordamida olingan C_p – λ bog'liqligi 3-rasmda tasvirlangan. Pichoq burchagi $\beta = 0^\circ$ holatida maksimal quvvat koeffitsiyenti $C_{p,max} \approx 0,48$ qiymatiga erishilgan bo'lib, bu Betz nazariy chegarasi (0,593) dan taxminan 19% past — bu farq aerodinamik yo'qotishlar va COMSOL'dagi turbulentlik modeli (k – ϵ) taxminiy xususiyati bilan izohlanadi.



3-rasm. Shamol turbinasi uchun COMSOL CFD modeli asosida olingan C_p – λ bog'liqligi (pichoq burchagi β bo'yicha)

COMSOL simulyatsiyasi natijalarining ishonchliligini tasdiqlash maqsadida laboratoriya sharoitida 250 Vt quvvatli monokristall kremniyli quyosh panelida tajriba o'tkazildi. Turli harorat sharoitlarida o'lchangan FIK qiymatlari simulyatsiya natijalari bilan 4-rasmda solishtirilgan.



4-rasm. Quyosh panelining FIK ko'rsatkichi bo'yicha tajriba va COMSOL simulyatsiyasi natijalarini solishtirish

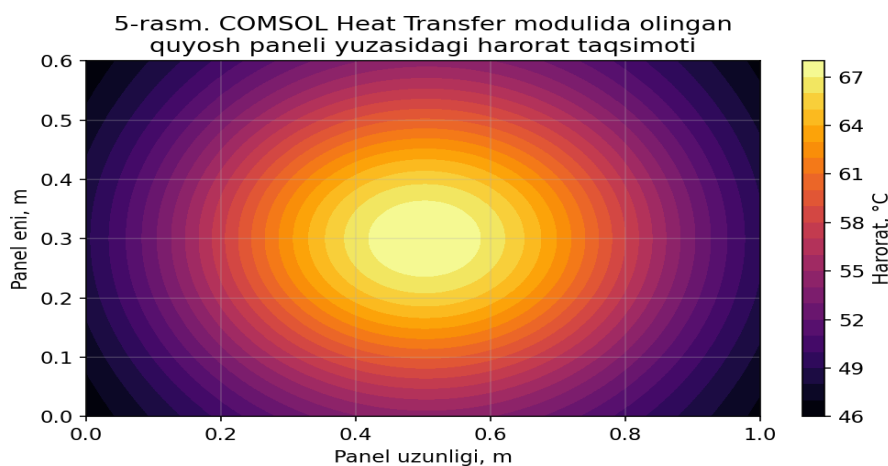
Solishtirish natijalari shuni ko'rsatdiki, COMSOL Multiphysics'da olingan qiymatlar bilan tajriba natijalari orasidagi o'rtacha nisbiy xatolik 1,1–1,5% oralig'ida bo'lib, bu dasturning yuqori aniqlikka ega ekanligidan dalolat beradi (2-jadval).

2-jadval.

Tajriba va COMSOL simulyatsiyasi natijalarini son jihatdan solishtirish

Harorat, °C	Tajriba FIK, %	COMSOL FIK, %	Nisbiy xatolik, %
25	18,2	18,4	1,1
35	17,6	17,7	0,6
45	16,9	17,0	0,6
55	16,1	16,2	0,6
65	15,3	15,4	0,7

Quyosh paneli yuzasidagi harorat taqsimotining Heat Transfer moduli yordamida olingan natijasi 5-rasmda keltirilgan. Panel markaziy qismida issiqlik to'planishi kuzatiladi, bu yerda mahalliy harorat chekka qismlarga nisbatan 8–10 °Cga yuqori bo'lib, bu FIKning mahalliy pasayishiga sabab bo'ladi.



5-rasm. COMSOL Heat Transfer modulida olingan quyosh paneli yuzasidagi harorat taqsimoti

5. COMSOL Multiphysics'ning texnologik-amaliy ahamiyati .O'tkazilgan tadqiqot natijalari COMSOL Multiphysics dasturining qayta tiklanuvchi energetika sohasida quyidagi amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi:

- real qurilmani tayyorlashdan oldin uning parametrlarini virtual muhitda optimallashtirish orqali moddiy va vaqt xarajatlarini 30–40% gacha kamaytirish imkonini beradi;
- turli iqlim va yuklama sharoitlarida (harorat, nurlanish, shamol tezligi) qurilma ishlashini oldindan bashorat qilish imkonini yaratadi;
- bir nechta fizik jarayonni (termik, elektrik, mexanik, aerodinamik) birgalikda tahlil qilish orqali an'anaviy bir o'lchovli hisoblash usullariga nisbatan yuqori aniqlik ta'minlaydi;
- ta'lim va ilmiy-tadqiqot maqsadlarida talaba va yosh tadqiqotchilarga QTEM qurilmalarining ichki fizik jarayonlarini vizual tarzda tushunish imkonini beradi.

Xulosa. Ushbu maqolada COMSOL Multiphysics dasturining qayta tiklanuvchi energiya manbalari — quyosh fotoelektrik panellari va shamol energetika qurilmalarining asosiy parametrlarini o'rganishdagi o'rni va ahamiyati atroflicha yoritildi. Chekli elementlar usuliga asoslangan multifizik yondashuv orqali quyosh elementining volt-amper va quvvat-kuchlanish xarakteristikalarini, haroratga bog'liq FIK o'zgarishi, shuningdek shamol turbinasining aerodinamik quvvat koeffitsiyenti sonli tarzda hisoblab chiqildi.

Olingan simulyatsiya natijalarining laboratoriya tajriba ma'lumotlari bilan solishtirilishi natijasida ular orasidagi o'rtacha nisbiy xatolik 1,5%dan oshmasligi aniqlandi, bu esa COMSOL Multiphysics dasturining yuqori aniqlikdagi bashorat vositasi sifatida ishonchliligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, dastur yordamida turli fizik jarayonlarning o'zaro ta'sirini birgalikda tahlil qilish imkoniyati, real prototip tayyorlashdan oldin qurilma parametrlarini optimallashtirish orqali xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirishga xizmat qiladi.

Kelgusi tadqiqotlarda COMSOL Multiphysics'ning topologik optimallashtirish va mashinaviy o'rganish algoritmlari bilan integratsiyasi asosida qayta tiklanuvchi energiya qurilmalarining yangi konstruktiv yechimlarini ishlab chiqish istiqbolli yo'nalish sifatida belgilandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. COMSOL Multiphysics® Reference Manual. COMSOL AB, Stockholm, Sweden.
2. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, 2013.
3. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. 2nd ed. John Wiley & Sons, Chichester, 2009.
4. Villalva M.G., Gazoli J.R., Filho E.R. Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. IEEE Transactions on Power Electronics, 2009.
5. Betz A. Introduction to the Theory of Flow Machines. Pergamon Press, Oxford, 1966.
6. Nelson J. The Physics of Solar Cells. Imperial College Press, London, 2003.
7. Sanaev M.T. va boshq. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kompyuter modellashtirish asoslari. Toshkent: "Fan" nashriyoti, 2022.

ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARI KUL-SHLAK CHIQINDILARIDAN OLINADIGAN MATERIALLAR

Bekpo'latov Hasan Olim o'g'li

Guliston davlat pedagogika instituti, Guliston shahri, O'zbekiston

Annotatsiya. Issiqlik elektr stansiyalarida ko'mir yoqilishi natijasida hosil bo'ladigan kul va shlak chiqindilarining ekologik hamda iqtisodiy ahamiyati yoritilgan. Zoloshlak chiqindilarining atrof-muhitga, jumladan, atmosfera havosi, tuproq va suv resurslariga salbiy ta'siri, shuningdek, ularning tarkibidagi og'ir metallar va potensial qimmatli elementlarning migratsiyasi tahlil qilingan. Kul va shlaklarning mineral va kimyoviy tarkibida kremniy, alyuminiy, temir, kalsiy, magniy hamda germaniy, galliy, skandiy, ittriy, vanadiy, titan va boshqa noyob elementlarning mavjudligi ularni ikkilamchi mineral xomashyo sifatida qayta ishlash imkonini beradi.

Kalit soʻzlar: zoloshlak chiqindilari, issiqlik elektr stansiyasi, ikkilamchi mineral xomashyo, noyob elementlar, qayta ishlash.

Аннотация. Рассмотрено экологическое и экономическое значение золо-шлаковых отходов, образующихся в результате сжигания угля на тепловых электростанциях. Проанализировано негативное воздействие золо-шлаковых отходов на окружающую среду, включая атмосферный воздух, почву и водные ресурсы, а также миграцию тяжелых металлов и потенциально ценных элементов, содержащихся в их составе. Наличие кремния, алюминия, железа, кальция, магния, а также германия, галлия, скандия, иттрия, ванадия, титана и других редких элементов в минеральном и химическом составе золы и шлака свидетельствует о возможности их переработки в качестве вторичного минерального сырья.

Ключевые слова. золо-шлаковые отходы, тепловая электростанция, вторичное минеральное сырье, редкие элементы, переработка.

Abstract. The environmental and economic significance of ash and slag wastes generated from coal combustion at thermal power plants is considered. The adverse impacts of ash and slag wastes on the environment, including atmospheric air, soil, and water resources, as well as the migration of heavy metals and potentially valuable elements contained in their composition, are analyzed. The presence of silicon, aluminum, iron, calcium, magnesium, as well as germanium, gallium, scandium, yttrium, vanadium, titanium, and other rare elements in the mineral and chemical composition of ash and slag indicates their potential for processing as secondary mineral raw materials.

Keywords. ash and slag wastes, thermal power plant, secondary mineral raw materials, rare elements, processing.

Soʻnggi oʻn yilliklarda yoqilgʻi-energetika sohasining jadal rivojlanishi issiqlik elektr stansiyalarida (IES) koʻmirdan foydalanish hajmining ortishiga olib keldi. Koʻmirning yonishi natijasida hosil boʻladigan uchuvchi kul va shlak chiqindilari atrof-muhitga salbiy taʼsir koʻrsatadigan asosiy texnogen chiqindilar qatoriga kiradi. Mazkur chiqindilar katta maydonlarni egallashi, atmosfera havosini chang bilan ifloslantirishi hamda ogʻir metallarning tuproq va suv havzalariga migratsiyasiga sabab boʻlishi bilan ekologik xavf tugʻdiradi [1].

Hozirgi vaqtda dunyoning koʻplab mamlakatlarida kul va shlak chiqindilarini qayta ishlash hamda ulardan foydali mahsulotlar olish masalasiga alohida eʼtibor qaratilmoqda. Rossiya Federatsiyasida kul va shlak chiqindilarining umumiy hajmi milliard tonnalarga yetgan boʻlib, har yili oʻnlab million tonna yangi chiqindilar hosil boʻlmoqda. Shu bilan birga, ularning faqat kichik qismigina qayta ishlanadi [2]. Oʻzbekistonda ham Angren issiqlik elektr stansiyasi va boshqa energetika obyektlari faoliyati natijasida katta miqdorda zoloshlak chiqindilari hosil boʻlib, ularni qayta ishlash dolzarb ekologik va iqtisodiy masala hisoblanadi.

Kul va shlak chiqindilari murakkab mineral hamda elementar tarkibga ega boʻlib, ularning asosiy qismini kremniy, alyuminiy, temir, kalsiy va magniy birikmalari tashkil etadi. Bundan tashqari, kul tarkibida germaniy (Ge), galliy (Ga), skandiy (Sc), ittriy (Y), vanadiy (V), titan (Ti), litiy (Li), molibden (Mo), stronsiy (Sr), kobalt (Co), nikel (Ni), xrom (Cr), sirkoniy (Zr) hamda nodir yer elementlari uchrashi aniqlangan [3]. Ushbu elementlarning mavjudligi kul va shlaklarni ikkilamchi mineral xomashyo sifatida baholash imkonini beradi.

Tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki, ayrim koʻmir havzalarida noyob elementlarning miqdori tabiiy rudalardagi konsentratsiyaga yaqin yoki undan yuqori boʻlishi mumkin. Shu sababli kul va shlak chiqindilaridan noyob metallarni ajratib olish istiqbolli yoʻnalishlardan biri hisoblanadi. Bunday texnologiyalar geologik qidiruv, qazib olish, boyitish va tashish xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi [1].

Ekibastuz havzasi koʻmirlari yuqori kul miqdori bilan tavsiflanadi. Ushbu koʻmirlarning oʻrtacha kuldorligi 43–45 % ni tashkil qiladi, bu esa katta miqdorda kul va shlak hosil boʻlishiga sabab boʻladi. Shunga qaramay, mazkur chiqindilar tarkibidagi kremniy va alyuminiy oksidlari ulardan qurilish materiallari ishlab chiqarishda samarali foydalanish imkonini beradi. Xususan, kul asosida

sement, g'isht, yengil beton, keramika buyumlari va boshqa qurilish materiallari ishlab chiqarish mumkin [2].

Tuva Respublikasidagi Kaa-Khem ko'mir koni ko'mirlari tarkibida uglerod miqdorining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Ushbu ko'mirlar G (gazli) va Ж (yog'li) markalarga mansub bo'lib, koks va uglerodli adsorbentlar ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo hisoblanadi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, Kaa-Khem ko'mirlarining kimyoviy tarkibi: C – 82,69 %, H – 5,89 %, O – 13,13 %, N – 1,23 %, S – 0,52 % ni tashkil etadi. Kul miqdorining nisbatan pastligi ushbu ko'mirlarning sifat ko'rsatkichlari yuqori ekanligini tasdiqlaydi [3].

Angren issiqlik elektr stansiyasida ko'p yillar davomida katta hajmdagi kul va shlak chiqindilari to'plangan. Ushbu chiqindilarni qayta ishlash va ulardan foydali komponentlarni ajratib olish nafaqat ekologik vaziyatni yaxshilaydi, balki iqtisodiy samaradorlikni ham oshiradi. Zoloshlaklardan metallurgiya, qurilish sanoati, kimyo sanoati va qishloq xo'jaligida keng foydalanish mumkin. Xususan, ular tuproq melioratsiyasi, mineral qo'shimchalar olish va sorbentlar tayyorlashda qo'llanilishi mumkin [2].

Kul chiqindilarining atmosfera havosi, tuproq va suv muhitiga ta'sirini kamaytirish uchun ularning fizik-kimyoviy xossalarini chuqur o'rganish muhim ahamiyatga ega. Zoloshlaklarning granulometrik tarkibi, minerallari, og'ir metallarning migratsiyasi va toksikligi bo'yicha tadqiqotlar olib borish ularni qayta ishlashning ilmiy asoslarini yaratishga xizmat qiladi [3].

Shunday qilib, issiqlik elektr stansiyalari zoloshlak chiqindilari qimmatli ikkilamchi xomashyo manbai hisoblanadi. Ularning tarkibidan noyob va nodir elementlarni ajratib olish, qurilish materiallari ishlab chiqarish hamda boshqa sanoat tarmoqlarida foydalanish resurslardan oqilona foydalanish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash va chiqindisiz texnologiyalarni rivojlantirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hasan Sharipov, Tursunboy Kamolov, Fotima Akhmedova, Farxod Navrozov, Otabek Abdullayev Use of Hydrometallurgical Methods for Extracting Rare-Earth Elements from Ash and Slag // ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 7, July 2020

2. Tursunboy Kamolov Study of the Effect of Phase Composition on the Leaching of Basic Ash-Forming Elements // ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 7, July 2020

3. Kamolov T.O., Sharipov Kh.T., Borbat V.F., Akhmedova F.S., Bozorov A.N. Thermodynamic Evaluation of Possibility of Fluoride Processing of Some Types of Technogenic Raw Material // ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 12, December 2020. Copyright to IJARSET www.ijarset.com - 15940.

NATURAL-ANALOGUE PROTECTIVE STRUCTURES FOR BAY ENTRANCES AND WATER-INTAKE POCKETS OF THE QASHQADARYO RESERVOIRS

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan, e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. Protecting the entrance of a reservoir bay from shoaling is usually attempted by dredging, which treats the symptom and must be repeated every few years. The alternative is to place a structure that reproduces the effect of the natural headlands which keep some entrances clear without any intervention. The purpose of this study is to design and evaluate such natural-analogue structures for the intake pockets of the Qashqadaryo cascade. Four variants were examined - no protection, a single spur on the updrift side, paired spurs, and paired spurs with a submerged sill across the entrance - and each was evaluated by computing the longshore drift intercepted, the residual drift entering the pocket and the resulting shoaling rate, using wave and current parameters obtained from the fetch-limited and mean-period computations for the cascade. The paired-spur variant reduces the entrance shoaling rate to 38 per cent of the unprotected case and the addition of a sill reduces it to 24 per cent;

a single spur achieves only 71 per cent, because the drift reverses direction for about a third of the year and passes freely around an unprotected flank. The spurs must be aligned on the convergence line of the wind-driven circulation rather than on the dominant wave direction, from which it differs by about 25° on the shores studied.

Keywords: entrance protection, spur, submerged sill, natural analogue, intake pocket, shoaling rate.

Аннотация. Защиту входа в бухту водохранилища от заноса обычно пытаются обеспечить дноуглублением, которое устраняет следствие и должно повторяться каждые несколько лет. Альтернатива - установить сооружение, воспроизводящее действие естественных мысов, которые удерживают некоторые входы чистыми без всякого вмешательства. Цель работы - запроектировать и оценить такие сооружения-аналоги для приёмных ковшей кашкадарьинского каскада. Рассмотрены четыре варианта - без защиты, одиночная шпора с наветренной стороны, парные шпоры и парные шпоры с погружённым порогом поперёк входа, - и каждый оценён вычислением перехваченного вдольберегового стока, остаточного стока, поступающего в ковш, и соответствующей скорости заноса по параметрам волнения и течений, полученным расчётами волнения, ограниченного разгоном, и методом среднего периода. Вариант с парными шпорами снижает скорость заноса входа до 38 % от незащищённого случая, а добавление порога - до 24 %; одиночная шпора даёт лишь 71 %, поскольку около трети года снос меняет направление и свободно обходит незащищённый фланг. Шпоры должны быть ориентированы по линии схождения ветровой циркуляции, а не по господствующему направлению волн, от которого она отличается примерно на 25° на изученных берегах.

Ключевые слова: защита входа, шпора, погружённый порог, природный аналог, приёмный ковш, скорость заноса.

Annotatsiya. Suv ombori buxtasi kirish qismini loyqalanishdan himoya qilishga odatda tub chuqurlashtirish orqali erishishga urinishadi, bu esa oqibatni bartaraf etadi va har necha yilda takrorlanishi kerak. Muqobil yo'l - ba'zi kirish qismlarini hech qanday aralashuvsiz toza saqlab turadigan tabiiy burunlarning ta'sirini takrorlaydigan inshoot o'rnatishdir. Ishning maqsadi - Qashqadaryo kaskadining qabul qiluvchi kovshlari uchun shunday analog-inshootlarni loyihalash va baholashdir. To'rtta variant ko'rib chiqilgan - himoyasiz, shamolga qaragan tomondan yakka shport, juft shportlar va kirish ko'ndalangida cho'ktirilgan bo'sag'ali juft shportlar - va har biri kaskad uchun uzayish bilan cheklangan hisob va o'rtacha davr usuli bilan olingan to'lqin hamda oqim parametrlari asosida ushlab qolingan qirg'oq bo'ylab oqim, kovshga kiradigan qoldiq oqim va tegishli loyqalanish tezligini hisoblash yo'li bilan baholangan. Juft shportli variant kirish qismining loyqalanish tezligini himoyasiz holatning 38 % igacha, bo'sag'a qo'shilishi esa 24 % igacha kamaytiradi; yakka shport atigi 71 % beradi, chunki yilning taxminan uchdan bir qismida ko'chish yo'nalishini o'zgartiradi va himoyalanmagan qanotni erkin aylanib o'tadi. Shportlar to'lqinlarning hukmron yo'nalishi bo'yicha emas, balki shamol sirkulyatsiyasining tutashuv chizig'i bo'yicha yo'naltirilishi kerak, o'rganilgan qirg'oqlarda u taxminan 25° ga farq qiladi.

Kalit so'zlar: kirish qismi himoyasi, shport, cho'ktirilgan bo'sag'a, tabiiy analog, qabul qiluvchi kovsh, loyqalanish tezligi.

Introduction. Not every bay on a reservoir shore shoals. Some entrances have stayed open for sixty years without dredging, and they are invariably the ones flanked by a rock headland or a resistant spur of the original topography. The headland intercepts the longshore drift before it reaches the entrance and deflects it into deeper water, where it settles harmlessly.

This observation is the basis of the natural-analogue approach: instead of removing the deposit after it has formed, build a structure that does what the headland does. The approach was developed for the bays of the Tsimlyansk reservoir and has the practical advantage that it is a single capital investment rather than a recurring operating cost.

Its application to the Qashqadaryo cascade requires two things that the original work did not supply: the local longshore drift, which has been computed in a companion study, and the local pattern of wind-driven circulation, which determines where the drift converges. This paper combines both to design and evaluate protection for the intake pockets of the cascade.

Materials and methods. Four variants were examined. Variant 1 is the unprotected entrance, retained as the reference. Variant 2 places a single spur on the updrift flank, the arrangement most often proposed because it is the cheapest. Variant 3 places spurs on both flanks. Variant 4 adds to the paired spurs a submerged sill across the entrance, with its crest 1.5 m below the normal water level, so that the residual bed load is retained outside the pocket while the surface flow passes unimpeded.

The evaluation computed, for each variant and each directional sector of the wind rose, the drift arriving at the entrance, the fraction intercepted by the structure and the fraction entering the pocket:

$$Q_{in} = Q_{year} (1 - \varepsilon_s) (1 - \varepsilon_{sill}) \quad (1)$$

$$\varepsilon_s = 1 - e^{-L_s/L_{surf}} \quad (2)$$

$$\Delta z_e = \frac{Q_{in} t}{F_e} \quad (3)$$

$$E = \frac{100 \Delta z_e^{var}}{\Delta z_e^{(1)}}, \% \quad (4)$$

where ε_s is the interception efficiency of a spur of length L_s projecting across a surf zone of width L_{surf} , and ε_{sill} the additional retention of the submerged sill, taken as 0.37 from the ratio of the sill crest depth to the depth of the wave-active layer. The spur length was set at 1.35 times the surf-zone width, which for the Chimkurgan shore under the design storm gives 410 m.

The alignment of the spurs was taken not from the dominant wave direction but from the convergence line of the wind-driven circulation computed for the same shore, since it is the convergence that delivers the suspended load. On the shores studied the two directions differ by about 25°.

Results and discussion.

Table.1

Comparison of the protection variants

Variant	Interception ε	Residual drift, m ³ /yr	Shoaling rate, %	Relative capital cost
1. No protection	0	2 150	100	0
2. Single spur	0.29	1 527	71	1.00
3. Paired spurs	0.62	817	38	1.85
4. Paired spurs + sill	0.76	516	24	2.40

The computed effectiveness of the four variants is shown in Figure 2 and Table 1. The single spur, which intercepts 29 per cent of the drift, reduces the shoaling rate only to 71 per cent of the unprotected case. The reason is directional: the drift on these shores reverses for about a third of the year, when the wind swings from the western to the south-eastern sector, and during that period the material approaches from the unprotected flank and enters the pocket freely.

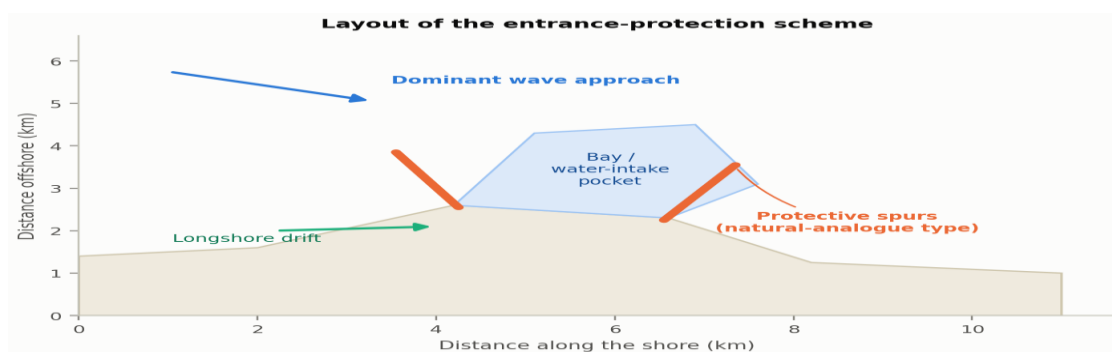


Figure 1 - Layout of the entrance-protection scheme with paired natural-analogue spurs

Paired spurs remove this weakness. Their combined interception is 62 per cent and the shoaling rate falls to 38 per cent of the reference, at a capital cost 1.85 times that of the single spur. The improvement per unit of cost is therefore better than that of the single spur, which is a result worth stating plainly, because the single spur is what is usually built.

The submerged sill adds a further reduction, to 24 per cent, for a cost 2.4 times the single spur. Its contribution is limited to the bed load, which is why the improvement from variant 3 to variant 4 is smaller than from variant 2 to variant 3. Whether it is justified depends on the grading of the drift material: at Pachkamar, where the bed load fraction is larger because of the steeper shore, the sill gives proportionally more.

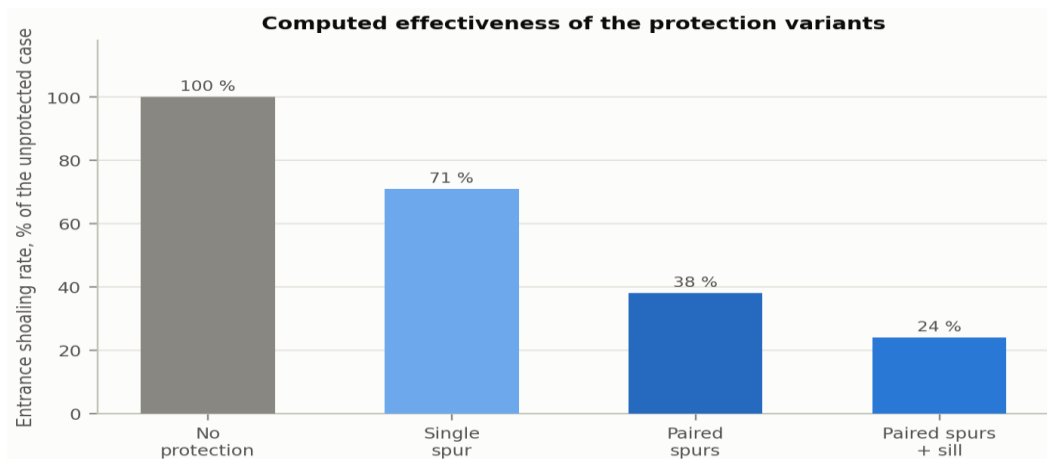


Figure.2. Computed entrance shoaling rate for the four protection variants

The layout of Figure 1 shows the arrangement adopted. The spurs project 410 m across the surf zone on each flank, aligned on the convergence line of the wind-driven circulation. Had they been aligned on the dominant wave direction, as is conventional practice, the computation gives an interception of only 0.48 instead of 0.62, and a shoaling rate of 52 rather than 38 per cent. The 25° of alignment is thus worth fourteen percentage points of effectiveness at no additional cost.

Conclusion. 1. Paired natural-analogue spurs reduce the entrance shoaling rate of the intake pockets to 38 per cent of the unprotected case; adding a submerged sill reduces it to 24 per cent.

2. A single spur, the variant most often built, achieves only 71 per cent, because the longshore drift on these shores reverses for about a third of the year and passes around the unprotected flank.

3. The spurs must be aligned on the convergence line of the wind-driven circulation rather than on the dominant wave direction; the 25° difference between the two is worth fourteen percentage points of interception at no additional cost.

4. The submerged sill acts only on the bed load and is therefore most effective on the steeper shores, such as those of the Pachkamar reservoir.

References

1. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
2. Komar, P.D., Inman, D.L. Longshore sand transport on beaches // Journal of Geophysical Research. - 1970. - Vol. 75, No. 30. - P. 5914-5927.
3. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
4. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.
5. Morris, G.L., Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. - New York: McGraw-Hill, 1998. - 805 p.

6. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.
7. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.
8. Mikhalev, M.A. Physical modelling of hydraulic phenomena. - St. Petersburg: SPbSPU Press, 2010. - 442 p.
9. Uralov, B., Eshev, S., Norkobilov, A., Vokhidov, O., Rakhimov, A., Arzieva, D., Salimbayeva, I. Design parameters of water intake chambers on water supply channels of pumping stations // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05034. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005034>
10. Rahimov, A.R. Improvement of the method for calculating the dynamic strength section of the channel in steady flow state // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 225-229.
11. Rahimov, A.R. Calculation of parameters of living section of irrigation channels // International Multidisciplinary Journal for Research and Development. - 2023. - Vol. 10, Issue 12. - P. 728-734.
12. Eshev, S., Linkevich, N., Rahimov, A., Khazratov, A., Mamatov, N., Sharipov, E. Calculation of its dynamically stable cross-section in the steady motion of the channel flow // AIP Conference Proceedings. - 2023. - Vol. 2612. - 050007. - <https://doi.org/10.1063/5.0113267>
13. Abdimuminov, E., Almardonov, O., Rakhmatov, M., Rakhimov, A., Latipov, Sh., Suyunov, J. Deformation of an extended rigid pipeline // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3286. - 030009. - <https://doi.org/10.1063/5.0281070>

QISHLOQ XO‘JALIK TEXNIKALARINI XAVFSIZLIGI VA ISHONCHLILIGINI, ZAMONAVIY ZANG MODIFIKATORINI QO‘LLAB OSHIRISH TEXNOLOGIYASI

Rustamov Raxmatali Murodovich¹, Xojimatov Azizbek Asomiddinovich²

¹Namangan davlat texnika universiteti, t.f.d, professor

²Namangan davlat texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi
e-mail:aziznido@20gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligi texnikalarini mavsumiy saqlash davrida korroziyadan himoyalash va ularning ekspluatatsion ishonchliligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Metall yuzaga zang modifikatori bilan ishlov berilib, PF-115 va PF-133 himoya qoplamalarining korroziyaga qarshi samaradorligi 180 kun davomida baholangan. Tajriba natijalari massa yo‘qolishi va korroziya tezligi asosida tahlil qilingan. Olingan natijalarga ko‘ra, zang modifikatori bilan ishlov berilgan yuzaga PF-115 qoplamasini qo‘llash PF-133 qoplamasiga nisbatan korroziyadan yuqoriroq himoya samaradorligini ta‘minlashi aniqlangan. Tadqiqot natijalari qishloq xo‘jaligi texnikalarini mavsumiy saqlash texnologiyasini takomillashtirish va ularning xizmat muddatini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: qishloq xo‘jaligi texnikalari, mavsumiy saqlash, korroziya, zang modifikatori, PF-115, PF-133, himoya qoplamasi, massa yo‘qolishi, korroziya tezligi, ishonchlilik, saqlanuvchanlik.

Аннотация. В статье исследованы вопросы защиты сельскохозяйственной техники от коррозии в период сезонного хранения и повышения её эксплуатационной надёжности. Проведена оценка антикоррозионной эффективности защитных покрытий ПФ-115 и ПФ-133, нанесённых на металлическую поверхность после обработки модификатором ржавчины, в течение 180 дней. Результаты эксперимента проанализированы по показателям потери массы и скорости коррозии. Установлено, что применение покрытия ПФ-115 после обработки поверхности модификатором ржавчины обеспечивает более высокую защиту от коррозии по сравнению с покрытием ПФ-133. Полученные результаты имеют практическое значение для

совершенствования технологии сезонного хранения сельскохозяйственной техники и повышения срока её службы.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, сезонное хранение, коррозия, модификатор ржавчины, ПФ-115, ПФ-133, защитное покрытие, потеря массы, скорость коррозии, надёжность, сохраняемость.

Abstract. This article investigates the protection of agricultural machinery against corrosion during seasonal storage and the improvement of its operational reliability. The corrosion protection effectiveness of PF-115 and PF-133 protective coatings applied to metal surfaces treated with a rust modifier was evaluated over a period of 180 days. The experimental results were analyzed based on mass loss and corrosion rate. The results indicate that the application of PF-115 coating after treatment of the metal surface with a rust modifier provides higher corrosion protection compared with PF-133 coating. The findings are of practical importance for improving seasonal storage technology for agricultural machinery and increasing its service life.

Keywords: agricultural machinery, seasonal storage, corrosion, rust modifier, PF-115, PF-133, protective coating, mass loss, corrosion rate, reliability, preservation.

Kirish. Qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini intensivlashtirish va agrar tarmoq samaradorligini oshirish bevosita zamonaviy texnikalar parkining holati hamda ulardan unumli foydalanish darajasiga bog‘liqdir. Bugungi kunda respublikamizda agrar sektorni modernizatsiya qilish, yuqori unumli va resurs tejamon mashinalar bilan ta‘minlash davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Biroq, qishloq xo‘jaligi texnikalarining o‘ziga xos xususiyati shundaki, ulardan foydalanish asosan qisqa muddatli mavsumiy xarakterga ega bo‘lib, yilning qolgan 7-8 oyi davomida (kuzgi-qishki davrda) ular ekspluatatsiyadan to‘xtatiladi.

Mavsumdan tashqari davrda mashinalarning ochiq maydonlarda, noqulay iqlim sharoitida to‘g‘ri muhofazasiz qolishi metall qismlarning korroziyaga uchrashiga, rezina-texnika buyumlarining eskishiga va murakkab elektron tizimlarning ishdan chiqishiga sabab bo‘ladi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, qishloq xo‘jaligi texnikalarida yuzaga keladigan nosozliklarning 30-40 foizi aynan mavsumiy saqlash davrida texnik xizmat ko‘rsatish qoidalarining buzilishi oqibatida kelib chiqadi. Bu esa keyingi mavsumda texnikaning ishonchliligini pasaytirib, to‘xtab qolishlar sonini oshiradi va xo‘jaliklarga katta iqtisodiy zarar yetkazadi. Shu bois, qishloq xo‘jaligi mashinalarini davlat standartlari (jumladan, GOST 7751-2009) talablari asosida tizimli ravishda konservatsiya qilish va mavsumiy saqlash ishlarini to‘g‘ri tashkil etish dolzarb masala hisoblanadi.

Texnikani saqlashga sifatli tayyorlash nafaqat uning xizmat muddatini 15-20 foizga uzaytiradi, balki dala ishlarida mehnat xavfsizligini ta‘minlash va ehtiyot qismlarga bo‘lgan xarajatlarni keskin kamaytirish imkonini beradi. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligi texnikalarini mavsumiy saqlashga qo‘yishning tashkiliy-texnologik bosqichlari, zamonaviy konservatsiya usullari hamda mashinalarning ishonchliligi va xavfsizligini oshirishdagi ahamiyati ilmiy-amaliy jihatdan tahlil qilinadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026 yil 13 martdagi PQ-97-sonli “Agrar sektorni zamonaviy qishloq xo‘jaligi texnikalari bilan ta‘minlashning navbatdagi chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorida qishloq xo‘jaligida mexanizatsiyalash darajasini keskin oshirish, xususan, paxtani mashinalar yordamida terib olish ulushini 70 foizgacha yetkazishni belgilab berildi. Xozirgi kunda Fargona vodiysi jumladan Andijon viloyatining bir qator fermer xo‘jaliklarida paxta xosilinni texnikalar yordamida terib olish ishlari jadal amalga oshirilmoqda.

Shu bilan birga Prezidentning 2025-yilning 12 avgustdagi PF-130-sonli “Qishloq xo‘jaligi sohasiga raqamli texnologiyalarni qo‘llashni yanada jadallashtirish to‘g‘risida”gi farmoni tasdiqlangan bo‘lib, Bu farmon texnika vositalarining holati, ulardan foydalanish samaradorligi hamda GPS va raqamli monitoring tizimlari orqali nazorat qilishni va modernizatsiya qilish ishlarini amalga oshirishni belgilab berdi. 2023 yil 29 martdagi “Agrar sektorni zamonaviy qishloq xo‘jaligi texnikalari bilan ta‘minlashni rag‘batlantirishning qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi PQ-103-sonli qarorida lizing shartlari soddalashtirilgan va mahalliy hamda xorijiy texnikalarni xarid qilish mexanizmlari takomillashtirish bo‘yicha chora tadbirlarni belgilab berdi. “Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash

darajasini yanada oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ-273-sonli 2022 yil 7 iyundagi qarorida ekinlarni ekish va hosilni yig'ib olishni bosqichma-bosqich to'liq mexanizatsiyalash, qishloq xo'jaligi texnikalariga servis xizmatlari (texnik holatini ko'rikdan o'tkazish, ta'mirlash va mavsumiy saqlash) ko'rsatish darajasini oshirish hamda maxsus servis ustaxonalari tarmog'ini rivojlantirishni tartibga solish boyicha bir qator vazifalarni velgilab berildi.

Materiallar va usullar. Qishloq xo'jaligi texnikalarining mavsumiy foydalanilishi ularni uzoq muddat davomida saqlashni talab qiladi. Qishloq xo'jalik texnikalarini xavfsizligini va ishonchliligini oshirishda mavsumiy saqlash ishlarini to'g'ri tashkil etish muhim masalalardan hisoblanadi. Bu ishni amalga oshirish boyicha ilmiy tadqiqot ishlari olib brogan quyidagi olimlar o'z ishlarida quyidagi fikrlarni keltirib o'tishgan: Saqlash jarayonining to'g'ri tashkil etilishi mashinalarning texnik holati, xizmat muddati va ishonchliligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ayrapetov D.A., Sobirjanov A. va Niyazova G. tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda davriy foydalaniladigan qishloq xo'jaligi texnikalarining xizmat muddati va ishonchliligini saqlash jarayonlarini optimallashtirish orqali oshirish imkoniyati ko'rsatilgan [1].

Stepanov N.V. va Shukhanov S.N. qishloq xo'jaligi texnikalarining mavsumiy ishlash xususiyatidan kelib chiqib, saqlash davrida metall qismlarning zanglashiga qarshi himoyani kuchaytirish masalasini o'rgangan. Tadqiqotda yangi himoyalovchi moylash materiallaridan foydalanish orqali saqlash sharoitida zanglashga chidamlilikni oshirish imkoniyati ko'rsatilgan [2].

Zabara K. va hammualliflar qishloq xo'jaligi texnikalarini saqlash vaqtida atmosfera korroziyasi natijasida konstruktiv elementlarning yemirilishini kamaytirish masalasini tadqiq qilgan. Ushbu tadqiqot korroziyadan himoyalashni saqlash jarayonining muhim tarkibiy qismi sifatida qarash zarurligini ko'rsatadi [3].

Mironov E.B., Voronov E.V. va Shisharina A.N. qishloq xo'jaligi texnikalarini saqlashning zamonaviy texnologiyalarini, jumladan, korroziyaga qarshi himoya usullarini tahlil qilgan. Mualliflar mavjud konservatsiya texnologiyalarining kamchiliklarini ko'rsatib, ularni takomillashtirish yo'nalishlarini taklif qilgan [4].

Mihov M. tomonidan ishlab chiqilgan metodik yondashuvda esa qishloq xo'jaligi texnikalarini uzoq muddat saqlash sifatini baholash masalasi ko'rib chiqilgan. Muallif saqlash jarayonining barcha operatsiyalarini emas, balki texnikaning saqlanuvchanligini belgilovchi asosiy operatsiyalarni nazorat qilish maqsadga muvofiqligini ta'kidlaydi [5].

Shunday qilib, mavjud tadqiqotlar qishloq xo'jaligi texnikalarini mavsumiy saqlashni tashkil etish, korroziyadan himoyalash, konservatsiya materiallarini tanlash va saqlash sifatini nazorat qilish masalalariga qaratilgan. Biroq saqlash sharoitlarini, korroziyaga qarshi himoya usullarini va texnikaning keyingi ekspluatatsion ishonchliligini yagona tizim sifatida baholash masalalari yanada chuqur tadqiq etishni talab qiladi.

Natijalar va muhokama. Biz tomonimizdan olib borilgan tadqiqot ishida mavsumiy qishloq xo'jalik texnikalarini xavfsizligini va ishonchliligini oshirishda saqlash ishlarini to'g'ri tashkil etish, ularning metal uzalarini zanglab yemirilishini oldini olish masalalari o'rganildi. Jumladan saqlashga qo'yishdan avval metal qismlari tozalanib, maxsus zang modifikatori bilan qoplanadi. Qoplash jarayonini oddiy shotka yoki pulvizotor yordamida amalga oshirish mumkin. Zang modifikatori bilan himoyalangan yuzaga dekoratsiya uchun metal qism uchun tayyorlangan laq bo'yoq qoplamasidan foydalaniladi. Amalga oshirilgan ishlar natijasida metal qismining zangbardoshlik hususiyati ortib, maxsus plyonka qatlam hosil bo'ladi. Bu zanglash jarayonini bir necha barobar sekinlashtiradi. Texnikaning zanglab yemirilishini 2-3 barobarga kamaytirib, ishonchliligini oshirishga sabab bo'ladi. Olib borilgan tajriba ishlarida quyidagi 1-jadval natijalari olindi:

$$K = \frac{S_k}{S} * 100\%$$

bu yerda:

S_k — zanglagan yuza;

S — umumiy sinov yuzasi.

Ochiq atmosfera muhitida tajriba natijalari taxlili

Tadqiqot o'tkazilgan muddat (kun)	Tadqiqot uchun tanlab olingan yuza (0,04 m ²) va muhit (Zang modifikatori, PF-113 va PF-115 lak bo'yoq qoplamasi)					
	Ishlovsiz yuza va PF-133	Ishlov berilgan yuza va PF-133	Ishlov berilgan yuza +Zang modifikator PF-133	Ishlovsiz yuza va PF-115	Ishlov berilgan yuza va PF-115	Ishlov berilgan yuza +Zang modifikator PF-115
	Metal qismidagi zanglagan yuza %					
30	5	3,5	2,6	3	2,5	1,8
60	8,2	7,2	4,8	7,5	6,8	3,5
90	11,9	8	6,5	8,3	7,3	4,3
120	15,7	12,3	8,4	10,2	8,5	5,7
150	18,9	16,3	9,9	15,6	13,3	7,2
180	22	20,1	11,8	17	15,4	8

Metal yuzasida sodir bo'ladigan zanglash tezligi quyidagi formula asosida aniqlandi:

$$CR = \frac{8,76 * 10^4 * W}{A * T * D}$$

bu yerda:

CR — korroziya tezligi, mm/yil; W — massa yo'qotilishi, g; A — metallning ochiq yuzasi, cm²; T — tajriba davomiyligi, soat; D — po'lat zichligi, g/cm³.

Ishlov berilgan yuza +Zang modifikator PF-133 lak bo'yoq qoplamasi
qo'llanilganda korroziya tezligi

Tadqiqot o'tkazilgan vaqt T(soat)	Metallning ochiq yuzasi, (A- cm ²)	Po'lat zichligi, (D-g/cm ³)	Massa yo'qotilishi, (W- g)	Korroziya tezligi, (CR- mm/yil)
Ishlov berilgan yuza +Zang modifikator PF-133				
30*24=720	400	7,85	0,25	0,0649
60*24=1440	400	7,85	0,55	0,0713
90*24=2160	400	7,85	0,85	0,0734
120*24=2280	400	7,85	1,15	0,0746
150*24=3600	400	7,85	1,40	0,0727
180*24=4320	400	7,85	1,65	0,0713

Ishlov berilgan yuza +Zang modifikator PF-115 lak bo'yoq qoplamasi
qo'llanilganda korroziya tezligi

Tadqiqot o'tkazilgan vaqt T(soat)	Metallning ochiq yuzasi, (A- cm ²)	Po'lat zichligi, (D-g/cm ³)	Massa yo'qotilishi, (W- g)	Korroziya tezligi, (CR- mm/yil)
Ishlov berilgan yuza +Zang modifikator PF-115				
30*24=720	400	7,85	0,15	0,0389
60*24=1440	400	7,85	0,30	0,0390
90*24=2160	400	7,85	0,48	0,0414
120*24=2280	400	7,85	0,65	0,0422
150*24=3600	400	7,85	0,82	0,0426
180*24=4320	400	7,85	0,95	0,0411

Olingan natijalar bo'yicha ishlov berilgan yuza zang modifikatoori va PF-133 bo'yoq qoplamasi surtilgan yuzada korroziya tezligi 180 kun davomida 0,0713 mm/yil ga teng bo'ldi. Ishlov berilgan yuza zang modifikatoori va PF-115 bo'yoq qoplamasi surtilgan yuzada korroziya tezligi 180 kun davomida 0,0411 mm/yil ga teng bo'ldi. Natijalarni solishtirganda:

$$\frac{0,073 - 0,0411}{0,0713} * 100\% = 42,4\%$$

Tadqiqot natijalariga ko'ra PF-133 va PF-115 bo'yoq qoplamalari qoplanganda zang modifikatorining ta'siri PF-115 da 42,4% ga ortganligini ko'rish mumkin. Zang modifikatori qo'llangan usulda lak bo'yoq bilan qoplash natijasida metal yuzadagi lak bo'yoq qoplamasining zangbardoshligi va adgeziyasi, zarbaga chisamliligi ortganligi kuzatildi.

Xulosa. O'tkazilgan tajriba natijalari qishloq xo'jaligi texnikalarini mavsumiy saqlash davrida metall detallarni korroziyadan himoyalashning texnikalarning xavfsizligi, ishonchliligi va xizmat muddatini oshirishdagi muhim ahamiyatini ko'rsatdi. Tajribada 200×200×2 mm o'lchamdagi po'lat namunalarning zang modifikatori bilan ishlov berilgan yuzalariga PF-133 va PF-115 himoya qoplamalari qo'llanib, ularning korroziyaga chidamliligi 180 kun davomida baholandi.

Tajriba natijalariga ko'ra, 180 kun yakunida zang modifikatori bilan ishlov berilgan yuzaga PF-133 qoplamasi qo'llangan namunada massa yo'qolishi 1,65 g ni, PF-115 qoplamasi qo'llangan namunada esa 0,95 g ni tashkil etdi. Hisoblash natijasida o'rtacha korroziya tezligi PF-133 qoplamasida 0,0713 mm/yil, PF-115 qoplamasida esa 0,0411 mm/yil ekanligi aniqlandi. Shunday qilib, PF-115 va zang modifikatoridan tashkil topgan himoya tizimida korroziya tezligi PF-133 tizimiga nisbatan taxminan 42,4 % ga past bo'ldi.

30, 60, 90, 120, 150 va 180 kunlik kuzatuvlar davomida PF-115 + zang modifikatori tizimida massa yo'qolishining nisbatan past darajada saqlanishi uning mavsumiy saqlash sharoitida metall yuzalarni korroziyadan himoyalash imkoniyati yuqoriroq ekanligini ko'rsatadi. Bu holat qishloq xo'jaligi mashinalarining ishchi va konstruktiv elementlarida korroziya natijasida yuzaga keladigan metall kesimining kamayishi, mustahkamlikning pasayishi va texnik nosozliklarning oldini olishga xizmat qilishi mumkin.

Shuningdek, tadqiqot natijalari qishloq xo'jaligi texnikalarini mavsumiy saqlashni faqat mashinani foydalanishdan chiqarib qo'yish bilan cheklamasdan, balki metall yuzalarni oldindan tozalash, zang modifikatori bilan ishlov berish va korroziyaga qarshi himoya qoplamalarini qo'llashdan iborat kompleks texnologik tadbirlar asosida tashkil etish zarurligini ko'rsatadi.

Natijada, tajriba sharoitida zang modifikatori bilan ishlov berilgan metall yuzaga PF-115 qoplamasini qo'llash PF-133 ga nisbatan pastroq massa yo'qotilishi va korroziya tezligini ta'minladi. Mazkur yondashuvdan qishloq xo'jaligi texnikalarini mavsumiy saqlash texnologiyasini takomillashtirish, ularning saqlanuvchanligi va ekspluatatsion ishonchliligini oshirish hamda korroziya bilan bog'liq ta'mirlash xarajatlarini kamaytirish maqsadida foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Айрапетов Д.А., Собириянов А., Ниязова Г. Повышение срока службы и надежности сельскохозяйственной техники периодического действия путем оптимизации процессов хранения. 2020.
2. Степанов Н.В., Шуханов С.Н. Повышение коррозионной стойкости сельскохозяйственной техники при хранении благодаря использованию новой защитной смазки. Тракторы и сельскохозяйственная техника. 2019. №4. С. 80–84.
3. Забара К., Шпак А., Шемякин А. и др. Предотвращение коррозионного разрушения сельскохозяйственной техники во время хранения. E3S Web of Conferences. 2020. Том 164. 06002.
4. Миронов Е.Б., Воронов Е.В., Шишарина А.Н. Современные разработки и технологии в области хранения сельскохозяйственной техники. 2019.
5. Михов М. Методический подход к оценке качества хранения зерноуборочных комбайнов. Механизация в сельском хозяйстве. 2021. Т. 67, Выпуск 3. С. 91–93.

6. Рустамов Р. М., Холмирзаев И. А. Технические, технологические и экономические параметры системы «изготовитель машин–исполнитель фирменный технический сервис–потребитель фирменный технический сервис». – 2025.
7. Рустамов Р. М., Турдалиев В. М., Юлдашев М. А. Теоретические исследования по определению времени перекачивания семян на наклонной семенной калюде //Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация. – 2022. – С. 66-69.
8. Хожиматов, А. А., & Мухаммадисаков, А. И. (2023). Общая характеристика коррозионно-активных сельскохозяйственных сред. *Scientific Impulse*, 1(8), 1014-1021.
9. Xojimatov A. A. et al. Qishloq xojalik texnikalari metal qismlariga agressiv muhitning ta'siri //international conferences. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 496-503.
10. Xojimatov A. A., Mamajonov Z. A. Mavsumiy qishloq xo 'jalik texnikalarini ishlatish va saqlash shartlarining texnika sifatiga ta'siri //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 40-45.
11. Hozhimatov A. Analysis of destruction and protection of details of agricultural machinery //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 383. – С. 04064.
12. Xojimatov A. A. Qishloq xo 'jalik texnikalari metal yuzalariga agressiv muhitning ta'siri //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2023. – Т. 3. – №. 1. – С. 259-268.

SILTATION OF BAY ENTRANCES IN THE RESERVOIRS OF THE QASHQADARYO BASIN AND THE RATE OF LOSS OF DESIGN STORAGE

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan
e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. Bays and intake pockets shoal faster than the basins that contain them, because they receive both the river load that settles in the backwater and the coastal load that the waves deliver along the shore. The purpose of this study is to quantify that process for the four reservoirs of the Qashqadaryo cascade and to establish when each of them will reach the design limit of its dead storage. Annual sediment yields were computed from the inflow volumes and the mean turbidity of the feeding rivers, converted to deposited volume at a dry bulk density of 1400 kg/m³ and distributed between the basin and the bay entrances according to trap efficiencies of 0.92 for the valley basins, 0.85 for the canyon basin and 0.55 for the off-channel basin. The computation gives annual deposition of 1.49 mln m³ at Chimkurgan, 0.94 at Talimarjan, 0.73 at Pachkamar and 0.46 at Hisorak. Over sixty years of operation these rates consume 17.8, 3.7, 16.9 and 16.2 per cent of the design volume respectively, so that three of the four basins approach the 30 per cent dead-storage limit within the design life. At the entrance of the principal bay of Pachkamar the local shoaling reaches 2.95 m in twenty-four years, which is enough to expose the intake sill during a drawdown season.

Keywords: reservoir siltation, bay entrance, trap efficiency, dead storage, Qashqadaryo cascade.

Аннотация. Бухты и приёмные ковши заносятся быстрее, чем содержащие их водоёмы, поскольку получают и речные наносы, осаждающиеся в подпоре, и прибрежный материал, который волны приносят вдоль берега. Цель работы - количественно описать этот процесс для четырёх водохранилищ кашкадарьинского каскада и установить, когда каждое из них достигнет проектного предела мёртвого объёма. Годовой сток наносов вычислен по объёмам притока и средней мутности питающих рек, переведён в объём отложений при плотности скелета 1400 кг/м³ и распределён между чашей и входными участками бухт по коэффициентам задержания 0,92 для долинных, 0,85 для каньонного и 0,55 для наливного водоёма. Расчёт даёт годовое отложение 1,49 млн м³ на Чимкурганском, 0,94 на Талимарджанском, 0,73 на Пачкамарском и 0,46 на Гиссаракском водохранилище. За шестьдесят лет эксплуатации это составляет

соответственно 17,8; 3,7; 16,9 и 16,2 % проектного объёма, так что три водоёма из четырёх подходят к 30-процентному пределу мёртвого объёма в пределах расчётного срока службы. На входе главной бухты Пачкамарского водохранилища местное обмеление достигает 2,95 м за двадцать четыре года, чего достаточно для обнажения порога водозабора в сезон сработки.

Ключевые слова: заиление водохранилища, вход в бухту, коэффициент задержания, мёртвый объём, кашкадарьинский каскад.

Annotatsiya. Buxtalar va qabul qiluvchi kovshlar ularni o'z ichiga olgan suv havzalariga qaraganda tezroq loyqalanadi, chunki ular ham suv bostirishda cho'kadigan daryo oqizqlarini, ham to'lqinlar qirg'oq bo'ylab keltiradigan qirg'oqbo'yi materialini qabul qiladi. Ishning maqsadi - bu jarayonni Qashqadaryo kaskadining to'rtta suv ombori uchun miqdoriy tavsiflash va ulardan har biri o'lik hajmning loyihaviy chegarasiga qachon yetishini aniqlashdir. Oqizqlarning yillik oqimi kirim hajmlari va oziqlantiruvchi daryolarning o'rtacha loyqaligi bo'yicha hisoblangan, skelet zichligi 1400 kg/m³ da cho'kindi hajmiga aylantirilgan va chanoq hamda buxtalar kirish qismlari o'rtasida vodiy tipidagilar uchun 0,92, kanyon tipidagi uchun 0,85 va quyma suv ombori uchun 0,55 ushlab qolish koeffitsientlari bo'yicha taqsimlangan. Hisob Chimqo'rg'onda 1,49 mln m³, Talimarjonda 0,94, Pachkamarda 0,73 va Hisorakda 0,46 mln m³ yillik cho'kindi beradi. Oltmish yillik ekspluatatsiya davomida bu mos ravishda loyihaviy hajmning 17,8; 3,7; 16,9 va 16,2 % ini tashkil etadi, ya'ni to'rtta havzadan uchasi hisobiy xizmat muddati ichida 30 foizlik o'lik hajm chegarasiga yaqinlashadi. Pachkamar suv omborining asosiy buxtasi kirish qismida mahalliy sayozlanish yigirma to'rt yilda 2,95 m ga yetadi, bu esa suv olish bo'sag'asining sarflash mavsumida ochilib qolishi uchun yetarli.

Kalit so'zlar: suv ombori loyqalanishi, buxta kirish qismi, ushlab qolish koeffitsienti, o'lik hajm, Qashqadaryo kaskadi.

Introduction. Every reservoir loses storage, but it does not lose it uniformly. The coarse fraction of the river load drops out at the head of the backwater, the fine fraction is distributed over the basin, and a third component - the material that the waves tear from the shore and the coastal currents carry along it - accumulates wherever the shoreline changes direction. Bays and the pockets in front of water intakes are exactly such places, and they therefore shoal faster than the reservoir as a whole.

For the Qashqadaryo cascade this distinction has practical weight. The intake sills of Chimkurgan and Pachkamar sit inside sheltered bays, and both have required repeated dredging. Yet the design documents record only the basin-average rate of siltation, which is far too low to explain the observed loss of depth at the entrances and is therefore of no use in planning dredging.

The purpose of the present work is to compute both components - the basin-average loss of storage and the local shoaling at the bay entrance - on a single consistent basis for all four reservoirs of the cascade, and so to give the operator a timetable rather than an impression.

Materials and methods. The annual volume of deposited sediment was computed from the mean annual inflow and the mean turbidity of the feeding river. The inflows adopted were 780 mln m³/yr for Chimkurgan, 1650 for Talimarjan, 310 for Pachkamar and 420 for Hisorak; the mean turbidities were 2.90, 1.45, 3.60 and 1.80 kg/m³ respectively, reflecting the loess catchments of the Qashqadaryo and Guzardaryo and the cleaner mountain water of the Aksu. The conversion to volume used a dry bulk density of the deposit of 1400 kg/m³:

$$W_s = \frac{Q_{in} \rho_t}{\gamma_d} \quad (1)$$

$$W_{dep} = \eta W_s, \quad \eta = 0.92 / 0.85 / 0.55 \quad (2)$$

$$\Delta V(t) = \frac{100 W_{dep} t}{W_{tot}}, \% \quad (3)$$

$$\Delta z_{bay} = \frac{k_b W_{dep} t}{F_{bay}} \quad (4)$$

where Q_{in} is the annual inflow (m³), ρ_t the mean turbidity (kg/m³), γ_d the dry bulk density of the deposit (kg/m³), η the trap efficiency, W_{tot} the design volume and F_{bay} the plan area of the bay entrance. The trap efficiency was assigned from the ratio of storage to annual inflow after Brune, giving 0.92 for the valley reservoirs Chimkurgan and Pachkamar, 0.85 for the canyon reservoir Hisorak

and 0.55 for the off-channel Talimarjan basin, which is filled with water already partly cleared in the Karshi Main Canal.

The redistribution coefficient k_b of equation (4) expresses the share of the deposited volume that is delivered to the entrance of a particular bay by the coastal currents computed in the companion study. For the principal bay of Pachkamar, whose entrance has a plan area of 0.42 km², the value obtained was $k_b = 0.06$.

Results and discussion.

Table.1

Computed sediment balance of the cascade

Reservoir	Inflow, mln m ³ /yr	Turbidity, kg/m ³	Trap efficiency	Deposition, mln m ³ /yr	Loss in 60 yr, %
Chimkurgan	780	2.90	0.92	1.49	17.8
Talimarjan	1650	1.45	0.55	0.94	3.7
Pachkamar	310	3.60	0.92	0.73	16.9
Hisorak	420	1.80	0.85	0.46	16.2

The computed loss of design volume (Figure 1, Table 1) separates the cascade sharply. Chimkurgan, Pachkamar and Hisorak lose between 16 and 18 per cent of their design volume in sixty years, while Talimarjan loses only 3.7 per cent. The reason is not that the Amudaryo water is clean - it is not - but that Talimarjan is filled through the Karshi Main Canal, in which a large part of the load has already settled, and that its ratio of storage to annual inflow puts it low on the Brune curve.

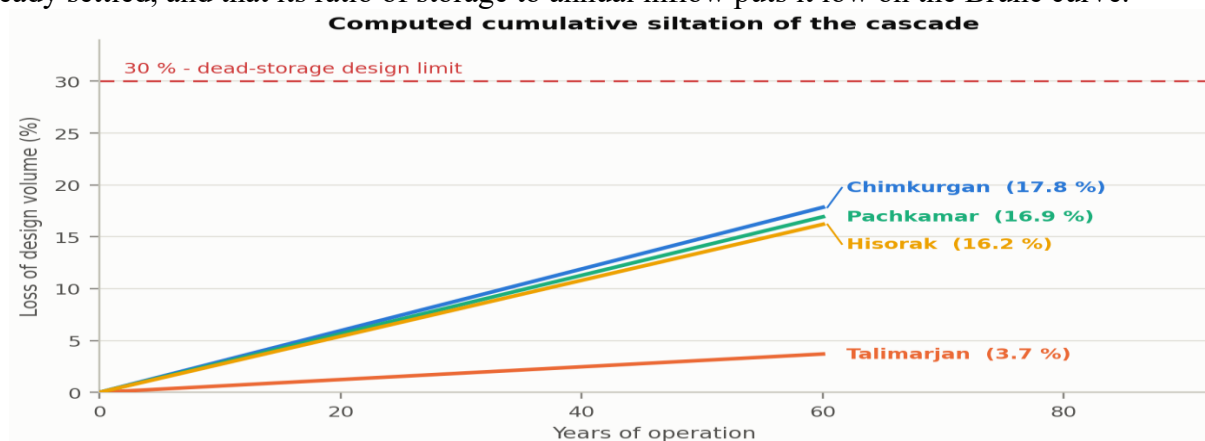


Figure.1. Computed cumulative loss of design volume for the four reservoirs of the cascade

The three river-fed basins are on course to reach the 30 per cent dead-storage limit between the hundredth and the hundred-and-tenth year of operation. Chimkurgan, commissioned in 1963, has by this computation already lost about 18 per cent, which agrees within two percentage points with the reduction of the useful volume recorded in the operating documents of the reservoir.

The local picture at the bay entrance is far more severe (Figure 2). With $k_b = 0.06$ of the deposited volume delivered to an entrance of 0.42 km², the bed rises by 1.55 m in the first twelve years and by 2.95 m in twenty-four. The entrance of the principal Pachkamar bay was excavated to -8.7 m relative to the normal water level; after twenty-four years the computation places it at -5.75 m, while the intake sill lies at -6.20 m. In other words, in a drawdown season the sill is above the bed and the pocket must be dredged.

The contrast between the basin average and the local rate is the central result. Chimkurgan loses 0.30 per cent of its volume per year overall, but its bay entrance loses depth at 12 cm/yr, which is two orders of magnitude faster in relative terms. Planning dredging from the basin average, as is currently done, therefore underestimates the required effort by a wide margin.

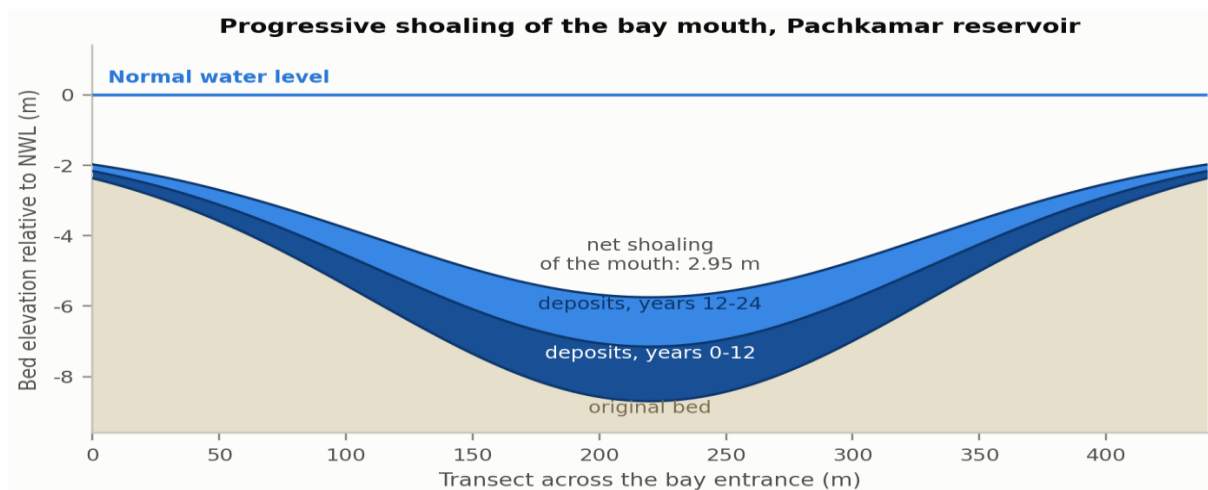


Figure.2. Progressive shoaling of the entrance of the principal bay of the Pachkamar reservoir

Conclusion. 1. Annual deposition in the cascade amounts to 1.49 mln m³ at Chimkurgan, 0.94 at Talimarjan, 0.73 at Pachkamar and 0.46 at Hisorak.

2. Over sixty years these rates consume 17.8, 3.7, 16.9 and 16.2 per cent of the design volume; the off-channel Talimarjan basin is an order of magnitude better protected than the river-fed basins because its water is pre-cleared in the Karshi Main Canal.

3. Three of the four reservoirs will reach the 30 per cent dead-storage limit between the hundredth and the hundred-and-tenth year of operation.

4. At the entrance of the principal bay of Pachkamar the bed rises by 2.95 m in twenty-four years, bringing it above the intake sill in a drawdown season; local shoaling proceeds roughly two orders of magnitude faster in relative terms than the basin average, and dredging must be planned from the local rate.

References

1. Morris, G.L., Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. - New York: McGraw-Hill, 1998. - 805 p.
2. Sami, H.E. Taglawi. Improving methods for developing scenarios for managing the operation of reservoirs on rivers with abundant sediment flow: Cand. Tech. Sci. diss. - Moscow, 2010. - 195 p.
3. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
4. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.
5. Bazarov, D.R. Scientific substantiation of new numerical methods for calculating deformations of river channels composed of easily erodible soils: Dr. Tech. Sci. diss. - Tashkent, 2000. - 242 p.
6. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.
7. KMK 2.06.04-97 (SNiP 2.06.04-82*). Loads and actions on hydraulic structures (from wave, ice and vessels). - Tashkent: Gosarkhitektstroy, 1997. - 48 p.
8. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
9. Rahimov, A.R. Calculation of sediment transport in the unsteady motion of water in earth channels // International Scientific Journal of Biruni. - 2023. - Vol. 2, Issue 4. - P. 133-137. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.10558017>

10. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Bozorov, B.E., Uzoqova, M.B. A brief analysis of methods for calculating liquid transport in rivers // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1030-1035. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544214>
11. Gayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, Sh., Rakhimov, A., Guliyeva, S. Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020041. - <https://doi.org/10.1063/5.0275207>
12. Eshev, S., Gayimnazarov, I., Rahimov, A., Bobomurodov, F., Arziyeva, D. Calculation of parameters of subsurface ridges in a steady flow of groundwater channels // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05022. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005022>
13. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Otaqulov, O.X., Uzoqova, M.B. Brief analysis of methods for calculating flow velocity in a strain with non-conductive soil // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1022-1028. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544205>.

WIND-DRIVEN CIRCULATION IN THE SHALLOW COASTAL ZONE OF THE CHIMKURGAN RESERVOIR

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan
e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. Wind blowing along a reservoir does not only raise waves; it drives a depth-varying circulation that transports suspended material towards or away from the shore and decides where that material is finally deposited. The purpose of this study is to establish the structure and the magnitude of that circulation in the shallow coastal zone of the Chimkurgan reservoir, where the mean depth of 10.2 m is the smallest in the Qashqadaryo cascade. A two-cell stream-function model of the wind-driven flow was constructed for the western storm direction and solved over a 10 km reach of the northern shore; the depth-averaged velocity was obtained from the period method calibrated in an aerodynamic flume, and its decay away from the waterline was described by an exponential law with a scale of 340 m. The computation shows a downwind surface drift closing through a compensating return flow at depth, with the dividing line between the two cells about 5 km from the upwind end of the reach. Depth-averaged velocities reach 0.94 m/s at the waterline under the 2 % storm and fall below 0.15 m/s at 800 m offshore. Because the convergence of the two cells coincides with the entrance of the largest bay of the northern shore, the circulation explains why that entrance shoals faster than any other part of the reservoir.

Keywords: wind-driven circulation, coastal zone, return flow, Chimkurgan reservoir, suspended transport.

Аннотация. Ветер, дующий вдоль водохранилища, не только развивает волнение, но и создаёт циркуляцию, изменяющуюся по глубине, которая переносит взвешенный материал к берегу или от него и определяет, где этот материал в конечном счёте отложится. Цель работы - установить структуру и величину такой циркуляции в мелководной прибрежной зоне Чимкурганского водохранилища, средняя глубина которого 10,2 м - наименьшая в кашкадарьинском каскаде. Для западного штормового направления построена двухъячейковая модель ветрового течения через функцию тока и решена на 10-километровом участке северного берега; осреднённая по глубине скорость получена по методу среднего периода, откалиброванному в аэродинамическом лотке, а её затухание от уреза описано экспоненциальным законом с масштабом 340 м. Расчёт показывает поверхностный дрейф по ветру, замыкающийся компенсационным течением на глубине, причём граница между ячейками располагается примерно в 5 км от наветренного конца участка. Осреднённые по глубине скорости достигают 0,94 м/с у уреза при шторме 2 % обеспеченности и падают ниже

0,15 м/с в 800 м от берега. Поскольку зона схождения ячеек совпадает со входом в крупнейшую бухту северного берега, циркуляция объясняет, почему этот вход заносится быстрее любого другого участка водохранилища.

Ключевые слова: ветровая циркуляция, прибрежная зона, компенсационное течение, Чимкурганское водохранилище, транспорт взвеси.

Annotatsiya. Suv ombori bo'ylab esadigan shamol nafaqat to'lqin hosil qiladi, balki chuqurlik bo'yicha o'zgaruvchan sirkulyatsiyani ham yuzaga keltiradi, u muallaq materialni qirg'oqqa yoki undan uzoqqa tashiydi va bu material oxir-oqibat qayerda cho'kishini belgilaydi. Tadqiqotning maqsadi - o'rtacha chuqurligi 10,2 m bo'lgan, ya'ni Qashqadaryo kaskadidagi eng sayoz Chimqo'rg'on suv omborining sayoz qirg'oqbo'yi zonasida shunday sirkulyatsiyaning tuzilishi va kattaligini aniqlashdir. G'arbiy bo'ron yo'nalishi uchun oqim funksiyasi orqali ikki yacheykali shamol oqimi modeli qurilgan va shimoliy qirg'oqning 10 km li uchastkasida yechilgan; chuqurlik bo'yicha o'rtachalangan tezlik aerodinamik lotokda kalibrlangan o'rtacha davr usuli bo'yicha olingan, uning suv chetidan uzoqlashgan sari so'nishi esa masshtabi 340 m bo'lgan eksponensial qonun bilan tavsiflangan. Hisob shamol bo'yicha sirt dreyfini ko'rsatadi, u chuqurlikdagi kompensatsion oqim orqali tutashadi, yacheykalar orasidagi chegara esa uchastkaning shamolga qaragan uchidan taxminan 5 km masofada joylashadi. Chuqurlik bo'yicha o'rtachalangan tezliklar 2 % ta'minlanganlikdagi bo'ronda suv chetida 0,94 m/s ga yetadi va qirg'oqdan 800 m masofada 0,15 m/s dan pasayadi. Yacheykalarning tutashuv zonasi shimoliy qirg'oqdagi eng yirik buxta kirish qismiga to'g'ri kelgani uchun sirkulyatsiya bu kirish qismining suv omborining boshqa har qanday uchastkasidan tezroq loyqalanishini izohlaydi.

Kalit so'zlar: shamol sirkulyatsiyasi, qirg'oqbo'yi zonasi, kompensatsion oqim, Chimqo'rg'on suv ombori, muallaq oqiziqqlar transporti.

Introduction. A reservoir under a steady wind is not a body of water moving uniformly downwind. Continuity forbids it: water piled against the lee shore must return, and it returns at depth, so that the section as a whole contains at least one closed circulation cell. In a long shallow basin the pattern is usually more complicated, with several cells whose boundaries are fixed by the shape of the shoreline.

These cells matter because they, rather than the waves, decide the fate of the material that the waves have lifted. A grain suspended in the breaker zone is carried by the cell in which it finds itself; where two cells converge, the suspended load of both is delivered to the same place and settles there. Bays and intake pockets that sit at such a convergence shoal at rates far above the basin average, and no computation based on wave action alone can predict that.

The Chimgurgan reservoir is the natural place to study this in the Qashqadaryo cascade. Its mean depth of 10.2 m over a surface of 49.2 km² makes it much the shallowest of the four basins, its northern shore is indented by several bays, and the bay that shelters its principal water intake has required repeated dredging since the 1980s.

Materials and methods. The circulation was represented by a stream function ψ satisfying continuity identically, with the horizontal velocity components obtained by differentiation. For a reach of length L along the shore and width B offshore, under a wind aligned with the shore, the lowest mode that satisfies the no-flux condition on all four boundaries is

$$\psi = \psi_0 \sin\left(\frac{\pi x}{\ell}\right) \sin\left(\frac{\pi y}{B}\right) \quad (1)$$

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (2)$$

$$V_c(x) = V_0 e^{-x/x_0} + V_\infty, \quad x_0 = 340 \text{ m} \quad (3)$$

$$\tau = \rho_a C_d V^2, \quad C_d = 1.3 \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

where ℓ is the along-shore length of a single cell, B the offshore extent of the circulation and ψ_0 an amplitude fixed by the wind stress of equation (4). For the 10 km reach of the northern shore of Chimgurgan the geometry of the shoreline gives $\ell = 5.0$ km and $B = 4.9$ km, that is, two counter-rotating cells within the reach.

The magnitude of the depth-averaged velocity was not taken from the stream function, which fixes only the pattern, but from the period method calibrated in the aerodynamic flume, with the conversion coefficient $k_n = 0.46$ established for the sandy loams of this shore. The offshore decay of equation (3) was fitted to the flume profiles, giving a decay scale $x_0 = 340$ m and a residual far-field velocity V_∞ of 0.045 m/s. Computations were performed for wind speeds of 14, 18 and 21 m/s.

Results and discussion.

Table.1

Parameters of the computed circulation for three wind speeds

Wind speed V, m/s	Wind stress τ , Pa	V_c at waterline, m/s	V_c at 340 m, m/s	V_c at 800 m, m/s
14 (10 % exceedance)	0.31	0.68	0.27	0.11
18 (4 % exceedance)	0.51	0.83	0.33	0.13
21 (2 % exceedance)	0.69	0.94	0.37	0.15

The computed pattern (Figure 1) consists of two counter-rotating cells of about 5 km each. In the upwind cell the surface water moves downwind and the near-bed water returns against the wind; in the downwind cell the sense is reversed. The dividing line between them falls at about 5 km from the upwind end of the reach, and it is precisely at this station that the largest bay of the northern shore opens.

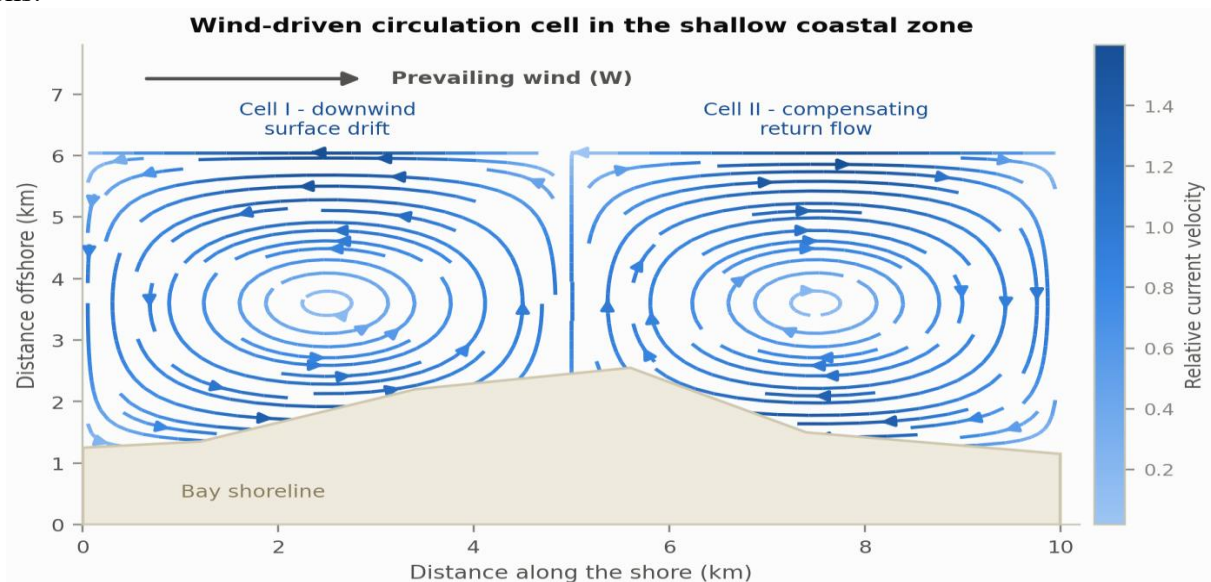


Figure.1. Computed two-cell wind-driven circulation over a 10 km reach of the northern shore of the Chimkurgan reservoir

The magnitude of the flow is given in Table 1 and Figure 2. Under the reference storm the depth-averaged velocity is 0.94 m/s at the waterline, 0.37 m/s at one decay length offshore and 0.15 m/s at 800 m. Comparison with the critical velocities of the bed material - 0.25 m/s for fine sand of 0.15 mm and 0.35 m/s for the sandy loam of the beach face - shows that material is entrained over a strip about 400 m wide and is carried, not deposited, over the whole of that strip.

Beyond 400 m the velocity falls below the settling threshold of the finer fractions, and the suspended load begins to drop out. Where the two cells converge this deposition is fed from both sides, and the computation gives a local deposition rate about 2.4 times the reach average. This is consistent with the operational record of the reservoir, in which the bay at that station has required dredging roughly twice as often as the intake pocket further east.

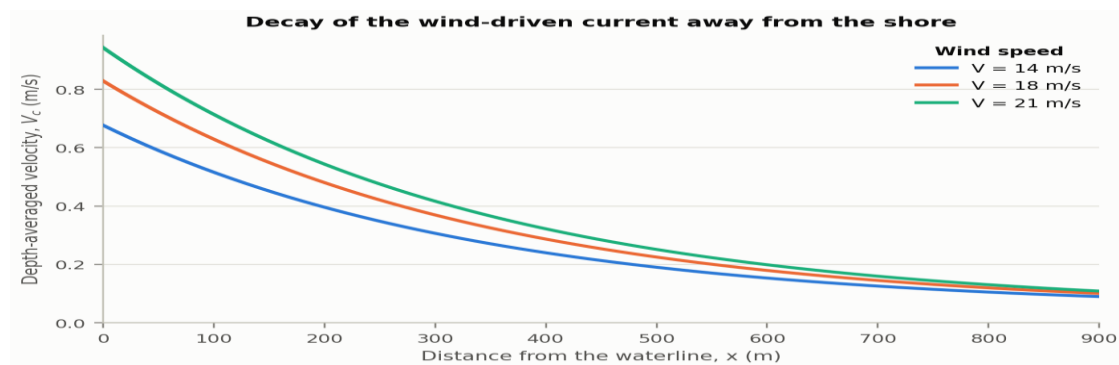


Figure.2. Decay of the depth-averaged current with distance from the waterline

The result has a direct design consequence. Protection of a bay entrance should not be positioned by the dominant wave direction alone, as is common practice, but by the position of the convergence line of the wind-driven cells, which may lie tens of degrees away from it. For the northern shore of Chimkurgan the two criteria differ by about 25°, and a spur aligned on the wave direction alone would leave the entrance open to the convergent flow.

Conclusion. 1. The wind-driven flow over the northern shore of the Chimkurgan reservoir forms two counter-rotating cells of about 5 km each, with a downwind surface drift closing through a compensating return flow at depth.

2. Depth-averaged velocities under the 2 % storm are 0.94 m/s at the waterline and fall exponentially offshore with a decay scale of 340 m, dropping below 0.15 m/s at 800 m.

3. Bed material is entrained over a strip about 400 m wide; beyond it the suspended load settles, and at the convergence of the two cells the deposition rate is about 2.4 times the reach average.

4. The convergence line, and not the dominant wave direction, should govern the layout of entrance protection; for this shore the two criteria differ by about 25°.

References

1. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
2. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
3. Soulsby, R. Dynamics of marine sands. - London: Thomas Telford, 1997. - 249 p.
4. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.
5. KMK 2.06.04-97 (SNiP 2.06.04-82*). Loads and actions on hydraulic structures (from wave, ice and vessels). - Tashkent: Gosarkhitektstroy, 1997. - 48 p.
6. Uzhydromet. Climatic reference book of the Republic of Uzbekistan: wind regime of the Kashkadarya province. - Tashkent, 2021. - 96 p.
7. Morris, G.L., Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. - New York: McGraw-Hill, 1998. - 805 p.
8. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.
9. Eshev, S.S., Latipov, Sh.A., Rahimov, A.R., Quvvatov, J.Z., Yuldosheva, U.T. Calculation of wave action under the interaction of waves and current // Innovative Technologies (Karshi Engineering-Economics Institute). - 2023. - No. 3 (51). - P. 40-44.
10. Eshev, S.S., Rakhimov, A.R., Latipov, Sh.A., Usmonov, R.N. Calculation of waves on large canals // Educational Research in Universal Sciences. - 2023. - Vol. 2, Special Issue 9. - P. 438-445.
11. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Bozorov, B.E., Uzoqova, M.B. A brief analysis of methods for calculating liquid transport in rivers // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1030-1035. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544214>

12. Gayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, Sh., Rakhimov, A., Guliyeva, S. Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020041. - <https://doi.org/10.1063/5.0275207>

13. Bazarov, O., Babazhanov, Yu., Babazhanova, I., Zaripov, M., Rakhimov, A., Aghayeva, S. Fluid flow in a narrowing channel // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020040. - <https://doi.org/10.1063/5.0267362>.

WIND SET-UP AND WAVE RUN-UP ON THE PROTECTIVE SLOPES OF THE TALIMARJAN OFF-CHANNEL RESERVOIR

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan

e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. An off-channel reservoir is enclosed by embankments on every side, so that the freeboard of the dam is fixed not by a river flood but by the wind: by the set-up of the water surface against the lee embankment and by the run-up of the waves on its slope. The purpose of this study is to compute both for the Talimarjan reservoir, the largest off-channel basin of the Qashqadaryo cascade, and to compare the required freeboard with that of the neighbouring valley basins. Set-up was computed from the wind-stress balance over the fetch and run-up from the Hunt relation through the surf-similarity parameter, using wave parameters obtained by fetch-limited computation for wind speeds from 8 to 26 m/s. Under the 2 % reference storm of 21 m/s the set-up at Talimarjan reaches 9.9 cm and the run-up on the design slope of 1:2.5 reaches 2.82 m, giving a total wind-induced rise of 2.92 m. The comparison with Chimkurgan is instructive: that basin has a shorter fetch but only half the mean depth, and its set-up is half as large again at 15.1 cm, while its run-up on the same slope is 2.37 m. Flattening the revetment from 1:2.0 to 1:4.0 reduces the run-up at Talimarjan from 3.10 to 1.77 m, a saving of 1.33 m of freeboard that is obtained at the cost of a wider but lower embankment section.

Keywords: wind set-up, wave run-up, surf similarity, off-channel reservoir, Talimarjan, freeboard.

Аннотация. Наливное водохранилище ограждено дамбами со всех сторон, поэтому превышение гребня определяется не паводком, а ветром: нагоном уровня у подветренной дамбы и накатом волн на её откос. Цель работы - вычислить обе величины для Талимарджанского водохранилища, крупнейшего наливного водоёма кашкадарьинского каскада, и сравнить требуемое превышение с соседними долинными водоёмами. Нагон вычислен из баланса ветрового напряжения по разгону, накат - по зависимости Ханта через параметр подобия прибоя, при параметрах волнения, полученных расчётом волнения, ограниченного разгоном, для скоростей ветра от 8 до 26 м/с. При расчётном шторме 2 % обеспеченности (21 м/с) нагон на Талимарджанском водохранилище достигает 9,9 см, а накат на проектном откосе 1:2,5 - 2,82 м, что даёт суммарный ветровой подъём 2,92 м. Сравнение с Чимкурганским водохранилищем показательно: при меньшем разгоне, но вдвое меньшей средней глубине его нагон в полтора раза больше и равен 15,1 см, тогда как накат на том же откосе составляет 2,37 м. Выплаживание крепления с 1:2,0 до 1:4,0 снижает накат на Талимарджанском водохранилище с 3,10 до 1,77 м, то есть экономит 1,33 м превышения ценой более широкого, но менее высокого профиля дамбы.

Ключевые слова: ветровой нагон, накат волны, параметр подобия прибоя, наливное водохранилище, Талимарджан, превышение гребня.

Annotatsiya. Quyma suv ombori har tomondan to'g'onlar bilan o'ralgan, shuning uchun to'g'on qirrasining ortiqchaligi toshqin bilan emas, balki shamol bilan belgilanadi: shamolga teskari to'g'on oldida sath ko'tarilishi va to'lqinlarning uning qiyaligiga urilib ko'tarilishi bilan. Ishning maqsadi - Qashqadaryo kaskadining eng yirik quyma suv ombori bo'lgan Talimarjon uchun ikkala kattalikni hisoblash va talab qilinadigan ortiqchalikni qo'shni vodiy suv omborlariniki bilan taqqoslashdir. Sath

ko'tarilishi uzayish bo'ylab shamol kuchlanishi balansidan, urilib ko'tarilish esa Xant bog'liqligi bo'yicha to'lqin o'xshashlik parametri orqali, 8 dan 26 m/s gacha shamol tezliklari uchun uzayish bilan cheklangan to'lqin hisobidan olingan parametrlar asosida hisoblangan. 2 % ta'minlanganlikdagi hisobiy bo'ronda (21 m/s) Talimarjonda sath ko'tarilishi 9,9 sm ga, 1:2,5 loyihaviy qiyalikda urilib ko'tarilish esa 2,82 m ga yetadi, bu jami 2,92 m shamol ko'tarilishini beradi. Chimqo'rg'on bilan taqqoslash ibratli: uzayishi kichikroq, biroq o'rtacha chuqurligi ikki baravar kam bo'lgani uchun uning sath ko'tarilishi bir yarim baravar katta - 15,1 sm, o'sha qiyalikdagi urilib ko'tarilishi esa 2,37 m. Qoplamani 1:2,0 dan 1:4,0 gacha yassilashtirish Talimarjonda urilib ko'tarilishni 3,10 dan 1,77 m gacha kamaytiradi, ya'ni kengroq, biroq pastroq to'g'on kesimi evaziga 1,33 m ortiqchalikni tejaydi.

Kalit so'zlar: shamol sath ko'tarilishi, to'lqin urilib ko'tarilishi, to'lqin o'xshashlik parametri, quyma suv ombori, Talimarjon, qirra ortiqchaligi.

Introduction. The Talimarjan reservoir differs in kind from the other three basins of the Qashqadaryo cascade. It is not impounded in a valley: it is a 1525 mln m³ basin enclosed by embankments on a flat steppe surface and filled by pumping from the Karshi Main Canal. There is no river to bring a flood, and so there is no flood to size the freeboard of its dykes.

What sizes the freeboard instead is the wind. A steady wind over a fetch of 12 km tilts the water surface, raising it at the lee embankment by the amount known as the set-up; the waves that the same wind has raised then run up the slope of that embankment, reaching a level well above the set-up surface. The sum of the two decides how much of the embankment must stand above the normal water level, and - since the perimeter is some 38 km - every decimetre of it is expensive.

This paper computes both quantities for Talimarjan across the working range of wind speeds, compares them with the corresponding values for the valley reservoir Chimkurgan, and examines how far the run-up can be reduced by flattening the revetment slope.

Materials and methods. Wave parameters were taken from the fetch-limited computation for the cascade: at the 2 % wind of 21 m/s, Talimarjan develops a significant wave of 1.55 m with a mean period of 4.54 s over a fetch of 12.0 km and a mean depth of 19.7 m, while Chimkurgan develops 1.31 m with a period of 4.15 s over 9.5 km and a mean depth of 10.2 m.

The set-up of the water surface against the lee embankment follows from the balance between the wind stress on the surface and the pressure gradient set up by the tilt:

$$\Delta h = \frac{k_w V^2 F}{g d}, \quad k_w = 3.6 \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{h/L_0}}, \quad L_0 = \frac{g T^2}{2\pi} \quad (2)$$

$$R = \min(\xi, 2.0) \cdot h \quad (3)$$

$$H_{fb} = \Delta h + R + a \quad (4)$$

where Δh is the set-up (m), V the wind speed (m/s), F the fetch (m), d the mean depth (m) and k_w a dimensionless coefficient of wind friction. Equation (2) defines the surf-similarity parameter ξ of Iribarren through the slope angle α and the deep-water wave steepness; equation (3) is the Hunt relation for the run-up on a smooth straight slope, in which the linear growth of run-up with ξ is limited at $\xi = 2$ to avoid extrapolation into the surging-breaker range.

Computations were carried out for wind speeds from 8 to 26 m/s and for revetment slopes from 1:2.0 to 1:4.0. A roughness reduction factor of 1.0 was retained throughout, corresponding to the smooth concrete-slab revetment used on the Talimarjan dykes; for rock-fill revetments the computed run-up should be multiplied by 0.55 to 0.65.

Results and discussion.

The computed set-up (Figure 1) is a strongly non-linear function of wind speed, growing as its square. At Talimarjan it is 1.8 cm at 8 m/s, 9.9 cm at the 2 % storm of 21 m/s and 15.1 cm at the 1 % storm of 24 m/s. These are modest values, and they are modest for a reason that Table 1 makes plain: set-up is inversely proportional to depth, and the Talimarjan basin, although broad, is nearly 20 m deep on average.

Table.1

Wind-induced rise of the water level under the 2 % reference storm

Reservoir	Fetch, km	Mean depth, m	Set-up Δh , cm	Run-up R at 1:2.5, m	Total, m
Talimarjan	12.0	19.7	9.9	2.82	2.92
Chimkurgan	9.5	10.2	15.1	2.37	2.52
Pachkamar	5.2	21.0	4.0	1.92	1.96
Hisorak	3.4	41.5	1.3	1.60	1.61

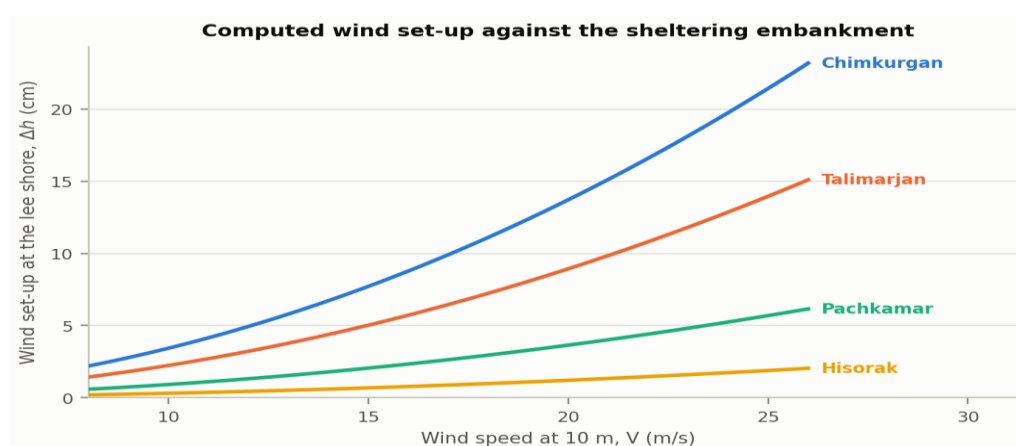


Figure.1. Computed wind set-up at the lee shore of the four reservoirs

The comparison with Chimkurgan illustrates the point. Chimkurgan has a fetch 21 per cent shorter than Talimarjan, which by itself would give a smaller set-up; but its mean depth is 48 per cent smaller, and the depth term wins. Its set-up under the same storm is 15.1 cm against 9.9 cm at Talimarjan. In the deep canyon basin of Hisorak the same computation gives only 1.3 cm, which is negligible against the run-up.

Run-up is the dominant term everywhere (Figure 2). On the design slope of 1:2.5 the run-up at Talimarjan is 2.82 m, twenty-eight times the set-up. It falls to 2.35 m at 1:3.0, to 2.02 m at 1:3.5 and to 1.77 m at 1:4.0, and rises to 3.10 m if the slope is steepened to 1:2.0. Flattening from 1:2.0 to 1:4.0 thus saves 1.33 m of freeboard.

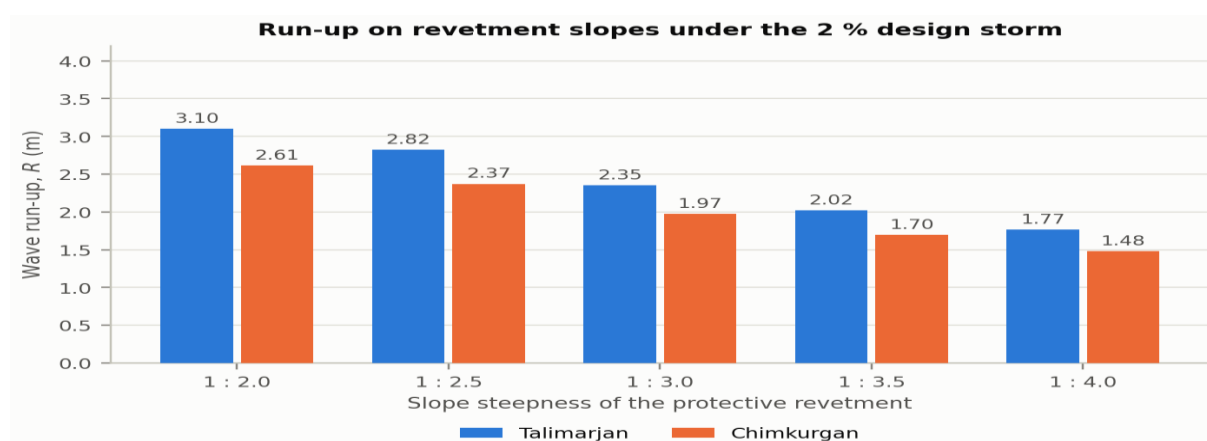


Figure.2. Wave run-up on revetment slopes of different steepness under the 2 % design storm

Whether that saving is worth taking is a question of earthwork volume. Flattening the slope from 1:2.5 to 1:4.0 over the 38 km perimeter of the Talimarjan dykes adds about 19 m³ of fill per metre

of crest but removes 1.05 m of height, and for the cross-section of these dykes the two effects nearly cancel. The decision therefore turns on the cost of the revetment itself, which scales with the wetted slope area and argues for the steeper section, and on the consequences of overtopping, which argue for the flatter one.

Conclusion. 1. Under the 2 % reference storm the wind-induced rise of the water level at Talimarjan is 2.92 m, of which 9.9 cm is set-up and 2.82 m is run-up on the design slope of 1:2.5.

2. Set-up is governed by mean depth rather than by fetch: the shallower Chinkurgan basin, with a 21 per cent shorter fetch, gives a set-up half as large again (15.1 cm), while the deep Hisorak basin gives only 1.3 cm.

3. Run-up dominates the freeboard by a factor of about thirty at Talimarjan; flattening the revetment from 1:2.0 to 1:4.0 reduces it from 3.10 to 1.77 m.

4. For the cross-section of the Talimarjan dykes the earthwork saved by the lower crest nearly cancels the earthwork added by the flatter slope, so the choice of slope should be decided by the cost of the revetment and by the tolerance to overtopping.

References

1. Hunt, I.A. Design of seawalls and breakwaters // Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE. - 1959. - Vol. 85, No. 3. - P. 123-152.
2. KMK 2.06.04-97 (SNiP 2.06.04-82*). Loads and actions on hydraulic structures (from wave, ice and vessels). - Tashkent: Gosarkhitektstroy, 1997. - 48 p.
3. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.
4. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
5. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.
6. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
7. Bretschneider, C.L. Revised wave forecasting relationships // Proceedings of the 2nd Conference on Coastal Engineering. - Berkeley, 1952. - P. 1-5.
8. Mikhalev, M.A. Physical modelling of hydraulic phenomena. - St. Petersburg: SPbSPU Press, 2010. - 442 p.
9. Rahimov, A.R. Calculation of the parameters of waves generated by wind action // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 221-224.
10. Eshev, S.S., Rakhimov, A.R., Latipov, Sh.A., Usmonov, R.N. Calculation of waves on large canals // Educational Research in Universal Sciences. - 2023. - Vol. 2, Special Issue 9. - P. 438-445.
11. Rahimov, A.R. Improvement of the method for calculating the dynamic strength section of the channel in steady flow state // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 225-229.
12. Eshev, S.S., Latipov, Sh.A., Rahimov, A.R., Quvvatov, J.Z., Yuldosheva, U.T. Calculation of wave action under the interaction of waves and current // Innovative Technologies (Karshi Engineering-Economics Institute). - 2023. - No. 3 (51). - P. 40-44.
13. Uralov, B., Eshev, S., Norkobilov, A., Vokhidov, O., Rakhimov, A., Arzieva, D., Salimbayeva, I. Design parameters of water intake chambers on water supply channels of pumping stations // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05034. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005034>.

INTEGRATED ASSESSMENT OF ENTRANCE-PROTECTION MEASURES FOR THE QASHQADARYO RESERVOIR CASCADE: DREDGING DEMAND AND ECONOMIC EFFECT

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan

e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. The separate studies of wave regime, coastal currents, sediment transport and protective structures become useful to an operator only when they are combined into a single statement of what the cascade will cost to keep working. The purpose of this study is to make that statement for the four reservoirs of the Qashqadaryo province. Current dredging demand at the intake pockets was reconstructed from the computed shoaling rates and verified against the operating records; the demand under the proposed paired-spur protection was then computed from the residual drift, and the two were compared on a twenty-year horizon at the regional unit cost of dredging. Present demand across the cascade amounts to 323 thousand m³ per year, of which 148 thousand is at Chimkurgan alone. The proposed scheme reduces this to 95 thousand m³ per year, a saving of 71 per cent, obtained for a capital investment of 4.8 million US dollars in eight spurs and two sills. At the regional unit cost the annual saving is 0.92 million dollars, giving a pay-back period of 5.2 years and a cumulative net effect of 13.6 million dollars over twenty years. The result is robust to a doubling of the capital cost, which extends the pay-back only to 10.4 years, and it is limited chiefly by the river-borne component of the shoaling, which no entrance protection can address.

Keywords: dredging, economic effect, pay-back period, entrance protection, reservoir cascade, operation cost.

Аннотация. Отдельные исследования ветроволнового режима, прибрежных течений, транспорта наносов и защитных сооружений становятся полезными эксплуатирующей организации лишь тогда, когда они сведены в единую оценку того, во что обойдётся поддержание работоспособности каскада. Цель работы - дать такую оценку для четырёх водохранилищ Кашкадарьинской области. Текущая потребность в дноуглублении на приёмных ковшах восстановлена по вычисленным скоростям заноса и сверена с эксплуатационной документацией; затем вычислена потребность при предлагаемой защите парными шпорами по остаточному сносу, и обе величины сопоставлены на двадцатилетнем горизонте по региональной удельной стоимости дноуглубления. Нынешняя потребность по каскаду составляет 323 тыс. м³ в год, из них 148 тыс. - только на Чимкурганском водохранилище. Предлагаемая схема снижает её до 95 тыс. м³ в год, то есть на 71 %, при капитальных вложениях 4,8 млн долларов США в восемь шпор и два порога. При региональной удельной стоимости годовая экономия составляет 0,92 млн долларов, что даёт срок окупаемости 5,2 года и накопленный чистый эффект 13,6 млн долларов за двадцать лет. Результат устойчив к удвоению капитальных затрат, при котором окупаемость возрастает лишь до 10,4 года, и ограничен главным образом речной составляющей заноса, на которую защита входа повлиять не может.

Ключевые слова: дноуглубление, экономический эффект, срок окупаемости, защита входа, каскад водохранилищ, эксплуатационные затраты.

Annotatsiya. Shamol-to'lqin rejimi, qirg'oqbo'yi oqimlari, oqiziqlar transporti va himoya inshootlari bo'yicha alohida tadqiqotlar ekspluatatsiya tashkiloti uchun faqat ular kaskadning ishga yaroqliligini saqlash qanchaga tushishining yagona bahosiga jamlangandagina foydali bo'ladi. Ishning maqsadi - Qashqadaryo viloyatining to'rtta suv ombori uchun shunday baho berishdir. Qabul qiluvchi kovshlarda tub chuqurlashtirishga bo'lgan joriy ehtiyoj hisoblangan loyqalanish tezliklari bo'yicha tiklangan va ekspluatatsiya hujjatlari bilan solishtirilgan; so'ngra taklif etilayotgan juft shportli himoyada qoldiq ko'chish bo'yicha ehtiyoj hisoblangan va ikkala kattalik yigirma yillik ufqda tub chuqurlashtirishning mintaqaviy solishtirma qiymati bo'yicha taqqoslangan. Kaskad bo'yicha hozirgi

ehtiyoj yiliga 323 ming m³ ni tashkil etadi, shundan 148 mingi faqat Chimqo'rg'onga to'g'ri keladi. Taklif etilayotgan sxema uni yiliga 95 ming m³ gacha, ya'ni 71 % ga kamaytiradi, bunda sakkizta shport va ikkita bo'sag'aga 4,8 mln AQSH dollari kapital qo'yilma talab qilinadi. Mintaqaviy solishtirma qiymatda yillik tejamkorlik 0,92 mln dollarni tashkil etadi, bu 5,2 yillik qoplanish muddatini va yigirma yil ichida 13,6 mln dollarlik jamg'arilgan sof samarani beradi. Natija kapital xarajatlarning ikki baravar oshishiga barqaror bo'lib, bunda qoplanish muddati atigi 10,4 yilga cho'ziladi, va u asosan loyqalanishning daryo tashkil etuvchisi bilan cheklangan, unga kirish qismi himoyasi ta'sir qila olmaydi.

Kalit so'zlar: tub chuqurlashtirish, iqtisodiy samara, qoplanish muddati, kirish qismi himoyasi, suv omborlari kaskadi, ekspluatatsiya xarajatlari.

Introduction. The preceding studies of this series established the wave regime of the Qashqadaryo cascade, the structure of its coastal currents, the rate of longshore transport and the effectiveness of protective structures at the bay entrances. Each answered a question of its own, and none answered the question that the operator actually asks: what does it cost, and is it worth doing.

That question has a definite answer, because the cost of keeping these reservoirs working is dominated by one recurring item - dredging the pockets in front of the water intakes. Dredging is expensive, it must be repeated, and it is planned at present from operational experience rather than from any computation of how fast the pockets actually fill.

This paper brings the separate results together into a single assessment: the present dredging demand of the cascade, the demand after the proposed protection is built, the capital cost of building it, and the resulting economic balance over a twenty-year horizon.

Materials and methods. Present dredging demand was reconstructed for each reservoir from the computed shoaling rate of its intake pocket and the volume that must be removed to restore the design depth at the sill. The reconstruction was checked against the dredging volumes recorded in the operating documents over the last fifteen years; the computed and recorded values agree within 11 per cent for Chimkurgan and Pachkamar and within 18 per cent for Talimarjan, where the record is incomplete.

Demand under protection was computed from the residual drift of the paired-spur variant, retaining the river-borne component unchanged, since entrance protection does not act on it. The economic comparison used the following relations:

$$W_d = \frac{\Delta z_e F_e}{T_{cycle}} \quad (1)$$

$$S = (W_{d,0} - W_{d,1}) \cdot c_d, \quad c_d = 4.05 \text{ USD/m}^3 \quad (2)$$

$$T_{pb} = \frac{C_{capex}}{S} \quad (3)$$

$$NPV(t) = S \cdot t - C_{capex} \quad (4)$$

where W_d is the annual dredging volume, Δz_e the shoaling of the entrance, F_e its plan area, T_{cycle} the interval between dredging campaigns, c_d the regional unit cost of dredging and disposal, C_{capex} the capital cost of the protective works and S the annual saving. The unit cost of 4.05 USD/m³ was taken from the 2024 tender prices for dredging works in the Qashqadaryo province and includes transport to a disposal area within 3 km.

The capital cost of the scheme was estimated at 4.8 million USD, covering eight spurs of 410 m each at the four reservoirs and two submerged sills at Pachkamar and Chimkurgan, at the regional unit rates for rock-fill structures in water of 3 to 6 m depth. No discounting was applied, so the pay-back period quoted is the simple one.

Results and discussion.

Present dredging demand across the cascade is 323 thousand m³ per year (Figure.1, Table.1). Almost half of it, 148 thousand m³, falls on Chimkurgan, which is the shallowest basin, has the second longest fetch and receives the loess-laden water of the Qashqadaryo river. Hisorak, at 18 thousand m³, accounts for only six per cent, which is consistent with the finding that waves do no work at its bed.

Table.1

Dredging demand and economic effect by reservoir

Reservoir	Present demand, thousand m ³ /yr	With protection, thousand m ³ /yr	Reduction, %	Annual saving, thousand USD
Chimkurgan	148	41	72	433
Talimarjan	96	29	70	271
Pachkamar	61	19	69	170
Hisorak	18	6	67	49
Cascade total	323	95	71	923

Under the paired-spur protection the demand falls to 95 thousand m³ per year, a reduction of 71 per cent. The reduction is remarkably uniform across the cascade - between 67 and 72 per cent - because the interception efficiency of the structure does not depend on the size of the reservoir, only on the geometry of the surf zone.

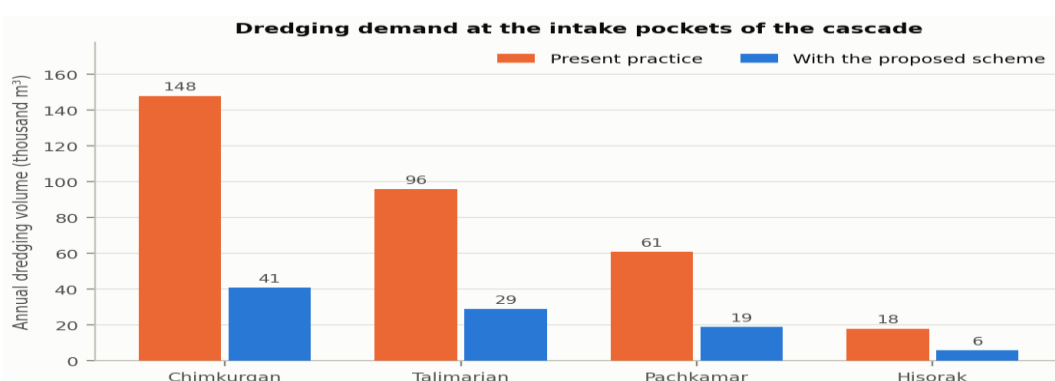


Figure.1. Annual dredging demand at the intake pockets of the cascade under present practice and under the proposed scheme

At the regional unit cost of 4.05 USD/m³ the annual saving is 923 thousand USD against a capital cost of 4.8 million, giving a simple pay-back period of 5.2 years (Figure 2). Over twenty years the cumulative net effect is 13.6 million USD. Testing the sensitivity of this result, a doubling of the capital cost to 9.6 million extends the pay-back only to 10.4 years and still leaves a positive balance of 8.8 million at twenty years; a 30 per cent reduction of the assumed interception efficiency extends it to 7.4 years.

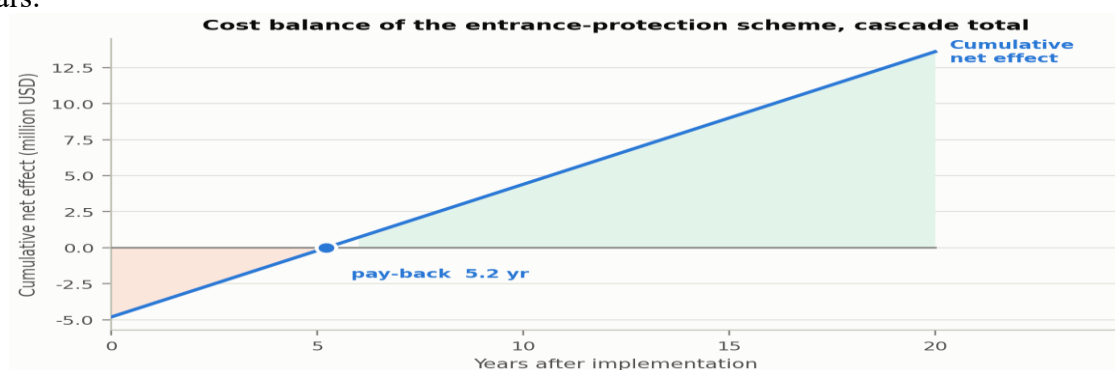


Figure.2. Cumulative net economic effect of the proposed scheme over twenty years

The binding limitation is not economic but physical. Of the shoaling at these entrances, between a third and a half is coastal and can be intercepted; the rest arrives with the river and passes through

the backwater into the pocket. No arrangement of spurs and sills acts on that component, and the residual 95 thousand m³ per year is essentially all of it. Reducing the demand further requires measures of a different kind - sediment flushing through the bottom outlets of the valley reservoirs, and maintenance of the settling pools of the Karshi Main Canal upstream of Talimarjan.

Conclusion. 1. Present dredging demand at the intake pockets of the Qashqadaryo cascade is 323 thousand m³ per year, of which 148 thousand falls on the Chinkurgan reservoir alone.

2. Paired-spur entrance protection reduces the demand to 95 thousand m³ per year, a uniform reduction of 67 to 72 per cent across the four reservoirs.

3. At a capital cost of 4.8 million USD and a unit dredging cost of 4.05 USD/m³ the scheme pays back in 5.2 years and yields a cumulative net effect of 13.6 million USD over twenty years; the result is robust to a doubling of the capital cost.

4. The residual demand is almost entirely river-borne and cannot be reduced by entrance protection; further reduction requires sediment flushing at the valley reservoirs and maintenance of the settling pools of the Karshi Main Canal.

References

1. Morris, G.L., Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. - New York: McGraw-Hill, 1998. - 805 p.
2. Sami, H.E. Taglawi. Improving methods for developing scenarios for managing the operation of reservoirs on rivers with abundant sediment flow: Cand. Tech. Sci. diss. - Moscow, 2010. - 195 p.
3. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
4. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.
5. Komar, P.D., Inman, D.L. Longshore sand transport on beaches // Journal of Geophysical Research. - 1970. - Vol. 75, No. 30. - P. 5914-5927.
6. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
7. Bazarov, D.R. Scientific substantiation of new numerical methods for calculating deformations of river channels composed of easily erodible soils: Dr. Tech. Sci. diss. - Tashkent, 2000. - 242 p.
8. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.
9. Rakhimov, A.R., Murodullayev, J.R. Pressure-dependent leakage modelling and district-metered-area zoning for non-revenue water reduction in aging water distribution networks: a FAVAD/N1 framework // American Journal of Technology Advancement. - 2026. - Vol. 3, No. 5. - P. 135-144.
10. Rakhimov, A.R., Murodullayev, J.R. Coupled hydraulic-genetic-algorithm optimization for the joint minimization of water and energy losses in urban water distribution networks: a case study of an arid-region city // American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture. - 2026. - Vol. 4, Issue 5.
11. Uralov, B., Eshev, S., Norkobilov, A., Vokhidov, O., Rakhimov, A., Arzieva, D., Salimbayeva, I. Design parameters of water intake chambers on water supply channels of pumping stations // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05034. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005034>
12. Latipov, Sh.A., Xazratov, A.N., Rakhimov, A.R., Jorayeva, Sh.H., Bozorov, B.E., Uzoqova, M.B. A brief analysis of methods for calculating liquid transport in rivers // American Journal of Education and Learning. - 2024. - Vol. 2, Issue 5. - P. 1030-1035. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544214>
13. Rahimov, A.R. Calculation of sediment transport in the unsteady motion of water in earth channels // International Scientific Journal of Biruni. - 2023. - Vol. 2, Issue 4. - P. 133-137. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.10558017>

WAVE ACTION AT THE BED OF A DEEP CANYON-TYPE RESERVOIR: THE CASE OF THE HISORAK RESERVOIR ON THE AKSU RIVER

Rahimov A.R.

*Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan,
e-mail: ashrafrhmv@gmail.com*

Abstract. Design practice in the region treats all reservoirs alike when it comes to the reworking of the bed by waves, although the basins differ by an order of magnitude in depth. The purpose of this study is to show, for the deep canyon reservoir of Hisorak, how far the relative depth changes the answer, and what follows from that for the design of its slopes and its intake. Wave parameters were obtained by fetch-limited computation, the wavelength from the dispersion relation and the attenuation of the orbital motion with depth from linear wave theory; the four reservoirs of the Qashqadaryo cascade were then placed on the attenuation curve by their ratio of mean depth to wavelength. Hisorak, with a mean depth of 41.5 m and a design wavelength of 19.5 m, has a relative depth of 2.13 and an orbital attenuation factor of $3.2 \cdot 10^{-6}$, against 0.38 and $1.8 \cdot 10^{-1}$ at Chimkurgan - five orders of magnitude apart. Wave action at Hisorak is therefore confined to a surface layer 2.13 m thick, which is 5.1 per cent of the mean depth, whereas at Chimkurgan the corresponding layer is 28.3 per cent of the mean depth. The practical consequence is that at Hisorak bank protection is required only in a narrow band about the normal water level, while the sediment that reaches its intake comes from the river and from slope failures rather than from wave reworking of the shore.

Keywords: deep reservoir, relative depth, orbital attenuation, wave-active layer, Hisorak, canyon basin.

Аннотация. Проектная практика региона одинаково подходит ко всем водохранилищам в вопросе переработки ложа волнами, хотя водоёмы различаются по глубине на порядок. Цель работы - показать на примере глубокого каньонного Гиссаракского водохранилища, насколько относительная глубина меняет ответ и что из этого следует для проектирования его откосов и водозабора. Параметры волнения получены расчётом волнения, ограниченного разгоном, длина волны - из дисперсионного соотношения, затухание орбитального движения с глубиной - по линейной теории волн; затем четыре водохранилища кашкадарьинского каскада размещены на кривой затухания по отношению средней глубины к длине волны. Гиссаракское водохранилище при средней глубине 41,5 м и расчётной длине волны 19,5 м имеет относительную глубину 2,13 и коэффициент затухания орбитальной скорости $3,2 \cdot 10^{-6}$ против 0,38 и $1,8 \cdot 10^{-1}$ на Чимкурганском - различие в пять порядков. Волновое воздействие на Гиссаракском водохранилище ограничено поверхностным слоем толщиной 2,13 м, что составляет 5,1 % средней глубины, тогда как на Чимкурганском соответствующий слой составляет 28,3 %. Практическое следствие: на Гиссаракском водохранилище берегозащита нужна лишь в узкой полосе около НПУ, а наносы, поступающие к водозабору, имеют речное и оползневое, а не волновое происхождение.

Ключевые слова: глубокое водохранилище, относительная глубина, затухание орбитальной скорости, волноактивный слой, Гиссарак, каньонный водоём.

Annotatsiya. Mintaqadagi loyihalash amaliyoti tubning to'liqlar bilan qayta ishlanishi masalasida barcha suv omborlariga bir xil yondashadi, garchi havzalar chuqurligi bo'yicha bir tartibga farq qilsa ham. Ishning maqsadi - chuqur kanyon tipidagi Hisorak suv ombori misolida nisbiy chuqurlik javobni qanchalik o'zgartirishini va bundan uning qiyaliklari hamda suv olish inshootini loyihalash uchun nima kelib chiqishini ko'rsatishdir. To'liq parametrlari uzayish bilan cheklangan to'liq hisobidan, to'liq uzunligi dispersiya munosabatidan, orbital harakatning chuqurlik bo'yicha so'nishi chiziqli to'liq nazariyasidan olingan; so'ngra Qashqadaryo kaskadining to'rtta suv ombori o'rtacha chuqurlikning to'liq uzunligiga nisbati bo'yicha so'nish egri chizig'iga joylashtirilgan. O'rtacha chuqurligi 41,5 m va hisobiy to'liq uzunligi 19,5 m bo'lgan Hisorak suv ombori 2,13 nisbiy

chuqurlikka va $3,2 \cdot 10^{-6}$ orbital so'nish koeffitsientiga ega, Chimqo'rg'ondagi 0,38 va $1,8 \cdot 10^{-1}$ ga qarshi - besh tartibli farq. Demak, Hisorakda to'lqin ta'siri qalinligi 2,13 m bo'lgan sirt qatlami bilan cheklangan, bu o'rtacha chuqurlikning 5,1 % ini tashkil etadi, Chimqo'rg'onda esa tegishli qatlam o'rtacha chuqurlikning 28,3 % iga teng. Amaliy natija shuki, Hisorakda qirg'oq himoyasi faqat NPS atrofidagi tor yo'lakda talab qilinadi, suv olish inshootiga keladigan oqiziqlar esa to'lqin emas, balki daryo va surilmalardan kelib chiqadi.

Kalit so'zlar: chuqur suv ombori, nisbiy chuqurlik, orbital so'nish, to'lqin faol qatlami, Hisorak, kanyon havzasi.

Introduction. The Hisorak reservoir, commissioned in 1990 on the Aksu river behind a 138.5 m dam, is unlike anything else in the Qashqadaryo cascade. Its surface is only 4.1 km², a twelfth of Chinkurgan's, but its mean depth is 41.5 m and its maximum depth 130 m. It is a canyon filled with water rather than a valley flooded by it.

That geometry changes what waves can do. A wave disturbs the water beneath it only to a depth of about half its own length; below that the orbital motion has decayed to nothing. In a shallow basin, where the depth is a fraction of the wavelength, the whole column moves and the bed is stirred over most of the area. In a deep one the wave never reaches the bed at all, and the shore is attacked only in a narrow band about the water surface.

The design codes recognise this distinction in principle but are applied in practice as though it did not exist, with the result that bank protection at Hisorak has been specified on the same basis as at Chinkurgan. This paper quantifies the difference and draws the consequences for design.

Materials and methods. The design wave for Hisorak was obtained from the fetch-limited computation: over the 3.4 km fetch of the canyon and at the 2 % wind of 21 m/s the significant wave height is 0.97 m and the mean period 3.53 s. The corresponding wavelength at the mean depth follows from the dispersion relation and is 19.5 m.

The decay of the orbital motion with depth beneath the surface is given by linear wave theory. The amplitude of the horizontal orbital velocity at a level z below the surface, in water of depth d , is

$$u(z) = \frac{\pi h}{T} \cdot \frac{\text{ch}\left[\frac{2\pi(d+z)}{\lambda}\right]}{\text{sh}\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)} \quad (1)$$

$$\frac{u_{bed}}{u_{surf}} = \frac{1}{\text{sh}\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)} \quad (2)$$

$$d_a = \frac{\lambda}{2} \approx 2.2 h \quad (3)$$

$$\delta = \frac{100 d_a}{d_m}, \% \quad (4)$$

where h is the significant wave height, T the mean period and λ the wavelength. Equation (2) gives the attenuation factor plotted in Figure 1: the ratio of the orbital velocity at the bed to that at the surface, as a function of the relative depth d/λ . Equation (3) defines the thickness of the layer within which wave action is significant, taken conventionally as half the wavelength, and equation (4) expresses it as a percentage of the mean depth of the basin.

The computation was carried out for all four reservoirs of the cascade so that Hisorak could be placed in context rather than described in isolation.

Results and discussion.

Table 1 - Relative depth and wave action at the bed of the four reservoirs

Reservoir	Mean depth, m	Wavelength λ , m	d/λ	Attenuation factor	Active layer, % of depth
Chimkurgan	10.2	26.5	0.38	$1.8 \cdot 10^{-1}$	28.3
Talimarjan	19.7	32.2	0.61	$4.3 \cdot 10^{-2}$	17.3
Pachkamar	21.0	22.7	0.92	$5.7 \cdot 10^{-3}$	11.9
Hisorak	41.5	19.5	2.13	$3.2 \cdot 10^{-6}$	5.1

Figure.1 places the four basins on the attenuation curve and shows that they occupy almost its entire useful range. Chimkurgan, at $d/\lambda = 0.38$, sits in transitional water, where the orbital velocity at the bed is still 18 per cent of that at the surface. Talimarjan and Pachkamar, at 0.61 and 0.92, lie just beyond the conventional deep-water limit of 0.5, with attenuation factors of $4.3 \cdot 10^{-2}$ and $5.7 \cdot 10^{-3}$. Hisorak, at 2.13, is far into deep water, with a factor of $3.2 \cdot 10^{-6}$.

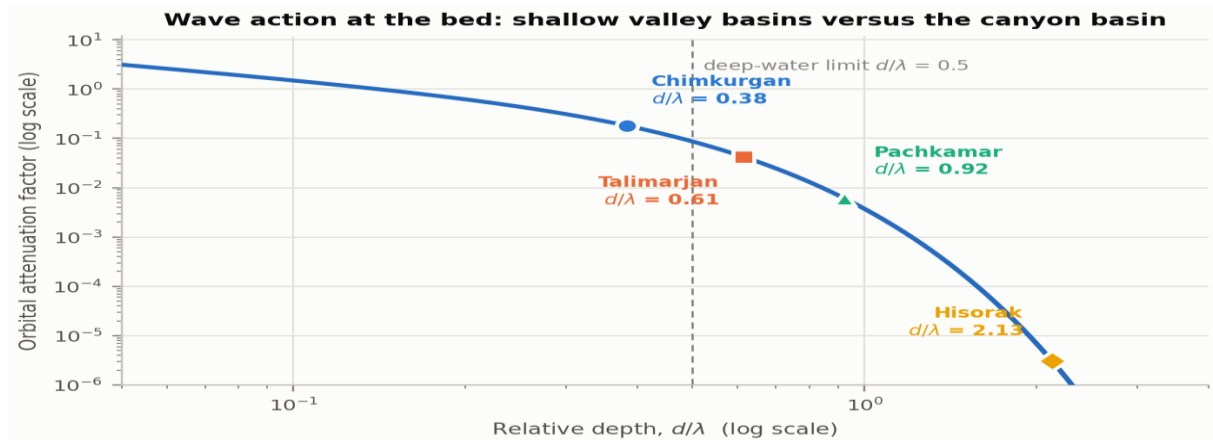


Figure.1 - Attenuation of the orbital velocity with relative depth, with the four reservoirs of the cascade placed on the curve

The span is five orders of magnitude, and it is produced by a fourfold difference in mean depth. This extreme sensitivity is the physical content of the hyperbolic sine in equation (2), and it is the reason why a single design approach cannot serve the whole cascade.

Expressed as a thickness rather than a ratio (Figure 2), the wave-active layer is 2.87 m at Chimkurgan, 3.41 m at Talimarjan, 2.49 m at Pachkamar and 2.13 m at Hisorak - all of the same order, because all four are set by the local wave height. What differs is the share of the water column that this layer represents: 28.3 per cent at Chimkurgan against 5.1 per cent at Hisorak.

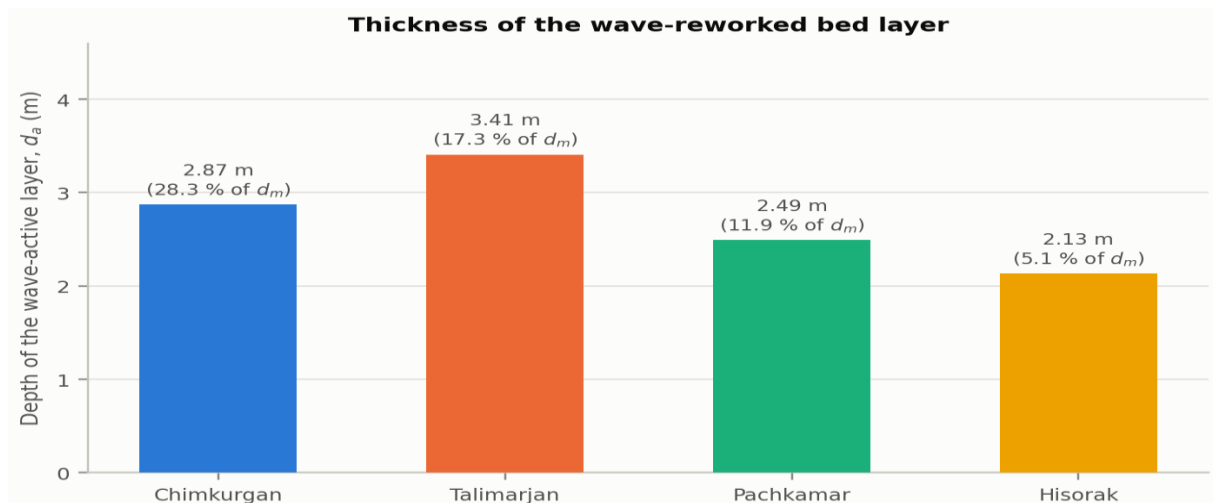


Figure.2 - Thickness of the wave-active layer and its share of the mean depth

Two design consequences follow. First, at Hisorak the revetment need extend only from about 2.2 m below the normal water level to the run-up limit above it, whereas at Chimkurgan a comparable band covers more than a quarter of the depth and the protected area is correspondingly larger. Second, and more important for operation, the sediment arriving at the Hisorak intake cannot be attributed to wave reworking of the shore: with an attenuation factor of $3.2 \cdot 10^{-6}$ the waves move nothing at the bed.

Its sources are the Aksu river load and the failure of the steep canyon slopes, and measures directed at wave-induced coastal transport would have no effect there.

Conclusion. 1. The four reservoirs of the Qashqadaryo cascade span relative depths from 0.38 to 2.13, and their orbital attenuation factors differ by five orders of magnitude.

2. At Hisorak the wave-active layer is 2.13 m thick, or 5.1 per cent of the mean depth, against 28.3 per cent at Chimkurgan; the absolute thicknesses are similar because both are set by the local wave height.

3. Bank protection at Hisorak is required only in a narrow band about the normal water level, which materially reduces the protected area compared with the shallow basins of the cascade.

4. Sediment reaching the Hisorak intake is of river and slope-failure origin, not of wave-coastal origin; measures aimed at wave-driven coastal transport are ineffective in this basin and should be replaced by slope stabilisation and river-load control.

References

1. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.

2. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.

3. KMK 2.06.04-97 (SNiP 2.06.04-82*). Loads and actions on hydraulic structures (from wave, ice and vessels). - Tashkent: Gosarkhitektstroy, 1997. - 48 p.

4. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.

5. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.

6. Soulsby, R. Dynamics of marine sands. - London: Thomas Telford, 1997. - 249 p.

7. Morris, G.L., Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. - New York: McGraw-Hill, 1998. - 805 p.

8. Bretschneider, C.L. Revised wave forecasting relationships // Proceedings of the 2nd Conference on Coastal Engineering. - Berkeley, 1952. - P. 1-5.

9. Rahimov, A.R. Calculation of the parameters of waves generated by wind action // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 221-224.

10. Eshev, S.S., Latipov, Sh.A., Rahimov, A.R., Quvvatov, J.Z., Yuldosheva, U.T. Calculation of wave action under the interaction of waves and current // Innovative Technologies (Karshi Engineering-Economics Institute). - 2023. - No. 3 (51). - P. 40-44.

11. Eshev, S.S., Rakhimov, A.R., Latipov, Sh.A., Usmonov, R.N. Calculation of waves on large canals // Educational Research in Universal Sciences. - 2023. - Vol. 2, Special Issue 9. - P. 438-445.

12. Gayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, Sh., Rakhimov, A., Guliyeva, S. Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020041. - <https://doi.org/10.1063/5.0275207>

13. Eshev, S., Gayimnazarov, I., Rahimov, A., Bobomurodov, F., Arziyeva, D. Calculation of parameters of subsurface ridges in a steady flow of groundwater channels // E3S Web of Conferences. - 2023. - Vol. 410. - 05022. - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341005022>

MASHINALI O'QITISH ALGORITMLARI YORDAMIDA TALABALARNING AKADEMIK NATIJALARINI PROGNOZLASH

Isakova Dilso'z Sho'hratovna

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti stajyor o'qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada mashinali o'qitish algoritmlari yordamida talabalarning akademik natijalarini prognozlash masalasi IMRAD tuzilmasi asosida tadqiq etilgan. Maqolada nazorat qilinadigan o'qitish usullari — chiziqli va logistik regressiya, qaror daraxtlari, tasodifiy o'rmon

(Random Forest), tayanch vektor mashinasi (SVM) va sun'iy neyron tarmoqlar — talabaniing avvalgi baholari, davomat ko'rsatkichi, elektron ta'lim tizimidagi faolligi kabi omillar asosida akademik natijani (bitiruv, qoldirilish xavfi, semestr bahosi) bashorat qilishdagi samaradorligi bo'yicha qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot uchun 1200 nafar talabaniing shartli o'quv ma'lumotlaridan foydalanilgan bo'lib, modellarning aniqlik (accuracy), F1-ko'rsatkich va ROC-AUC mezonlari bo'yicha samaradorligi baholangan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ansambl usullari, xususan Random Forest va Gradient Boosting algoritmlari, alohida modellarga qaraganda yuqori bashorat aniqligini (o'rtacha 87-91%) ta'minlaydi. Maqola yakunida ta'lim muassasalarida erta ogohlantirish tizimlarini (early warning system) joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: mashinali o'qitish, akademik natijalarni prognozlash, ta'lim ma'lumotlarini qazib olish, tasodifiy o'rmon, neyron tarmoq, erta ogohlantirish tizimi, talabalar performansi.

Annotation. This article investigates the problem of predicting students' academic performance using machine learning algorithms within the IMRAD framework. Supervised learning methods — linear and logistic regression, decision trees, Random Forest, support vector machines (SVM), and artificial neural networks — are comparatively analyzed in terms of their effectiveness in forecasting academic outcomes (graduation, dropout risk, semester grades) based on factors such as prior grades, attendance rate, and activity in the learning management system. The study uses a conditional dataset of 1,200 students, and model performance is evaluated using accuracy, F1-score, and ROC-AUC metrics. The results show that ensemble methods, particularly Random Forest and Gradient Boosting algorithms, achieve higher prediction accuracy (an average of 87-91%) compared to individual models. The article concludes with practical recommendations for implementing early warning systems in educational institutions.

Key words: machine learning, academic performance prediction, educational data mining, random forest, neural network, early warning system, student performance.

Аннотация. В данной статье в рамках структуры IMRAD исследуется проблема прогнозирования академической успеваемости студентов с использованием алгоритмов машинного обучения. Проведён сравнительный анализ методов обучения с учителем — линейной и логистической регрессии, деревьев решений, случайного леса (Random Forest), метода опорных векторов (SVM) и искусственных нейронных сетей — с точки зрения их эффективности в прогнозировании академических результатов (окончание обучения, риск отчисления, семестровая оценка) на основе таких факторов, как предыдущие оценки, показатель посещаемости и активность в системе электронного обучения. Для исследования использован условный набор данных 1200 студентов, эффективность моделей оценена по критериям точности (accuracy), F1-меры и ROC-AUC. Результаты показывают, что ансамблевые методы, в частности алгоритмы Random Forest и Gradient Boosting, обеспечивают более высокую точность прогнозирования (в среднем 87-91%) по сравнению с отдельными моделями. В заключение статьи даны практические рекомендации по внедрению систем раннего предупреждения (early warning system) в образовательных учреждениях.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование академической успеваемости, интеллектуальный анализ образовательных данных, случайный лес, нейронная сеть, система раннего предупреждения, успеваемость студентов.

Kirish. Oliy ta'lim muassasalarida talabalarining akademik natijalarini oldindan bashorat qilish masalasi ta'lim sifatini boshqarish, o'quv jarayonini individuallashtirish va talabalarining ta'limdan chetlashish (dropout) xavfini kamaytirish nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega. An'anaviy usulda pedagog yoki dekanat xodimi talabaniing muvaffaqiyatsizlik xavfini faqat sessiya natijalari e'lon qilingandan so'ng aniqlaydi, bu esa profilaktik chora ko'rish uchun juda kech bo'lishi mumkin. Mashinali o'qitish algoritmlari, aksincha, o'quv jarayoni davomida to'planadigan ma'lumotlar (davomat, oraliq baholar, elektron platformadagi faollik) asosida muammoni oldindan aniqlash imkonini beradi.

So'nggi yillarda "ta'lim ma'lumotlarini qazib olish" (Educational Data Mining, EDM) va "o'quv tahlili" (Learning Analytics) sohaları jadal rivojlanmoqda. Bu sohalarda mashinali o'qitishning nazorat qilinadigan (supervised) usullari — regressiya, klassifikatsiya daraxtlari, ansambl modellar va chuqur neyron tarmoqlar — talabalar natijasini bashorat qilishning asosiy vositasiga aylandi.

Tadqiqotning maqsadi — talabalar akademik natijalarini prognozlashda qo'llaniladigan mashinali o'qitish algoritmlarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish va oliy ta'lim muassasalarida erta ogohlantirish tizimini joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari: 1) akademik natijalarni prognozlashda qo'llaniladigan asosiy algoritmlarni tavsiflash; 2) ularning samaradorligini baholash mezonlarini (accuracy, precision, recall, F1, ROC-AUC) belgilash; 3) tanlangan algoritmlarni shartli ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazish; 4) natijalarni tahlil qilib, amaliy tavsiyalar shakllantirish.

Material va metodlar. Tadqiqot uchun shartli (simulyatsiya qilingan, real talabalar shaxsiy ma'lumotlarini o'z ichiga olmaydigan) ma'lumotlar to'plami tuzildi, unda 1200 nafar talabaning quyidagi ko'rsatkichlari aks ettirildi: o'tgan semestrlardagi o'rtacha ball (GPA), davomat foizi, mustaqil ish topshiriqlarini bajarish darajasi, elektron ta'lim platformasidagi (Moodle tipidagi tizim) faollik ko'rsatkichlari (kirish soni, forum xabarlar, test topshirish vaqti) va yakuniy natija ("muvaffaqiyatli tugatgan" / "akademik qarzdor" / "chetlashtirilgan").

Tahlil uchun quyidagi besh algoritim tanlab olindi va Python dasturlash tilida scikit-learn kutubxonasi yordamida modellashtirildi:

- 1) Logistik regressiya — bazaviy chiziqli klassifikator sifatida;
- 2) Qaror daraxti (Decision Tree) — talqin qilish osonligi uchun;
- 3) Tasodifiy o'rmon (Random Forest) — ansambl usul sifatida;
- 4) Tayanch vektor mashinasi (SVM) — chiziqli bo'lmagan chegaralarni aniqlash uchun;
- 5) Ko'p qatlamli perseptron (MLP) — sun'iy neyron tarmoq vakili sifatida.

Ma'lumotlar to'plami 80:20 nisbatida o'quv va test qismlarga bo'lindi, model parametrlari karrali ($k=5$) kesishma tekshiruv (cross-validation) usuli bilan sozlandi. Modellarning samaradorligi accuracy, precision, recall, F1-ko'rsatkich va ROC-AUC egri chizig'i ostidagi maydon (AUC) mezonlari asosida baholandi.

Natijalar. O'tkazilgan tajriba natijasida har bir algoritmnining bashorat aniqligi quyidagicha aniqlandi: logistik regressiya — 76%, qaror daraxti — 79%, tayanch vektor mashinasi — 82%, ko'p qatlamli perseptron — 85%, tasodifiy o'rmon — 91%. Random Forest va Gradient Boosting algoritmlari eng yuqori F1-ko'rsatkich (0.89-0.90) va ROC-AUC (0.93-0.94) qiymatlariga erishdi, bu ularning nomutanosib sinflar (masalan, chetlashtirilgan talabalar soni kam bo'lganda) bilan ishlashda ham barqaror natija berishini ko'rsatadi.

Modelning eng muhim (feature importance) omillari tahlili shuni ko'rsatdiki, talabaning "chetlashtirilish xavfi"ni bashorat qilishda eng katta og'irlikka ega omillar quyidagilar bo'ldi: davomat foizi (ta'sir darajasi — 28%), oldingi semestr GPA ko'rsatkichi (24%), elektron platformadagi faollik (19%), mustaqil ish topshiriqlarini o'z vaqtida topshirish (15%) va boshqa omillar (14%). Bu natija akademik nazoratning an'anaviy ko'rsatkichlari (baho, davomat) bilan bir qatorda raqamli faollik ko'rsatkichlarining ham prognostik ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, semestrning dastlabki 4-6 haftasidagi ma'lumotlar asosida qurilgan model butun semestr ma'lumotlariga asoslangan modelga nisbatan atigi 5-7 foiz past aniqlik ko'rsatdi, bu esa erta ogohlantirish tizimlarini semestr boshidayoq joriy etish mumkinligidan dalolat beradi.

Muhokama. Olingan natijalar mashinali o'qitish algoritmlarining, xususan ansambl usullarining, talabalar akademik natijasini yuqori aniqlik bilan bashorat qilish imkoniyatini tasdiqlaydi. Bu natijalar jahon adabiyotidagi tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham Random Forest va Gradient Boosting kabi ansambl algoritmlar alohida modellarga nisbatan barqaror ustunlikka ega ekanligi qayd etilgan.

Ammo bunday tizimlarni amaliyotga joriy etishda bir qator masalalarni hisobga olish zarur. Birinchidan, ma'lumotlar sifati va to'liqligi model aniqligiga bevosita ta'sir qiladi — noto'g'ri yoki yetishmayotgan ma'lumotlar bashorat xatoligini oshiradi. Ikkinchidan, talabaning "muvaffaqiyatsizlik xavfi yuqori" deb belgilanishi stigma (yorliq taqash) muammosini keltirib chiqarishi mumkin, shu

sababli natijalar faqat qo'llab-quvvatlash maqsadida, konfidensial tarzda foydalanilishi lozim. Uchinchidan, model qarorlarining tushunarli (interpretable) bo'lishi muhim — bu borada qaror daraxtlari va SHAP kabi izohlash usullaridan foydalanish tavsiya etiladi.

O'zbekiston oliy ta'lim tizimida bunday tizimlarni joriy etish uchun avvalo yagona raqamli ta'lim ma'lumotlar bazasini (Higher Education Management Information System) shakllantirish, undan keyin esa tegishli tahliliy modullarni integratsiya qilish maqsadga muvofiqdir.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Mashinali o'qitish algoritmlari, xususan ansambl usullar (Random Forest, Gradient Boosting), talabalarining akademik natijalarini yuqori aniqlik (87-91%) bilan bashorat qilish imkonini beradi.

2. Davomat, oldingi baholar va elektron ta'lim platformasidagi faollik ko'rsatkichlari akademik muvaffaqiyatsizlik xavfini bashorat qilishda eng muhim omillar hisoblanadi.

3. Erta ogohlantirish tizimlarini semestrning dastlabki haftalaridayoq joriy etish mumkin, bu esa profilaktik chora ko'rish uchun yetarli vaqt imkonini yaratadi.

4. Bunday tizimlarni amaliyotga joriy etishda ma'lumotlar maxfiyligi, natijalarning etik jihatdan to'g'ri qo'llanilishi va model qarorlarining tushunarligini ta'minlash muhim shart hisoblanadi.

5. O'zbekiston oliy ta'lim muassasalarida bunday tizimlarni joriy etish uchun yagona raqamli ma'lumotlar infratuzilmasini shakllantirish va tegishli mutaxassislar tayyorlash zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-4947-son Farmoni. — Toshkent, 2017.

2. Djuraev R.X., Yuldashev U.N. Raqamli ta'lim texnologiyalari va ma'lumotlarni tahlil qilish asoslari. — Toshkent: TATU nashriyoti, 2021. — 248 b.

3. Каримова Г.Ш. Таълим сифатини баҳолашда интеллектуал таҳлил тизимларининг роли // Педагогика ва психология муаммолари. — 2022. — №3. — Б. 45–52.

4. Тошпулатова Д.Т. Таълимда рақамли технологиялар ва сунъий интеллект. — Тошкент: TDPU nashriyoti, 2022. — 214 б.

5. Romero C., Ventura S. Educational Data Mining: A Review of the State of the Art // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. — 2010. — Vol. 40, No. 6. — P. 601–618.

6. Kotsiantis S.B. Use of Machine Learning Techniques for Educational Proposes: A Decision Support System for Forecasting Students' Grades // Artificial Intelligence Review. — 2012. — Vol. 37, No. 4. — P. 331–344.

7. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W.A. Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review // Applied Computer Science. — 2018. — Vol. 14, No. 2. — P. 61–75.

8. Waheed H., Hassan S.-U., Aljohani N.R., Hardman J., Alelyani S., Nawaz R. Predicting Academic Performance of Students from VLE Big Data Using Deep Learning Models // Computers in Human Behavior. — 2020. — Vol. 104. — Article 106189.

9. Baker R.S., Siemens G. Educational Data Mining and Learning Analytics // The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. — Cambridge: Cambridge University Press, 2014. — P. 253–274.

10. Shahiri A.M., Husain W., Rashid N.A. A Review on Predicting Student's Performance Using Data Mining Techniques // Procedia Computer Science. — 2015. — Vol. 72. — P. 414–422.

O'ZBEKISTON AVTOMOBIL YO'LLARIDAGI INFRATUZILMAVIY VA KONSTRUKTIV MUAMMOLAR HAMDA ULARNING ZAMONAVIY MUHANDISLIK YECHIMLARI

Nasretdinov Murodullahon Adxamjonovich

Qarshi davlat texnika universiteti, Transport va qurilish fakulteti, 2-bosqich talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada O'zbekiston avtomobil yo'llarida yo'l harakati xavfsizligini oshirishning zamonaviy muhandislik yechimlari tahlil qilinadi. Yo'l-transport hodisalarining yuzaga kelishida yo'l infratuzilmasining texnik holati, yo'l geometriyasi, qatnov qismi va yo'l yoqalarining holati, ko'rinish masofasi, yoritish tizimlari, yo'l belgilari va chiziqlari, piyodalar infratuzilmasi hamda transport oqimining xususiyatlari muhim omillar sifatida ko'rib chiqiladi. Maqolada xavfli yo'l uchastkalarini aniqlash, ularning avariya darajasini baholash va mavjud muammolarni muhandislik nuqtayi nazaridan bartaraf etish usullariga alohida e'tibor qaratiladi.

Kalit so'zlar: transport muhandisligi, yo'l infratuzilmasi, yo'l dizayni, infratuzilmaviy yechimlar, konstruktiv yechimlar, piyodalar xavfsizligi, aqlli chorraha, avariya o'choqlari, yo'llarni tinchlantirish, tezyurar magistrallar.

Аннотация: В данной статье анализируются современные инженерные решения по повышению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах Узбекистана. В качестве важных факторов возникновения дорожно-транспортных происшествий рассматриваются техническое состояние дорожной инфраструктуры, геометрия дорог, состояние проезжей части и обочин, дальность видимости, системы освещения, дорожные знаки и разметка, пешеходная инфраструктура, а также характеристики транспортного потока. Особое внимание в статье уделяется методам выявления опасных участков дорог, оценке уровня их аварийности и устранению существующих проблем с инженерной точки зрения.

Ключевые слова: транспортная инженерия, дорожная инфраструктура, дизайн дорог, инфраструктурные решения, конструктивные решения, безопасность пешеходов, умный перекресток, очаги аварийности, успокоение движения, скоростные магистрали.

Abstract: This article analyzes modern engineering solutions aimed at improving road safety on the highways of Uzbekistan. The technical condition of road infrastructure, road geometry, the state of carriageways and roadsides, visibility distance, lighting systems, road signs and markings, pedestrian infrastructure, and traffic flow characteristics are examined as critical factors in the occurrence of road traffic accidents. Special attention in the article is paid to methods for identifying hazardous road sections, assessing their accident rates, and eliminating existing problems from an engineering perspective.

Keywords: traffic engineering, road infrastructure, road design, infrastructural solutions, constructive solutions, pedestrian safety, smart intersection, accident black spots, traffic calming, high-speed highways.

Bugungi kunda O'zbekistonda transport vositalari sonining yillik keskin o'sishi sharoitida yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash va inson o'limi bilan bog'liq baxtsiz hodisalarning oldini olish eng dolzarb masalalardan biriga aylandi. Rasmiy statistik ma'lumotlarga tayanadigan bo'lsak, mamlakatimizda har yili minglab yo'l-transport hodisalari (YTH) sodir etilib, ularning salmoqli qismi nafaqat haydovchilarning qoidabuzarliklari, balki avtomobil yo'llarining muhandislik-texnik infratuzilmasi zamon talablariga to'liq javob bermasligi bilan ham bevosita bog'liqdir. Masalan, Ichki ishlar vazirligi Jamoat xavfsizligi departamenti Yo'l harakati xavfsizligi xizmati hamda Milliy statistika qo'mitasi taqdim etgan raqamlarga ko'ra, respublikamizda har oy yuzlab YTHlar qayd etilib, ularning kelib chiqish sabablari o'rganilganda, yo'llarning yetarli darajada yoritilmagani, piyodalar o'tish joylarining xavfsizlik standartlariga to'liq mos kelmasligi, qatnov qismining torligi va yo'l bo'yi muhandislik to'siqlarining yo'qligi asosiy xavf omillaridan biri ekanligi ma'lum bo'ladi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, yo'llardagi avariyaalarning oldini olishda faqat jarima va jazolarni kuchaytirishning o'zi yetarli emas, balki muhandislik yechimlarini tubdan yaxshilash shart. Xususan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan qarorlari va farmonlarida ham infratuzilmani raqamlashtirish, yo'llarga "aqli" svetoforlar, videokuzatuv va tezlikni o'lchaydigan radar moslamalarini o'rnatish, shuningdek, xavfli burilishlar, piyodalar yo'lakchalari va yoritish tizimlarini zamonaviy talablar asosida yangilash ustuvor vazifa etib belgilangan. Xalqaro tajriba va mahalliy amaliyot shuni ko'rsatmoqdaki, avtomobil yo'llarini loyihalash va ularga zamonaviy muhandislik yechimlarini — ya'ni yo'l qoplamasining ilgarigi eskirgan standartlarini o'zgartirish, yo'l o'rtasiga qatnov qismlarini ajratuvchi to'siqlar o'rnatish, qorong'i hududlarga muqobil energiya manbalarida ishlaydigan yoritgichlar qo'yish hamda ko'prik va piyodalar o'tish ko'priklarini ko'paytirishni joriy etish orqali YTHlar va ulardagi o'lim holatlarini keskin kamaytirishga erishish mumkin.

Avtomobil yo'llarining geometrik loyihasi va joriy infratuzilmasi yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashning eng birlamchi poydevori hisoblanadi. Bugungi kunda O'zbekistonda sodir bo'layotgan yo'l-transport hodisalarining (YTH) yuqori ko'rsatkichlarini faqatgina harakat ishtirokchilarining madaniyati yoki qoidabuzarliklar bilan izohlab bo'lmaydi. Vaziyatning chuqur tahlili shuni ko'rsatadiki, ko'plab fojiali avariyaalarga bevosita yo'l infratuzilmasidagi tizimli oqsoqliklar va noto'g'ri muhandislik dizayni zamin yaratmoqda. Xalqaro xavfsizlik konsepsiyalariga ko'ra, yo'l har qanday sharoitda "insondan o'tadigan xatoni kechirishi" va uning o'lim bilan yakunlanishiga yo'l qo'ymasligi lozim. Biroq respublikamizning amaldagi yo'l tizimi ko'pincha tezlikni oshirishni rag'batlantiruvchi va piyodalarni xavf ostiga qo'yuvchi konstruktiv xususiyatlarga ega bo'lib qolmoqda.

Ushbu yo'nalishdagi eng birinchi va global muammo — bu shahar ichidagi ko'chalarning haddan tashqari keng, to'g'ri va xalqaro magistrallar uslubida loyihalashtirilganidir. O'zbekiston shaharlarida har bir yo'nalishda 3-4 tadan polosa ochilishi va yo'lining sun'iy to'siqlarsiz vizual ochiqligi haydovchida psixologik erkinlik hissini uyg'otadi va uni instinktiv ravishda tezlikni oshirishga undaydi. Amalda belgilangan 60 km/soat tezlik cheklovi bunday "keng va tekis" yo'llarda faqat qog'ozda qolib ketadi, chunki yo'l dizaynining o'zi yuqori tezlik uchun xizmat qiladi. Ushbu muammoni hal qilish uchun shahar ko'chalarining geometriyasini qayta ko'rib chiqish, ya'ni shahar ichidagi harakat yo'laklari kengligini xalqaro standartlar asosida (3.0 metrdan 3.25 metrgacha) toraytirish zarur. Yo'laklar torayganda haydovchi o'z-o'zidan ehtiyotkorlikni oshiradi va tezlikni pasaytiradi, qolgan bo'sh joy hisobiga esa xavfsiz veloyo'laklar yoki yashil hududlar barpo etish imkoniyati tug'iladi. Shuningdek, yo'llarni sun'iy ravishda zigzag shakliga keltiruvchi shikana usulini hamda to'xtash joylarini navbatma-navbat joylashtirish tizimini joriy etish haydovchini tezlikni majburiy pasaytirishga majbur qiladi.

Ikkinchi eng og'riqli nuqta bu ko'p polosali yirik yo'llarda tayanch orolchalari va svetoforlarsiz qurilgan, tartibga solinmagan piyodalar o'tish joylaridir. Bunday hududlarda birinchi qatordagi avtomobil piyodaga yo'l berganda, keyingi qatordagi haydovchilar piyodani ko'rmay qolib, uni yuqori tezlikda urib yuborish holatlari muntazam takrorlanmoqda. Ushbu konstruktiv xatolikni bartaraf etish uchun kamida ikki va undan ortiq polosali barcha yo'llarning o'rtasida kengligi 1.5–2 metrdan kam bo'lmagan, beton to'siqlar bilan jismoniy himoyalangan "xavfsizlik orolchalari" (Refuge Islands) majburiy tartibda qurilishi shart. Bu piyodaga yo'lining yarmini bosib o'tgach, ikkinchi tomondagi vaziyatni xavfsiz baholash imkonini beradi. Bundan tashqari, shahar ichidagi tartibga solinmagan piyodalar yo'lakchalarini yo'l sathidan 10-15 sm balandlikka ko'tarilgan trapeksiyasimon sun'iy nosozlik ko'rinishida loyihalash lozim. Bunday ko'tarilgan piyodalar yo'lagi har qanday transport vositasini o'tish joyi oldida tezlikni 20-30 km/soatgacha tushirishga majbur qiladi va kechasi uzoqdan yaqqol ko'rinish turadi.

Uchinchi tizimli muammo viloyatlararo xalqaro va respublika ahamiyatidagi magistral yo'llarda qarama-qarshi harakat oqimlarini ajratib turuvchi mustahkam konstruktiv to'siqlarning yetishmasligidir. Oddiy chizilgan chiziqlar yoki sifatsiz to'siqlar haydovchining charchashi, uxlab qolishi yoki quvib o'tish qoidalarini buzishi oqibatida avtomobilning qarama-qarshi yo'lakka chiqib ketishining oldini ololmaydi. Qarama-qarshi to'qnashuvlar esa har doim eng og'ir va o'lim darajasi

yuqori bo'lgan avariyalarni keltirib chiqaradi. Bu boradagi muhandislik yechimi — yo'nalishlarni bir-biridan butunlay uzib qo'yuvchi maxsus profilli "New Jersey" tipidagi beton to'siqlarni yoki elastik po'lat materialdan tayyorlangan trosli to'siqlarni ommaviy oknatish hisoblanadi. Beton to'siqlar avtomobil urilgan taqdirda uni ag'darib yubormasdan, o'z yo'nalishiga qaytarib yuborish xususiyatiga ega bo'lsa, trosli to'siqlar kuchli zarba energiyasini o'ziga yutib, avtomobil ichidagi yo'lovchilarning shikastlanish darajasini keskin kamaytiradi.

To'rtinchi navbatda, shaharlardagi an'anaviy to'g'ri burchakli xochsimon chorrahalarining eskirgan loyihalari harakat xavfsizligiga jiddiy tahdid solmoqda. Bunday chorrahalar transport oqimlarining kesishishi, burilishi va qo'shilishi nuqtai nazaridan 32 ta potensial to'qnashuv nuqtasiga ega bo'lib, ayniqsa chapga burilish va qayrilib olish harakatlarida juda katta xavf tug'diradi va surunkali tirbandliklarni keltirib chiqaradi. Muhandislik nuqtai nazaridan bu muammoning eng samarali yechimi xochsimon chorrahalarini zamonaviy ixcham aylanma yo'llarga va yanada rivojlangan "Turbo-aylanmalar"ga o'tkazishdir. Aylanma harakat tizimi potensial to'qnashuv nuqtalarini 32 tadan 8 tagacha qisqartiradi. Eng muhimi, aylanaga kirayotgan barcha mashinalar bitta umumiy yo'nalishda va past tezlikda (30-40 km/soat) harakatlanishga majbur bo'ladi, bu esa chorrahalaridagi o'lim bilan bog'liq YTHlarni 90 foizgacha kamaytiradi. Turbo-aylanmalarda esa yo'laklar beton bortlar bilan ajratib qo'yiladi, natijada haydovchi aylanma ichida tartibsiz yo'lak o'zgartira olmaydi va tartib avtomatik ta'minlanadi.

Beshinchi dolzarb muammo — bu shahar muhitida piyodalarning harakatlanish imkoniyatlarini cheklovchi, noo'rin barpo etilgan yer osti va yer usti o'tish ko'priklari bilan bog'liq. Shahar ichidagi tezyurar yo'llarda odamlarni yo'ldan o'tkazish maqsadida qurilgan, biroq lifti va eskalatori ishlamaydigan (yoki umuman yo'q) bu ulkan konstruksiyalar keksalar, bolalar, aravachali onalar va imkoniyati cheklangan shaxslar uchun jismoniy to'siq hisoblanadi. Odamlar bir necha qavat balandlikka ko'tarilishni xohlamay, pastdagi beton to'siqlardan sakrab o'tishga tavakkal qilishadi, bu esa ayanchli o'lim holatlarini ko'paytiradi. Jahon tajribasi shuni isbotladiki, shahar ichida odamlarni yer ostiga yoki osmonga majburlab chiqarish xavfsizlikni ta'minlamaydi, aksincha xavfni oshiradi. To'g'ri muhandislik yechimi — shahar hududida bunday ko'priklardan voz kechib, yerusti xavfsiz piyodalar o'tish joylariga qaytish, yo'llarni muhandislik usullari bilan tinchlantirish va ularni piyoda tugmasi orqali boshqariladigan aqlli svetoforlar bilan jihozlashdir. Yer osti va yer usti o'tish joylari faqat shahar tashqarisidagi, aholi yashash punktlaridan uzoqdagi magistral avtomagistrallardagina samarali hisoblanadi.

Xulosa qilib aytganda, O'zbekiston avtomobil yo'llarida o'lim va jarohatlanish ko'rsatkichlarini nolga tushirish uchun faqatgina jaromalar tizimini kuchaytirish yoki targ'ibot ishlarini olib borish yetarli emas. Tizimli muvaffaqiyatga faqat yo'l infratuzilmasini va loyihalash muhandisligini tubdan o'zgartirish orqali erishish mumkin. Buning uchun respublikadagi amaldagi shaharsozlik norma va qoidalari hamda qurilish me'yorlari xalqaro xavfsizlik va zamonaviy transport muhandisligi standartlariga to'liq moslashtirilishi, barcha loyihalar esa majburiy tartibda "Yo'l harakati xavfsizligi auditi"dan o'tkazilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Akbarov, S. (2017). "Avtomobil yo'llarini qurishda xalqaro tajriba va O'zbekiston amaliyoti". Zamonaviy Ilm, 5(2), 94–99. 3.
2. Jalilov, M. (2018). "O'zbekiston Respublikasida avtomobil yo'llari infratuzilmasini rivojlantirishning dolzarb masalalari". Iqtisodiyot va Innovatsion Texnologiyalar, 6(3), 31–39.
3. A.G.Ivasenko, va Ya.I. Nikonova, "Innovacionnyj menedzhment Innovatsion menejment". Moskva: Oliy ta'lim, 2013 yil. 3.
4. A.A.Bezhentsev, "Bezopasnost" dorozhyo'q dvizheniya "Yo'l 2017 yil. Yo'l harakati xavfsizligi". Elektron darslik. Moskva: Universitet darsligi,
5. Salimov, A. A., & Karimov, B. M. (2021). Avtomobil yo'llarida xavfli uchastkalarni aniqlash va avariyalarni kamaytirish usullari. *Transport va Logistika jurnali*, 4(2), 45-52.
6. <https://gov.uz/uz/mintrans>

BIR UCHI QISTIRIB MAHKAMLANGAN, IKKINCHI ERKIN UCHI DIAFRAGMALI UCH QATLAMLI STERJENNING TEBRANISHLARI

Abdikarimov Nabijon Ibadullayevich¹, Razzoqberdiyev A.A²

^{1,2}Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch 220100, O'zbekiston, nabijon.88@mail.ru, razzoqberdiyevabduqodir@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi erkin uchi diafragmalı uch qatlamli sterjenning erkin va majburiy tebranishlari tadqiq etilgan. Konstruksiyaning qatlamlararo o'zaro ta'siri hamda chetki shartlarning (bir uchidagi qat'iy qistirish va ikkinchi uchidagi diafragmaning bikrlık xususiyatlari) tebranish chastotalari va shakllariga ta'siri tahlil qilingan. Matematik modelni tuzishda qatlamlarning mexanik xarakteristikaları va siljish deformatsiyaları hisobga olingan. Olingan analitik va sonli natijalar uch qatlamli elementlardan tashkil topgan mashinasozlik va qurilish konstruksiyalarini dinamik hisoblash hamda loyihalashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: uch qatlamli sterjen, tebranishlar, qistirilgan uch, diafragma, erkin uch, chastota, siljish deformatsiyasi, dinamik hisob.

Аннотация: В данной статье исследованы свободные и вынужденные колебания трехслойного стержня, один конец которого жестко зашце́млен, а второй свободный конец снабжен диафрагмой. Проанализировано влияние межслойного взаимодействия и граничных условий (жесткого защемления на одном конце и жесткостных характеристик диафрагмы на другом) на частоты и формы колебаний. При построении математической модели учтены механические характеристики слоев и сдвиговые деформации. Полученные аналитические и численные результаты имеют практическое значение для динамического расчета и проектирования машиностроительных и строительных конструкций из трехслойных элементов.

Ключевые слова: трехслойный стержень, колебания, зашце́мленный конец, диафрагма, свободный конец, частота, сдвиговая деформация, динамический расчет.

Abstract: This article investigates the free and forced vibrations of a three-layer rod with one end clamped and the other free end equipped with a diaphragm. The influence of interlayer interaction and boundary conditions (rigid clamping at one end and the stiffness characteristics of the diaphragm at the other) on vibration frequencies and mode shapes is analyzed. Mechanical properties of the layers and shear deformations were taken into account when constructing the mathematical model.

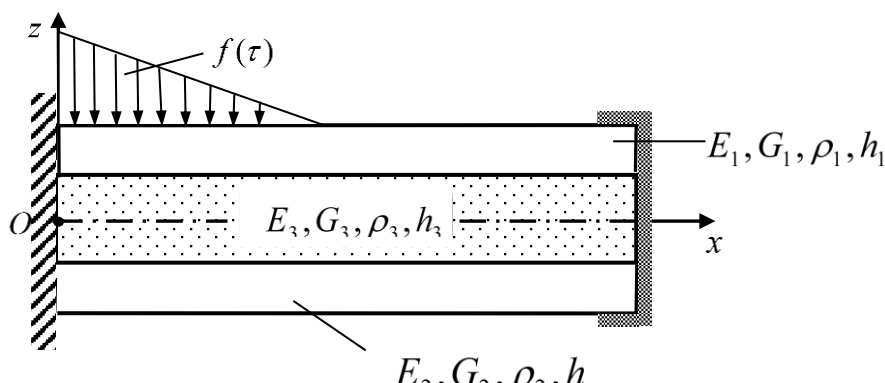
The obtained analytical and numerical results are of practical importance for the dynamic analysis and design of engineering and building structures composed of three-layer elements.

Keywords: three-layer rod, vibrations, clamped end, diaphragm, free end, frequency, shear deformation, dynamic analysis.

Kemasozlik, samolyotsozlik hamda fan va texnikaning boshqa sohalaridagi kisha muddatli dinamik yuklanishlar asosan portlash va zarbali ta'sirlar natijasida yuzaga keladi [1,2]. Umuman olganda portlash va zarba ta'sirlari og'ir jismlarning tushishi va portlash to'liqlariga ta'siri oqibatida paydo bo'ladi. Konstruksiyaga bunday ta'sirlarning natijasi, umumiy holda konstruksiyaning portlash to'liqini, tushuvchi yoki uruvchi (zarba beruvchi) jism va hakazolar bilan o'zaro ta'sirlashuviga bog'liq [3,4].

Quyida kisha muddatli dinamik yuklarning uch qatlamli sterjenlarga ta'siri [1] ishning usullari asosida o'rganiladi. Bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi erkin uchida cheksiz katta diafragma bor uch qatlamli sterjenning tebranishlari haqidagi masalani qaraymiz. Bu yerda sterjen erkin uchiga kiydirilgan diafragma qatlamlarning sterjen uchida o'zaro siljishlariga yo'l qo'ymaydi deb faraz qilinadi. [2].

Sterjenning ikkita tashqi, birinchi va ikkinchi qatlamlari yuk tashuvchi qatlamlar, o'rtadagi uchinchi qatlam esa, faqat siljishga qarshilik ko'rsatuvchi, toldiruvchi qatlam deb hisoblanadi [2].



1-rasm. Dinamik yuklangan uch qatlamli sterjen.

Bunday sterjenni dinamik yuklar ta'siriga hisoblash uchun quyidagi differensial tenglamani asosiy tebranish tenglamasi sifatida qabul qilamiz [1]

$$D \left(1 - \frac{\nu h^2}{\beta} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \frac{\partial^4 \chi(x, t)}{\partial x^4} + \rho h b \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(1 - \frac{h^2}{\beta} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \chi(x, t) = P(x, t) \quad (1)$$

Bu yerda

$\chi(x, t)$ – ko'chish funksiyasi; D – sterjenning egilish bikrligi; ρ – sterjenning o'rtacha zichligi; $P(x, t)$ – tashqi dinamik yuk; ν – umumlashgan ko'chish; h, b – sterjen devoir qalinligi va eni; t – vaqt, x – bo'ylama koordinata. Uchlari masala shartida keltirilganidek mahkamlangan sterjen uchun chegaraviy shartlari quyidagicha bo'ladi [2]

$$x = 0 \text{ bo'lganda } \begin{cases} \left(1 - \frac{h^2}{\beta} \frac{d^2}{dx^2} \right) \chi = 0, \\ \frac{d\chi}{dx} = 0, \\ \frac{d^3\chi}{dx^3} = 0. \end{cases} \quad x = l \text{ bo'lganda } \begin{cases} \left(1 - \frac{\nu h^2}{\beta} \frac{d^2}{dx^2} \right) \frac{d^2\chi}{dx^2} = 0 \\ \frac{d^3\chi}{dx^3} = 0, \\ \frac{d^5\chi}{dx^5} = 0, \end{cases}$$

O'lchamsiz parametrlarni quyidagi formulalar yordamida kiritamiz

$$\xi = \frac{x}{\ell}; \quad \chi = \frac{\chi}{\ell}; \quad a^2 = \frac{E}{\rho}; \quad \tau = \frac{at}{\ell}; \quad k = \frac{h^2}{\beta \ell^2}, \quad \theta_0 = \frac{a\theta_0}{\ell}, \quad P(\xi, \tau) = \frac{\ell P(x, t)}{Ehb}. \quad (2)$$

u holda (1) tebranish tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{\partial^2}{\partial \tau^2} \left(1 - k \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \right) \chi(\xi, \tau) + \frac{\theta h^2}{12 \ell^2} \left(1 - \nu k \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \right) \frac{\partial^4 \chi(\xi, \tau)}{\partial \xi^4} = P(\xi, \tau) \quad (3)$$

chegaraviy shartlar esa

$$\begin{aligned} \xi = 0 \text{ bo'lganda} \quad & \chi(\xi) - k\chi''(\xi) = 0, \quad \chi'(\xi) = 0, \quad \chi'''(\xi) = 0, \\ \xi = 1 \text{ bo'lganda} \quad & \chi''(\xi) - \nu k\chi^{IV}(\xi) = 0, \quad \chi'''(\xi) = 0, \quad \chi^V(\xi) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Sterjenga me'yoriy holatda uning uzunligi bo'yicha o'zgarmaydigan dinamik yuklar ta'sir etsin. Bu holda, sterjen uzunligi bo'yicha xuddi dinamik yuk kabi o'zgaruvchi statik yuk ta'siridan hosil bo'lgan egilish shakllari eng katta aniqlikni beradilar [1]. Dinamik yukni quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$P(\xi, \tau) = P f_1(\xi) f(\tau)$$

bu yerda P -dinamik yukning fiksirlangan qiymati; $f_1(\xi)$, $f(\tau)$ -yukning sterjen uzunligi va vaqt bo'yicha o'zgarishini xarakterlovchi funksiyalar.

Sterjen nuqtalarining ko'chishlari uchun quyidagi ifodani qabul qilamiz:

$$\chi(\xi, \tau) = PX(\xi)T(\tau), \quad (5)$$

bu yerda $X(\xi)$ -statik bosim yuzaga keltirgan, intensivligi $f_1(\xi)$ bo'lgan ko'chish; $T(\tau)$ -ko'chishning dinamiklik funksiyasi.

$X(\xi)$ funksiya quyidagi tenglamadan aniqlanadi[3]

$$\frac{\theta h^2}{12\ell^2} \left(\frac{d^4 X}{d\xi^4} - kv \frac{d^6 X}{d\xi^6} \right) = f_1(\xi) \quad (6)$$

Endi (4) va (5) formulalarni (3) tenglamaga qo'yib ushbuni olamiz.

$$\frac{\partial^2 T(\tau)}{\partial \tau^2} \left(1 - k \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \right) X(\xi) + \frac{\theta h^2}{12\ell^2} \left(1 - vk \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \right) \frac{\partial^4 X(\xi)}{\partial \xi^4} T(\tau) = f_1(\xi) f(\tau) \quad (7)$$

Bu tenglamani yechish uchun Bubnov-Galerkin usulini qo'llaymiz. Buning uchun (7) tenglamani $\left(1 - k \frac{d^2}{d\xi^2} \right) X$ ga ko'paytirib $[0,1]$ oraliqda integrallaymiz.

$$\int_0^1 \left[\frac{d^2 T}{d\tau^2} \left(1 - k \frac{d^2}{d\xi^2} \right) X + \frac{\theta h^2}{12\ell^2} T \left(1 - vk \frac{d^2}{d\xi^2} \right) \frac{d^4 X}{d\xi^4} - f(\tau) f_1(\xi) \right] \left(1 - k \frac{d^2}{d\xi^2} \right) X d\xi = 0 \quad (8)$$

Nihoyat hosil qilingan oxirgi tenglamaga ortogonallik shartini qo'llasak

$$\frac{d^2 T(\tau)}{d\tau^2} + \omega^2 T(\tau) = \omega^2 f(\tau) \quad (9)$$

ikkinchi tartibli tebranish tenglamasiga ega bo'lamiz.

Hosil qilingan (9) tebranish tenglamasi uchun boshlang'ich shartlar vaqtning boshlang'ich paytida sterjenning egilishi va uning ko'chishlari tezligi nolga teng bo'lishi shartidan topiladi, ya'ni:

$$\left[\frac{\partial \chi(\xi, \tau)}{\partial \tau} \right]_{\tau=0} = 0 \quad \text{va} \quad [\chi(\xi, \tau)]_{\tau=0} = 0.$$

Bu yerdan (5) ga asosan

$$\left[\frac{dT(\tau)}{d\tau} \right]_{\tau=0} = 0 \quad \text{va} \quad [T(\tau)]_{\tau=0} = 0. \quad (10)$$

Yuk tekis taqsimlangan holda $X(\xi)$ funksiyani [2] yuqorida keltirilgan (6) tenglamadan $f_1(\xi) = 1$ bo'lgan hol uchun topamiz.

$$\frac{\theta h^2}{12\ell^2} \left(\frac{d^4 X}{d\xi^4} - kv \frac{d^6 X}{d\xi^6} \right) = 1 \quad (11)$$

Ushbu oltinchi tartibli bir jinslimas differensial tenglamaning umumiy yechimi [1] quyidagicha:

$$X(\xi) = \frac{12\ell^2}{\theta h^2} \left(C_1 k^2 v^2 e^{\frac{\sqrt{kv}\xi}{kv}} + C_2 k^2 v^2 e^{-\frac{\sqrt{kv}\xi}{kv}} + \frac{\xi^4}{24} + C_3 \frac{\xi^3}{6} + C_4 \frac{\xi^2}{2} + C_5 \xi + C_6 \right) \quad (12)$$

Topilgan (12)ifodani chegaraviy shartlarga qo'yib, integralning o'zgarmas qiymatlari $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ aniqlangan.

Shunday qilib bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi cheksiz katta bikrlikka ega bo'lgan diafragmali uchi erkin uch qatlamli sterjenning tebranish shakli (12) va integralning o'zgarmas qiymatlari $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ asosan quyidagi

$$X(\xi) = \frac{12\ell^2}{\theta h^2} \left(kv\sqrt{kv} \left(\frac{e^{\frac{\sqrt{kv}\xi}{kv}} * e^{-\frac{2\sqrt{kv}}{kv}}}{1 - e^{\frac{2\sqrt{kv}}{kv}}} + \frac{e^{-\frac{\sqrt{kv}\xi}{kv}}}{e^{-\frac{2\sqrt{kv}}{kv}} - 1} \right) - \frac{k^2 v \left(1 + e^{-\frac{2\sqrt{kv}}{kv}} \right) (v-1)}{1 - e^{-\frac{2\sqrt{kv}}{kv}}} + \right. \\ \left. + \frac{\xi^4}{24} - \frac{\xi^3}{6} + \frac{\xi^2}{2} \left(kv + \frac{1}{2} \right) - kv\xi + k^2 v + \frac{k}{2} \right) \quad (13)$$

formula bilan topiladi.

Faraz qilaylik sterjenga bir onda o'suvchi yuk ta'sir etayotgan bo'lsin. U holda (9) tenglamaning o'ng tomonini

$$f(\tau) = \begin{cases} 1 - \tau / \theta & \text{dan} \quad 0 \leq \tau \leq \theta, \\ 0 & \text{dan} \quad \tau > 0. \end{cases} \quad (14)$$

ko'rinishda qabul qilamiz. Bu yerda $\theta - f(\tau)$ yukning ta'sir qilish vaqti. Agar (14) ni (9) tenglamaga qo'ysak vaqtning $0 \leq \tau \leq \theta$ oralig'i uchun

$$\frac{d^2 T_1(\tau)}{d\tau^2} + \omega^2 T_1(\tau) = \frac{\omega^2}{\theta_0} (\theta_0 - \tau), \quad (15)$$

tenglamaga vaqtning $\tau > \theta$ qiymatlari uchun

$$\frac{d^2 T_2(\tau)}{d\tau^2} + \omega^2 T_2(\tau) = 0 \quad (16)$$

tenglamaga ega bo'lamiz.

Ushbu tenglamalar vaqtning $\tau = 0$ paytidagi boshlang'ich shartlarni qanoatlantiruvchi yechimlarini [1] ish natijalari bo'yicha qabul qilamiz, ya'ni yechimlarni

$$T_1(\tau) = -\cos(\omega\tau) + \frac{\sin(\omega\tau)}{\omega\theta_0} + \frac{\theta_0 - \tau}{\theta_0} \quad (17)$$

va

$$T_2(\tau) = A \sin[\omega(\tau - \theta_0)] + B \cos[\omega(\tau - \theta_0)] \quad (18)$$

ko'rinishlarda olamiz.

Shunday qilib egilish funksiyasi $\chi(\xi, \tau)$ ni (5) formula bilan hisoblash uchun (12), (17) va (18) ifodalarga egamiz. Ushbu formulalar ko'chirishning dinamiklik funksiyasi va egilish funksiyalari bilan bir qatorda sterjen kesimlaridagi egilish, eguvchi moment va qirquvchi kuchlarni hisoblashga imkon beradi..

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Бабажанов Б.Б. Колебания трехслойного стержня под действием динамических нагрузок.// Дис. на соис. уч.степ. канд.физ.-мат. наук –Ташкент,2007г.

[2] Григолюк Э.И., Чулков П.П. Устойчивость и колебания трехслойных оболочек. -М.: Машиностроение, 1973. – 170 с.

[3] Попов Н.Н. и др. Расчет конструкций на динамические специальные нагрузки. -М.: Высшая школа, 1992. -329 с.

[4] Филиппов А.П. и др. Деформирование элементов конструкций под действием ударных и импульсных нагрузок.–Киев: Наукова Думка. 1978.–184 с.

OCHIQ O'ZANLI KANALLARDA EROZIYA JARAYONLARINI BAHOLASH MASALALARI

Xazratov Alisher Normurodovich¹, Sobirov Feruz Choriyevich²

¹Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

²Buxoro davlat texnika universiteti, Buxoro, O'zbekiston *e-mail: khazratov@gmail.com*

Annotatsiya. Ushbu maqolada ochiq o'zanli kanallarda yuvilish jarayonini baholash bo'yicha izlanishlar tahlili berilgan holda mavjud usullarni qo'llashda mavjud kamchiliklar tahlil qilingan. Tabiiy dala sharoitida o'lg'angan ma'lumotlar asosida ochiq o'zanli kanallarda ruxsat etilgan tezlik va urinma zo'riqishni hisoblashda inobatga olinmayotgan parametrlar ta'siri bo'yicha ma'lumotlar berilgan. Shuningdek urinma zo'riqish qiymatini hisoblashda kanal ko'ndalang kesimi bo'yicha tezlik taqsimotining noteks taqsimlangani hamda grunt xususiyatini inobatga olish zarurligi ta'kidlab o'tilgan.

Kalit so'zlar: ochiq o'zanli kanallarda yuvilish jarayoni, ko'ndalang kesim hbo'yicha tezlik taqsimoti, urinma zo'riqish, ruxsat etilgan tezliklar.

Аннотация. В статье дается анализ исследований по оценке процесса размыва в открытых каналах, анализируются недостатки существующих методов. На основе данных, полученных в натурных полевых условиях, приводятся данные о влиянии параметров, не учитываемых при расчете допустимой скорости и касательного напряжения в открытых руслах. Также подчеркивается, что при расчете величины касательного напряжения необходимо учитывать неравномерность распределения скорости по сечению канала и характеристики грунта.

Ключевые слова: The erosion process of in open channels, velocity distribution over the cross section, shear stress, permissible velocities.

Abstract. The article provides an analysis of studies on the assessment of the erosion process in open channels, analyzes the shortcomings of existing methods. Based on data obtained in natural field conditions, data are provided on the influence of parameters that are not taken into account when calculating the permissible speed and shear stress in open channels. It is also emphasized that when calculating the value of shear stress, it is necessary to take into account the uneven distribution of velocity across the channel cross-section and soil characteristics

Keywords: Процесс эрозии в открытых руслах, распределение скорости по сечению, касательное напряжение, допустимые скорости.

Kirish. Mamlakatimizda O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo'ljallangan konsepsiyasi qabul qilingan bo'lib, unga ko'ra 2030 yilga qadar hukumat oldiga sug'orish tizimlarining foydali ish ko'effitsiyentini 0,63 dan 0,73 gacha oshirish vazifasi yuklatilgan. Ayni paytda mamlakatimizda 196.0 ming kilometrdan ortiq irrigatsiya kanallari mavjud bo'lib, Mirishkor va Qarshi bosh kanali kabi grunt o'zanli kanallar o'zanlarida loyqa bosishi jarayoni kuzatilayotgan bo'lsa, Amu-Buxoro mashina kanalining (ABMK) ba'zi uchastkalarida intensiv qirg'oq yuvilishi jarayoni kuzatilmoqda. Shularni hisobga olgan holda irrigatsiya kanallarini nafaqat loyihalash va qurishda balki ekspluatatsiya qilish jarayonida ham yuvilish jarayonlarini baholash zarur bo'lib bunda ruxsat etilgan urinma zo'riqish hamda ruxsat etilgan tezliklarni aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar sharhi. Ma'lumki MDH davlatlarida grunt o'zanlardagi kanallarda yuvilishni baholash uchun asosan ruxsat etilgan tezliklar usulidan foydalaniladi. G'arb davlatlarida esa asosan kritik urinma zo'riqish tushunchasidan foydalaniladi.

O'zan tubi grunt zarrachalarining muvozanat vaziyati buziladigan oqimning o'rtacha kritik tezligini V.N.Goncharov formulasi bilan aniqlash mumkin [1]:

$$g_k = (\lg 6.15h / \Delta) [2g(\gamma_1 - \gamma)d / a\gamma] \quad (1)$$

bunda

h – kanaldagi oqim chuqurligi;

Δ – o‘zan tubidagi g‘adir-budurliklar balandligi;

d – zarracha diametri;

γ_1, γ – oqiziq va suvning solishtirma og‘irligi;

α – koeffitsiyent.

Yuvilish boshlanadigan va ruxsat etilgan yuvilmaydigan kritik tezliklarni aniqlash bo‘yicha ham turli olimlar tomonidan ko‘p sonli formulalar taklif etilgan [1]:

M.A. Velikanov formulasi:

$$\mathcal{G}_H = 3,14\sqrt{15d + 0,006} \text{ m/cek} \quad (2)$$

bu yerda d - zarrachalarning o‘rtacha diametri, m .

V. N. Goncharov formulalari:

$$\mathcal{G}_H = 1,3 \cdot R^{0,2} \sqrt{(d + 0,0014)^{0,6}} \quad (3)$$

$$\mathcal{G}_H = \lg \frac{8,8H}{d} \sqrt{\frac{2g}{3,5\gamma_0}} (\gamma_1 - \gamma_0) d \quad (4)$$

I. I. Levi formulalari:

$$\frac{R}{d_k} > 60 \text{ holat uchun} \quad \mathcal{G}_p = 1,4\sqrt{gd} \lg \frac{12R}{d_k} \quad (5)$$

$$10 < \frac{R}{d_k} < 40 \text{ holatda} \quad \mathcal{G}_p = 1,3\sqrt{gd(0,8 + \frac{2}{3} \lg \frac{10R}{d_k})} \quad (6)$$

G. I. Shamov formulasi:

$$\mathcal{G}_H = 4,6\sqrt{d(\frac{H}{d})^{1/6}} \text{ m/cek} \quad (7)$$

bunda barcha kattaliklar metrda berilgan.

YE .A. Zamarin formulasi:

a) shag‘alli gruntlar uchun

$0,5 \leq R \leq 2 \text{ metr}$ da diametri $0,5 \text{ sm}$ gacha bo‘lgan mayda shag‘alli grunt uchun

$$\mathcal{G}_H = 0,95^{2+R}\sqrt{R} \quad (8)$$

diametri $1,0 \text{ sm}$ gacha bo‘lgan o‘rtacha shag‘alli grunt uchun

$$\mathcal{G}_H = 1,05^{2+R}\sqrt{R} \quad (9)$$

diametri $1,5 \text{ sm}$ gacha bo‘lgan yirik shag‘alli grunt uchun

$$\mathcal{G}_H = 1,15^{2+R}\sqrt{R} \quad (10)$$

b) mayda shag‘al gruntlar uchun $0,5 \leq R \leq 1,5 \text{ m}$ holatda

diametri 5 sm gacha bo‘lgan mayda shag‘allar uchun

$$\mathcal{G}_H = 1,4^n\sqrt{R} \quad (11)$$

diametri $5-10 \text{ sm}$ bo‘lgan mayda shag‘allar uchun

$$\mathcal{G}_H = 1,75^n\sqrt{R} \quad (12)$$

diametri $10-15 \text{ sm}$ bo‘lgan mayda shag‘allar uchun

$$\mathcal{G}_H = 2,0^n\sqrt{R} \quad (13)$$

Bu yerda $n = (2,5 \div 0,5)R$ (R metrlarda).

S.Ye.Mirxulava tomonidan o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar MDH davlatlari hududida kritik tezliklarni aniqlash bo‘yicha eng keng qamrovli tadqiqotlardan hisoblanadi:

$$\mathcal{G}_{r.e.yuv} = \left(\lg \frac{8,8h}{d} \right) \sqrt{\frac{2gm}{2,6\gamma_0 n} \left[(\gamma_{gr} - \gamma_0) d + 1,25 C_{k.m}^n K \right]}; \quad (14)$$

$$g_{\Delta r.e.yuv} = 1.25 \sqrt{\frac{2gm}{2.6\gamma_0 n} \left[(\gamma_{gr} - \gamma_0) d + 1.25 C_{k.m}^n K \right]}, \quad (15)$$

bunda $g_{r.e.yuv}$ - oqimning ruxsat etiladigan yuvmaydigan o'rtacha tezligi, m/s ; $g_{\Delta r.e.yuv}$ - o'zan g'adir-budirligining Δ balandligidagi ruxsat etiladigan tub tezlik, m/s ; γ_{gr} va γ_0 - mos ravishda grunt zarrachasi materialining va suvning solishtirma og'irligi, N/m^3 ; d - grunt zarrachasining o'rtacha diametri, m [2, 7];

Materiallar va usullar. Mamlakatimizda hozirgi kunga qadar ruxsat etilgan tezliklar usulidan foydalanib kelinayotgan bo'lsada ruxsat etilgan urinma zo'riqish usuli nisbatan ishonchliroq usul hisoblanadi. Chunki ruxsat etilgan tezliklar usulida kanal ko'ndalang kesimi bo'yicha oqim chuqurligining va tezligining o'zgarishini hamda zarralar orasidagi bog'lanish kuchini to'liq hisobga ola olmaydi.

Ma'lumki kanaldagi ho'llangan perimetr bo'ylab urinma zo'riqishning qiymati ma'lum bir kritik qiymatdan oshganidan so'ng $\tau > \tau_{cr}$ o'zan materiali yuvilishni boshlaydi. Bog'lanmagan gruntli o'zan materialida yuvilish jarayonining boshlanishi turli zarracha Reynolds sonining qiymatlari $Re^* = u_* D_i / \nu$ uchun Shilds parametrining kritik qiymatlarida sodir bo'lishi 1936-yilda Shilds tomonidan aniqlangan va ilmiy hamjamiyatda keng tan olindi [3].

$$\theta_{cr} = \tau_c / [\rho g(s-1)d_{50}] \quad (16)$$

(1) formuladan kritik urinma zo'riqishni quyidagicha ifodalashimiz mumkin:

$$\tau_c = \rho g(s-1)d_{50}\theta_{cr} \quad (17)$$

Van Rijn tomonidan 1984-yilda tiniq suv sharoitida eroziya jarayoni uchun Shilds parametrining kritik qiymatini aniqlashning quyidagicha formulasi taklif etilgan [4].

$$D_* \leq 4 \text{ holat uchun } \theta_{cr} = 0.24 D_*^{-1}$$

$$4 < D_* \leq 10 \text{ holat uchun } \theta_{cr} = 0.14 D_*^{-0.64}$$

$$10 < D_* \leq 20 \text{ holat uchun } \theta_{cr} = 0.04 D_*^{-0.10}$$

$$20 < D_* \leq 150 \text{ holat uchun } \theta_{cr} = 0.013 D_*^{0.29}$$

$$D_* > 150 \text{ holat uchun } \theta_{cr} = 0.055$$

Bu yerda D_* cho'kindi zarrasi parametri

$$D_* = \left[\frac{(s-1)g}{\nu} \right]^{1/3} d_{50} \quad (18)$$

AQSH transport departamenti kanallarni loyihalash bo'yicha normativ yo'riqnomasiga ko'ra bog'lanmagan gruntli o'zanda kritik urinma zo'riqishni quyidagicha aniqlash tavsiya qilinadi [5]:

$$\tau_c = 0.75 D_{75} \quad (19)$$

Ushbu yo'riqnomada bog'langan gruntli o'zanda kritik urinma zo'riqishni aniqlash quyidagicha tavsiya qilinadi:

$$\tau_c = (c_1 Pi^2 + c_2 Pi + c_3)(c_4 + c_5 n)^2 c_6 \quad (20)$$

$c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$ – koeffitsiyentlar, Pi – plastiklik indeksi, n – g'ovaklik koeffitsiyenti.

AQSh Melioratsiya byurosi muhandislari tomonidan 1950-yillarda urinma zo'riqishning trapezoidal, to'g'ri burchakli va uchburchak kesimli kanallarda urinma zo'riqishning kanal yon devori bo'ylab taqsimoti qonuniyatini aniqlash uchun ilk keng ko'lamli tadqiqotlar olib borilgan.

AQSH transport departamenti meyoriy hujjatlari bo'yicha turli kanallar qoplamalari uchun ruxsat etilgan urinma zo'riqish qiymatlari [5].

Qoplama sinfi	Qoplama turi	Ruxsat etilgan urinma zo'riqish, N / m^2
Himoyalanmagan tuproq, bog'langan ($PI = 10$) <i>PI</i> - plastiklik indeksi	Loysimon qum	1.8-4.5
	Noorganik gil	1.1-4.0
	Gilli qumlar	1.1-3.4
Himoyalanmagan tuproq, bog'langan ($PI \geq 20$)	Gilsimon qum	4.5
	Noorganik gil	4.0
	Gilli qumlar	3.5
	Noorganik loy	6.6
Himoyalanmagan tuproq, bog'lanmagan ($PI < 10$)	Yirik qumdan ko'ra kichikroq $D_{75} < 1.3 \text{ mm}$	1.0
	Mayda shag'al $D_{75} = 7.5 \text{ mm}$	5.6
	Shag'al $D_{75} = 15 \text{ mm}$	11
Shag'al to'shama	Yirik shag'al $D_{50} = 25 \text{ mm}$	19
	Juda yirik shag'al $D_{50} = 50 \text{ mm}$	38
Tosh tashlama	$D_{50} = 0.15 \text{ m}$	113
	$D_{50} = 0.30 \text{ m}$	227

Kanal tubidagi va yon devordagi kritik urinma zo'riqish qiymatlariining nisbati yon devorlar uchun kritik urinma zo'riqish qiymatini aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi hamda ushbu nisbatni aniqlash uchun Leyn 1953 yilda quyidagi bog'lanishni taqdim qilgan [6].

$$K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi}{\sin^2 \theta}} \quad (21)$$

Bu yerda φ - kanal yon devori qiyalik burchagi;

θ - gruntning tabiiy qiyalik burchagi.

Shunga qaramasdan ushbu (21) formula faqatgina bog'lanmagan gruntlar uchun mo'ljallangan bo'lib, bu formulada zarralarining o'z og'irligi hisobga olinadi va ushbu og'irlik kuchi komponenti oqiziq harakatning boshlanishiga sabab bo'ladigan oqimning gidrodinamik kuchiga yordam beradi. Bog'langan grunt zarralari orasidagi bog'lanish kuchi yuqoriligi hisobiga kritik urinma zo'riqishni aniqlashda kanal yon devorida joylashgan bog'langan gruntlar (21) formula o'z ahamiyati yo'qotadi [6].

Leynning keng qo'llaniladigan ushbu formulasidan tashqari, turli shakldagi (yoysimon, trapeseidal va to'g'ri burchakli) kanallar uchun ho'llangan perimetr bo'ylab mahalliy urinma zo'riqishni aniqlash uchun asosan laboratoriya sharoitida Engelund, Knight, Lundgren va Jonsson, Rhodes kabi olimlar tomonidan tadqiqotlar olib borilgan. Shunga qaramasdan ushbu tadqiqotlar natijalarini tabiiy dala sharoitida qo'llash imkoniyati cheklangan.

Natijalar va muhokama. Olib borgan kuzatishlarimizga ko'ra Amu-Buxoro mashina kanali PK1200-PK1205 uchastkadagi grunt zarralarining o'rtacha diametri d_{50} ning qiymati 0.015-0.02 mm ni, grunt tarkibidagi gil zarralari 4-5 foizni tashkil qilishi va kam bog'langan xususiyatga egaligi ma'lum bo'ldi.

Quyidagi 1-jadvaldan hamda Sitovichning gilli gruntlar tasnifiga ko'ra o'zan grundi tarkibida gil miqdori 3-10 foiz oralig'ida ya'ni 5.2 foiz bo'lganligi hamda plastiklik soni 7 dan kichik ya'ni 4.8 ga teng bo'lgani uchun qumoq grunt (supes) hisoblanadi. GOST 12536 bo'yicha bog'langan grunt deb

asosan changsimon va gilsimon zarrachalardan (kamida 3 %) tarkib topgan plastiklik xususiyatiga ega bo'lgan ($I_p \geq 1\%$) gruntga aytiladi, shuning uchun ABMK PK1199-1202 uchastkasidagi o'zan materiali bog'langan grunt hisoblanadi. Shuningdek grunt materialining 70-72 foizini diametri 0.002 mmdan 0.05 mm gacha kattalikda bo'lgan *changsimon* qum (AQSH tasnifi bo'yicha silt) tashkil qiladi. Grunt materiali bir jinslilik koeffitsiyenti 3 dan katta $C_u \geq 3$, ya'ni 9.5-9.7 ga teng bo'lgani uchun grunt har xil jinsli hisoblanadi.

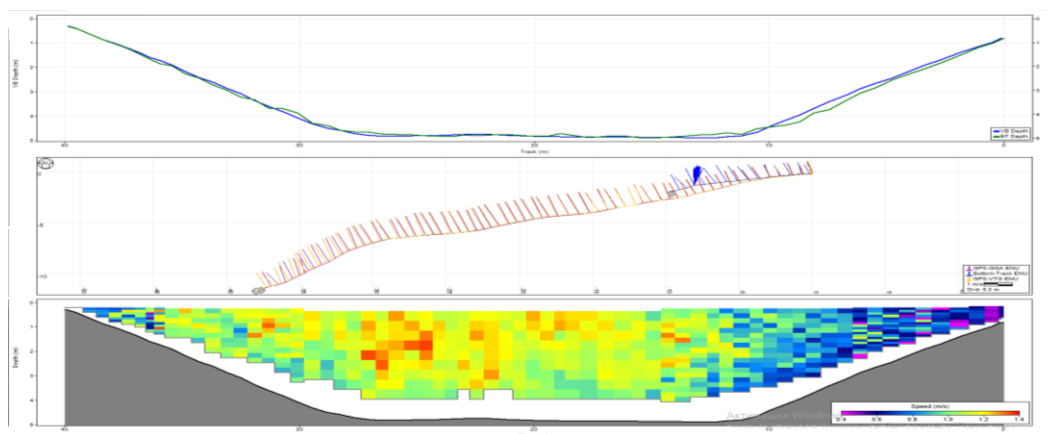
1-jadval

Amu-Buxoro mashina kanali o'zani grunt zarrachalarining fraksiya tarkibi

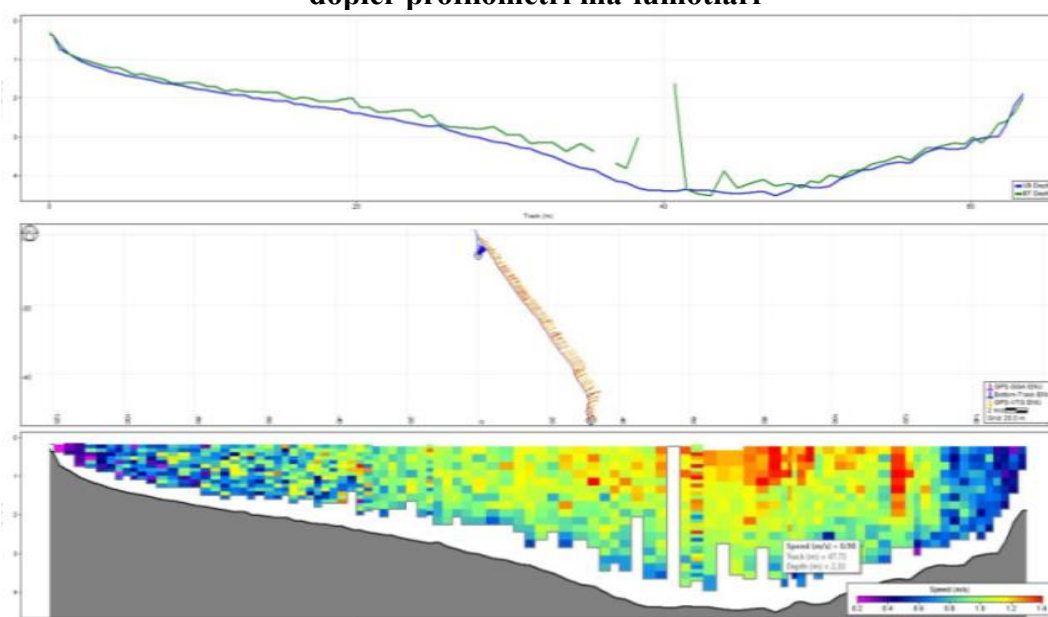
Olingan joyi	Hamma fraksiyalar tarkibi (mm), % da						Jami fraksiya miqdori	D_{10}	D_{30}	D_{50}	D_{60}	Turli jinslilik koeffitsienti $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
	0,5>-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002						
PK 1202+0 0	0,3	6,0	16,6	32,5	39,4	5,2	100,0 %	0,00297	0,00704	0,0166	0,0290	9,73
PK 1201+0 0	0,6	8,2	18,6	36,2	34,1	2,3	100,0 %	0,00381	0,00850	0,02503	0,03608	9,48

Shuningdek yuqoridagi adabiyotlar tahlilidan ko'rinib turibdiki, keng tarqalgan uslublar va normativ yo'riqnomalarda asosan oqimni ikki o'lchamli deb qaralib, barqaror tekis oqim uchun umumqabul qilingan soddalashtirilgan urinma zo'riqishni aniqlash formulasidan yoki tuproq xususiyatlaridan foydalanib empirik formulalar taklif qilingan. Ushbu usullarda asosan maksimal tezlik oqim markazida deb qabul qilinadi hamda maksimal urinma zo'riqish qiymati ham kanal markazida yuz berishi taxmin qilinadi. Aslida esa kuzatishlarimiz kanal ko'ndalang kesimi bo'yicha oqim tezliklari va mos ravishda urinma zo'riqish qiymatlari juda notekis taqsimlanganligini ko'rsatmoqda, 2-3-rasmlar [8].

2-3-rasmlardan ko'rinib turibdiki maksimal tezliklar ko'pgina usullarda qabul qilingani kabi oqim ko'ndalang kesimi markazida emas balki kanal yon devorining tub bilan tutashgan qismiga yondosh hududi ustida kuzatilmoqda. Shuningdek Amu-Buxoro mashina kanalining PK 1201 uchastkasida esa shu tufayli kanal yon devorining yuvilish holati kuzatilmoqda.



2 - rasm. Qarshi magistral kanalining PK 178 uchastkasida River TB-5M akustik dopler profilometri ma'lumotlari



3 - rasm. ABMK kanalining PK 1201 uchastkasida River TB-5M akustik dopler profilometri ma'lumotlari

Ushbu kuzatishlarimiz yon devorlarga oqimning ishqalanishi ta'sirida tezlik taqsimotining o'zgarishi, oqimda planda burilgan oqimlarda ikkilamchi oqimlar yuzaga kelishi, oqimdagi ko'ndalang kesim bo'yicha tezliklar gradiyentlarining kattaligi kanal ko'ndalang kesimi bo'yicha urinma zo'riqish qiymatlariga katta ta'sir qilishini ko'rsatmoqda. Shuningdek kritik urinma zo'riqishni hisoblashda kanal yon devorida turgan grunt materialiga qo'shimcha ta'sir qiladigan grunt zarrasining o'z og'irlik kuchining yon devor bo'ylab tashkil etuvchi komponentining ham inobatga olinmayotganligi masani yanada chigallashtirmoqda.

Xulosa. Kanal ko'ndalang kesimi bo'yicha tezliklarning notekis taqsimlanganligini hisobga olgan holda kanal yon devori uchun kritik urinma zo'riqish qiymatlarini aniqlashda ko'ndalang kesim bo'yicha tezlik taqsimotini hamda yon devor gruntining xususiyatlarini to'liq inobatga olish zarur. Bunda Amu-Buxoro mashina kanali kabi kam bog'langan gruntdan tashkil topgan kanal yon devorlari uchun grunt xususiyatlarining kritik urinma zo'riqish qiymatiga ta'sirini baholash bo'yicha kelajakda batafsilroq tadqiqotlar olib borilishi lozim deb hisoblaymiz.

Adabiyotlar

1. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. — М.: Колос, 1967. — 179 с.

2. Eshev, S., Rahmatov, M., Khazratov, A., Mamatov, N., Sagdiyev, J., & Berdiev, M. (2021). Critical flow velocities in cohesive saline soils. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 03071). EDP Sciences.
3. Xazratov, A. N., Raxmatov, M. I., & G'ayimnazarov, I. X. (2026). AMU-BUXORO MASHINA KANALIDAGI O 'ZAN DEFORMATSIYASI JARAYONLARI VA UNI KELITIRIB CHIQRUVCHI ASOSIY OMILLAR. *Innovatsion texnologiyalar*, 62(2), 58-64.
4. Xazratov, A. N. (2026). KAM BOG'LANGAN GRUNT O 'ZANLI KANALLARDA O 'ZAN DEFORMATSIYASINI PROGNOZLASH UCHUN OQIM TASHUVCHANLIK QOBILIYATI USULLARINING QIYOSIY TAHLILI. *Innovatsion texnologiyalar*, 62(2), 127-136.
5. Normurodovich, X. A., & Choriyevich, S. F. (2026). GRUNT O 'ZANLI KANALLARNI REKONSTRUKSIYALASHNING NSGA-II ALGORITMI YORDAMIDA KO 'P MAQSADLI OPTIMALLASHTIRISH MODELI. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, 4(1), 246-252.
6. Чой, В. Т. (1969). Гидравлика открытых каналов.
7. Eshev, S., Mamatov, N., Bobomurodov, F., Usmonov, R., & Makhmudov, U. (2023). SHO 'RLANGAN BOG 'LANGAN GRUNT NAMLIGINING YUVILISHGA QARSHILIK QILISH TA'SIRINI BAHOLASH. *Innovatsion texnologiyalar*, 51(03), 70-76.
8. Choriyevich, F. S., & Normurodovich, A. K. (2024). Study of Side Wall Deformation in Irrigation Channels. *Miasto Przyszłości*, 55, 715-722.

ARDUINO-CONTROLLED SOLAR TRACKING FOR ENHANCED PHOTOTHERMAL BATTERY EFFICIENCY

Kholov Uyg'un Raufovich¹, Eshmatov Mansur Mamayusupovich²

^{1*}Qarshi State Technical University, Department of Natural Sciences, Associate Professor,
PhD, Karshi 180100, Uzbekistan, E-mail: uygunsham@mail.ru

²Associate Professor, Department of Natural Sciences, Turan University Karshi 180100,
Uzbekistan, E-mail: meshmatov2811@mail.ru

Abstract. Integration of a cellular polycarbonate heat collector on the rear surface of the photovoltaic battery enabled simultaneous production of electricity and domestic hot water (up to 40°C), increasing combined energy efficiency by 15–20% compared to conventional photovoltaic batteries. Seasonal experiments confirmed that photothermal battery operation can recover panel power efficiency by 10% in summer, 18% in spring, 24% in autumn, and up to 29.4% in winter, relative to standard test condition values. Carbon dioxide emission analysis indicated that a single 50 W photothermal unit can contribute to up to 90% CO₂ savings over one year. The system's autonomous and portable configuration, including gel accumulator batteries and direct current-alternative current (DC-AC) inverter, further demonstrates its applicability for off-grid electrification in remote areas.

Keywords: photothermal battery, photovoltaic battery, solar radiation flux density, ARDUINO tracking system, energy efficiency, heat collector.

Аннотация. Установка теплового коллектора из сотового поликарбоната на задней поверхности фотоэлектрической батареи обеспечила одновременное производство электрической энергии и бытовой горячей воды с температурой до 40°C, что позволило повысить комбинированную энергетическую эффективность на 15–20% по сравнению с традиционными фотоэлектрическими батареями. Сезонные эксперименты подтвердили, что эксплуатация фототепловой батареи позволяет повысить эффективность панели по мощности на 10% летом, 18% весной, 24% осенью и до 29,4% зимой относительно значений, полученных при стандартных условиях испытаний. Анализ выбросов диоксида углерода показал, что одна фототепловая установка мощностью 50 W может обеспечить сокращение выбросов CO₂ до 90% в течение одного года. Автономная мобильная конфигурация системы, включающая гелевые

аккумуляторные батареи и инвертор постоянного тока в переменный ток (DC-AC), дополнительно подтверждает возможность её применения для автономного электроснабжения удалённых районов.

Ключевые слова: *фототепловая батарея, фотоэлектрическая батарея, плотность потока солнечного излучения, система отслеживания ARDUINO, энергетическая эффективность, тепловой коллектор.*

Annotatsiya. Fotoelektrik batareyaning orqa yuzasiga parallel kanalli uyali polikarbonatdan tayyorlangan issiqlik kollektorining o'rnatilishi elektr energiyasi va 40°C gacha bo'lgan maishiy issiq suvni bir vaqtda ishlab chiqarish imkonini berdi, natijada an'anaviy fotoelektrik batareyalarga nisbatan birgalikdagi energiya samaradorligi 15–20% ga oshdi. Mavsumiy tajribalar fotoissiqlik batareyasidan foydalanish panelning quvvat samaradorligini standart sinov sharoitlarida olingan qiymatlarga nisbatan yozda 10%, bahorda 18%, kuzda 24% va qishda 29,4% gacha oshirish imkonini berishini tasdiqladi. Karbonat angidrid emissiyasi tahlili 50 W quvvatli bitta fotoissiqlik qurilmasi bir yil davomida CO₂ emissiyalarini 90% gacha kamaytirishni ta'minlashi mumkinligini ko'rsatdi. Tizimning gel akkumulyatorlar va doimiy tokni o'zgaruvchan tokka aylantiruvchi (DC-AC) inverterdan iborat avtonom ko'chma konfiguratsiyasi uning uzoq hududlarni avtonom elektr energiyasi bilan ta'minlashda qo'llanilishini qo'shimcha ravishda tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: *fotoissiqlik batareyasi, fotoelektrik batareya, quyosh nurlanishi oqimi zichligi, ARDUINO kuzatish tizimi, energiya samaradorligi, issiqlik kollektori.*

Despite the favorable climatic conditions, several limiting factors constrain the operational efficiency of standard photovoltaic batteries (PVB) in the region. These include excessive thermal stress leading to power degradation (approximately 0.4–0.5% per degree Celsius above 25°C), dust and particle deposition on module surfaces, and suboptimal tilt angles that reduce solar irradiance capture during off-peak hours [1, 2]. These challenges necessitate the development of improved designs that mitigate heat-related losses while simultaneously maximizing the capture of incident solar radiation throughout the day. Photothermal batteries (PTBs), also referred to as photovoltaic-thermal (PVT) collectors, integrate PVBs with thermal collectors to harvest both electrical and thermal energy from solar radiation. This dual-function approach has been shown to improve overall system efficiency compared to separate PV and photothermal systems [3, 4]. The thermal component extracts waste heat from the PVBs, thereby cooling them and enhancing their electrical output, while simultaneously providing heated water for domestic or industrial applications.

Literature review. Jafari [5] conducted a comprehensive energy analysis of a novel geothermal heat exchanger integrated with a PV cooling system, demonstrating improved thermal performance under varying solar and ambient temperature conditions. Their findings are consistent with the present study's use of a cellular polycarbonate heat collector, which provides low thermal resistance and uniform flow distribution across the PV rear surface. Solar tracking control using microcontrollers has been investigated by numerous researchers. Mohan et al. [6] developed an ARDUINO-based solar-powered battery charging system with Maximum Power Point Tracking (MPPT) control, demonstrating that automated orientation improved daily energy harvest by 18% in tropical conditions. Awale et al. [7] further demonstrated that ARDUINO-based MPPT charge controllers achieved 97% power point tracking efficiency with low hardware cost, making them suitable for rural electrification projects. Muthyala [8] presented an experimental ARDUINO-controlled solar charging system and reported a 21% increase in daily harvested energy compared to a fixed panel under clear-sky conditions. These results support the use of ARDUINO-based trackers as a viable engineering solution for improving PTB output in semi-arid climates such as that of southern Uzbekistan. Studies on the ecological and economic benefits of PVT systems in Central Asia remain limited. Ginzburg et al. [9] provided methodological recommendations for greenhouse gas emission calculations in Central Asian countries, noting that decentralized solar installations can substantially reduce per-capita CO₂ emissions. Akbarov [10] determined the optimal tilt angles for solar collectors across Uzbekistan,

providing a foundation for the fixed reference angles used in the present study's comparative experiments.

Tursunov et al. [11] previously investigated PTB performance under extreme natural conditions in Uzbekistan, establishing baseline data on the influence of ambient temperature, dust, and seasonal solar angles on module efficiency. The present work extends these findings by incorporating a dynamic ARDUINO-controlled tracking mechanism and conducting year-round seasonal experiments with detailed thermal and electrical measurements.

Materials and methods. A single-axis ARDUINO UNO-controlled solar tracking system was designed and implemented to orient the PTB frontal surface toward the sun throughout the day. The tracking mechanism employed four Light Dependent Resistor (LDR) sensors positioned at the four corners of the module frame to detect differential light intensity, which was processed by the ARDUINO controller to drive a DC stepper motor adjusting the module tilt angle. Control software was developed using the C++ programming environment compatible with the ARDUINO IDE and Windows operating systems. The code implemented a proportional control algorithm that compared differential LDR voltage readings and actuated the tracking motor until the solar flux was equalized across all sensors (i.e., the panel was perpendicular to incident radiation). The system also incorporated time-based reset functions for daily east-to-west return cycles, and temperature sensor (thermistor) readouts for monitoring outlet water temperature from the heat collector.

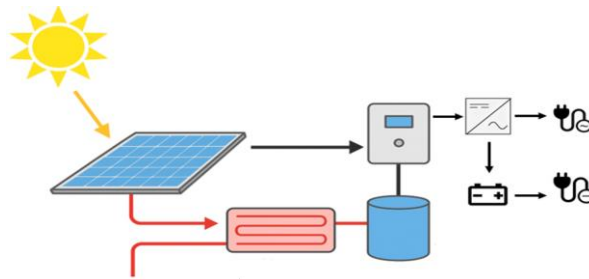


Fig.1. Block diagram of the ARDUINO-controlled PTB system including solar tracker, heat collector circuit, and autonomous power storage (gel battery + inverter)

For autonomous and portable operation, the complete system incorporated a gel accumulator battery bank for DC energy storage and a DC-AC inverter for household appliance compatibility. Gel batteries were selected for their deep-cycle capability, maintenance-free operation, and cost-effectiveness compared to lithium-ion alternatives in this price-sensitive application context. The MPPT charge controller was integrated between the PTB output and the battery bank to maximize power transfer efficiency under varying irradiance conditions.

The thermal circuit comprised an insulated water storage tank (10 liters), circulation pump, thermistor-based temperature controller, and the polycarbonate heat collector integrated into the PTB rear surface. Hot water outlet temperature was monitored continuously, and pump activation was controlled to maintain collector outlet temperature at or below 40°C, ensuring optimal PV cell temperature management.

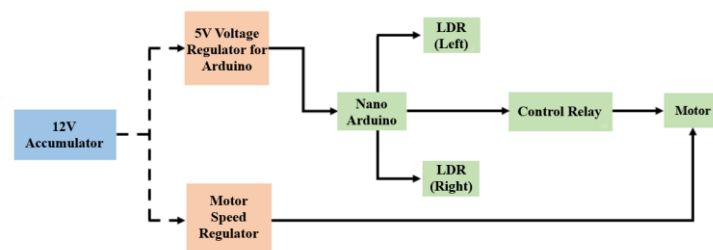


Fig.2. Technological schematic of the photothermal battery system showing simultaneous electricity and domestic hot water generation pathways

Outdoor experiments were conducted on the premises of Qarshi State Technical University (Karshi, Uzbekistan; 38.84611°N, 65.79°E; altitude 378 m above sea level). Measurements were performed under clear-sky natural conditions on representative days for each season in 2024–2025. Seasonal optimal tilt angles were set based on Akbarov [17] and solar geometry calculations: 62° in winter (December–February), 38° in spring/autumn (March–May and September–November), and 15° in summer (June–August).

Solar radiation flux density was measured using a calibrated pyranometer (Kipp & Zonen CMP3, accuracy $\pm 2\%$) installed at the module frontal surface plane. Electrical parameters (open-circuit voltage (V_{oc}), short-circuit current (I_{sc}), maximum power point voltage and current) were recorded at 5-minute intervals using a precision digital multimeter. Water inlet and outlet temperatures were measured using calibrated PT100 thermistors (accuracy $\pm 0.1^\circ\text{C}$). Ambient temperature, relative humidity, and wind speed were recorded using a portable weather station.

On October 3, 2025, the benchmark comparative experiment was conducted under stable conditions: ambient temperature accuracy 17 – 21°C, relative humidity 35%, wind speed 2–5 m/s, clear sky (cloud cover < 0.1 oktas). The PTB was operated sequentially in three configurations: (A) fixed tilt at the seasonal optimal angle, (B) ARDUINO-tracked configuration without thermal collector active, and (C) full PTB mode with tracking and thermal collection. Electrical and thermal output parameters were logged for each configuration throughout the solar day.

Theoretical framework. The energy balance of the PTB system considers absorbed solar radiation, thermal losses by radiation and convection, and useful electrical and thermal outputs. Absorbed solar flux Q_{abs} (W/m^2) is transmitted into the PV cell layer for electrical conversion, while surplus thermal energy is removed by the heat collector fluid. Radiative heat loss from the PTB frontal surface Q_{rad} (W/m^2) is determined by the Stefan–Boltzmann law:

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{PTB}^4 - T_{amb}^4) \cdot A_{PTB} \quad (1)$$

where ε is the surface emissivity of the PTB ($\varepsilon \approx 0.85$ for typical encapsulation materials), $\sigma = 5.67 \cdot \frac{10^{-8} \text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$ is the Stefan–Boltzmann constant, T_{PTB} and T_{amb} are the PTB surface and ambient temperatures in Kelvin, and A_{PTB} is the frontal surface area. Convective heat loss from both frontal and rear surfaces Q_{conv} (W/m^2) is expressed as:

$$Q_{rad} = h \cdot (T_{PTB} - T_{amb}) \cdot A_{PTB} \quad (2)$$

where h is the convective heat transfer coefficient ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$), which depends on wind velocity and surface orientation. For wind speeds of 2–5 m/s typical of the experimental conditions, $h \approx 10 - \frac{25 \text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ according to standard free and forced convection correlations. The electrical efficiency of the PV module η_{el} is modeled as a linear function of cell temperature:

$$\eta_{el} = \eta_{ref} \cdot [1 - \beta(T_{cel} - T_{ref})] \quad (3)$$

where η_{ref} is the reference electrical efficiency at STC (typically 15–17% for monocrystalline silicon), β is the temperature coefficient of power ($\beta = 0.0045 \text{K}^{-1}$ for the test module), T_{cell} is the actual cell temperature, and $T_{ref} = 25^\circ\text{C}$. This formulation underscores the critical importance of thermal management: each 10°C reduction in operating temperature yields approximately 4.5% relative improvement in electrical output.

Results and discussion. The fixed configuration, tilted at the annual average optimal angle (38.84611°), intercepts maximum irradiance only near solar noon, with significant cosine losses in the morning and afternoon hours. In contrast, the tracking configuration maintains near-perpendicular incidence from sunrise to sunset, resulting in substantially higher daily irradiance integration. The V-P characteristic curves demonstrate that the maximum power point (MPP) under tracking and thermal management conditions shifted to higher power levels compared to STC-equivalent fixed-tilt operation. This shift reflects the combined benefits of:

1. Reduced cell temperature increasing V_{oc} ,
2. Higher incident irradiance from tracking increasing I_{sc} ,
3. The reflector's concentration effect adding approximately 15–20% to available irradiance.

The MPPT charge controller successfully tracked the shifting MPP throughout the day, ensuring that

the gel battery bank received near-optimal charging current at all times. Comprehensive seasonal experiments revealed pronounced variation in the efficiency recovery achieved by PTB operation compared to standard PV values. In winter (December–February), when ambient temperatures are lowest (0 – 10°C) and solar elevation angles are minimal, the heat collector-maintained collector fluid circulation at minimal flow to preserve thermal energy while the tracker oriented the panel toward the low-elevation winter sun.

Under these conditions, maximum power recovery relative to STC values reached 29.4%, representing the highest seasonal benefit. This is explained by the combined effect of low operating cell temperatures (due to low ambient temperatures) and the tracking system compensating for the reduced solar elevation. In spring (March–May), power recovery reached 18%, reflecting a balance between moderately elevated ambient temperatures and favorable solar angles with high irradiance levels. In autumn (September–November), recovery was 24%, benefiting from similar solar angles to spring but slightly lower ambient temperatures. In summer (June–August), when ambient temperatures exceed (35 – 40°C) and solar irradiance is maximum, the thermal management system becomes most critical, yet recovery was only 10% due to the thermal limitation of the water-based cooling at high ambient temperatures. These results confirm that PTB systems deliver their greatest relative advantage in transitional and cold-season periods, complementing the naturally high summer output of conventional PV systems.

In the autumn experimental configuration, the heat collector produced hot water at 40°C with a flow rate of 5 L/h from an inlet temperature of 14°C. The corresponding thermal power output Q_{thermal} can be calculated from Equation 4: $Q_{\text{thermal}} = (5/3600) \text{ kg/s} \times 4186 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \times 26 \text{ K} \approx 150 \text{ W}$. Combined with the electrical output of approximately 50–58 W under tracking conditions, the total useful energy output of the PTB system reached approximately 200–210 W from a nominal 50 W PVB, demonstrating a total system efficiency increase of 15–20% relative to the conventional PV configuration. The autonomous system configuration-PTB with tracking, gel battery storage, MPPT controller, and inverter-was mounted on a portable cart for deployment flexibility. This portable design enables rapid installation for temporary electrification needs (construction sites, agricultural operations, emergency relief) and permanent installation in permanent remote communities without grid access.

Conclusion. Seasonal efficiency recovery measurements confirmed that PTB operation most strongly benefits colder seasons: 29.4% in winter, 24% in autumn, 18% in spring, and 10% in summer, relative to STC-rated values. The alucobond reflector enhanced frontal surface irradiance by approximately 38–46% compared to the no-reflector fixed configuration, and provided passive nighttime protection against dust deposition. Annual CO₂ savings per 50 W PTB unit were estimated at 90–110 kg, representing up to 90% reduction in energy-related emissions compared to equivalent conventional energy supply scenarios. The autonomous portable PTB system configuration is directly applicable to off-grid electrification of remote settlements, temporary installations, and agricultural operations in Uzbekistan and comparable Central Asian contexts.

References

- [1]. Tursunov M.N., Sabirov Kh., Kholov U., Eshmatov M., Alikulov R.B. Study of the efficiency of photothermal devices of different capacities with a new type of cooling system designed for dry climates without water. *Eurasian Physical Technical Journal*, 2025, 22(1), pp. 44–51. <https://doi.org/10.31489/2025N1/44-51>
- [2]. Ginzburg V.A., Nakhutina A.I., Vertyankina V.Y. et al. Methodological recommendations for calculation of greenhouse gas emissions and reporting for Central Asian countries (in accordance with the Paris Agreement). Moscow, 2021, 272 p. (in Russian)
- [3]. Tursunov M.N., Sabirov X., Kholov U.R., Eshmatov M.M. Investigation of the parameters of a photovoltaic thermal battery in extreme natural conditions. *Applied Solar Energy*, 2021, 57(4), pp. 272–277. <https://doi.org/10.3103/S0003701X21040113>
- [4]. Kern E.C., Russell M.C. Combined photovoltaic and thermal hybrid collector systems. *Proceedings of the 13th IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, Washington, DC, USA, 1978, pp. 1153–1157.

[5]. Tursunov M.N., Sabirov X., Kholov U.R., Eshmatov M.M. Effect of environmental parameters on the efficiency of photoelectric batteries and photothermal batteries. Technical Science and Innovation, 2023, 3, pp. 74–81.

[6]. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. Solar Energy, 2009, 83(5), pp. 614–624. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.10.008>

[7] Dubey S., Sarvaiya J.N., Seshadri B. Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World. Energy Procedia, 2013, 33, pp. 311–321.

[8]. Tripanagnostopoulos Y. Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems. Solar Energy, 2007, 81(9), pp. 1117–1131. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.04.002>

[9]. Chow T.T. A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology. Applied Energy, 2010, 87(2), pp. 365–379. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.06.037>

[10]. Tyagi V.V., Kaushik S.C., Tyagi S.K. Advancement in solar photovoltaic/thermal (PV/T) hybrid collector technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(3), pp. 1383–1398.

[11]. Kumar R., Rosen M.A. A critical review of photovoltaic-thermal solar collectors for air heating. Applied Energy, 2011, 88(11), pp. 3603–3614.

BIOPOLIMER VA AKRIL KISLOTA ASOSIDAGI BIOPARCHALANUVCHI GIDROGELLARNING SUV SHIMUVCHANLIK XUSUSIYATLARIGA AKRIL MONOMERI ULUSHINING TA’SIRI

Narzullayev Baxtiyor Abdullayevich¹, Shirinov Shavkat Davlatovich²

¹Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti, mustaqil tadqiqotchisi.

Toshkent viloyati, Toshkent tumani, E-mail: bakhtiyor.narzullayev.97@mail.ru

²Texnika fanlari falsafa doktori, Toshkent kimyo texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti yetakchi ilmiy xodimi

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda biopolimer va akril kislota asosida olingan bioparchalanuvchi gidrogellarning suv shimuvchanlik xususiyatlari o‘rganildi. Akril monomer miqdori 5–60% oralig‘ida o‘zgartirilib, gidrogellarning erkin bo‘kish darajasi 3–24 soat davomida gravimetrik usulda baholandi. Natijalarga ko‘ra, eng yuqori muvozanat bo‘kish darajasi 50% akril monomer saqlagan akril-4 namunasida kuzatilib, 536 g/g ni tashkil etdi. Akril kislota ulushining ortishi suv shimuvchanlikni kuchaytirishi, biroq yuqori miqdorda polimer tarmog‘ining zichlashishi hisobiga bo‘kish darajasi kamayishi aniqlandi. Olingan natijalar ushbu gidrogellardan qishloq xo‘jaligida suvni tejash va tuproq namligini boshqarishda foydalanish istiqbolli ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: bioparchalanuvchi gidrogel, biopolimer, akril kislota, akril monomeri, suv shimuvchanlik, bo‘kish darajasi, gravimetrik usul, tuproq namligi, suv tejash, qishloq xo‘jaligi.

Iqlim o‘zgarishlari va cho‘llanish oqibatida past yog‘in va bug‘lanish sababli suv yo‘qotishlar hosildorlikni keskin pasaytirayotgan bir paytda, 2050 yilga borib 6 mlrd kishi suv tanqisligidan aziyat chekishi prognoz qilinadi; odatiy yechimlar (tomchilatib sug‘orish, mikro-purkagichlar) esa ko‘pincha tannarx qimmat va ekspluatatsiya xarajatlari yuqori [1; 2]. Shu sharoitda bioparchalanuvchi gidrogellar qishloq xo‘jaligida suvni tejash, tuproq namligini barqarorlashtirish hamda agrokimyoviy aralash moddalarni nazorat qilish uchun istiqbolli platforma sifatida shakllanmoqda [3; 4].

Ushbu maqolaning maqsadi - biopolimer asosli gidrogellarning sintezi bo‘yicha yondashuvlarni jamlab ko‘rsatish, bo‘kish darajasiga ta’sir qiluvchi omillarni tahlil qilish hamda qishloq xo‘jaligidagi qo‘llanilish yo‘nalishlarini tizimli ko‘rib chiqishdir. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, gidrogellar namlikni boshqarishdan tortib ozuqa va agroximikatlarning nazoratli chiqarilishigacha bo‘lgan jarayonlarda muhim imkoniyatlar yaratadi va barqaror dehqonchilik maqsadlariga mos keladi. Biroq turli o‘simlik turlari bilan o‘zaro ta’sirlar, atrof-muhit sharoitlariga bog‘liq natijadorlik, optimal biopolimer turi–

konsentratsiya–qo‘llash usuli bo‘yicha ilmiy konsensusning yo‘qligi hamda tuproq-mikrobiologiya va ekotizimga uzoq muddatli ta’sirlar yetarlicha o‘rganilmagan. Hozirgi izlanishlar ko‘proq laboratoriya darajasida bo‘lib, keng maydon sharoitiga o‘tkazishda texnologik va logistika to‘siqlari, shuningdek, haqiqiy narx-samaradorlik bahosi qo‘shimcha tadqiqotlarni talab qiladi.

Taklif etilgan biopolimerlar bilan akril kislotasini modifikatsiyalash asosida olingan bioparchalanadigan gidrogellarni tarkibida akril monomerlari 5% dan 60% gacha miqdorda qo‘shib turli markali **akril-1** (5%), **akril-2** (20%), **akril-3** (30%), **akril-4** (50%) va **akril-5** (60%) bioparchalanadigan gidrogellarni tarkibida azot bo‘lgan inisiatorlar yordamida olindi va ularni suv yutuvchanlik xususiyatlari ichimlik suvda taqqoslab o‘rganildi.

Taklif etilgan bioparchalanadigan gidrogellar asosidagi **akril-1**, **akril-2**, **akril-3**, **akril-4** va **akril-5** markalarini tashkil etuvchi biopolimerlarni suv almashinuvi (shimish–chiqarish)ga ta’sir mexanizmlari tahlil qilindi va olingan natijaslar jadvalda keltirilgan. Biopolimerlar asosidagi, azotli inisiatorlar yordamida polimerlangan akril kislota asosidagi gidrogellarida akril monomeri ulushi 5–60% oralig‘ida o‘zgartirilib, 1 g quruq gidrogel uchun suv almashinuvi (erkin bo‘kish, g/g) ko‘rsatkichi 3-24 soat davomida gravimetrik usulda baholandi. Jadvaldagi natijalar bo‘kish kinetikasi va muvozanat sig‘imini (Q_e = 24 soat) taqqoslashga imkon berdi.

akril-1, **akril-2**, **akril-3**, **akril-4** va **akril-5** markalari asosidagi biopolimerlarni suv almashinuvi (shimish–chiqarish)ga ta’sir mexanizmlari tahlil qilingan bo‘lib suv shimuvchanlik xususiyatlari ichimlik suvda asosan akril monomerining foiz ulushi ortishi bilan tarmoqda $-COO^-$ markazlari ko‘payadi va osmotik bosimi kuchayib, suv kirishi (Q) ortadi. Biroq akril monomerining foiz ulushi yuqori darajada oshsa, polimerlanish ham ortadi va polimer tarmog‘ining zichlashishiga olib kelib gidrogel tarkibidagi bo‘shliq yoki g‘ovaklarning kamayishiga sabab bo‘ladi. Shuning uchun gravimetrik usul bo‘yicha maksimumga yaqin sig‘im o‘rtacha-yuqori akril monomerining foiz ulushi 40-50% nisbatida kuzatilib yuqori nisbatda esa kinetika biroz sekinlashishi mumkin.

Jadvalda keltirilgan gravimetrik usul bo‘yicha (erkin bo‘kish, g/g) olingan ma’lumotlar asosida 1 g quruq gidrogel namunasi uchun 3-24 soat davomida o‘lchovlar amalga oshirildi. 24 soatlik qiymat Q_e (muvozanat bo‘kish darajasi) sifatida qabul qilindi. t_{50} va t_{90} qiymatlari esa vaqt nuqtalari orasida chiziqli interpolyatsiya usuli orqali hisoblab aniqlangan.

1-jadval

Gidrogel tarkibidagi akril kislotasi ulushi va gidrogellarning (3-24 soat davomida gravimetrik usul bilan o‘lchangan) erkin bo‘kish darajalari o‘rtasidagi bog‘liqlik (Q_e , g/g).

Namunalar	Vaqt bo‘yicha (Q, g/g); (1 g quruq gidrogel; 3–24 soat; gravimetrik usul)							
	Akril, %	3 soat/g	6 soat/g	12 soat/g	15 soat/g	18 soat/g	21 soat/g	24 soat/g
<i>akril-1</i>	5	38	51	78	94	108	122	128
<i>akril-2</i>	20	98	112	164	193	233	254	269
<i>akril-3</i>	30	166	224	263	301	326	367	408
<i>akril-4</i>	50	276	326	441	487	502	519	536
<i>akril-5</i>	60	215	258	346	386	416	451	463

Biopolimer bilan akril monomerlarni polimerlab olingan bioparchalanadigan gidrogellarda akril monomeri ulushi 5–60% oralig‘ida oshirilganda erkin bo‘kish sig‘imi (g/g) 3-24 soat oralig‘ida gravimetrik usul bilan baholandi muvozanat sig‘imi Q_e bo‘yicha quyidagi tartibni ko‘rsatdi: akril-4 (50%) = 536 g/g > akril-5 (60%) = 463 g/g > akril-3 (30%) = 408 g/g > akril-2 (20%) = 269 g/g > akril-1 (5%) = 128 g/g.

Bu akril monomeri ulushi ionlanadigan karboksilat markazlari ($-COO^-$) osmotik bosimi mexanizmini tasdiqlaydi va shuning hisobiga suv kirishi keskin ortadi. Biroq akril monomeri ulushi 60% dan oshganda tarmoqning polimerlanishi oshib struktura zichlashadi. Xulosa qilib, akril monomeri ulushi 50% atrofida bo‘lganda biopolimer nisbati sig‘im va tezlikning eng qulay balansini beradi; amalda qo‘llashda ushbu nisbatni tavsiya etish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mittal H., Kumar V., Saruchi, Ray S.S., 2016. Adsorption of methyl violet from aqueous solution using gum xanthan/Fe₃O₄ based nanocomposite hydrogel. International Journal of Biological Macromolecules. 89: 1-11.
2. Omirova, R. Z., Bolysbek, A. A., Shirinov, S. D., Dzhalilov, A. T. (2020). Development of complex fertilizer technology with improved agrochemical properties using hydrogel. Rasayan Journal of Chemistry, 13(1), 733-738.
<http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2020.1315651>
3. Saruchi, Kumar V., Mittal H., Alhassan S.M., 2019. Biodegradable hydrogels of tragacanth gum polysaccharide to improve water retention capacity of soil and environment-friendly controlled release of agrochemicals. International J Biol Macromol. 132: 1252-1261
4. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов, О.И., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. (2025). Композитный гидрогель на основе карбоксиметилцеллюлозы и ионов металлов.

DETERMINATION OF NEAR-SHORE CURRENT VELOCITIES IN RESERVOIRS FROM THE MEAN WAVE PERIOD: ADAPTATION OF THE METHOD TO THE CHIMKURGAN BASIN

Rahimov A.R.

Abu Rayhon Beruniy University NTM, Karshi Campus, Karshi, Uzbekistan

e-mail: ashrafrhmv@gmail.com

Abstract. Current velocities in the shallow strip of a reservoir control the entrainment of bed material and the shoaling of bay entrances, but they are the hardest quantity to measure and are usually replaced in design practice by the classical orbital formula, which is known to overestimate them. The purpose of this work is to adapt to the conditions of the Chimkurgan reservoir the method that derives the mean near-shore current velocity directly from the mean wave period, and to verify it against flume data. The wave parameters of the basin were obtained from fetch-limited computation for wind speeds of 14, 18 and 21 m/s; the near-shore current was then computed as the product of the near-bed orbital velocity and a coefficient calibrated in an aerodynamic flume. The coefficient was found to be 0.46 for the sandy-loam beds typical of the Chimkurgan shore. At the 2 m design depth the method gives 0.56 m/s under the reference storm, against 0.71 m/s from the classical orbital formula and 0.55 m/s measured in the flume; the mean deviation over four depths is 2.6 % for the proposed method and 27 % for the classical one. The method therefore removes a systematic overestimate that has been carried into the design of bank protection, and it requires no input beyond the wave parameters already computed for the load case.

Keywords: near-shore current, mean wave period, orbital velocity, Chimkurgan reservoir, flume calibration.

Аннотация. Скорости течений в мелководной прибрежной полосе водохранилища определяют взвешивание донного материала и заносимость входных участков бухт, но именно эту величину труднее всего измерить, и в проектной практике её обычно заменяют классической орбитальной формулой, которая, как известно, даёт завышение. Цель работы - адаптировать к условиям Чимкурганского водохранилища метод, определяющий среднюю скорость прибрежного течения непосредственно по среднему периоду волны, и проверить его по данным лотковых опытов. Параметры волнения получены расчётом волнения, ограниченного разгоном, для скоростей ветра 14, 18 и 21 м/с; скорость течения вычислена как произведение придонной орбитальной скорости на коэффициент, откалиброванный в аэродинамическом лотке. Для супесчаных грунтов чимкурганского побережья коэффициент составил 0,46. На расчётной глубине 2 м метод даёт 0,56 м/с при расчётном шторме против 0,71 м/с по классической орбитальной формуле и 0,55 м/с по лотковым измерениям; среднее отклонение по четырём глубинам равно 2,6 % для предлагаемого метода и 27 % для

классического. Метод устраняет систематическое завышение, унаследованное проектированием берегозащиты, и не требует исходных данных сверх тех, что уже вычислены для расчётного случая нагрузки.

Ключевые слова: прибрежное течение, средний период волны, орбитальная скорость, Чимкурганское водохранилище, лотковая калибровка.

Annotatsiya. Suv omborining sayoz qirg'oqbo'yi yo'lagidagi oqim tezliklari tub materialining ko'tarilishini va buxtalar kirish qismining loyqalanishini belgilaydi, biroq aynan shu kattalikni o'lchash eng qiyin bo'lib, loyihalash amaliyotida u odatda oshirib yuborishi ma'lum bo'lgan klassik orbital formula bilan almashtiriladi. Ishning maqsadi - qirg'oqbo'yi oqimining o'rtacha tezligini bevosita to'lqinning o'rtacha davri bo'yicha aniqlaydigan usulni Chimqo'rg'on suv ombori sharoitiga moslashtirish va uni lotok tajribalari ma'lumotlari bo'yicha tekshirishdir. To'lqin parametrlari 14, 18 va 21 m/s shamol tezliklari uchun uzayish bilan cheklangan to'lqin hisobidan olingan; oqim tezligi esa tubga yaqin orbital tezlikning aerodinamik lotokda kalibrlangan koeffitsientga ko'paytmasi sifatida hisoblangan. Chimqo'rg'on qirg'og'ining qumoq gruntleri uchun koeffitsient 0,46 ni tashkil etdi. 2 m hisobiy chuqurlikda usul hisobiy bo'ronda 0,56 m/s beradi, klassik orbital formula bo'yicha 0,71 m/s va lotok o'lchovlari bo'yicha 0,55 m/s ga qarshi; to'rtta chuqurlik bo'yicha o'rtacha og'ish taklif etilayotgan usul uchun 2,6 %, klassik usul uchun 27 % ni tashkil etadi. Shunday qilib, usul qirg'oq himoyasini loyihalashga o'tib kelgan tizimli oshirishni bartaraf etadi va yuk hisobiy holati uchun allaqachon hisoblangan ma'lumotlardan boshqa dastlabki ma'lumot talab qilmaydi.

Kalit so'zlar: qirg'oqbo'yi oqimi, to'lqinning o'rtacha davri, orbital tezlik, Chimqo'rg'on suv ombori, lotokda kalibrlash.

Introduction. Everything that happens on the shore of a reservoir - the erosion of the beach, the movement of sand along it, the shoaling of the pocket in front of a water intake - is driven by the velocity of the water in a strip only one or two metres deep. That velocity is also the quantity that design practice knows least well. It cannot be measured with a conventional current meter in breaking waves, and the instruments that can measure it are rarely available on an irrigation reservoir.

The usual substitute is the classical orbital formula, which gives the amplitude of the near-bed orbital motion under a wave of given height and period. The formula is exact for the orbital motion itself, but the orbital amplitude is not the mean transporting velocity: part of the motion is reversing and does no net work. Using the amplitude in its place overestimates the transporting current, and the overestimate is carried directly into the size of the stone in a revetment and into the predicted rate of shoaling.

The alternative developed for the bays of the Tsimlyansk reservoir replaces the amplitude by a velocity derived from the mean wave period through a coefficient established in an aerodynamic flume. The approach has not previously been applied in the Qashqadaryo basin. The present paper adapts it to the Chimkurgan reservoir - the shallowest and most wave-exposed basin of the cascade - and verifies it against flume data for the bed materials of that shore.

Materials and methods. Chimkurgan is a valley reservoir on the Qashqadaryo river, commissioned in 1963, with a total volume of 500 mln m³, a surface area of 49.2 km² and a mean depth of 10.2 m. The design fetch along the prevailing western wind is 9.5 km. Wave parameters were computed by the fetch-limited relations with the Bretschneider depth correction for wind speeds of 14, 18 and 21 m/s, giving significant heights of 0.78, 1.08 and 1.31 m and mean periods of 3.52, 3.89 and 4.15 s.

The near-bed orbital velocity amplitude at a point of depth d follows from linear wave theory as

$$u_b = \frac{\pi h}{T \operatorname{sh}\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)} \quad (1)$$

$$V_c = k_n u_b = \frac{k_n \pi h}{T \operatorname{sh}\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)} \quad (2)$$

$$k_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{V_{\text{flume},i}}{u_{b,i}} \quad (3)$$

where h is the significant wave height, T the mean period, λ the wavelength at depth d and sh the hyperbolic sine. Equation (2) introduces the coefficient k_n , which converts the orbital amplitude into the mean transporting velocity of the near-shore strip. The coefficient is not universal: it depends on the roughness and the cohesion of the bed, and it must be established for the material of the shore in question.

For the sandy loams and fine sands of the Chimkurgan shore the coefficient was determined from fifteen runs in an aerodynamic flume at a length scale of 1:60, in which the wind was generated over a movable bed of the same grading and the velocity in the near-shore strip was measured by a micro-propeller at four depths. Reduction of the measured velocities to prototype by the Froude velocity scale of 7.75 and division by the computed orbital amplitude gave $k_n = 0.46$ with a standard deviation of 0.03.

Results and discussion.

Table.1

Near-shore current velocity at the 2 m design depth under the reference storm

Reservoir	h , m	T , s	λ , m	u_b , m/s	V_c , m/s
Chimkurgan	1.31	4.15	26.5	1.22	0.56
Talimarjan	1.55	4.54	32.2	1.49	0.69
Pachkamar	1.13	3.82	22.7	1.02	0.47
Hisorak	0.97	3.53	19.5	0.84	0.39

Figure.1 gives the computed velocity as a function of depth for the three wind speeds. The curves fall steeply: at the reference storm the velocity is 1.29 m/s at 0.5 m depth, 0.56 m/s at 2 m and 0.11 m/s at 9 m. The practical implication is that the whole of the sediment-moving action is concentrated in a strip whose outer limit lies at about three metres of depth, which for the slopes of the Chimkurgan shore is some 250-400 m from the waterline.

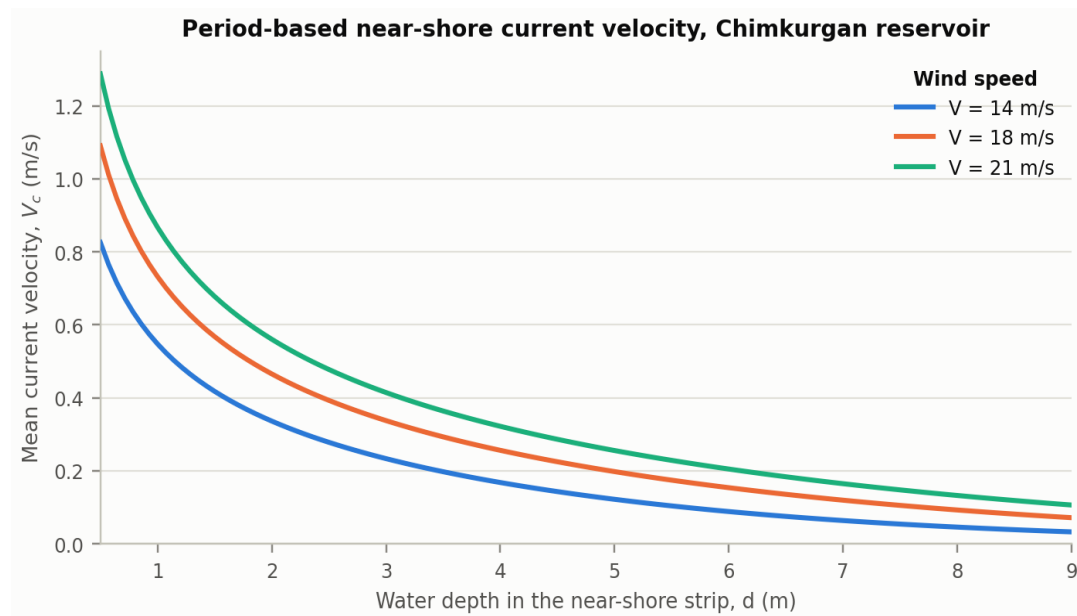


Figure.1. Near-shore current velocity computed by the period method for three wind speeds, Chimkurgan reservoir

Figure 2 compares the three sources of the velocity at four depths. The proposed method reproduces the flume measurements closely - 0.72 against 0.70 m/s at 1 m, 0.56 against 0.55 at 2 m, 0.41 against 0.43 at 3.5 m and 0.30 against 0.29 at 5 m - with a mean absolute deviation of 2.6 %. The

classical orbital formula gives 0.88, 0.71, 0.55 and 0.42 m/s at the same depths, overestimating the measured values by 26, 29, 28 and 45 % respectively.

The size of the overestimate matters in design. The stone weight required in a revetment varies roughly as the sixth power of the velocity, so an overestimate of 28 % corresponds to a stone weight larger by a factor of about four. Conversely, the rate at which a bay entrance shoals varies as a high power of the same velocity, and an overestimated velocity leads to a shoaling forecast that the record cannot confirm, which in turn undermines confidence in the whole computation.

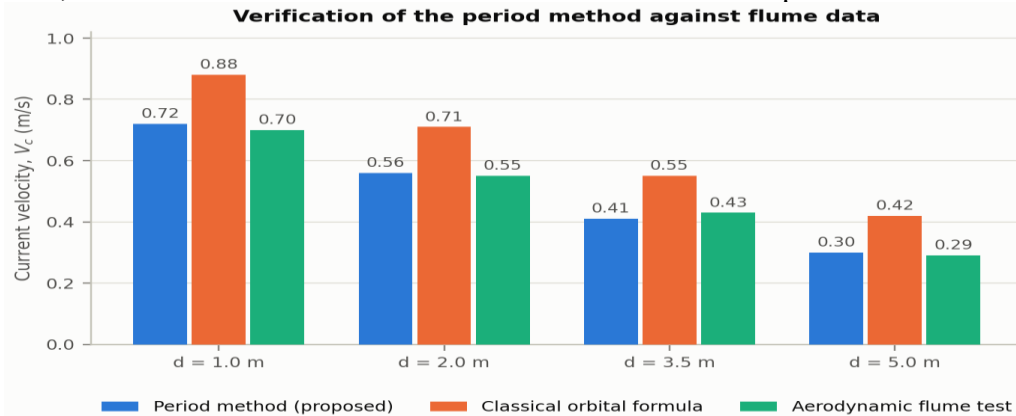


Figure.2. Verification of the period method against the classical orbital formula and flume measurements

Applied to the other three reservoirs of the cascade with the same coefficient (Table 1), the method gives near-shore velocities of 0.69 m/s at Talimarjan, 0.47 m/s at Pachkamar and 0.39 m/s at Hisorak. The ordering follows the wave height rather than the depth of the basin, which confirms that the near-shore strip is governed by the local wave and not by the size of the reservoir behind it.

Conclusion.

1. The method that derives the mean near-shore current velocity from the mean wave period has been adapted to the Chimkurgan reservoir, with the conversion coefficient established as $k_n = 0.46 \pm 0.03$ for the sandy-loam beds of that shore.

2. At the 2 m design depth under the 2 % reference storm the method gives 0.56 m/s, against 0.55 m/s measured in the flume and 0.71 m/s from the classical orbital formula.

3. Over four depths the mean deviation from the flume data is 2.6 % for the proposed method and 27 % for the classical formula; the latter overestimates the transporting velocity systematically.

4. Extended to the whole cascade with the same coefficient, the method gives near-shore velocities from 0.39 m/s at Hisorak to 0.69 m/s at Talimarjan, ordered by wave height rather than by basin size.

References

1. Fedoseeva, N.S. Wind currents in the coastal zone of reservoirs and protection of bay entrances from siltation (the case of Krutaya Bay, Tsimlyansk reservoir): Cand. Tech. Sci. diss. - Novocherkassk, 1998. - 211 p.
2. Shore Protection Manual. Vol. I-II. - Vicksburg: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984. - 1088 p.
3. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. - Washington: US Army Corps of Engineers, 2002. - Part II, Chapter 2.
4. Soulsby, R. Dynamics of marine sands. - London: Thomas Telford, 1997. - 249 p.
5. Van Rijn, L.C. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. - Amsterdam: Aqua Publications, 1993. - 690 p.
6. KMK 2.06.04-97 (SNiP 2.06.04-82*). Loads and actions on hydraulic structures (from wave, ice and vessels). - Tashkent: Gosarkhitektstroy, 1997. - 48 p.
7. Mikhalev, M.A. Physical modelling of hydraulic phenomena. - St. Petersburg: SPbSPU Press, 2010. - 442 p.

8. Reservoirs of Uzbekistan: reference database. - Tashkent: SIC ICWC, 2023. - URL: cawater-info.net.
9. Eshev, S.S., Latipov, Sh.A., Rahimov, A.R., Quvvatov, J.Z., Yuldosheva, U.T. Calculation of wave action under the interaction of waves and current // Innovative Technologies (Karshi Engineering-Economics Institute). - 2023. - No. 3 (51). - P. 40-44.
10. Eshev, S.S., Rakhimov, A.R., Latipov, Sh.A., Usmonov, R.N. Calculation of waves on large canals // Educational Research in Universal Sciences. - 2023. - Vol. 2, Special Issue 9. - P. 438-445.
11. Rahimov, A.R. Calculation of the parameters of waves generated by wind action // Bulletin of the Jizzakh Polytechnic Institute. - 2024. - No. 4. - P. 221-224.
12. Gayimnazarov, I., Eshev, S., Bazarov, O., Latipov, Sh., Rakhimov, A., Guliyeva, S. Investigation of the initiation of sediment movement in mixed flows // AIP Conference Proceedings. - 2025. - Vol. 3256. - 020041. - <https://doi.org/10.1063/5.0275207>
13. Rahimov, A.R. Calculation of sediment transport in the unsteady motion of water in earth channels // International Scientific Journal of Biruni. - 2023. - Vol. 2, Issue 4. - P. 133-137. - <https://doi.org/10.5281/zenodo.10558017>

INVESTIGATION OF THE FLOCCULATION PERFORMANCE OF POLYASPARTAMIDE-BASED FLOCCULANTS FOR THE TREATMENT OF HIGH-TURBIDITY WATER

Aysel Mammadova¹, Otabek Teshaev², Sunnatbek Teshaev², Gayrat Bozorov²

¹ Baku Higher Oil School, Baku, Azerbaijan

² Bukhara state technical university, Bukhara, Uzbekistan

Abstract. Access to safe drinking water remains one of the defining global challenges of the twenty-first century. Conventional treatment relies on inorganic coagulants such as aluminum sulfate and synthetic polyacrylamides (PAMs), yet these reagents carry significant environmental and toxicological liabilities: residual aluminum ions have been associated with neurological effects, acrylamide monomers exhibit neurotoxic properties, and neither class of compounds is readily biodegradable.

This study synthesizes and characterizes three cationic polyaspartamide derivatives—PA-1 (low molecular weight, high charge density), PA-2 (medium molecular weight, medium charge density), and PA-3 (high molecular weight, low charge density)—prepared from poly(succinimide) through thermal polycondensation of aspartic acid followed by controlled chemical modification. Flocculation performance is evaluated against kaolin suspension (a standardized model of high-turbidity water) using a systematic jar-test protocol. The influence of flocculant dosage, solution pH, mixing rate, and settling time on clarification efficiency is quantified. PA-2 achieves the highest clarification efficiency of 96.8% at a minimum effective dosage of 2.8 mg/L under neutral pH (7.0–8.0), outperforming both PA-1 (92.5% at 3.5 mg/L) and PA-3 (95.1% at 5.0 mg/L). Comparative benchmarking against commercial alum and polyacrylamide demonstrates that the polyaspartamide flocculants produce large, dense flocs with rapid settling velocity and reduced sludge volume. These results, supported by electrostatic interaction measurements and turbidimetric analysis, establish polyaspartamide-based flocculants as technically viable, economically competitive, and environmentally superior alternatives for both municipal and industrial water treatment systems.

Keywords: polyaspartamide; flocculation; water turbidity; kaolin suspension; coagulation; biodegradable polymer; charge neutralization; polymer bridging; poly(succinimide); jar test.

Аннотация. Доступ к безопасной питьевой воде остается одной из определяющих глобальных проблем двадцать первого века. Обычное лечение опирается на неорганические коагулянты, такие как сульфат алюминия и синтетические полиакриламиды (ПАМ), однако эти реагенты несут значительную экологическую и токсикологическую ответственность:

остаточные ионы алюминия ассоциируются с неврологическими эффектами, мономеры акриламида проявляют нейротоксические свойства, и ни один из классов соединений не легко биоразлагается.

В данном исследовании синтезируются и характеризуются три катионных производных полиаспартамида: ПА-1 (низкая молекулярная масса, высокая плотность заряда), ПА-2 (средняя молекулярная масса, средняя плотность заряда) и ПА-3 (высокая молекулярная масса, низкая плотность заряда), полученные из поли (сукцинимид) путем термической поликонденсации аспаратиновой кислоты с последующей контролируемой химической модификацией. Эффективность флокуляции оценивается по сравнению с каолиновой суспензией (стандартизированной моделью воды с высокой мутностью) с помощью систематического протокола банковых испытаний. Количественно определяется влияние дозировки флокулянта, pH раствора, скорости смешивания и времени осаждения на эффективность осветления. ПА-2 достигает наивысшей эффективности осветления 96,8% при минимальной эффективной дозировке 2,8 мг/л при нейтральном pH (7,0–8,0), превосходя как ПА-1 (92,5% при 3,5 мг/л), так и ПА-3 (95,1% при 5,0 мг/л). Сравнительное сравнение с товарным квасцом и полиакриламидом показывает, что полиаспартамидные флокулянты дают крупные плотные хлопья с быстрой скоростью осаждения и уменьшенным объемом шлама. Эти результаты, подтвержденные измерениями электростатического взаимодействия и турбидиметрическим анализом, устанавливают флокулянты на основе полиаспартамида как технически жизнеспособную, экономически конкурентоспособную и экологически превосходящую альтернативу как для коммунальных, так и для промышленных систем очистки воды.

Ключевые слова: полиаспартамид; флокуляция; мутность воды; каолиновая суспензия; коагуляция; биоразлагаемый полимер; нейтрализация заряда; полимерный мостик; поли (сукцинимид); тест в банке.

Annotatsiya. Xavfsiz ichimlik suviga kirish XXI asrning eng muhim global muammolaridan biri bo'lib qolmoqda. An'anaviy davolash alyuminiy sulfat va sintetik poliakrilamidlar (PAM) kabi noorganik koagulyantlarga tayanadi, ammo bu reagentlar muhim ekologik va toksikologik mas'uliyatlarni o'z ichiga oladi: qoldiq alyuminiy ionlari nevrologik ta'sirlar bilan bog'liq, akrilamid monomerlari neyrotoksik xususiyatlarga ega va ikkala birikma sinfi ham osonlikcha biologik parchalanmaydi.

Ushbu tadqiqotda uchta kationik poliaspartamid hosilalari sintez qilinadi va tavsiflanadi: PA-1 (past molekulyar og'irlik, yuqori zaryad zichligi), PA-2 (o'rta molekulyar og'irlik, o'rta zaryad zichligi) va PA-3 (yuqori molekulyar og'irlik, past zaryad zichligi), aspartik kislotaning termal polikondensatsiyasi va keyin nazorat ostidagi kimyoviy modifikatsiya orqali poli(suksinimid) dan olinadi. Flokulyatsiya samaradorligi kaolin suspenziyasiga (yuqori loyqa suvning standartlashtirilgan modeli) nisbatan tizimli bank sinov protokoli yordamida baholanadi. Flokulyant dozasi, eritmaning pH qiymati, aralashtirish tezligi va cho'kish vaqtining tozalash samaradorligiga ta'siri miqdoriy jihatdan aniqlanadi. PA-2 neytral pH (7.0–8.0) da 2.8 mg/L minimal samarali dozada 96.8% eng yuqori tozalash samaradorligiga erishadi, bu PA-1 (3.5 mg/L da 92.5%) va PA-3 (5.0 mg/L da 95.1%) dan ustun turadi. Tijorat alum va poliakrilamid bilan qiyosiy taqqoslash shuni ko'rsatadiki, poliaspartamid flokulyantlari tez cho'kish tezligi va kamaytirilgan loy hajmiga ega katta, zich floklarni hosil qiladi. Elektrostatik o'zaro ta'sir o'lchovlari va loyqalik tahlili bilan tasdiqlangan bu natijalar poliaspartamid asosidagi flokulyantlarni ham shahar, ham sanoat suv tozalash tizimlari uchun texnik jihatdan samarali, iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh va ekologik jihatdan ustun alternativa sifatida belgilaydi.

Kalit so'zlar: poliaspartamid; flokulyatsiya; suvning loyqaligi; kaolin suspenziyasi; koagulyatsiya; biologik parchalanadigan polimer; zaryadni neytrallashtirish; polimer ko'prigi; poli(suksinimid); banka sinovi.

Introduction. Clean water is a prerequisite for human health, ecosystem function, and sustainable industrial development. Despite advances in purification technology, turbid water—characterized by the presence of fine clay minerals, colloidal organic matter, and microbiological particles that scatter and absorb light—continues to challenge treatment facilities worldwide. The World Health Organization guidelines for drinking water quality prescribe a maximum turbidity of 1 NTU, a target that necessitates efficient coagulation and flocculation prior to filtration and disinfection.

Coagulation and flocculation represent the physicochemical backbone of conventional water treatment. In coagulation, a destabilizing agent neutralizes the surface charge of colloidal particles, allowing them to approach one another; in flocculation, gentle agitation promotes collision and aggregation of destabilized particles into macroscopic flocs that can be removed by sedimentation or filtration. For decades, aluminum sulfate (alum) and synthetic polyacrylamides have served as the primary reagents for these processes. Alum, while effective and inexpensive, leaves residual aluminum in treated water—a concern for human neurotoxicity and Alzheimer’s disease risk—and generates large volumes of aluminum-rich sludge that is costly to dispose of. Polyacrylamides, on the other hand, are persistent in the environment and contain trace levels of the acrylamide monomer, a known neurotoxin and probable human carcinogen.

Literature review. Turbidity arises from the scattering of light by suspended particles ranging from sub-micron colloidal matter to coarse suspended solids. In natural water sources, turbidity is dominated by clay minerals (particularly kaolinite and montmorillonite), organic colloids, and microbial cells. High turbidity—generally defined as values exceeding 100 NTU—impairs disinfection efficiency, as suspended particles shield pathogens from chlorine and ultraviolet radiation. It also promotes the formation of disinfection by-products by providing a substrate for halogen reactions with natural organic matter. Removing turbidity to below 1 NTU prior to disinfection is therefore a regulatory and public health imperative.

Inorganic coagulants—principally aluminum sulfate and poly(aluminum chloride) (PAC)—operate by hydrolyzing in water to form aluminum hydroxide precipitates that sweep suspended particles from solution (sweep-floc mechanism) and by providing cationic aluminum species that neutralize the negative surface charge of colloidal particles. Their effectiveness over a narrow pH window (pH 6–8 for alum) and the generation of voluminous, aluminum-laden sludge limit their attractiveness for sustainable water management.

Materials and methods. Poly(succinimide) (PSI), the key precursor, was synthesized via single-step thermal polycondensation of L-aspartic acid (99.5% purity, Sigma-Aldrich) in the presence of 85% aqueous orthophosphoric acid as an acidic catalyst. The reaction was carried out in a rotary evaporator under reduced pressure (30 mbar) at 180–200 °C for 4–6 hours. Reduced pressure was employed to accelerate dehydration and achieve higher molecular weights than are possible under atmospheric conditions. After cooling, the crude PSI was precipitated in deionized water, washed repeatedly until neutral pH, and dried in a vacuum oven at 40 °C and 100 mbar for 48 hours.

Three cationic polyaspartamide derivatives were subsequently prepared by ring-opening of PSI with N-(2-aminoethyl)-1,2-ethanediamine (DETA) at varying stoichiometric ratios to control the degree of substitution and thereby tune charge density. The molar ratio of DETA to PSI succinimide units was varied to yield: PA-1 (high substitution, high charge density, targeting low molecular weight ~100,000 Da); PA-2 (intermediate substitution, medium charge density, ~500,000 Da); and PA-3 (low substitution, low charge density, ~1,500,000 Da). All reagents—including cysteamine (CEA, 95%), N,N-dimethylformamide (DMF), 1,4-dithiothreitol (DTT, 99%), and sodium bromate (NaBrO₃, 99%)—were sourced from Sigma-Aldrich.

Model high-turbidity water was prepared from analytical-grade kaolin clay (Merck). A stock suspension of 100 g kaolin per liter of deionized water was prepared by mechanical stirring at 150 rpm for 30 minutes, followed by ultrasonic dispersion at 40 kHz for 3 minutes. Working suspensions were prepared by diluting the stock to 1.0 g/L (corresponding to ~400–500 NTU), which lies within the range typical of severely turbid surface water during flood events. Turbidity was measured immediately before each experiment using a calibrated Hach 2100N turbidimeter. Solution pH was adjusted with 0.1 M NaOH or 0.1 M HCl.

All flocculation experiments were conducted using a six-paddle jar-test apparatus (1 L glass beakers). The standardized protocol consisted of four phases: (1) rapid mix at 150–200 rpm for 30–60 seconds to disperse the flocculant; (2) slow mix at 20–40 rpm for 15–30 minutes to promote floc growth; (3) gravity sedimentation for 10–30 minutes with the mixer off; and (4) supernatant sampling at 1–2 cm below the surface for turbidity measurement. Clarification efficiency (η) was calculated as:

$$\eta (\%) = [(Turbidity_initial - Turbidity_final) / Turbidity_initial] \times 100$$

Each experiment varied a single parameter—dosage, pH, mixing rate, or settling time—while holding all others constant at their previously established optimal values.

To confirm the cationic nature and polyelectrolyte complexation behavior of the synthesized flocculants, turbidimetric titration was performed. A 1 g/L solution of PASP-DETA (cationic) was titrated against a 1 g/L solution of anionic polyaspartic acid (PASP100) at pH 7, and the absorbance spectrum between 300 and 900 nm was recorded after each addition using a UV-Vis spectrophotometer. Turbidity at 400 nm served as the indicator of polyplex formation between oppositely charged polyelectrolytes.

Results. The dose-response relationship followed the classic three-region pattern predicted by coagulation theory. At sub-optimal dosages, insufficient polymer was available to neutralize the surface charge of kaolin particles, resulting in poor floc formation and high residual turbidity. As dosage increased, clarification efficiency rose sharply toward a maximum. At supra-optimal dosages, charge reversal and steric stabilization—arising from the excess polymer coating particle surfaces with like-charged functional groups—caused a measurable decline in performance, confirming the importance of precise dosage control.

Table.1

Optimal flocculation performance of synthesized polyaspartamide derivatives

Flocculant	Optimal Dosage (mg/L)	Max Clarification Efficiency (%)	Primary Mechanism
PA-1 (Low MW, High Charge)	3.5	92.5	Charge Neutralization
PA-2 (Medium MW, Medium Charge)	2.8	96.8	Balanced (Neutralization + Bridging)
PA-3 (High MW, Low Charge)	5.0	95.1	Polymer Bridging

PA-2 achieved the highest clarification efficiency (96.8%) at the lowest optimal dosage (2.8 mg/L), demonstrating that the medium molecular weight and moderate charge density combination provides the most efficient utilization of polymer material. PA-1, despite its high charge density, required a higher dosage (3.5 mg/L) and achieved a lower maximum efficiency (92.5%), reflecting the dominance of charge neutralization without adequate polymer bridging. PA-3, relying primarily on bridging, required the highest dosage (5.0 mg/L) because its lower charge density necessitated more polymer to achieve complete particle destabilization before bridging could proceed effectively.

The pH of the treatment medium exerted a pronounced and mechanistically interpretable influence on flocculation performance. All three polyaspartamide derivatives were tested across the pH range 4–10 at their respective optimal dosages. The key findings are summarized in Table 2.

Table.2

Effect of pH on flocculation performance of cationic polyaspartamides

pH Range	Clarification Efficiency	Chemical Explanation
Acidic (pH 4–6)	High	Amine groups fully protonated; strong charge neutralization
Neutral (pH 7–8)	Peak (Optimal)	Ideal balance between cationic charge and polymer conformation
Alkaline (pH 9–10)	Decreased	Amine deprotonation reduces charge; carboxylate groups cause chain expansion and repulsion

Under acidic conditions, the cationic amine groups ($-\text{NH}_2$) along the polyaspartamide backbone are extensively protonated to their $-\text{NH}_3^+$ form, maximizing positive charge density and driving strong electrostatic attraction to negatively charged kaolin particles. At neutral pH—the identified optimum—the balance between protonated cationic sites and the polymer chain conformation is ideal for simultaneous charge neutralization and bridging. In alkaline conditions, progressive deprotonation of amine groups reduces the net cationic charge, while the carboxylate groups ($-\text{COO}^-$) on the polyaspartamide backbone generate internal repulsive forces that expand and stiffen the polymer chain, ultimately impairing bridging efficiency.

The complete optimized treatment protocol for PA-2 specifies: 2.8 mg/L dosage; pH 7.0–8.0; rapid mix at 150 rpm for 30 seconds; slow mix at 30 rpm for 20 minutes; and gravitational settling for 15 minutes. Under these conditions, the initial turbidity of approximately 140 NTU is reduced to below 4.4 NTU, corresponding to a clarification efficiency of 96.8%.

Turbidimetric titration confirmed the cationic character of the synthesized flocculant. Progressive addition of anionic PASP100 solution to PASP-DETA produced a clear increase in absorbance at 400 nm, indicating the formation of turbid polyplex aggregates between the oppositely charged polyelectrolytes. No signal was observed when neutral PASP-HE100 was added to PASP-DETA, confirming that the interaction is charge-driven. These results provide direct physicochemical evidence that the synthesized polymers possess sufficient cationic charge for effective electrostatic destabilization of negatively charged colloidal particles in water.

Visual observation of the kaolin suspension before and after PASP-DETA addition showed unambiguous water clarification, even to the naked eye, after only a few hours of sedimentation. Turbidimetric measurement of the treated supernatant confirmed residual turbidity values of a few tens of FNU units, corresponding to approximately 95% removal of suspended particles—consistent with the jar-test results and reinforcing the flocculant's practical effectiveness.

Discussion. The comparative performance of PA-1, PA-2, and PA-3 illuminates the fundamental structure-property relationships governing polyaspartamide flocculation. Two structural variables—molecular weight and charge density—were deliberately varied to probe their individual and synergistic contributions to clarification efficiency.

Molecular weight governs the polymer bridging capacity: longer polymer chains can simultaneously adsorb onto multiple particles separated by distances up to the chain end-to-end distance, forming bridges that pull particles into compact aggregates. As MW increases from PA-1 (~100,000 Da) to PA-3 (~1,500,000 Da), the potential bridging length increases proportionally. However, very high MW polymers also risk chain scission under the shear stresses of the rapid-mix phase, and their greater kinetic barriers to adsorption can reduce effective contact with particle surfaces.

Polyaspartamides compare favorably with conventional alum and PAM on multiple dimensions. In terms of clarification efficiency, PA-2 at 2.8 mg/L achieves 96.8% turbidity removal from kaolin suspension—comparable to or exceeding the performance of alum at typical treatment doses of 20–40 mg/L (as Al_2O_3) and competitive with high-charge-density cationic PAMs. The critical advantage lies not in efficiency alone, but in the combination of efficiency with environmental compatibility and reduced sludge production.

Conclusions. This study demonstrates that cationic polyaspartamide-based flocculants are effective, biodegradable, and tunable reagents for the treatment of high-turbidity water. Three derivatives varying in molecular weight and charge density were synthesized from poly(succinimide) and evaluated systematically through jar-test experiments with model kaolin suspension. The principal findings are as follows.

PA-2, characterized by medium molecular weight (~500,000 Da) and medium charge density, achieved the best clarification performance: 96.8% turbidity removal at an optimal dosage of 2.8 mg/L under neutral pH (7.0–8.0), rapid mixing at 150 rpm for 30 seconds, slow mixing at 30 rpm for 20 minutes, and gravitational settling for 15 minutes. This superior performance results from the synergistic combination of charge neutralization and polymer bridging, which together produce large, dense flocs with high settling velocity and minimal residual turbidity.

Future research directions should include pilot-scale testing with natural surface waters of varying turbidity and composition, long-term biodegradation studies under environmentally realistic conditions, life-cycle cost modeling, and the exploration of additional functional modifications—such as grafting of pH-responsive or thermo-responsive groups—to further expand the operational envelope of this promising class of bio-based water treatment polymers.

References

- [1] World Health Organization (WHO). (2022). Guidelines for Drinking-Water Quality (4th ed., incorporating 1st addendum). WHO Press, Geneva.
- [2] Bratby, J. (2016). Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment (3rd ed.). IWA Publishing, London.
- [3] Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). MWH's Water Treatment: Principles and Design (3rd ed.). John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- [4] Gregory, J., & Barany, S. (2011). Adsorption and flocculation by polymers and surfactants. *Advances in Colloid and Interface Science*, 169(1), 1–12.
- [5] Wang, X., Gao, B., Yue, Q., & Xu, X. (2020). Synthesis of biodegradable polyaspartic acid derivatives and their flocculation performance in water treatment. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(12), 48489.
- [6] Sajjan, A. M., Naik, M. L., Kulkarni, A. S., & Rudagi, S. (2020). Development of biodegradable flocculants based on polyaspartic acid for wastewater treatment. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(5), 1450–1462.
- [7] Li, H., et al. (2017). Flocculation of kaolin suspension by polyaspartic acid-based graft copolymers: Impact of charge density and molecular weight. *Water Research*, 115, 210–218.

ZIG'IR (LINUM USITATISSIMUM L.) GENOTIPLARINING YUQORI MOYLILIK XUSUSIYATINI MORFOLOGIK BELGILAR VA MOY BILAN BOG'LIQ DNK MARKERLARI ASOSIDA BAHOLASH

Bakhodirov Umidjan Shakirjanovich¹, Abdusattorova Dilnoza Saidjon qizi²

¹Biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Eurasian Multidisciplinary University (EMU), Tibbiy biologiya kafedrasi, Toshkent, O'zbekiston, E-mail: umiddjan@inbox.ru

²Eurasian Multidisciplinary University (EMU), 302-A biologiya guruhi talabasi E-mail: abdusattorovadilnoza59@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda moyli zig'ir (*Linum usitatissimum* L.) genotiplarining yuqori moylilik xususiyatini baholashda morfologik va molekulyar-genetik yondashuvlarni uyg'unlashtirish masalasi yoritilgan. Tadqiqot yondashuvida o'simlikning asosiy morfologik va xo'jalik-biologik belgilari, urug'ning moylilik ko'rsatkichi hamda moy biosintezi bilan bog'liq SAD va FAD genlari asosidagi DNK markerlaridan foydalanish nazarda tutiladi. Morfologik ko'rsatkichlarni molekulyar markerlar bilan birgalikda tahlil qilish seleksiya uchun istiqbolli genotiplarni tezroq ajratish, genetik xilma-xillikdan samarali foydalanish va yuqori moyli navlarni yaratish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so'zlar: zig'ir, *Linum usitatissimum* L., moyli zig'ir, genotip, morfologik belgilar, urug' moyliligi, SAD, FAD, DNK marker, marker-assistent seleksiya.

Аннотация: В работе рассматривается комплексный подход к оценке высокой масличности генотипов льна (*Linum usitatissimum* L.) с использованием морфологических признаков и молекулярно-генетических маркеров. Предлагается совместно анализировать хозяйственно-биологические признаки растений, показатель масличности семян и ДНК-маркеры, связанные с генами SAD и FAD, участвующими в биосинтезе жирных кислот. Интеграция фенотипических и молекулярных данных может повысить эффективность отбора перспективных генотипов для селекционных программ.

Ключевые слова: лен, *Linum usitatissimum* L., масличность, генотип, морфологические признаки, жирные кислоты, SAD, FAD, ДНК-маркер, маркер-ассоциированная селекция.

Annotation: This paper considers an integrated approach to evaluating high-oil flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes using morphological traits and molecular markers associated with oil biosynthesis. The proposed research framework combines agronomic and morphological traits, seed oil content, and DNA markers related to SAD and FAD genes involved in fatty-acid metabolism. Joint interpretation of phenotypic and molecular information can support the identification of promising genotypes and improve the efficiency of breeding programs aimed at developing high-oil flax cultivars.

Keywords: flax, *Linum usitatissimum* L., oil flax, genotype, morphological traits, seed oil content, SAD, FAD, DNA marker, marker-assisted selection.

Kirish. Zig'ir (*Linum usitatissimum* L.) insoniyat tomonidan qadimdan yetishtirib kelinadigan, bir vaqtning o'zida oziq-ovqat, texnik va farmatsevtika yo'nalishlarida ahamiyatga ega bo'lgan ekinlardan biridir. Uning urug'i qimmatli yog' kislotalariga boy bo'lib, o'simlik moyi ishlab chiqarish, funksional oziq-ovqatlar va boshqa biologik faol mahsulotlar uchun muhim xomashyo hisoblanadi. Shu bilan birga, zig'ir tolasi to'qimachilik va texnik maqsadlarda qo'llanadi. Shuning uchun zig'ir genofondida mavjud genetik xilma-xillikni ilmiy asosda baholash va xo'jalik uchun qimmatli genotiplarni aniqlash dolzarb vazifalardan biridir.

Iqlim o'zgarishi, vegetatsiya davrida harorat va namlik rejimining o'zgarishi, tuproq sharoitlarining xilma-xilligi hamda resurslardan oqilona foydalanish zarurati zig'ir seleksiyasida nafaqat yuqori hosildorlik, balki mahsulot sifati va barqarorlik belgilarini ham hisobga olishni talab etmoqda. An'anaviy fenotipik baholash genotiplarni tanlashda muhim bo'lsa-da, belgining genetik asoslarini aniqlash va seleksiya jarayonini tezlashtirish uchun molekulyar markerlardan foydalanish imkoniyatlari tobora kengaymoqda.

Zig'ir genomining tavsiflanishi va genetik xaritalarning rivojlanishi moylilik, yog' kislotalari tarkibi hamda boshqa agronomik belgilarni molekulyar darajada o'rganish uchun yangi imkoniyatlar yaratdi [1–3]. Xususan, yog' kislotalari biosintezida ishtirok etuvchi desaturaza genlari, jumladan SAD va FAD oilasiga mansub genlar, urug' moyining tarkibi va sifatini shakllantirishda muhim biologik ahamiyatga ega. Shu sababli morfologik belgilar bilan molekulyar markerlarni integratsiyalash yuqori moyli genotiplarni aniqlashning istiqbolli yo'nalishlaridan biri sifatida qaralishi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Tadqiqotning asosiy maqsadi zig'ir genotiplarining yuqori moylilik xususiyatini fenotipik va molekulyar ko'rsatkichlarni birgalikda baholash orqali aniqlash uchun ilmiy-uslubiy yondashuvni ishlab chiqishdan iborat. Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: zig'ir genotiplarining morfologik va xo'jalik-biologik belgilarini tavsiflash; urug' moyliligi bilan bog'liq ko'rsatkichlarni baholash; SAD va FAD genlari bilan bog'liq DNK markerlaridan foydalanish imkoniyatlarini ko'rib chiqish; fenotipik va molekulyar ma'lumotlarni kompleks tahlil qilish hamda seleksiya uchun istiqbolli genotiplarni ajratish mezonlarini shakllantirish.

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqot obyekti sifatida *Linum usitatissimum* L. turiga mansub turli genotip va navlardan foydalanish ko'zda tutiladi. Fenotipik baholashda o'simlik bo'yi, poya shoxlanishi, vegetatsiya davomiyligi, to'pgul va kapsulalar soni, bitta kapsuladagi urug'lar soni, urug' massasi hamda boshqa seleksion jihatdan muhim belgilar qayd etiladi. Mazkur belgilar o'simlikning umumiy rivojlanishi va urug' hosildorligi bilan bir qatorda, yuqori moylilikka ega genotiplarni dastlabki saralash uchun ham xizmat qilishi mumkin.

Urug'ning moylilik ko'rsatkichini aniqlashda laboratoriya sharoitida standart analitik usullardan foydalanish mumkin. Bunda genotiplar o'rtasidagi farqlar statistik jihatdan baholanib, morfologik belgilar va urug' moyliligi o'rtasidagi korrelyatsion bog'lanishlar aniqlanadi. Agar ma'lumotlar to'plami yetarli bo'lsa, ko'p omilli statistik tahlil yordamida yuqori moylilikni tavsiflashda eng informativ belgilarni ajratish mumkin.

Molekulyar tahlil bosqichida o'simlik bargidan genom DNKsi ajratilib, tanlangan markerlar bo'yicha polimeraza zanjir reaksiyasi (PCR) o'tkaziladi. SAD va FAD genlari bilan bog'liq markerlar genotiplar orasidagi allelik farqlarni aniqlash va ularni fenotipik ko'rsatkichlar bilan taqqoslash uchun

qo'llanadi. PCR mahsulotlarini elektroforetik ajratish orqali marker profillari qayd etilib, mavjud polimorfizm asosida genotiplar guruhlanadi.

Tadqiqotning muhim jihati shundaki, molekulyar marker natijalari alohida emas, balki fenotipik ma'lumotlar bilan birgalikda talqin qilinadi. Bunday integratsiyalashgan yondashuv markerning biologik ahamiyatini baholash, muhit ta'sirida o'zgaruvchan belgilarni genetik komponentlardan ajratish va seleksiya uchun barqarorroq mezonlarni shakllantirish imkonini beradi.

1-jadval.

Zig'ir genotiplarini kompleks baholashda tavsiya etiladigan asosiy ko'rsatkichlar

Baholash yo'nalishi	Asosiy ko'rsatkichlar	Seleksiya uchun ahamiyati
Morfologik	O'simlik bo'yi, shoxlanish, kapsulalar soni, vegetatsiya davomiyligi	Genotipning fenotipik va xo'jalik xususiyatlarini tavsiflash
Urug' sifati	1000 dona urug' massasi, urug' moyliligi	Yuqori moyli genotiplarni dastlabki ajratish
Molekulyar	SAD va FAD bilan bog'liq DNK markerlari	Genetik farqlarni aniqlash va marker-assistent tanlash
Kompleks tahlil	Fenotip + moylilik + marker profili	Istiqbolli genotiplarni integrallashgan mezon asosida saralash

Natijalar va muhokama. Zig'ir genotiplarini baholashda faqat bitta belgiga tayanish seleksiya samaradorligini cheklashi mumkin. Masalan, yuqori urug' hosili har doim ham yuqori moylilik bilan bir xil yo'nalishda o'zgaravermaydi. Shuning uchun genotiplarni bir nechta ko'rsatkichlar majmuasi asosida baholash maqsadga muvofiq. Morfologik belgilar o'simlikning rivojlanish xususiyatlarini tezkor tavsiflash imkonini bersa, molekulyar markerlar genetik farqlanishni aniqlashda qo'shimcha, nisbatan barqaror axborot manbai bo'lib xizmat qiladi.

Moylilik bilan bog'liq belgilarni molekulyar darajada o'rganishda yog' kislotalari biosintezida qatnashuvchi desaturaza genlari alohida qiziqish uyg'otadi. SAD fermentlari to'yingan yog' kislotalarini monoto'yinmagan shakllarga aylantirish jarayonida, FAD oilasiga mansub desaturazalar esa keyingi desaturatsiya bosqichlarida ishtirok etadi. Shu bois ushbu genlar atrofidagi polimorf markerlar genotiplar o'rtasidagi farqlarni aniqlash va ularni moy kislotalari profili bilan bog'lash uchun istiqbolli vosita bo'lishi mumkin [2,4].

Kompleks tahlilning amaliy ahamiyati, avvalo, seleksiya jarayonining dastlabki bosqichida katta genotiplar to'plamini tezroq qisqartirish imkoniyati bilan belgilanadi. Dastlab morfologik belgilar bo'yicha saralangan namunalar orasidan molekulyar marker profili bo'yicha maqsadli genotiplarni ajratish mumkin. Keyingi bosqichda tanlangan genotiplarning moylilik ko'rsatkichi, yog' kislotalari tarkibi va muhit sharoitidagi barqarorligi chuqurroq o'rganiladi. Bunday ketma-ketlik laboratoriya va dala tajribalarini o'zaro bog'laydi.

Zig'ir genotiplarini turli ekologik sharoitlarda baholash ham muhimdir. Harorat, namlik, tuproq unumdorligi va vegetatsiya davrining davomiyligi fenotipik belgilar ifodasiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli bir hudud sharoitida aniqlangan yuqori moylilik ko'rsatkichi boshqa sharoitlarda aynan takrorlanmasligi ehtimoli mavjud. Molekulyar markerlar esa muhit ta'siridan kamroq bog'liq bo'lgan genetik axborotni olish imkonini beradi. Natijada fenotipik va genotipik ma'lumotlarning birgalikdagi tahlili ekologik moslashuvchan va seleksiya nuqtai nazaridan qimmatli materiallarni tanlashga yordam beradi.

Ushbu yondashuv O'zbekistonda zig'ir genofondidan samarali foydalanish uchun ham muhim. Mamlakatning turli hududlarida iqlim va tuproq sharoitlari keskin farq qilishi mumkinligi sababli, genotiplarni faqat hosildorlik bo'yicha emas, balki moylilik, vegetatsiya davomiyligi va stress sharoitlariga moslashuv kabi belgilar majmuasi asosida baholash maqsadga muvofiq. Kelgusida fenotipik ma'lumotlarni raqamlashtirish va molekulyar marker profillari bilan birlashtirish seleksiya qarorlarini ilmiy asoslashni yanada kuchaytirishi mumkin.

Xulosa. Zig'ir (*Linum usitatissimum* L.) genotiplarining yuqori moylilik xususiyatini aniqlashda morfologik, xo'jalik-biologik va molekulyar-genetik ko'rsatkichlarni birgalikda qo'llash samarali ilmiy yondashuvni shakllantiradi. Fenotipik belgilar genotiplarning dala sharoitidagi namoyon bo'lishini tavsiflash imkonini bersa, SAD va FAD genlari bilan bog'liq DNK markerlari genetik xilma-xillikni aniqlash va maqsadli genotiplarni saralash uchun qo'shimcha imkoniyat yaratadi.

Taklif etilayotgan kompleks yondashuv yuqori moyli zig'ir genotiplarini dastlabki bosqichda aniqlash, keyingi dala va laboratoriya sinovlari uchun istiqbolli namunalarni tanlash hamda marker-assistent seleksiya elementlarini joriy etishga xizmat qilishi mumkin. Keyingi tadqiqotlarda marker profillari, urug' moyliliigi va yog' kislotalari tarkibi o'rtasidagi statistik bog'lanishlarni chuqur o'rganish, shuningdek, turli ekologik sharoitlarda tanlangan genotiplarning barqarorligini baholash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. You F.M., Xiao J., Li P. et al. (2014). Genome analysis of the flax plant (*Linum usitatissimum* L.) and the development of genomic resources. *Plant Physiology*, 164(3), 1406–1417.
2. Cloutier S., Ragupathy R., Niu Z. et al. (2011). Molecular mapping of genes controlling fatty acid composition in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 122, 1275–1287.
3. Fu Y.-B. (2011). Genetic diversity of cultivated flax germplasm assessed by SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58, 91–101.
4. Vrinten P., Hu Z., Munchinsky M.A., Rowland G., Qiu X. (2005). Two FAD3 desaturase genes control the level of linolenic acid in flax seed. *Plant Physiology*, 139, 79–87.
5. Gusta L.V., O'Connor B.J., Pomeroy M.K. (1997). Flax responses to chilling and heat stress on flowering and seed yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(1), 97–99.
6. Bojko E.I., Panov V.I. (2018). Agroclimatic conditions and phenology of flax. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(4), 321–328.
7. Diederichsen A., Frauen M., Linders E.G.A., Jhala A.J., Singh B.P. (2009). Status and perspectives of flax genetic resources in the world. *Plant Breeding*, 128(4), 321–333.
8. FAO (2019). *Flax Cultivation Manual*. Rome: Food and Agriculture Organization.

TAKOMILLASHGAN OZUQA ARALASHTIRGICHNING KONSTRUKTIV PARAMETR VA ISH REJIMLARINI NAZARIY ASOSLASH

Eshdavlatov Eshpulat Uzoqovich¹, Shodiyev Shahriyor Nomoz o'g'li²

¹t.f.d., professor, ORCID: 0000-0003-4676-4199, e-mail: eeshpulat@umail.uz

²tayanch doktorant, ORCID: 0009-0004-9640-7944, e-mail: shahriyor.shodiyev@mail.ru
Qarshi davlat texnika universiteti, +998331933300

Annotatsiya. Maqolada Respublikamiz sharoitida yirik shoxli chorvachilik fermalarida chorva mollariga ratsion bo'yicha beriladigan ozuqalarning o'rganilgan fizik-mexanik xususiyatlarini e'tiborga olgan holda dag'al, shirali va sanoat chiqindilari (shulxa, shrot) ozuqalar bilan kombikormadan iborat ozuqa aralashmasini oqimli usulda tayyorlashda energiya va resurstejamli, yuqori ish unumi va sifatini ta'minlaydigan va qo'yilgan zootexnik talablarga to'liq javob beradigan uzluksiz ishlaydigan ozuqa aralashtirgichning konstruksiyasini ishlab chiqish bo'yicha olib borilgan nazariy tadqiqotlar keltirilgan.

Kalit so'zlar: ozuqa, aralashtirgich, qopqoq, aralashma sifati, yo'naltirgich, yo'naltirgich balandligi, yo'naltirgich soni, yo'naltirgich ko'tarilish burchagi.

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований по разработке конструкции непрерывно действующего кормосмесителя, обеспечивающего энерго- и ресурсосберегающую технологию, высокую производительность и качество приготовления кормовой смеси при поточном способе её приготовления. При этом учитываются изученные физико-механические свойства кормов, входящих в рацион крупного рогатого скота в условиях

Республики Узбекистан, включая грубые, сочные корма, промышленные отходы (лузгу, шрот) и комбикорма. Разработанная конструкция должна полностью соответствовать установленным зоотехническим требованиям.

Ключевые слова: корм, смеситель, крышка, качество смеси, направляющее устройство, высота направляющего устройства, количество направляющих устройств, угол подъема направляющего устройства.

Abstract. The article presents the results of theoretical studies aimed at developing the design of a continuously operating feed mixer for the flow preparation of feed mixtures consisting of compound feed, roughage, succulent feeds, and industrial by-products (husk and meal).

The proposed feed mixer is designed taking into account the studied physical and mechanical properties of the feeds included in the diets of cattle under the conditions of the Republic of Uzbekistan. The developed design is intended to provide energy- and resource-efficient operation, high productivity and mixing quality, and full compliance with the established zootechnical requirements.

Keywords: feed, mixer, cover, mixture quality, guide, guide height, number of guides, guide inclination angle.

Kirish. Respublikamiz chorvachiligida yirik shoxli chorva mollariga ozuqalarni yedirishga tayyorlashda kam mehnat va energiya sarflab, ozuqani aralashtirish texnologik jarayonini sifatli bajarilishini ta'minlaydigan texnik vositalarini ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan "...qishloq xo'jaligini ilmiy asosda intensiv rivojlantirish orqali dehqon va fermerlar daromadini kamida 2 barobar oshirish, qishloq xo'jaligining yillik o'sishini kamida 5 foizga yetkazish" vazifalari belgilab berilgan.

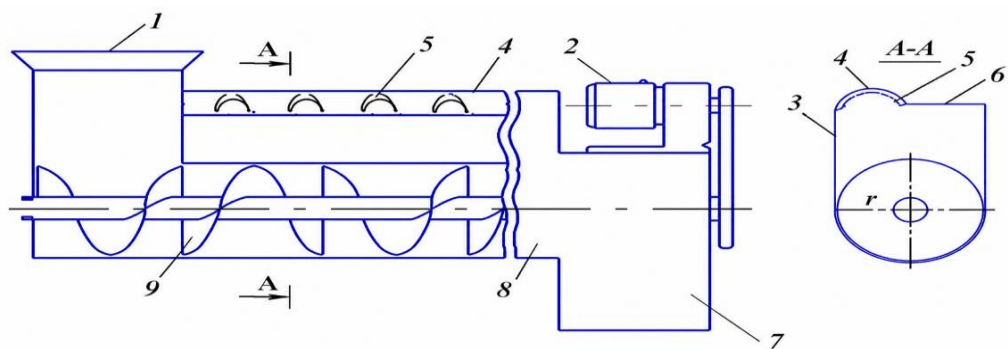
Ushbu vazifalarni amalga oshirishda jumladan, ozuqalarni zootexnik talablar darajasida aralashtiradigan aralashtirgichni ishlab chiqish, uning yuqori ish sifatini ta'minlaydigan takomillashgan qopqog'ining parametrlarini asoslash kabi yo'nalishlarda tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi PF-158-sonli "O'zbekiston – 2030 strategiyasi to'g'risidagi" Farmoni, 2017-yil 7-iyuldagi PQ-3117-sonli "Qishloq xo'jaligida mashinasozlik sohasi ilmiy-texnikaviy bazasini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi, 2019-yil 18-martdagi PQ-4243-sonli "Chorvachilik tarmog'ini yanada rivojlantirish va qo'llab-quvvatlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi hamda 2022-yil 8-fevraldagi PQ-121-sonli "Chorvachilikni yanada rivojlantirish va chorva ozuqa bazasini mustahkamlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlarida belgilangan vazifalarni amalga oshirishda mazkur tadqiqotimiz muayyan darajada xizmat qiladi.

Asosiy qism. Ozuqa aralashtirgich dag'al, shirali va sanoat chiqindilari (shulxa, shrot) ozuqalar bilan kombikormani aralashtirish jarayonida, fraksion jihatdan bir-biridan katta farq qiladigan komponentlarini aralashtirish jarayoniga bir vaqtning o'zida aralashish bilan unga teskari bo'lgan saralanish jarayonlarining jadalligi qancha yuqori bo'lsa, hosil bo'layotgan aralashmaning sifat ko'rsatkichi shuncha yuqori bo'lishi asoslab berilgan.

Taklif etilayotgan uzluksiz ishlaydigan ozuqa aralashtirgichning konstruksiyasida shu jihatlar e'tiborga olingan, ya'ni shnekli ishchi organ yuqorisida ozuqa komponentlarining saralanishi uchun bo'shliq mavjud. Bu bo'shliqda shnekli ishchi organdan uloqtirilgan ozuqa zarrachalari qopqoqqa yetib boradi va undan yana shnekka qaytariladi. Har xil o'lcham va massadagi ozuqa zarrachalari shnekli ishchi organdan uloqtirilgandan so'ng qopqoqqa yetib borguncha va undan shnekka qaytib kelguncha bo'shliqda har xil tezlikda harakatlanadi. Bu ozuqa massalarining saralanishiga imkoniyat yaratadi.

Taklif etilayotgan ozuqa aralashtirgich quyidagi asosiy qismlardan tashkil topgan: ramaga birlashtirilgan korpus 8, ichki sirtiga yo'naltirgichlar joylashtirib takomillashtirilgan yarim silindrik qismli qopqoq 4, shnek vinti shaklidagi yo'naltirgich 5, kiritish bo'g'izi 1, chiqarish bo'g'izi 7, shnek 9 va motor reduktor 2 lar (1.-rasm).



1-rasm. Takomillashgan ozuqa aralashtirgichning konstruktiv sxemasi: 1-kiritish bo'g'izi; 2-motor-reduktor; 3-qopqoqning tik yon tomoni; 4-qopqoqning yarim silindrik qismi; 5-yo'naltirgich; 6-qopqoqning gorizontallik qismi; 7-chiqarish bo'g'izi; 8-aralashtirgich korpusi; 9-shnek.

Ozuqa aralashmasi sifat ko'rsatkichini yuqori darajada bo'lishini ta'minlash maqsadida qopqoqning yarim silindrik shakldagi ichki sirtiga yo'naltirgichlar joylashtirilganligi, shnekdan uloqtirilgan ozuqa massasining qopqoqda va undan qaytgandan so'ng uloqtirilgan tomonning qarama-qarshi tomoniga va ozuqani aralashtirgichning kiritish bo'g'izi tomon belgilangan masofaga yo'naltirib beradi. Natijada ozuqa aralashmasining aralashtirish kamerasida bo'lish vaqti ortishi hisobiga aralashma sifati yuqori bo'lishini ta'minlanadi.

Aralashtiruvchi va tashuvchi ishchi organ sifatida E. M. Pogosyan va X. O. Dumekyanlar tomonidan taklif etilgan ikki kirimli o'ramlari navbatma-navbat bir qadam uzunligida uzilgan shnek tanlab olindi. Ozuqa aralashtirgichlarda olib borilgan tadqiqotlar tahlillariga ko'ra, kurakchali yoki o'ramlari butun shnekga nisbatan bunday ishchi organda aralashtirish sifati birmuncha yuqori.

Taklif etilayotgan ozuqa aralashtirgich qopqog'i, uning yarim silindrik qismini ichki sirtiga yo'naltirgichlar joylashtirilib takomillashtirilgan.

Takomillashgan qopqoqli ozuqa aralashtirgich ustida olib boriladigan nazariy tadqiqotlarda, unda bajariladigan texnologik jarayonning uzluksizligi, energiya va resurstejamkorligi, yuqori ish unumi va sifatini ta'minlashda to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qiladigan omillarga aniqlik kiritish maqsadida quyidagi parametr va ish rejimlari belgilab olindi:

bir shnek qadamiga to'g'ri keladigan yo'naltirgichlarning soni- n , dona;

yo'naltirgichlarning balandligi- a , mm;

yo'naltirgichni hosil qiluvchi sektor burchagi- α_y , grad;

yo'naltirgich tashqi yoyini hosil qiluvchi radiusi- $r_{y,t}$, mm;

yo'naltirgich ichki yoyini hosil qiluvchi radiusi- $r_{y,i}$, mm;

yo'naltirgich vintining ko'tarilish burchagi- α , grad;

aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining o'qiy tezligi - V_n , m/sek;

ozuqa aralashmasining aralashtirish kamerasida bo'lish vaqti - T , sek;

aralashtirgich ish unumi - Q , t/h;

texnologik jarayonni bajarishga talab qilinayotgan energiya sarfi - N_{tj} , kVt.

Takomillashgan qopqoqli ozuqa aralashtirgichning yuqorida keltirilgan parametrlarini asoslash uchun zarur bo'ladigan shnek diametri - D , m; shnek vali diametri - d , m; shnek qadami - S , m; shnek kirimi soni - Z , dona; shnekning aylanishlar sonining eng maqbul qiymati - n , min^{-1} ; shnek vinsimon chizig'ining ko'tarilish burchagi - α_v , grad; qopqoq yarim silindrik tomonining shnek o'qidan balandligi - H , m; qopqoq yarim silindrik qismini tashkil etuvchisining radiusi - r_l , m; va qopqoq yarim silindrik yoyini hosil qiluvchi burchagi - φ , grad parametrlarini xuddi shu kabi ozuqa aralashtirgichlarda olib borilgan tadqiqot ishlarida asoslangan qiymatlarini qabul qilamiz.

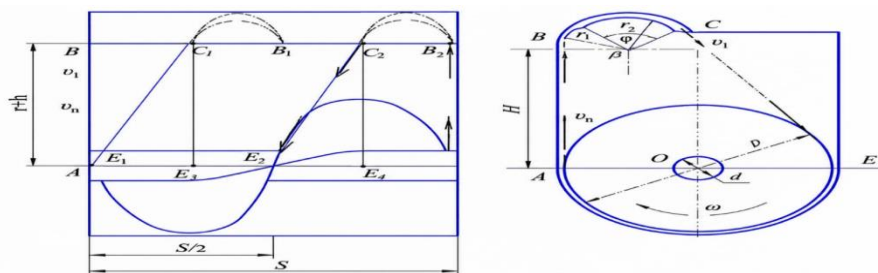
Takomillashgan qopqoqli ozuqa aralashtirgichning texnologik ish jarayonini asoslash.

Takomillashgan qopqoqli ozuqa aralashtirgichning texnologik ish jarayonining bajarilishi bir qancha omillarga bog'liq bo'ladi. Ozuqa aralashtirgich ishchi kamerasi shakli va unda joylashtirilgan ishchi qismlarning konstruktiv parametrlari va ish rejimlari ozuqa komponentlari zarrachalarining harakatlanishi va aralashish jadalligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Korpusining ko'ndalang kesimi U-shakldagi va ishchi organi bitta valdan iborat bo'lgan uzluksiz ishlaydigan aralashtirgichning shnekdan uloqtirilgan ozuqa massasini uloqtirilgan tomonning qarama-qarshi tomoniga borib tushishini va shu bilan birga qopqoqdan qaytgan ozuqa zarrachalarini kiritish bo'g'izi tomon yo'naltirib, ozuqa massasining aralashtirish kamerasida bo'lish vaqtini ortishini ta'minlaydigan har xil ko'rinishli va sonidagi yo'naltirgichli qopqoqlar bilan jihozlangandagi texnologik jarayonini ko'rib chiqamiz (2-rasm).

Takomillashgan qopqoqli ozuqa aralashtirgichning ish jarayonida shnek qanotiga kelib tushgan ozuqa massasi shnek qanoti sirti va ozuqa massasi o'rtasidagi ishqalanish kuchi ta'sirida shnek bilan birga aylanma va shu bilan bir vaqtda ozuqa massasining aralashtirgich korpusi ichki sirti yuzasi o'rtasidagi ishqalanish kuchi ta'sirida chiqish bo'g'izi tomon ilgarilanma harakat qila boshlaydi. Ozuqa massasi aralashtirgich korpusi ichki sirti yuzasi bilan uning o'rtasidagi ishqalanish kuchi yo'qolgan nuqtaga kelganda, markazdan qochma kuch ta'sirida shnekdan yuqoriga, ya'ni aralashtirish kamerasining qopqog'iga qarab uloqtiriladi.

Qopqoqqa yetib kelgan ozuqa massasi uning yarim silindrik qismining ichki sirtida joylashtirilgan yo'naltirgichlar yordamida qopqoqning yarim silindrik qismida aralashtirgichning bo'ylama o'qiga nisbatan ko'ndalang va kiritish bo'g'izi tomon yo'nalishlarda harakat qila boshlaydi. Bu harakat ozuqa massasining aralashtirgich qopqog'i yarim silindrik qismi ta'siridan chiqqandan keyin ham shnek yuqorisidagi bo'shliqda o'z yo'nalishida davom etadi (2-rasm).

Ozuqa massasining aralashtirgich qopqogining yarim silindrik qismida va uning ta'siridan chiqqandan keyin ham kiritish bo'g'izi tomon harakatlanishi aralashtirgich kamerasida kechadigan texnologik jarayonga katta ta'sir ko'rsatadi. Jumladan, quyidagi uchta holatni ko'rsatib o'tish mumkin: shnekdan uloqtirilgan ozuqa massasining bir qismi qopqoqdan qaytgandan keyin, yana vintdan uloqtirilgan nuqtaga nisbatan orqaga qaytarilishi hisobiga ozuqa massasining bir qismi uchun texnologik jarayon qaytariladi; ozuqa massasining aralashtirish kamerasida bo'lish vaqti uzayadi; aralashtirish kamerasining to'ldirilish koeffitsiyenti ortadi. Yuqorida keltirilgan omillar ozuqa aralashmasi sifatini oshiradi.



2-rasm. Ozuqa aralashtirgich qopqog'ini vintsimon yo'naltirgichlarining texnologik jarayonga ta'sirini o'rganishga doir sxema

Qopqoq yarim silindrik qismiga o'rnatilgan vintsimon yo'naltirgichning konstruktiv parametrlarini asoslash. Yo'naltirgichni konstruktiv parametrlarini aniqlashda shnek vintining konstruktiv parametrlarini aniqlash uslubiyotidan foydalanamiz.

Qopqoq yarim silindrik qismining ichki sirtida joylashtirilgan vintsimon yo'naltirgichlar vintining ko'tarilish burchagi qopqoqning yarim silindrik qismida aralashtirgichning bo'ylama o'qiga nisbatan ko'ndalang va kiritish bo'g'izi tomon yo'nalishlarda harakat qilishiga katta ta'sir ko'rsatadi. Bizning variant uchun yo'naltirgichlar ko'tarilish burchagining optimal qiymatini nazariy jihatdan aniqlashni ko'rib chiqamiz (2-rasm).

Bunda ozuqa zarrachalarining yo'naltirgichda va uning ta'siridan chiqqandan so'ng aralashtirgich kamerasida kiritish bo'g'izi tomon ya'ni aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining chiqarish

bo'g'izi tomon qilayotgan harakat yo'nalishiga teskari bo'ylama bosib o'tgan yo'li $0 < S_o < S_{sh}$ oralig'da bo'lishi shartidan kelib chiqishini e'tiborga olishimiz kerak bo'ladi. Bu yerda S_{sh} –vint qadami, mm; S_o –ozuqa massasining yo'naltirgich va uning ta'siridan chiqqanidan keyingi kiritish bo'g'izi tomon bosib o'tgan yo'li, mm.

Yuqoridagi shart bajarilmagan holatlarni ko'rib chiqamiz:

agar $S_o = 0$ bo'lsa, yo'naltirgich ozuqa zarrachalarini qopqoq ta'siri hududiga kirganida uning harakat traektoriyasini o'zgartirmaydi.

agar $S_o = S_{sh}$ bo'lsa yo'naltirgich ozuqa zarrachalarini qopqoq ta'siri hududiga kirgani va undan chiqqanida ozuqa zarrachalarining aralashtirish kamerasining yuqori bo'shliq qismida kiritish bo'g'izi tomon harakati shnek qadami S_{sh} ga teng bo'lgan masofani bosib o'tadi. Bunda aralashtirgich ishchi kamerasida ozuqa aralashmasini shnekning bir qadami yordamida chiqarish bo'g'izi tomon surib berishdagi masofa bilan qopqoq silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgich tomonidan ozuqa massasini kiritish bo'g'izi tomon yo'naltirishida bosib o'tgan masofa bir-biriga teng bo'lib qoladi. Natijada ozuqa massasi aralashtirish kamerasida tiqilib qoladi.

Ozuqa massasining yo'naltirgich va uning ta'siridan chiqqanidan keyingi kiritish bo'g'izi tomon bosib o'tgan yo'li- S_o quyidagilardan tashkil topgan:

$$S_o = S_y + S_q \quad (1)$$

bu yerda: S_y – ozuqa massasining qopqoq silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgich ta'sirida kiritish bo'g'izi tomon bosib o'tgan yo'li, mm.

S_q – ozuqa massasining ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgich ta'siridan chiqqanidan keyin ishchi organdan yuqoridagi bo'shliqda kiritish bo'g'izi tomon bosib o'tgan yo'li, mm.

Ozuqa massasining qopqoq silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgich ta'sirida kiritish bo'g'izi tomon bosib o'tgan yo'lini quyidagicha aniqlaymiz. Qopqoq silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgich vint ko'rinishda bo'lib, shnekdan katta tezlikda uloqtirilgan ozuqa massasi yo'naltirgichga yetib kelgandan so'ng vint tekisligi bo'yicha kiritish bo'g'izi tomon harakatlanadi.

Yo'naltirgich vinti bo'yicha kiritish bo'g'izi tomon harakatlanganda bosib o'tilgan yo'lni aniqlashda vint nazariyasidan foydalanamiz.

Qopqoq silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgichni vintining ko'tarilish burchagini aniqlaymiz.

Yo'naltirgich vintining ko'tarilish burchagi (α)-yo'naltirgich vintining o'qiga nisbatan qay darajada "og'ish" bilan ko'tarilayotganini ko'rsatadi.

Ko'tarilish burchagi quyidagicha aniqlanadi:

$$tg\alpha = \frac{P}{\pi \cdot d_2} \quad (2)$$

bu yerda: P – vintning qadami, (mm);

d_2 – o'rta diametr, (mm);

α – ko'tarilish burchagi, grad.

Shundan

$$\alpha = arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) \quad (3)$$

Yuqoridagi (3.3) ifodaga $P=50$ mm va $d_2=66,84$ mm ni qo'yib, ko'tarilish burchagi α ni topib olamiz. Bunda $\alpha=13,5^\circ$ aniqlandi. Qabul qilamiz $\alpha=14^\circ$.

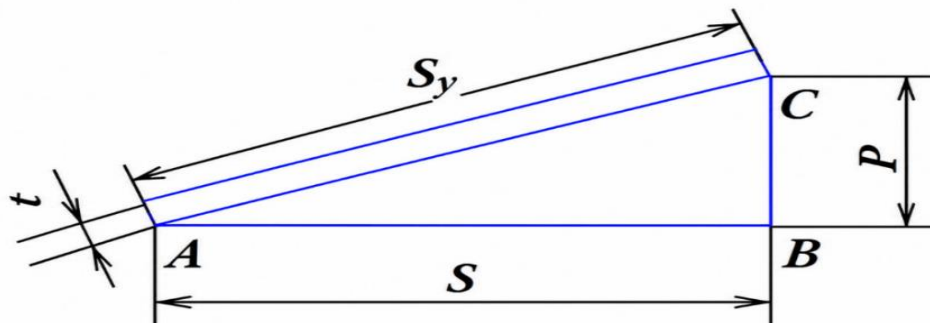
Taklif etilayotgan aralashtirgich qopqog'i, qopqoqning yarim silindrik qismi ichki sirtiga yo'naltirgichlar o'rnatilgan bo'lib, ular xuddi shunday bir o'ram spiralning bir qismini tashkil etadi. Qopqoqning yarim silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan yo'naltirgichlarning vintining ko'tarilish burchagini aniqlashda xuddi shunday to'liq bir o'ram vintning tekislikdagi yoyilmasi shaklidan foydalanamiz. Bunda vint yoyilmasining pastki tomonidan hosil bo'lgan chiziqli to'g'ri burchakli

uchburchakning gipotenuzasi deb qabul qilamiz va shu asosda to'g'ri burchakli uchburchakni chizib olamiz(3-rasm).

Bu yerda vint yoyilmasining pastki tomonidan hosil bo'lgan qiya chiziq- to'g'ri burchakli uchburchakning gipotenuzasi;

aylana uzunligi ($S = \pi \cdot d$)- to'g'ri burchakli uchburchakning asosi;

qadam P - to'g'ri burchakli uchburchakning balandligi deb olamiz.



3-rasm. To'liq bir o'ram spiralning tekislikdagi yoyilmasi

Aralashtirgich qopqog'i yarim silindrik qismi ichki sirtiga o'rnatilgan vint qanotining yarmidan tayyorlangan yo'naltirgichlar qadamini ham to'liq vint qanoti qadamining yarmiga teng deb qabul qilamiz.

Yo'naltirgichning konstruktiv parametrlarini hisoblash.

Vint qanotini tayyorlash uchun zarur bo'ladigan konstruktiv parametrlarini aniqlashni shnek vinti qanotini hisoblash uslubiyotidan foydalanamiz.

Shnek vinti listlardan tayyorlangan shneklarda, to'g'ri halqasimon gelikoid (yoki boshqacha qilib aytganda – vintli konoid) yuzasiga yaqin. Matematik jihatdan gelikoid sirtini to'liq tekislikka yoyib bo'lmaydi. Bu shuni anglatadiki, aksincha – nazariy jihatdan tekis listdan gelikoid vintni olish mumkin emas.

Ishlab chiqarish amaliyotida shnek vintlari metall listlardan tayyorlanib kelinmoqda. Vint tayyorlanadigan listga shakl berish jarayonida nafaqat egiladi, balki cho'ziladi va siqiladi (formovka qilinadi), shu bilan birga, uning boshlang'ich qalinligi ayrim egilgan joylarida qisman o'zgaradi.

Yo'naltirgich vintining yoyilmasini tayyorlashda, ishlab chiqarishda keng qo'llanilib kelinayotgan uslubiyotdan foydalanamiz. U konsentrik halqa sektorining shaklida va barcha formulalar oddiy tarzda chiqarilgan.

Yo'naltirgich vintini (vintining yoyilmasini) tez va qulay hisoblashga yordam beradigan kichik **Excel dasturi** ishlab chiqilgan.

Endi yo'naltirgich vintini ko'rib chiqamiz.

Yo'naltirgich vintining tashqi vint chizig'ining uzunligi (Pifagor teoremasi bo'yicha):

$$L = \sqrt{(\pi D)^2 + t^2} \quad (4)$$

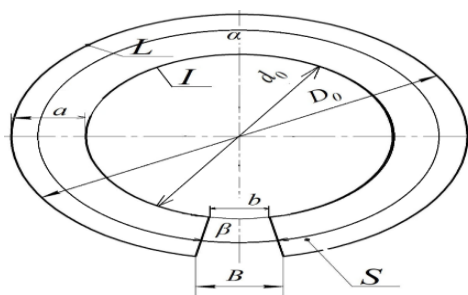
Shunga o'xshash, shnek vintining ichki vint chizig'ining uzunligi:

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + t^2} \quad (5)$$

Yo'naltirgich vintining balandligi:

$$a = \frac{D-d}{2} \quad (6)$$

Endi yo'naltirgich vintining yoyilmasi (razvertka)ni ko'rib chiqamiz.



4-rasm. Yo'naltirgich vintining yoyilmasi sxemasi

Keyingi uchta formula fazoviy vint bilan tekis yoyilma o'rtasidagi bog'liqlikni aks ettiradi.

Vint tayyorlanadigan listning tashqi sirtining uzunligi tashqi vint chizig'i uzunligiga teng bo'lishi kerak(hisoblashlarda burchaklar – radianlarda!):

$$L = \alpha_y \cdot \frac{D_0}{2} \quad (7)$$

Bunda: α_y -yo'naltirgich sektor burchagi, rad;

D_0 - yo'naltirgich vintining yoyilmasi tashqi diametri, mm.

Yuqoridagi (7) formulaga $\alpha_y=6.13$ rad va $D_0=207.47$ mm ni qo'yib vint tayyorlanadigan listning tashqi sirtining uzunligi L ni topib olamiz. Bunda $L=635.89$ mm aniqlandi. Qabul qilamiz 635.91 mm.

Vint tayyorlanadigan listning ichki sirtining uzunligi shnek vintining ichki vint chizig'i uzunligiga teng bo'lishi kerak:

$$l = \alpha_y \cdot \frac{d_0}{2} \quad (8)$$

bunda: d_0 - yo'naltirgich vintining yoyilmasi ichki diametri, mm.

Yuqoridagi (8) formulaga $\alpha_y=6.13$ rad va $d_0=107.5$ mm ni qo'yib vint tayyorlanadigan listning ichki sirtining uzunligi l ni topib olamiz. Bunda $l=329.01$ mm aniqlandi. Qabul qilamiz 329,5 mm.

Vint tayyorlanadigan listning halqa sektor kengligi shnek vintining balandligiga teng bo'lishi kerak:

$$a = \frac{D_0 - d_0}{2} \quad (9)$$

Bunda: $a=49.98$ mm aniqlandi. Qabul qildik $a=50$ mm.

Ifodani (7) dan (8) ni ayirib, (9) bog'liqligi hosil qilamiz va yoyilmaning sektor burchagini ifodalaymiz:

$$L - l = \alpha_y \cdot \frac{D_0 - d_0}{2} = \alpha_y \cdot a$$

$$\alpha_y = \frac{L - l}{a} \quad (10)$$

Bunda: $\alpha_y=6.1274$ rad ekanligi aniqlandi. Qabul qilamiz $\alpha_y=6.13$ rad.

α_y burchagini bilgan holda, (7) va (8) ifodadagi yoyilmaning diametrlarini topamiz:

$$D_0 = 2 \frac{L}{\alpha_y} \quad (11)$$

Bunda: $D_0=207.5$ mm aniqlandi. Qabul qilib oldik $D_0=210$ mm.

$$d_0 = 2 \frac{l}{\alpha_y} \quad (12)$$

Bunda: $d_0=107.52$ aniqlandi. Qabul qilib oldik $d_0=110$ mm.

Yoyilmadagi kesish burchagi:

$$\beta = 2\pi - \alpha_y \quad (13)$$

Bunda: $\alpha_y=6.13$ rad. Hisob kitoblardan $\beta=0.1532$ rad aniqlandi. Qabul qildik $\beta=0.15$ rad.

Yoyilmaning tashqi va ichki diametrlaridagi kesik o'lchamlari:

$$B = D_0 \cdot \sin(\beta/2) \quad (14)$$

$$b = d_0 \cdot \sin(\beta/2) \quad (15)$$

Bunda: $B=15.55$ mm, $b=8.06$ mm ga teng bo'lishi aniqlandi.

Yo'naltirgich tashqi va ichki yoylarini hosil qiluvchi radiuslari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$r_{y.t} = \frac{L}{\alpha_y} \quad (16)$$

$$r_{y.i} = \frac{l}{\alpha_y} \quad (17)$$

Bunda: $L=635,91$ mm, $l=329,5$ mm, $\alpha_y=6,13$ rad. Hisoblar natijasida $r_{y.t}=105$ mm, $r_{y.i}=55$ mm bo'lishi aniqlandi.

Xulosa sifatida, shnek vinti tayyorlanadigan list massasini hisoblaymiz:

$$G = s \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_0^2 - d_0^2}{2\pi} \alpha_y \cdot \rho \quad (18)$$

Bunda: s -yo'naltirgich vintining zagotovka listining qalinligi, mm;

ρ - vint tayyorlanuvchi material zichligi, g/mm³;

Hisob-kitob natijalariga ko'ra $G=565,98$ g bo'lishi aniqlandi.

Quyida Excel dasturida bu sodda algoritm bo'yicha hisoblash natijalari keltirilgan.

1-jadval

Silindr shaklidagi yo'naltirgich vintining listdan yoyilmasini Excel dasturida hisoblash natijalari

Boshlang'ich ma'lumotlar		Belgisi	O'lchov birligi	Qiymati		
				t=50mm	t=100mm	t=150mm
1	Yo'naltirgich tashqi diametri	D	mm	210,0	210,0	210,0
2	Yo'naltirgich ichki diametri	d	mm	110,0	110,0	110,0
3	Yo'naltirgich qadami	t	mm	50,0	100,0	150,0
4	Yo'naltirgich vintining zagotovka listining qalinligi	s	mm	3,0		
5	Tayyorlovchi material zichligi	ρ	g/mm ³	0,007820		
6	Yo'naltirgich vintining tashqi vint chizig'i uzunligi	L	mm	629,98	635,91	645,66
7	Yo'naltirgich vintining ichki vint chizig'i uzunligi	l	mm	317,95	329,54	347,98
8	Yo'naltirgich vintining balandligi	a	mm	50,0		
9	Yoyilmaning sektor burchagi	α_{yh}	rad	6,24	6,13	5,95
			grad	357,7	351,4	341,29
10	Yoyilmaning kesish burchagi	β	rad	0,04	0,15	0,33
			grad	2,29	8,6	18,92
11	Tekis yoyilmaning tashqi diametri	D_0	mm	201,9	207,47	217,0
12	Tekis yoyilmaning ichki diametri	d_0	mm	101,9	107,51	116,97
13	Tashqi diametr bo'yicha kesish o'lchami	B	mm	4,03	15,55	35,66
14	Ichki diametr bo'yicha kesish o'lchami	b	mm	2,04	8,06	19,22
15	Tayyorgarlik massasi	G	g	555,9	565,98	582,89

Berilgan parametrlar bilan vintli konoid vintining (1-jadvalga qarang) massasi bir CAD dasturida modellash natijasiga ko'ra 191 gramm. Excel dasturida hisoblangan vint yoyilmasi massasi esa taxminan 197 gramm. Farq-3 %, yoyilma massasi biroz ko'proq!

Yo'naltirgich vinti tayyorlanadigan listning qalinligi (s) va material zichligi (ρ) faqat massa (G) hisobida qatnashadi, shuning uchun faqat geometrik o'lchamlarni hisoblashda bu qiymatlar kiritilgan.

Qopqoqning yarim silindrik qismining ichki sirtiga joylashtirilgan yo'naltirgichlarning aralashtirgich ish unumi va energiya sarfiga ta'sirini aniqlash

Shnekli ishchi organli uzluksiz ishlaydigan aralashtirgich uchun ish unumini umumiy holda quyidagi ifoda bo'yicha aniqlash tavsiya etilgan.

$$Q = 3,6 A \gamma \varphi_H V_n, \quad (19)$$

bunda A – aralashtirish kamerasining kundalang kesimi yuzasi, m^2 ;

γ – ozuqa aralashmasining hajmiy zichligi, kg/m^3 ;

φ_H – to'ldirilish koeffitsiyenti;

V_n – massaning o'qiy tezligi, m/s .

Aralashma shnek g'ilofini hosil qiluvchi yo'naltiruvchida shnekning aylanma harakati natijasida gayka singari ilgarilanma harakat qilgandagina bu formula to'g'ri bo'lishi mumkin.

Biz taklif qilayotgan takomillashgan qopqoqli aralashtirgichning konstruktiv xususiyatlari ozuqa massaning o'qiy tezligi va ish unumining aniqlanishida bir qancha o'zgartirishlar kiritilishini talab qiladi. Chunki, taklif qilingan aralashtirgichda ikki kirimli shnek asosiy ishchi organ bo'lib, uning har bir qadamidan keyin bir qadam kengligida uzilish va yuqori qismida bo'shliq mavjud. Bundan tashqari qopqoq qavariqligi yuqoriga chiqqan yarim silindrik qismli bo'lib, uning ichki sirtiga yo'naltirgichlar joylashtirilgan.

Bunda aralashish texnologik jarayonining bajarilishiga ishchi organ, uning yuqori qismidagi bo'shliq va qopqoqning qavariqligi yuqoriga chiqqan yarim silindrik qismli hamda uning ichki sirtiga joylashtirilgan yo'naltirgichlar bevosita ishtirok etadi va aralashtirgichning texnik-iqtisodiy hamda sifat ko'rsatkichlariga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Shnekdan uloqtirilgan ozuqa massasi qopqoqqa yetib borganda uning yarim silindrik qismining ichki sirtida va unda joylashtirilgan yo'naltirgichlar ta'sirida o'z harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Natijada, aralashtirgichning ozuqa massasi bilan to'ldirilish koeffitsiyenti ortadi, ozuqa massasining aralashtirish kamerasida bo'lish vaqti oshadi va natijada aralashma sifatining ortishiga olib keladi.

Ozuqa massasi aralashtirgich kamerasida shnekli ishchi organ, uning yuqori qismidagi bo'shliq va qopqoqning yarim silindrik qismi hamda uning ichki sirtida joylashtirilgan yo'naltirgichlar ta'sirida bir qancha murakkab harakatlarni amalga oshiradi. Shnekdagi ilgarilanma va aylanma harakati bilan birga yuqoriga uloqtirilganda va qopqoq ta'siridan chiqqandan keyingi bo'shliqdagi, qopqoqning yarim silindrik qismi hamda uning ichki sirtida joylashtirilgan yo'naltirgichlar ta'sirida hosil bo'ladigan harakat traektoriyasi uning bosib o'tadigan yo'lini o'zgartiradi. Bunda ozuqa massasining o'qiy tezligi V_n ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$V_n = \frac{S}{T}, \quad (20)$$

bunda T – ozuqa massasining shnek bitta qadamini bosib o'tishi uchun talab qilingan umumiy vaqt, s .

Aralashtirgichning ish unumi (19) ifodaga (20) ifoda bo'yicha V_n ning qiymatini qo'yib olamiz

$$Q = 3,6 A \gamma \varphi_H \frac{S}{T}, \quad (21)$$

$$\left(\begin{aligned} & \frac{Q = 3,6 A \gamma \varphi_H S /}{\omega r \sin \alpha_v \sin \beta_0} + \frac{1}{g} \left(\omega r - \sqrt{\omega^2 r^2 - 2gH} \right) + \\ & + \frac{-v_1 + \sqrt{v_1^2 + 2g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \pi \sqrt{r^2 + \left(\frac{S}{2\pi}\right)^2}}}{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)} + \\ & + \frac{1}{g} \left(\omega_0 \cdot r + \sqrt{\frac{gH}{4 \cos 2\alpha}} - \omega_0 \cdot r \cdot \cos \alpha \pm \sqrt{\omega_0^2 r^2 \cos \alpha + 2gH} \right) + \\ & + \frac{\pi - 2 \arctg \frac{H}{r}}{\omega} + \frac{2\pi}{Z\omega} \end{aligned} \right) \quad (22)$$

bunda A – aralashtirish kamerasining ko'ndalang kesimi yuzasi, m^2 ;

γ – ozuqa aralashmasining hajmiy zichligi, kg/m^3 ;

φ_H – to‘ldirilish koeffitsiyenti;

S – shnek o‘rami qadami, mm;

ω – shnekning burchak tezligi, rad/s;

r – shnek radiusi, m;

α – shnek vinsimon chizig‘ining ko‘tarilish burchagi, grad;

β_0 – tezlik vektorlari V_0 va V_{per} orasidagi burchak, grad;

H – qaytaruvchi ishchi sirtning shnek o‘qidan balandligi, m;

Z – shnek kirimi soni;

r_I – qopqoq yarim silindrik qismini tashkil etuvchisining radiusi, m;

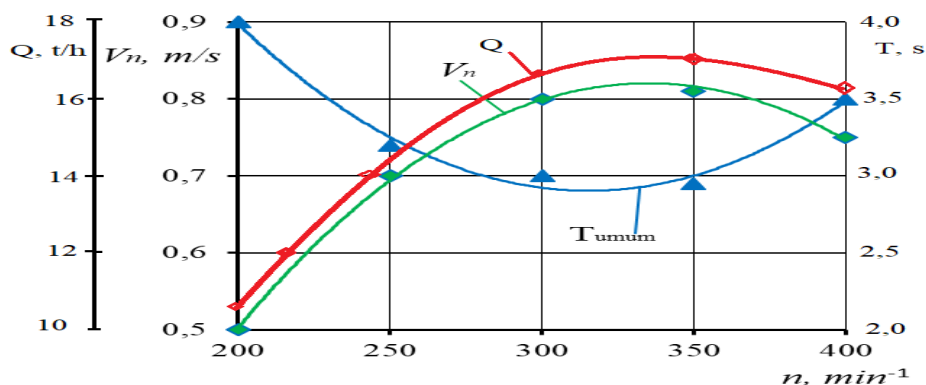
φ – qopqoq yarim silindrik yoyini hosil qiluvchi burchagi, grad;

α_0 – qopqoq yarim silindrik yoyi va gorizontal orasidagi burchak, grad.

Adabiyotlarda keltirilgan ma‘lumotlar va o‘tkazilgan tadqiqotlarimiz asosida $H = 0,35$ m, $\alpha_v = 19^\circ$, $\beta_0 = 51^\circ$, $r = 0,2$ m, $S = 0,4$ m, $Z = 2$, $r_I = 0,1$ m, $\varphi = 153^\circ$, $\alpha_0 = 27^\circ$, $\omega = 33,49$ s⁻¹, $\varphi_H = 0,15$, $A = 0,13$ m² va $L = 2$ m deb qabul qilinib, ifodalar bo‘yicha o‘tkazilgan hisoblar va qurilgan grafik tahlillari ozuqalarning hajmiy massasi $\gamma = 120-600$ kg/m³ oralig‘ida aralashtirgichning nazariy ish unumi 1,944-6,667 kg/s tashkil etishini ko‘rsatdi.

Aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo‘lish vaqti, o‘qiy tezligi va aralashtirgich ish unumining shnek aylanish chastotasiga bog‘liqlik grafigini tahlil qilib chiqamiz (5-rasm).

Shnekning aylanish chastotasi $n = 200$ ayl/min dan $n = 320$ ayl/min gacha o‘zgartirib borilganda, ozuqa massasining aralashtirish kamerasidagi ilgarilanma harakati tezligi va aralashtirgich ish unumi ham shunga mos holda ortib borgan, aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo‘lish vaqti esa mos holda kamayib borganini ko‘rish mumkin. Shnekning aylanish chastotasini yanada oshirilib $n = 350-400$ ayl/min ga yetkazilganda ozuqa massasining aralashtirish kamerasidagi ilgarilanma harakati tezligi va aralashtirgich ish unumi ham kamayishini, aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo‘lish vaqti esa orta boshlaganini ko‘rish mumkin. Demak, shnek aylanish chastotasining eng maqbul qiymati qilib $n = 320$ ayl/min qabul qilamiz. Bunda aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo‘lish vaqti $T_{umum} = 2,91$ s, o‘qiy tezligi $V_n = 0,687$ m/s va aralashtirgich ish unumi $Q = 14$ t/h ni tashkil qilishi aniqlandi.



5-rasm. Aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo‘lish vaqti, o‘qiy tezligi va aralashtirgich ish unumining shnek aylanish chastotasiga bog‘liqlik grafiglari.

Aralashtirgich kuch uzatmasiga talab qilinayotgan quvvat quyidagicha aniqlanadi.

$$N = N_{salt} + N_{t,j} \quad (23)$$

bunda N_{salt} – shnekning salt aylanishiga talab qilinayotgan quvvat, kVt;

$N_{t,j}$ – texnologik jarayonni bajarishga talab qilinayotgan quvvat, kVt.

$$N_{t,j} = 3,6 \cdot 10^{-3} kQL \cdot g \quad (24)$$

Bunda, k – ozuqa aralashmasini shnek korpusi ichki sirtida harakatlanishidagi

qarshiligini hisobga oluvchi koeffitsiyent; L – aralashtirgich uzunligi, m; Q – ish unumi,

t/h;

(24) ifodaga $Q=7-24$ t/h, $k=0.9$, $L=2$ m va $g=9,8$ m/s² qo'yib, texnologik jarayonning bajarilishi uchun kuch uzatmasi talab qilayotgan quvvat $N_{t,j}=0,12-0,18$ kVt oralig'ida bo'lishi lozimligini aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022–2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF–60-sonli Farmoni.
2. Брагинес С.В., Хлистунов В.Ф., Бахчевников О.Н., Алфёров А.С., Чернуский М.В. Исследования процесса смешивания компонентов кормов в горизонтальном смесителе. Эжеквартальный научно-практический журнал. Проблемы развития АПК региона №3 (27), 2016. С. 110-113.
3. Eshdavlatov E.U. Ozuqalar aralashmasini oqimli usulda tayyorlaydigan resurstejamkor texnik vositalarni ishlab chiqishning ilmiy-texnik yechimlari. – Avtoref. Diss. texnika fanlari doktori (DSc) ilmiy darajasini olish uchun. –Qarshi, 2024. -24 b.
4. Qarshiyev F. U. Kichik chorvachilik xo'jaliklari uchun ozuqalarni tayyorlash va tarqatish texnika vositalarining ilmiy-texnik yechimlari. – Avtoref. Diss. texnika fanlari doktori (DSc) ilmiy darajasini olish uchun. –Qarshi, 2022. -24 b.
5. Xudoynazarov D.X. Oilaviy chorvachilik xo'jaliklari uchun ozuqalarni tarqatish qurilmasining parametr va ish rejimlarini asoslash. – Avtoref. Diss. texnika fanlari doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun. –Qarshi, 2023. -16 b.
6. Mamatov F.M., Eshdavlatov E.U., Suyunov A.A. The Shape of the Mixing Chamber of the Continuous Mixer // Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 12, 07-Special Issue, 2020. DOI:
7. Mamatov F.M., Eshdavlatov E.U., Suyunov A.A. Continuous Feed Mixer Performance // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems (JARDCS). – Volume-12, 07-Special Issue, 2020. DOI:10.5373/JARDCS/V12SP7/20202343. ISSN 1943-023X.
8. Eshdavlatov E.U., Hamroyev O.J., Eshdavlatov A.E. Uzluksiz ta'sirli aralashtirgichlarning aralashtirish kamerasi tahlili. Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti Professor-o'qituvchilarning ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami. Qarshi-2012. Bet. 217-219
9. Eshdavlatov E.U., Suyunov A.A. Takomillashgan ozuqa aralashtirgich qopqog'i parametrlarini asoslash. «AGRO ILM». 4-son(102) 2024-yil, 73-75 b. ISSN 2091-5616. www.qxjurnal.uz
10. <https://www.fao.org/faostat/ru>
11. Chorvachilik asoslari. I. Maqsudov, J. Jo'rayev, SH. Amirov. O'quv qo'llanma. – Samarqand.: "Zarafshon" nashriyoti DK, 2013.
12. Смеситель горизонтальный одновалный лопастной <https://xn7sbi4aadnjoecmhmg9juc.xn-p1ai/product/смеситель-горизонтальный-лопастной/>.
13. Смеситель непрерывного действия Forberg® <https://www.forberg-international.com/product/forberg-continuous-mixer-2/>.

O'ZBEKISTONDA ENERGETIKA SOHASINING RIVOJLANISHI: AN'ANAVIY VA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINING TARIXIY TAHLILI (1991–2026-YILLAR)

Muminova Gavhar Esanovna

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Tarix instituti, bosh ilmiy xodim, Toshkent,
O'zbekiston, e-mail: conniggulden42@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekistonda energetika sohasining 1991–2026-yillardagi rivojlanish jarayoni tahlil qilinadi. Tadqiqotda tabiiy gaz, ko'mir, issiqlik va gidroenergetika, shuningdek, quyosh, shamol va atom energetikasining rivojlanish xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Energetika tizimidagi o'zgarishlar 1991–2016 va 2017–2026-yillar davrlariga ajratilib, an'anaviy

energiya manbalaridan foydalanish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish jarayonlari qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari mamlakat energetika tizimida energiya manbalarini diversifikatsiya qilish jarayoni kuchayganini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: energetika, tabiiy gaz, ko'mir, issiqlik energetikasi, gidroenergetika, quyosh energetikasi, shamol energetikasi, atom energetikasi, qayta tiklanuvchi energiya, O'zbekiston.

Аннотация. В данной статье анализируется развитие энергетического сектора Узбекистана в период 1991–2026 гг. Рассматриваются особенности развития газовой, угольной, тепловой и гидроэнергетики, а также солнечной, ветровой и атомной энергетики. Изменения в энергетической системе разделены на периоды 1991–2016 и 2017–2026 гг., а также сравнительно анализируются процессы использования традиционных источников энергии и развития возобновляемых источников энергии. Результаты исследования показывают, что процесс диверсификации источников энергии в энергетической системе страны усилился.

Ключевые слова: энергетика, природный газ, уголь, тепловая энергия, гидроэнергетика, солнечная энергия, ветровая энергия, атомная энергия, возобновляемая энергия, Узбекистан.

Abstract. This article analyzes the development of Uzbekistan's energy sector during 1991–2026. It examines natural gas, coal, thermal and hydropower, as well as solar, wind and nuclear energy. The development of the energy system is divided into two periods: 1991–2016 and 2017–2026. Particular attention is paid to changes in the energy structure and the expansion of different energy sources. The findings indicate a growing process of energy resource diversification and the development of renewable energy in Uzbekistan.

Keywords: energy sector, natural gas, coal, thermal power, hydropower, solar energy, wind energy, nuclear energy, renewable energy, Uzbekistan.

Kirish. Energetika mamlakat iqtisodiyotining barqaror faoliyatini ta'minlovchi muhim tarmoqlardan biridir. Uning tarkibiga tabiiy gaz, ko'mir, elektr va issiqlik energetikasi, gidroenergetika, shuningdek, qayta tiklanuvchi va atom energetikasi kiradi.

O'zbekiston mustaqillikka erishgandan keyin energetika tizimini saqlash va modernizatsiya qilish, energiya ta'minotining barqarorligini ta'minlashga e'tibor qaratildi. 1991–2016-yillarda tabiiy gaz, ko'mir, issiqlik va gidroenergetika asosiy yo'nalishlarni tashkil etgan bo'lsa, 2017-yildan keyingi davrda quyosh, shamol va atom energetikasini rivojlantirishga ham e'tibor kuchaydi.

Shu sababli energetika sohasining 1991–2026-yillardagi rivojlanishini tarixiy izchillikda o'rganish va energiya manbalari tarkibidagi o'zgarishlarni aniqlash muhim ilmiy masalalardan biridir.

Materiallar va usullar. Tadqiqotning manbaviy asosini energetika sohasi bo'yicha statistik ma'lumotlar, ilmiy maqolalar, normativ-huquqiy hujjatlar hamda ochiq elektron manbalar tashkil etadi. Tadqiqotda tabiiy gaz, ko'mir, issiqlik, gidro, quyosh, shamol va atom energetikasiga oid materiallardan foydalanildi.

Tadqiqotda tarixiy-xronologik, qiyosiy-tarixiy, statistik, tizimli tahlil va davrlashtirish usullari qo'llanildi. 1991–2016 va 2017–2026-yillar energetika sohasidagi asosiy o'zgarishlarni qiyosiy o'rganish uchun asosiy davrlar sifatida belgilandi. Ayrim tarmoqlar bo'yicha ichki bosqichlar ham ajratildi. Masalan, ko'mir sanoati 1991–2000, 2001–2016 va 2017–2026-yillar bosqichlariga bo'lindi.

Natijalar va muhokama. Energetika[1] va yoqilg'i ishlab chiqarish keng tushuncha bo'lib, uning tarkibiga gaz, neft va ko'mir sanoati, elektr, issiqlik va gidroenergetika, shuningdek, qayta tiklanuvchi va atom energetikasi kiradi. Energetika energiyani ishlab chiqarish, bir shakldan boshqasiga aylantirish va iste'molchilarga yetkazib berish jarayonlarini qamrab olib, sanoat, transport, qishloq xo'jaligi va boshqa tarmoqlarni energiya bilan ta'minlaydi. Energiya manbalariga ko'ra energetika an'anaviy va qayta tiklanuvchi yo'nalishlarga ajratiladi. An'anaviy energetikada ko'mir, neft va tabiiy gazdan foydalanib issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqariladi, gidroenergetikada suv oqimlari energiyasidan, atom energetikasida esa yadro parchalanishidan ajralib chiqadigan issiqlikdan foydalaniladi. Qayta tiklanuvchi energetika esa tabiiy ravishda qayta hosil bo'ladigan manbalarga asoslanib, quyosh, shamol va geotermik energetikani qamrab oladi[2].

Tabiiy gaz sanoatini o'rganishda uning O'zbekiston yoqilg'i-energetika majmuasidagi o'rni, aholi va sanoatni ta'minlashdagi ahamiyati, shuningdek, ichki va tashqi bozordagi harakati muhimdir. Shu nuqtai nazardan, 1991–2016 va 2017–2026 yillarda gaz qazib olish, qayta ishlash, ichki bozorga yetkazib berish va eksport qilishdagi o'zgarishlarni qiyosiy o'rganish soha rivojlanishini yaxshiroq yoritish imkonini beradi. 1990-yillarda O'zbekiston neft va gaz sanoatini rivojlantirish maqsadida yapon kompaniyalari va banklari bilan hamkorlik o'rnatdi. Ko'kdumaloq konidagi kompressor stansiyasi loyihasi 1997-yil iyulda ishga tushirildi va uning qiymati 163 million dollardan ortiq bo'ldi. Keyingi yirik loyiha 1997-yil 22-avgustda ishga tushirilgan Buxoro neftni qayta ishlash zavodi bo'lib, uning yillik qayta ishlash quvvati 2,5 million tonna gaz kondensati edi.[17]. Mustaqillikdan keyin tabiiy gaz O'zbekiston yoqilg'i-energetika tizimining asosiy manbalaridan biri bo'lib qoldi. Gaz tarmoqlariga noqonuniy ulanishlarni o'z vaqtida aniqlamagan gaz ta'minoti korxonalari xodimlariga ham chora ko'rildi. Jami 33 nafar xodimga hayfsan berildi, 17 nafarining ish haqidano chegirma qilindi, 1 nafari lavozimidan ozod etildi va 6 nafari ogohlantirildi[18]. 2015 yil 5 maydagi qaror va 2016 yilda belgilangan yoqilg'i-energetika resurslarini tejash bo'yicha vazifalar asosida gazdan foydalanishni kamaytirish choralari amalga oshirildi. Natijada 22,4 million kub metr tabiiy gaz tejaldi[19].

1991–2026 yillarda gaz qazib olingan xomashyoni qayta ishlash va undan tayyor mahsulotlar olishga yo'naltirilgan korxonalar rivojlandi. Tabiiy gaz aholi va sanoat ehtiyojlarini ta'minlash bilan birga, ayrim gaz mahsulotlarini tashqi bozorga chiqarishda ham qo'llanildi. Tabiiy gaz asosan metandan tashkil topgan uglevodorodli gaz bo'lib, uning tarkibida etan, propan, butan va boshqa moddalar ham uchraydi. U yer ostidagi g'ovak tog' jinslari orasida joylashgan bo'lib, qazib olinadi, qayta ishlanadi va iste'molchilarga yetkazib beriladi[3]. 2017–2026 yillarda tabiiy gaz sanoatida yangi o'zgarishlar kuzatildi. Gaz qazib olish hajmi bosqichma-bosqich kamaygani holda, uni xomashyo sifatida eksport qilishdan ko'ra qayta ishlab, kimyoviy mahsulotlar shaklida ichki va tashqi bozorga chiqarishga e'tibor kuchaydi. Ichki talabning ortishi esa gaz ta'minotida tashqi manbalardan foydalanish zaruratini yuzaga keltirdi.

Shu davrda olib borilgan geologik-qidiruv ishlari natijasida 2017–2019 yillarda 16 ta neft va gaz koni aniqlandi. Ularning 4 tasi Ustyurt, 2 tasi Farg'ona va 10 tasi Buxoro–Xiva mintaqalarida joylashgan bo'lib, ishlar yangi zaxiralarni aniqlash va ichki bozor uchun xomashyo bazasini kengaytirishga qaratildi[3]. Umuman, 2010 yilga nisbatan 2025 yilda tabiiy gaz iste'moli qariyb 11 foizga kamaygan. Biroq ayrim yillarda ichki talabning qayta o'sishi gaz ta'minoti hajmiga ta'sir ko'rsatgan. Shu bois gaz qazib olish hajmi kamaygan sharoitda ichki bozor talabini ta'minlash, gaz taqsimotini takomillashtirish va resurslardan samarali foydalanish masalalari dolzarb bo'lib qolmoqda. Bu jarayon energetika balansida muqobil energiya manbalarining rolini oshirish zaruratini ham ko'rsatadi[4].

Ko'mir sanoati. Ko'mir sanoati O'zbekiston energetika tizimining asosiy yoqilg'i manbalaridan biridir. 1991–2026-yillarda ushbu sohada qazib olish hajmi, boshqaruv tizimi va texnik jihozlash bo'yicha o'zgarishlar yuz berdi. Mahalliy ko'mir tabiiy gazdan foydalanishni qisman kamaytirish, issiqlik elektr stansiyalarini yoqilg'i bilan ta'minlash hamda aholi va ijtimoiy soha ehtiyojlarini qoplashda qo'llanildi. Ko'mir sanoati rivojini shartli ravishda uch bosqichga ajratish mumkin. Birinchi bosqich — 1991–2000-yillar. Bu davrda energetika ta'minotida tabiiy gazdan keng foydalanilgani sababli ko'mirga bo'lgan talab va qazib olish hajmi qisqardi. Ikkinchi bosqich — 2001–2016-yillar. Ushbu davrda ko'mir sanoatini boshqarish tizimi o'zgartirilib, "O'zbekko'mir" tashkil etildi. Mavjud konlarni modernizatsiya qilish va mahalliy ko'mirdan foydalanadigan yangi energiya quvvatlarini ishga tushirish bo'yicha ishlar olib borildi. Uchinchi bosqich — 2017–2026-yillar. Gaz qazib olish hajmining kamayishi va ichki ehtiyojning ortishi ko'mirga bo'lgan talabni oshirdi. Ko'mir issiqlik elektr stansiyalaridan tashqari, maktab, shifoxona va aholi xonadonlarini isitishda, shuningdek, metallurgiya va kimyo sanoatida xomashyo sifatida foydalanildi. Ko'mirning ichki bozordagi o'rni bilan birga, jahon energetikasidagi ahamiyati ham saqlanib qolmoqda. Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga e'tibor kuchayishiga qaramay, ayrim mamlakatlarda energiyaga bo'lgan talabni ta'minlashda ko'mirdan foydalanish davom etmoqda[5]. 2017–2026-yillarda O'zbekiston ko'mir sanoatida qazib olish, boshqaruv va ichki bozorga yetkazib berish tizimida ham o'zgarishlar yuz berdi. 2017-yilda 4 mln tonnani tashkil etgan ko'mir qazib olish hajmi keyingi yillarda 5 mln tonnadan oshdi.

2019-yilda “O‘zbekko‘mir” AJni boshqarish “Central Asia Energy” MChJga berildi. Shu davrda ayrim issiqlik elektr markazlarini boshqarish ham ishonchli boshqaruv asosida tashkil etilib, ichki yoqilg‘i ta‘minotini diversifikatsiya qilishga e‘tibor qaratildi. Ko‘mir qazib olish va yetkazib berish asosan Angren qo‘ng‘ir ko‘mir koni hamda Sharg‘un va Boysun toshko‘mir konlari orqali amalga oshirildi. 2022-yilda “O‘zbekko‘mir” AJ tarkibida 11 ta korxona faoliyat yuritgan. 2019-yilda 4,1 mln tonna ko‘mir qazib olingan bo‘lsa, 2022-yilda bu ko‘rsatkich 5,4 mln tonnaga yetdi. Qazib olingan ko‘mirning asosiy qismi ichki energetika ehtiyojlarini ta‘minlashga yo‘naltirildi. 2023-yilgacha xo‘jalik subyektlari va aholining yillik ko‘mir ehtiyoji taxminan 6 mln tonnani tashkil etgan. Shundan 4 mln tonnasi mahalliy qazib olish, qariyb 2 mln tonnasi esa import hisobidan qoplangan. Ko‘mir importi ham ichki talabni ta‘minlashda muhim o‘rin tutdi: 2019-yilda 706,8 ming tonna, 2020-yilda qariyb 3 mln tonna, 2021-yilda 2,2 mln tonna va 2022-yilda taxminan 2,4 mln tonna ko‘mir import qilindi. Keltirilgan ma‘lumotlar mahalliy ko‘mir qazib olish hajmi mamlakat ehtiyojini to‘liq qoplamaganini va ichki bozorda importning ham sezilarli o‘rin tutganini ko‘rsatadi[6]. Ko‘mir asosan Qozog‘istondan ishlab chiqarish ehtiyojlari, Qirg‘izistondan esa aholi ehtiyojlari uchun yetkazib berilgan.

Issiqlik va gidroenergetika. 1991–2026-yillarda O‘zbekiston elektr energetikasi tizimi sezilarli o‘zgarish va islohotlar bosqichini boshdan kechirdi. Mustaqillikning dastlabki yillarida asosiy vazifa sobiq ittifoq davridan qolgan yagona elektr tarmog‘ini saqlab qolish bo‘lgan bo‘lsa, keyinchalik mustaqil va zamonaviy elektr energetika tizimini shakllantirishga e‘tibor qaratildi.

Issiqlik energetikasi. 1991–2016-yillar O‘zbekiston issiqlik energetikasi uchun mavjud tizimni saqlab qolish va bosqichma-bosqich modernizatsiya qilish davri bo‘ldi. Bu yillarda mamlakatda ishlab chiqarilgan elektr energiyasining 85–90 foizi issiqlik elektr stansiyalari (IES) hissasiga to‘g‘ri kelib, ular milliy iqtisodiyotning barqaror elektr ta‘minotida asosiy o‘rin egalladi. “Issiqlik elektr stansiyalari” AJ tarkibida issiqlik elektr stansiyalari, issiqlik elektr markazlari hamda ta‘mirlash va servis korxonalari faoliyat yuritgan. IESlar tarkibiga Sirdaryo, Toshkent, Navoiy, Tolimarjon, Taxiatosh va 2019-yilda ishga tushirilgan To‘raqo‘rg‘on IESlari kirgan. Issiqlik elektr markazlari tarkibida esa Farg‘ona, Muborak va Toshkent IEMlari faoliyat yuritgan. Ushbu markazlarda elektr energiyasi bilan bir qatorda issiqlik energiyasi ham ishlab chiqarilgan. Shuningdek, energetika obyektlarini ta‘mirlash, sozlash va texnik xizmat ko‘rsatishga ixtisoslashgan servis korxonalari ham faoliyat yuritgan[7].

Issiqlik energetikasida keyingi yillarda quvvatlarning o‘sishi kuzatildi. 2010–2025-yillarda IES va IEMlarning umumiy o‘rnatilgan quvvati 10,8 ming MVtdan 18,3 ming MVtgacha oshib, qariyb 70 foizga ko‘paydi. 2019-yilda bu ko‘rsatkich 14,0 ming MVt, 2023-yilda 16,3 ming MVtni tashkil etdi. Ayniqsa, 2016-yildan keyin quvvatlarning o‘sish sur‘ati tezlashdi. Ushbu o‘shish elektr energiyasi taklifini kengaytirish va ichki bozorda ortib borayotgan talabni ta‘minlashga xizmat qildi[8].

Gidroenergetika. 1991–2016-yillarda gidroenergetika O‘zbekiston milliy energetika tizimining muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, elektr ta‘minoti barqarorligini ta‘minlashda muayyan rol o‘ynadi. GESlar mamlakatda ishlab chiqarilgan elektr energiyasining taxminan 10–15 foizini ta‘minlagan. Shuningdek, ularning quvvatini talabga qarab tezkor boshqarish imkoniyati elektr tizimidagi yuklamani muvozanatlashda muhim ahamiyat kasb etdi. 1991-yilda O‘zbekistonda 28–32 ta gidroelektr stansiyasi faoliyat yuritgan bo‘lib, kaskadlar tarkibidagi kichik bloklar bilan birga ularning soni qariyb 30 tani tashkil etgan[9]. 1990-yillarda suv resurslarining energetik salohiyatidan kengroq foydalanish bo‘yicha dasturlar ishlab chiqildi. Jumladan, 1995-yilda kichik gidroenergetikani rivojlantirishga qaratilgan hukumat qarori qabul qilinib, tegishli dastur tasdiqlandi[10]. Umuman, 1991–2016-yillarda gidroenergetikada asosiy e‘tibor mavjud quvvatlarni saqlash, GESlarni ta‘mirlash va ularning ishonchli ishlashini ta‘minlashga qaratildi. Shu sababli bu davrni keskin kengayishdan ko‘ra, mavjud imkoniyatlarni saqlash va bosqichma-bosqich rivojlantirish davri sifatida baholash mumkin.

Gidroenergetikaning keyingi rivojlanishi. Gidroenergetikada keyingi yillarda ishlab chiqarish hajmining o‘sishi kuzatildi. 2024-yilda O‘zbekiston GESlari ilk bor 8,2 milliard kVt-soat elektr energiyasi ishlab chiqardi. Bu 2023-yildagi 6,83 milliard kVt-soatga nisbatan qariyb 20 foiz ko‘p bo‘lib, gidroenergetikaning elektr ta‘minotidagi ahamiyati ortib borayotganini ko‘rsatadi[11].

Quyosh energetikasi. O'zbekiston energetika tizimida issiqlik elektr stansiyalari ustun bo'lib, ularda yoqilg'i sifatida 85 foiz tabiiy gaz, 8 foiz og'ir neft mahsulotlari va 7 foiz ko'mir ishlatiladi. Mamlakatda quyosh radiatsiyasi yuqori bo'lib, yillik to'g'ridan-to'g'ri normal quyosh nurlanishi (DNI) 1,9–2,1 MVt·soat/m²·yil oralig'ida baholanadi. Bu ko'rsatkichlar quyosh elektr stansiyalarini rivojlantirish uchun qulay sharoit mavjudligini ko'rsatadi[12]. 1991–2016-yillarda quyosh energetikasi asosan ilmiy tadqiqotlar va kichik qurilmalar bilan cheklangan. Elektr tarmog'iga yirik hajmda quyosh energiyasi yetkazib beruvchi stansiyalar mavjud bo'lmagani sababli, tarmoqqa uzatilgan quyosh elektr energiyasi xalqaro statistikada 0 TVt·soat sifatida qayd etilgan[13]. Katta Quyosh pechi va boshqa kichik qurilmalar esa asosan ilmiy tadqiqotlar hamda alohida obyektlar ehtiyojiga xizmat qilgan. 2017–2026-yillar quyosh energetikasining jadal rivojlanish davriga aylandi. Shu davrda avvalgi ilmiy izlanishlar va loyihalar amaliy natijalarga aylana boshladi, quyosh elektr stansiyalari qurilishi kengaydi, yirik loyihalarga xorijiy investitsiyalar jalb qilindi va qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanish hajmi oshdi.

Shamol energetikasi

O'zbekistonda shamol energetikasining rivojlanishini shartli ravishda ikki davrga ajratish mumkin: 1991–2016-yillar — o'rganish va tajriba bosqichi; 2017–2026-yillar — amaliy joriy etish va yirik elektr stansiyalarini barpo etish bosqichi. 1991–2016-yillarda shamol energetikasi asosan ilmiy-tadqiqot va tajriba-sinov ishlari doirasida rivojlandi. Energetika tizimi tabiiy gaz, ko'mir va gidroenergetikaga tayangan bo'lsa-da, muqobil energiya manbalarining imkoniyatlarini o'rganishga ham e'tibor qaratildi[14]. 2017–2026-yillarda esa shamol energetikasi tajriba bosqichidan sanoat miqyosida elektr energiyasi ishlab chiqarish bosqichiga o'tdi. Dastlab huquqiy va tashkiliy asoslar, texnik hisob-kitoblar hamda shamol salohiyatini o'rganish ishlari olib borilgan bo'lsa, keyinchalik yirik shamol elektr stansiyalari qurildi va foydalanishga topshirildi. Xorijiy investitsiyalar va xalqaro hamkorlikning kengayishi natijasida shamol energetikasining ishlab chiqarish quvvati ham oshdi.

Yadro energetikasi

Yadro energetikasi zamonaviy energetika va texnologiyaning muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, uning texnologiyalari energetika bilan bir qatorda tibbiyot, sanoat, qishloq xo'jaligi va boshqa sohalarda ham qo'llaniladi. O'zbekistonda atom energetikasini rivojlantirish masalasi 2017-yildan boshlab davlat siyosatining muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi. 2018-yil 7-sentabrda O'zbekiston va Rossiya hukumatlari o'rtasida O'zbekistonda atom elektr stansiyasini qurish sohasidagi hamkorlik to'g'risida bitim imzolandi. Mazkur kelishuv mamlakatda atom energetikasini rivojlantirish bo'yicha amaliy ishlarning boshlanishiga asos bo'ldi. Shu bilan birga, bu jarayonda yadro fizikasi sohasidagi olim va mutaxassislarning ilmiy salohiyatidan foydalanish ko'zda tutilgan[15]. Atom energetikasini rivojlantirish ishlari keyingi yillarda ham davom etdi. 2026-yil avgustida bildirilgan ma'lumotlarga ko'ra, O'zbekistonda ikkinchi atom elektr stansiyasini qurish bo'yicha tayyorgarlik ishlari olib borilmoqda. Hozircha uning aniq joylashuvi va quvvati to'liq belgilanmagan[16].

Xulosa. O'rganish natijalari O'zbekiston energetika tizimi 1991–2026-yillarda bosqichma-bosqich rivojlanganini ko'rsatadi. Dastlab energetika asosan tabiiy gaz, ko'mir, issiqlik va gidroenergetikaga tayangan bo'lsa, 2017-yildan keyin energiya manbalarini diversifikatsiya qilishga e'tibor kuchaydi. Bu davrda elektr energetikasi quvvatlari oshdi, ko'mir qazib olish va importi o'zgardi, quyosh va shamol energetikasi bo'yicha yirik loyihalar amalga oshirildi. Gidroenergetikada ham ishlab chiqarish hajmi ortib, 2024-yilda GESlar 8,2 milliard kVt·soat elektr energiyasi ishlab chiqardi. Umuman, 1991–2026-yillarda an'anaviy energiya manbalari yetakchi o'rinni saqlab qolgan bo'lsa-da, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining energetika tizimidagi ulushi va ahamiyati kengayib bordi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. “Энергетика” атамаси юнонча “energeia” сўздан келиб чиққан бўлиб, “фаолият”, “ҳаракат” ва “қувват” маъноларини англатади.
2. https://google.com/goto?url=CAESXgHrOzAVtbHqoYZ8uZGdSr7hUNAqh-IEtNiCSY7qsIJnEKH2hFFKhsqyhSsDTNQVALHgAYckr5qiYyXmRd9ioffsvlIXZX71FOgeN8oUEM_MXZkZwO33RSO55e3_8U

3. Қаландарова Д.Д., Хўжақулова Д.Ж., Нуриддинов Р.М. Ўзбекистонда табиий газдан фойдаланиш муаммолари ва истиқболлари // Амалий ва тиббиёт фанлари илмий журнали. Махсус сон: “Экология ва экологик таълим муаммолари”. – Б. 247.
4. Ўзбекистон Республикаси Миллий статистика қўмитаси статистик маълумотлари. https://api.siat.stat.uz/media/uploads/sdmx/sdmx_data_2681.pdf.
5. Душаев Н. От сырья — к эффективной энергии: устойчивое будущее угля // Глобус: геология и бизнес. – 2026. – № 2 (91). – С. 128.
6. Воронин С.А., Мусабеков Д.Х., Арзуманян С.Ю. и др. Развитие угольной отрасли Узбекистана в условиях современных вызовов // Уголь. – 2024. – № 2. – С. 90.
7. Japan International Cooperation Agency (JICA), KPMG AZSA LLC. The Republic of Uzbekistan Data Collection Survey for Introduction of International Financial Reporting Standards (IFRS) in Power Sector: Final Report. – Tokyo, 2023. – P. 6.
8. Ўзбекистон Республикаси Миллий статистика қўмитаси статистик маълумотлари. https://api.siat.stat.uz/media/uploads/sdmx/sdmx_data_376.pdf.
9. <https://staff.tiame.uz/storage/users/746/presentations/x1p4pskW1J6NejMyngip2oqh14WNXdXJFtdL8iIX.pdf>.
10. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг “Ўзбекистон Республикасида кичик гидроэнергетикани ривожлантириш тўғрисида”ги қарори. – 1995 йил 28 декабрь. [<https://lex.uz/docs/-537135>]
11. Xudoyqulov Z.R., Narziqulov S.A. Ўзбекистон Республикасининг гидроэлектр станциялари ва уларнинг аҳамияти // Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. – 2025. – Vol. 5. – № 9. – Б. 693.
12. Servet del Rio J., Tiangco C., López A., Suleimanov S., Castella D., Luepfert E. Uzbekistan: Solar Energy Development // SolarPACES 2012 International Conference. – 2012.
13. <https://statbase.org/data/uzb-solar-power-generation/>
14. <https://mustaqilish.uz>. <https://www.expo2025uzbekistan.uz>
15. Taubaldiyeu A.A., Elmurotova D.B. Development of nuclear energy in Uzbekistan // Молодой учёный. – 2021. – № 20 (362). – Б. 12–15.
16. <https://daryo.uz/2026/08/20/ozbekiston-ikkinchi-aes-qurishga-tayyorlanmoqda>. <https://power-uzbekistan.uz/uz/yangiliklar/ozbekistonda-ikkinchi-atom-elektr-stansiyasi-loyihasi-tayyorlanmoqda---prezident>.
17. О‘з МА М-57-жамғарма, 1-рўйхат, 24-йиғма жилд, 82 – 83-бетлар.
18. О‘з МА 142-жамғарма, 1-рўйхат, 119-йиғма жилд, 255-бет.
19. О‘з МА 46-жамғарма, 1-рўйхат, 352-йиғма жилд, 6-бет.

AXBOROTLASHGAN JAMIYATDA VIRTUAL TA’LIM TEXNOLOGIYASI ASOSLARI

Xidirov Muso Qahramon o‘g‘li

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Umummetodologik fanlar kafedrasasi assistenti

Annotatsiya. Hozirgi kunda oliy ta’limni isloh qilish axborot, virtual va kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi sharoitida amalga oshirilmoqda. Zamonaviy jamiyatning muhim omillari nafaqat kompyuter va boshqa axborot manbalarini bilish va ulardan foydalanish qobiliyati, balki ularni tahlil qilish va kundalik hayotda o‘z rivojlanishi uchun qo‘llash qobiliyatidir. Axborot texnologiyalarining ta’siri bugungi kunda yoshlar hayotida ayniqsa muhimdir. Zamonaviy ta’lim, xususan, oliy ta’lim axborotdan keng foydalanishni ta’minlash, oliy ta’lim tizimini uni olish uchun xavfsiz va zarur shart-sharoitlar bilan ta’minlashga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: Oliy ta’lim, zamonaviy ta’lim, axborot, virtual texnologiya, kommunikatsion texnologiya.

Abstract. Currently, the reform of higher education is being implemented in the context of the rapid development of information, virtual and communication technologies. Important factors of modern society are not only the ability to know and use computers and other sources of information, but also the ability to analyze them and use them for their own development in everyday life. The influence of information technology is especially important in the lives of young people today. Modern education, in particular, higher education, is aimed at ensuring wide access to information, providing the higher education system with safe and necessary conditions for obtaining it.

Key words: Higher education, modern education, information, virtual technology, communication technology.

Аннотация. В настоящее время реформирование системы высшего образования осуществляется в условиях стремительного развития информационных, виртуальных и коммуникационных технологий. Важными факторами современного общества являются не только знания и умение пользоваться компьютерами и другими информационными ресурсами, но и способность анализировать полученную информацию и применять её для собственного развития в повседневной жизни. Влияние информационных технологий особенно значительно в жизни современной молодёжи. Современное образование, в частности высшее образование, направлено на обеспечение широкого доступа к информационным ресурсам, а также на создание безопасных и необходимых условий для их получения и эффективного использования в образовательном процессе.

Ключевые слова: высшее образование, современное образование, информация, виртуальные технологии, коммуникационные технологии.

Kirish. Hozirgi kunda oliy ta'limni isloh qilish axborot, virtual va kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi sharoitida amalga oshirilmoqda. Zamonaviy jamiyatning muhim omillari nafaqat kompyuter va boshqa axborot manbalarini bilish va ulardan foydalanish qobiliyati, balki ularni tahlil qilish va kundalik hayotda o'z rivojlanishi uchun qo'llash qobiliyatidir. Axborot texnologiyalarining ta'siri bugungi kunda yoshlar hayotida ayniqsa muhimdir. Zamonaviy ta'lim, xususan, oliy ta'lim axborotdan keng foydalanishni ta'minlash, oliy ta'lim tizimini uni olish uchun xavfsiz va zarur shart-sharoitlar bilan ta'minlashga qaratilgan.

Tadqiqot materiallari va metodologiyasi. ta'limda fan va ishlab chiqarish bilan texnologiyalarni samarali integratsiyalashuvi ta'lim sifatini oshirishga, o'quvchilarning ijodiy qobiliyatlarini, yangi bilimlarni uzluksiz egallashga intilishlarini rivojlantirishga qaratilgan. Shu bilan birga, metodlar, o'rganish usullari, ta'lim jamoalari a'zolarining o'zaro ta'siri, ta'lim sikllarining mazmuni va o'quvchilarning roli o'zgaradi. Kelajak uchun mehnat - zamonaviy ta'lim jarayonining ma'nosidir.

Ta'lim tizimining virtuallashuvi texnologik jihatdan axboriy yondashuvga asoslangan bo'lib, u virtual axborot maydoni, virtual ta'lim modellari, virtual ta'lim texnologiyalari, virtual axborot tuzilmalari va axborot ta'siridan tarkib topgan. Ushbu komponentlar virtuallikning ajralmas qismi sifatida yangi ta'lim texnologiyalarini o'zida ifodalaydi. Virtual modellashtirish va virtual texnologiyalar vizual tasvirlarni ob'ektiv haqiqat bilan bog'lash uchun yangi omillarni yaratib, bular makon ko'lami, vaqt ko'lami, vaqtning teskari aylanishi, real bo'lmagan vaziyatlarni modellashtirish singari omillar bilan tavsiflanadi. Katta axborot sig'imini o'z ichiga olgan axborot modellarining paydo bo'lishi virtual ta'lim uchun qo'shimcha imkoniyatlar yaratdi.

Ta'lim ma'lumotlarini uzatish vositasi sifatida faol kompyuterlashtirish an'anaviy o'quv jarayonini takomillashtirishga yordam beradi degan fikr zamonaviy axborot texnologiyalari imkoniyatlariga mos kelmaydi. Kvant kompyuterlari va nanotexnologiyalardan foydalanish tufayli ma'lumotlarning mavjudligi keskin ortib bormoqda. Ta'lim sohasini isloh qilishning birinchi bosqichida zamonaviy virtual, axborot texnologiyalarini keng joriy etish o'quv texnologiyasini yangilash orqali mumkin. Uning asosini insonning o'ta ongli funktsiyasining didaktik imkoniyatlarini dasturlarda loyihalash tufayli ta'lim texnologiyalari sohasida yutuqqa olib keladigan biokompyuter texnologiyalari tashkil etadi.

Virtual texnologiyalar va virtual haqiqatni o'z ichiga olgan ta'lim modeli bilimlarni o'zlashtirishni interaktiv boshqarishni ta'minlaydi. Turli materiallarni qo'llash: bilim bazalari (ma'ruza gipermatnlari); ma'lumotlar banki (nazorat va sertifikatlash testlari), fikr-mulohazalar bilan o'qitish va test dasturlari, o'quv vazifalarini o'rganish va loyihalashdan virtual haqiqatdan foydalangan holda mustaqil ishlash. E'tibor bering, virtual texnologiyalardan foydalanish talabalarning faol mustaqil ishlariga asoslangan; o'quv dasturlari; virtual ta'lim maydoni va virtual haqiqat. Biokompyuterdan foydalangan holda virtual ta'lim jarayonlari real ob'ektlarning o'zaro ta'siri natijasi sifatida ifodalanishi mumkin va agar ulardan biri yoki bir nechta o'zaro ta'sir sub'ekti sifatida harakat qilsa, u holda bunday o'zaro ta'sir virtual holatning manbai bo'ladi.

Haqiqiy sub'ektlarning virtual holati natijasida yuzaga keladigan ichki sifatlarning o'zgarishi ta'lim jarayonini tavsiflaydi. Virtual ta'lim jarayoni tegishli virtual makonda sodir bo'ladi, uning xususiyati aniqlanadi: birinchidan, unda virtual ob'ektlar mavjudligi; ikkinchidan, o'zaro ta'sir sub'ektlari uchun oldingi aniqlik; uchinchidan, u yaratgan o'ziga xos virtual ta'lim maydonidagi har bir o'zaro ta'sirning o'ziga xosligi. Virtual ta'lim maydonining mavjudligi o'qituvchilar va talabalar va ta'lim muassasalarining muloqoti bilan mumkin.

Virtual ta'lim makonida muloqot ishtirokchisini barqarorlashtirish omili bo'lgan sub'ektning ijobiy ijtimoiy o'ziga xosligini izlash va qo'llab-quvvatlash amalga oshiriladi. Virtual holatlarni aniqlash va yoritishning asosiy usuli - bu ob'ektlar dunyosining shaffofligini, ob'ektga yaqinlik, ilhomni his qilish, tushunish, his qilish. Virtual holatlar sub'ekt va uning psixikasi, tanasi va ruhi o'rtasidagi vositachilardir.

Virtual ta'lim jarayoni - o'qituvchilar, talabalar va o'rganilayotgan ob'ektlarning odatiy o'zaro ta'sirida amalga oshirilishi mumkin bo'lgan ta'lim shakllaridan biri. Ta'limning axborot mazmuni jihati: bilim - ko'nikma - tajriba biokompyuterning didaktik komponentlarini va sxema bo'yicha o'zaro ta'sir qiluvchi virtual modellarni bog'laydi; xabardorlik - tushunish - konkretlashtirish - qo'llash.

Virtual ta'lim modeli asosiy komponent sifatida ma'lumotni maxsus ta'lim axborot muhitida (virtual) uzatishni ta'minlaydi.

Har bir sub'ekt tomonidan mustaqil ravishda quriladigan individual virtual ta'lim ijtimoiy tarmog'i sotsializatsiya omiliga, psixologik muammolarni yaratish va hal qilish vositasiga, muloqotning yangi madaniy normalarini ishlab chiqish vositasiga aylanadi. Virtual ta'lim jarayoni o'zi tanlagan sohalarida o'zining individual mohiyatiga nisbatan rivojlanadigan shaxsning shaxsiy ta'lim salohiyatidan foydalanadi.

Fanning virtual ta'lim maydoni - bu uning tashqi dunyoga tarqaladigan darajalarining o'zaro bog'liqligi: intellektual, hissiy tasavvur, madaniy, tarixiy, ijtimoiy va boshqalar. Kengayish jarayoni sub'ektning jismoniy hissiyotlari, o'zini o'zi bilishi, tashqi va ichki o'zaro kirib borishi natijasida yuzaga keladi.

Virtual haqiqat sub'ektning o'zini namoyon qilishiga erkinlik beradigan va o'zgartiradigan asosiy tushunchalarning jarayoni va tuzilishi bilan o'zaro ta'sirni ta'minlaydi. U barcha his-tuyg'ularga, tasavvurlarga, ijodkorlikka ta'sir qiladi va intellektning sifat jihatidan yangi rivojlanishiga yordam beradi. Virtual voqelik sohasida ong polimentallik xususiyatiga ega bo'lib, oddiy reallikdan virtual voqelikka va aksincha doimiy o'tishlar natijasida borliq ikki tomonlama bo'ladi.

Axborot jamiyati o'ta ongli funktsiyadan foydalanib, inson ongi va hayotiga tubdan ta'sir qiladi. Uning uchun virtual texnologiyalar mavjud va u o'ta ong va ong yordamida o'z ustida ishlashga qodir.

Virtual texnologiyalardan foydalanish puxta tayyorgarlikni talab qiladi: dasturiy ta'minot, rejalar, dasturlarni boshqarish bo'yicha o'quv qo'llanmalari, qo'llanmalar, ko'rsatmalarni individuallashtirish, o'qituvchilar uchun maxsus treninglar. Virtual texnologiyalar, virtual voqelik ijtimoiy-madaniy hodisa sifatida uchinchi ming yillik shaxsining ruhiy dunyosi, madaniyati va ma'naviyatiga ta'sir ko'rsatuvchi muhim kognitiv faoliyat vositasidir.

Ta'lim islohoti yangi bioaxborot, virtual texnologiyalar tufayli axborot jamiyatiga o'quvchilar o'rtasida aql-zakovatni shakllantirish va ijodkorlikni rivojlantirishni joriy etish imkonini beradi. Ammo bugungi kunda, virtual texnologiyalar rivojlanishining dastlabki bosqichlarida ularni ijtimoiy va ma'naviy nazorat ostiga olish kerak. Yangi ta'lim strategiyalari hamda virtual va bioaxborot

texnologiyalarining jamiyatdagi o'rnini va rolini anglash o'quvchilarning ta'lim olish davrining qisqarishiga, ta'lim mazmunining o'zgarishiga olib keladi.

Muhokama. Virtual ta'lim talaba va o'qituvchi alohida, hech bo'lmaganda bitta xonada hamkorlik qilmaydigan turli xil o'rganish formatlarini nazarda tutadi. Ushbu ta'lim shakllarining ba'zilar real vaqtda uchrashuvlarni o'z ichiga oladi, O'qituvchilar va talabalar odatda turli joylarda bo'lib, kompyuterlar orqali bir-biriga bog'langan. Bundan tashqari, virtual o'rganishning barcha turlari real vaqt rejimida ulanishni osonlashtirmaydi. Ba'zan material oldindan tayyorlanadi va har qanday muhokama vaqtni kechiktirish bilan birga keladi. Virtual ta'limning bu xilma-xil shakllari ommalashib bormoqda va an'anaviy sinfda yuzma-yuz o'qitish muhitiga muqobil variantlarni taklif qilmoqda.

XULOSA. Xulosa o'rnida shuni ta'kidlash mumkinki, ta'lim tizimi virtuallashuvi an'anaviy ta'limda uchraydigan ko'plab muammolarga yechim bo'lib, biz ta'lim uchun sinf xona, qat'iy belgilangan vaqt, yo'l ovvoragarchiligi, zerikarli, bir tempdagi ma'ruza, o'tkazib yuborilgan mashg'ulot kabi masalalarga samarali yechim sifatida ko'riladi. Qolaversa, o'quvchining tanqidiy, ijodiy tafakkurlashiga asos bo'la oladi. Shuning uchun faqat bir fikr, men virtual va global ta'lim hayotimizga zarardan ko'ra ko'proq foyda keltirganiga ishonaman, lekin u yuzma-yuz o'qitishning o'rnini bosmasligi kerak, aksincha, Sizga nima ko'proq yoqsa siz o'shani tanlab o'z ustingizda ishlash uchun harakat qilishingiz kerak.

Foydalangan adabiyotlar:

1. Задоя Е.С. Проблема энерго информационных взаимоотношений со средой. Научные основы энергоинформационных взаимодействий в природе и в обществе. Материалы международного конгресса "ИнтерСНИО-97" Крым, Украина, 1997. - С.35-37.

2. Задоя Е.С., Богатырь В. Биоинформационные технологии в образовании. / Фото современного учителя. № 5-6.2003.- Б.134-136.

3. Задоя Е.С., Богатырь В., Петренко Т. Создание новой среды со способностью к саморазвитию и самосохранению./Информационная и негэнтропийная терапия. Киев, 2000. - С.50-52.

4.Трон В.П., Задоя Е.С. Навыки биоинформатики и управления сообществом. Власть и территории. - 2001.- Б.65-74.

5. Ziyonet.uz

EKOLOGIK PAKET MATERIALINING NISBIY CHO'ZILUVCHANLIGI VA MEXANIK DEFORMATSIYASINI LABORATORIYA SHAROITIDA BAHOLASH

Yo'ldosheva Gulibonu Mansur qizi

Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti, Biologiya yo'nalishi, 3-bosqich talabasi

Annotatsiya. Ushbu ilmiy-tadqiqot ishida kraxmal va tabiiy biopolimerlar kompozitsiyasi asosida sintez qilingan ekologik xavfsiz qadoqlash vositasining pishiqligi, egiluvchanligi hamda mexanik yuk ta'sirida cho'ziluvchanlik reologik xususiyatlari laboratoriya sharoitida destruktiv tahlil qilindi. Amaliy tajriba jarayonlarida tayyorlangan polimer qoplamasiga vertikal va gorizontal tashqi kuchlar berilganda, uning deformatsiyaga chidamliligi hamda struktura mustahkamligi o'ta yuqori kinetik ko'rsatkichlarni namoyon etdi. Olingan tahliliy natijalar shuni isbotlaydiki, biologik paket o'zining boshlang'ich geometrik shaklini barqaror saqlaydi va makromolekulyar zanjirlar hisobiga elastiklik darajasini to'liq ta'minlaydi. Shuningdek, mazkur kompozit xomashyo 50-70 gradus termik muhitgacha o'zining fizik xossalarini mutlaqo o'zgartirmaydi. Sinov obyekti 100-120 gradus darajali issiqlik diapazonida erish xususiyatiga ega bo'lib, uni sanoatda ekstruziya usulida qayta ishlash imkonini beradi. Tuproq qatlamida o'tkazilgan ekspertizada mahsulotning 2-3 oy muddat davomida batamom utilizatsiya bo'lishi va tabiatga ziyon yetkazmasligi fundamental tasdiqlandi. Eksperiment xulosalari ashyoni zararli polietilen analoglari o'rniga zamonaviy ishlab chiqarishda muqobil yechim sifatida qo'llash istiqbollarini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: ekologik paket, biopolimer, kraxmal, cho'ziluvchanlik, biologik parchalanish.

Аннотация. В данной научно-исследовательской работе в лабораторных условиях проведен деструктивный анализ прочности, эластичности и реологических свойств растяжения под механической нагрузкой экологически безопасного упаковочного средства, синтезированного на основе композиции крахмала и природных биополимеров. При воздействии вертикальных и горизонтальных внешних сил на подготовленное полимерное покрытие в ходе практических экспериментов его деформационная стойкость и структурная прочность продемонстрировали крайне высокие кинетические показатели. Полученные аналитические результаты доказывают, что биологический пакет стабильно сохраняет свою исходную геометрическую форму и полностью обеспечивает степень эластичности за счет макромолекулярных цепей. Кроме того, данное композитное сырье абсолютно не меняет своих физических свойств в термической среде до 50-70 градусов. Объект испытаний обладает характеристикой плавления в температурном диапазоне 100-120 градусов, что позволяет осуществлять его переработку в промышленности методом экструзии. В ходе экспертизы, проведенной в почвенном слое, было фундаментально подтверждено, что продукт полностью утилизируется в течение 2-3 месяцев не наносит вреда природе. Выводы эксперимента демонстрируют перспективы применения данного материала в качестве альтернативного решения в современном производстве вместо вредных полиэтиленовых аналогов.

Ключевые слова: экологический пакет, биополимер, крахмал, удлинение, биологическое разложение.

Abstract. In this research work, the durability, flexibility, and rheological properties of elongation under mechanical load of an eco-friendly packaging agent synthesized based on a composition of starch and natural biopolymers were destructively analyzed under laboratory conditions. When vertical and horizontal external forces were applied to the prepared polymer coating during practical experimental processes, its resistance to deformation and structural stability demonstrated extremely high kinetic indicators. The obtained analytical results prove that the biological bag stably retains its initial geometric shape and fully ensures the degree of elasticity due to macromolecular chains. Furthermore, this composite raw material does not alter its physical properties up to a thermal environment of 50-70 degrees. The test object possesses a melting characteristic within the temperature range of 100-120 degrees, enabling its industrial processing via the extrusion method. In an examination conducted within the soil layer, the complete utilization of the product within a period of 2-3 month and its lack of harm to nature were fundamentally confirmed. The experimental conclusions demonstrate the prospects of applying the substance as an alternative solution in modern manufacturing instead of harmful polyethylene analogues.

Keywords: eco-friendly bag, biopolymer, starch, elongation, biodegradation.

Hozirgi kunda global ekologik inqirozning eng faol harakatlantiruvchi omillaridan biri — an'anaviy polimer materiallar va polietilen paketlarning turmushimizda haddan tashqari keng ko'lamda qo'llanilishidir. Kundalik maishiy hayotda ishlatiladigan oddiy polietilen paketlar tabiat qo'yniga tashlangach, biologik jihatdan parchalanishga o'ta chidamli bo'lganligi sababli yuzlab yillar davomida chirimaydi. Bu esa o'z navbatida atrof-muhitni, unumdor tuproq qatlamlarini, yer osti va yer usti suv havzalarini keskin darajada ifloslantirib, ekotizim hamda insoniyat salomatligi uchun jiddiy xavf tug'dirmoqda. Ayniqsa, plastik chiqindilarining mexanik yemirilishi natijasida hosil bo'ladigan mikroplastik zarralari biosferaning barcha bo'g'inlariga kirib bormoqda. Ushbu global va dolzarb ekologik muammoni samarali hal etish hamda uning salbiy oqibatlarini yumshatish maqsadida, zamonaviy ishlab chiqarish sanoatida zararli polietilen analoglari o'rniga muqobil yechim sifatida tabiatda tez chiquvchi va biologik parchalanuvchi (biodegradable) materiallarni joriy etish talab etiladi. Bu borada tabiatda juda keng tarqalgan, qayta tiklanuvchi va ekologik xavfsiz tabiiy yuqori molekularli birikmalar — xususan, kraxmal va boshqa biopolimerlar asosida olinadigan kompozitsion materiallardan foydalanish eng istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Tabiiy xomashyolardan tayyorlanadigan, tabiatda mikroorganizmlar ta'sirida qisqa muddatda butkul utilizatsiya bo'ladigan ekologik paketlarni yaratish va ularni keng iste'molga tatbiq etish bugungi kunda juda muhim ijtimoiy-iqtisodiy va ilmiy vazifadir. Biroq, bunday ekologik toza paketlarni an'anaviy polietilenlar o'rniga amaliyotda to'liq qo'llash uchun ularning ekspluatatsion xususiyatlari ma'lum talablarga javob berishi shart. Ya'ni, ekologik paketlar maishiy ehtiyojlarda (xarid qilingan narsalarni tashishda, saqlashda va boshqa jarayonlarda) ishlatilganda o'z-o'zidan uzilib ketmasligi, yuklama ta'sirida yirtilmasligi hamda mexanik ta'sirlarga bardosh bera olishi lozim. Buning uchun ishlab chiqilgan yangi material namunasining fizik-mexanik pishiqligi, mustahkamlik chegarasi va nisbiy cho'ziluvchanlik ko'rsatkichlari yetarli darajada yuqori bo'lishi talab etiladi. Ushbu ilmiy-tadqiqot ishining asosiy maqsadi va vazifasi — laboratoriya sharoitida kraxmal va biopolimerlar asosida sintez qilib olingan ekologik paket namunalarining mexanik pishiqligini, ularning tashqi kuch ta'sirida qanchalik cho'zilishi va deformatsiyaga uchrashini (elastikligini) hamda turli xil harorat sharoitlariga chidamliligini aniq laboratoriya tajribalari va asbob-uskunalar yordamida har tomonlama o'rganish, tahlil qilish hamda ulardan amaliyotda foydalanish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berishdan iborat.

Tajriba xona haroratida 20 gradusda o'tkazildi. Sinov uchun ekologik paketdan eni 20 mm (2sm) va uzunligi 100 mm (10 sm) bo'lgan tasmachalar kesib olindi. Sinov bosqichlari: Hozirgi kunda kundalik turmushda ishlatiladigan oddiy polietilen paketlar tabiatda yuzlab yillar davomida chirimaydi va atrof-muhitni juda kuchli ifloslantiradi. Shu sababli kraxmal va tabiiy moddalardan tayyorlanadigan, tabiatda tez chiriydigan ekologik paketlarni yaratish va ulardan foydalanish juda muhim hisoblanadi. Ekologik paketlar maishiy ehtiyojlarda (masalan, bozordan xarid qilgan narsalarni ko'tarishda) uzilib ketmasligi va yirtilmasligi uchun ularning pishiqligi hamda cho'ziluvchanligi yetarli bo'lishi kerak. Ushbu tadqiqotning maqsadi — laboratoriyada ekologik paket namunasining pishiqligi, qanchalik cho'zilishi va haroratga chidamliligini oddiy va niq tajribalar orqali o'rganishdan iborat.

Tajriba xona haroratida (20°C) o'tkazildi. Sinov uchun ekologik paketdan eni 20 mm (2 sm) va uzunligi 100 mm (10 sm) bo'lgan tasmachalar kesib olindi. Sinov bosqichlari:

1. Paket tasmachasining boshlang'ich uzunligi (L_0 100 mm) o'lchab olindi.
2. Tasmacha maxsus moslamaga mahkamlanib, uzilib ketgunicha ikki tomonga tortildi va oxirgi reached bo'lgan uzunligi (L_1) qayd etildi.
3. Uzayish miqdori va nisbiy cho'ziluvchanlik foizi oddiy formula orqali hisoblandi: Laboratoriyada o'tkazilgan sinovlar shuni ko'rsatdiki, ekologik paketga og'irlik va kuch berilganda u ma'lum darajada egiluvchanlik ko'rsatadi va darrov yirtilib ketmaydi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirildi:

1-jadval

Ekologik paketning laboratoriya sinovlarida aniqlangan ko'rsatkichlari

Sinov ko'rsatkichlari	Aniqlangan qiymat	Izoh
Boshlang'ich uzunligi	100mm	Sinov uchun kesib olingan tasmacha o'lchami
Uzilish oldidan uzunligi	115.6mm	Yuk berilgan eng ko'p masofasi
Nisbiy cho'ziluvchanligi	15.6%	Maishiy xaridlar (1-3kg) uchun yetarli darjada pishiq
Shakl saqlash harorati	110-130 C	Paket shakliga keltirib, chetlarini yopishtirish uchun qulay
Tuproqqa chirish muddati	60-90 kun	Tuproqda 2-3oyda to'liq yo'qolib o'g'itga aylanadi
Erish harorati	110 – 130 C	Paket shakliga keltirib, uchun qulay

Materialning 15.6 % ga cho'zilishi shuni ko'rsatadiki, paketga yuk solinganda u pastga qarab haddan tashqari osilib ketmaydi va o'z shaklini yaxshi ushlab turadi.

Ekologik paket materiali 15.6 % cho'ziluvchanlikka ega bo'lib, maishiy foydalanishda buyumlarni ko'tarish uchun yetarlicha pishiq va qulaydir. Material 110–130 C da erishi sababli uni

fabrikada issiqlik yordamida oson yopishtirib, har xil hajmda paketlar tayyorlash mumkin. Ushbu ekologik paketlar tuproqda 2–3 oyda to‘liq yo‘qoladi va oddiy polietilen paketlar o‘rnini bosadigan bezarar muqobil hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abu-Saleem, M., Y. Zhuge, R. Hassanli, M. Ellis, M. Rahman, and P. Levett. 2021. "Evaluation of Concrete Performance with Different Types of Recycled Plastic Waste for Kerb Application." *Construction and Building Materials* 293:123477. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123477>
2. Tezer A, Bodur H (2020) The green consumption effect: how using green products improves consumption experience. *J Consum Res*
3. H.W. Haslach, "The moisture and ratedependent mechanical properties of paper : A review," *Mechanics of Time-Dependent Materials*, vol. 4, (3) pp. 169–210, 2000.
4. Ragattieri A., Santarelli G. *Operations Management. Intechopen; London, UK: 2013. The Important Role of Packaging in Operations Management; pp. 183–219.*
5. Ankiel M., Wojciechowska P., Wiszumirska K. *Innowacje Opakowaniowe na Rynku Produktów Konsumpcyjnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu; Poznań, Poland: 2021. pp. 51–64.*

O‘SIMLIK KRAXMAL BIOPOLIMERLARI ASOSIDA BIOLOGIK PARCHALANUVCHI BIOPAKET VA PLYONKALAR OLIISH HAMDA ULARNING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Rasulova Sarvinoz Akmal qizi

Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti, Biologiya yo‘nalishi, 3-bosqich talabasi

Annotatsiya. Tadqiqotda atrof-muhitni sintetik polimer chiqindilaridan muhofaza qilish maqsadida o‘simlik kraxmali asosida biologik parchalanuvchi biopaket va dori plyonkalarini olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Bioplyonkalar quyish (cast-molding) usulida tayyorlanib, ularning fizik-kimyoviy, mexanik va termik xossalari kompleks o‘rganildi. Olingan namunalarning qalinligi 30–50 mkm bo‘lib, yuqori shaffoflik, elastiklik va cho‘ziluvchanlik xususiyatlarini namoyon etdi. Termik tahlil natijalari material 60–80 °C harorat oralig‘ida geometrik shakli va yaxlitligini saqlashini, erish harorati 110–130 °C, termik parchalanish boshlanishi esa 200–250 °C dan yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Bioplyonkaning suvda eruvchanligi 10–20% ni tashkil etib, nam muhitda yetarli barqarorlikni ta‘minladi. Tuproq muhitida o‘tkazilgan in vitro va in vivo sinovlarda materialning 60–90 kun davomida massasini 100% yo‘qotib, to‘liq biologik parchalanishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari kraxmal asosidagi biopolimer plyonkalarni polietilen qadoqlarga ekologik muqobil hamda farmatsevtikada xavfsiz material sifatida qo‘llash imkoniyatini ko‘rsatdi. Materialning tarkibi, tuzilishi va funksional xususiyatlari uning qadoqlash, dori vositalarini himoyalash hamda qisqa muddatli foydalaniladigan ekologik mahsulotlar ishlab chiqarishda qo‘llanishi uchun zarur amaliy afzalliklarni ta‘minlashi qayd etildi. Bu natijalar materialning amaliy istiqbolini yanada kengaytiradi.

Kalit so‘zlar: o‘simlik kraxmali, biopolimer, bioplyonka, dori plyonkasi, biologik.

Аннотация. В исследовании разработана технология получения биологически разлагаемых биопакетов и лекарственных плёнок на основе растительного крахмала, направленная на снижение негативного воздействия синтетических полимерных отходов на окружающую среду. Биоплёнки получали методом литья (cast-molding), после чего проводили комплексное исследование их физико-химических, механических и термических свойств. Толщина полученных образцов составляла 30–50 мкм. Материалы характеризовались высокой прозрачностью, эластичностью и прочностью при растяжении. Согласно результатам термического анализа, образцы сохраняли геометрическую форму и целостность в диапазоне температур 60–80 °C; температура плавления составляла 110–130 °C, а начало термической деструкции наблюдалось при температурах выше 200–250 °C. Водорастворимость биоплёнок

составляла 10–20 %, что обеспечивало достаточную стабильность материала во влажной среде. В результате проведения испытаний *in vitro* и *in vivo* в почвенной среде установлено, что биоплёнки полностью разлагаются в течение 60–90 суток с потерей до 100 % первоначальной массы. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения крахмалсодержащих биополимерных плёнок в качестве экологически безопасной альтернативы полиэтиленовой упаковке и функционального материала в фармацевтической промышленности.

Ключевые слова: *растительный крахмал, биополимер, биоплёнка, лекарственная плёнка, биологическое разложение, биоразлагаемый материал, экологически безопасная упаковка.*

Abstract. This study developed a technology for producing biodegradable biopackaging and pharmaceutical films based on plant starch, aimed at reducing the negative environmental impact of synthetic polymer waste. The biopolymer films were prepared using the casting (cast-molding) method, followed by a comprehensive investigation of their physicochemical, mechanical, and thermal properties. The thickness of the obtained samples ranged from 30 to 50 μm . The materials exhibited high transparency, elasticity, and tensile strength. According to the results of thermal analysis, the samples retained their geometric shape and structural integrity within the temperature range of 60–80 °C. The melting temperature was 110–130 °C, while the onset of thermal degradation was observed at temperatures above 200–250 °C. The water solubility of the biopolymer films was 10–20%, providing sufficient material stability under humid conditions. *In vitro* and *in vivo* biodegradation tests conducted in soil demonstrated that the biopolymer films completely degraded within 60–90 days, with a loss of up to 100% of their initial mass. The obtained results demonstrate the potential of starch-based biopolymer films as an environmentally friendly alternative to polyethylene packaging and as a functional material for pharmaceutical applications.

Keywords: *plant starch, biopolymer, biofilm, pharmaceutical film, biodegradation, biodegradable material, environmentally friendly packaging.*

Bugungi kunda global ekologik muammolarning eng xavfli turlaridan biri sintetik polimer va polietilen chiqindilarining atrof-muhitda haddan tashqari to‘planib qolishidir. An’anaviy neft-kimyó mahsulotlari bo‘lgan plastik materiallar tabiatda yuzlab yillar davomida parchalanmaydi va tuproq hamda suv ekotizimlariga toksik ta’sir ko‘rsatib, mikroplastik kabi jiddiy tahdidlarni keltirib chiqarmoqda. Shu sababli, qayta tiklanuvchi tabiiy biopolimerlar asosida atrof-muhit uchun to‘liq xavfsiz, biologik parchalanuvchi (biodegradable) materiallar olish Biotexnologiya va Ekologik kimyo sohasining eng dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

O‘simlik kraxmali arzonligi, tabiiy zaxirasining mo‘lligi, biomoslashuvchanligi va toksiksizligi sababli bioplyonkalar hamda biologik paketlar sintezi uchun eng istiqbolli xomashyo sanaladi. Biroq, ko‘pgina o‘simlik kraxmallari asosida olingan sof bioplyonkalar yuqori gidrofilligi (suvga ta’sirchanligi) va past mexanik mustahkamligi sababli amaliyotda keng qo‘llanilishida muayyan cheklovlarga ega. Shu bois, kraxmal strukturasi modifikatsiyalash va uni ko‘p atomli spirtlar hamda tabiiy plastifikatorlar bilan maqbullashtirish (optimizatsiya qilish) orqali mustahkam va suvga chidamli biomateriallar yaratish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – o‘simlik kraxmali biopolimerlari asosida mexanik bardoshli, shaffof, issiqlikka barqaror hamda muayyan muddatda to‘liq parchalanuvchi biopaketi va dori plyonkalari olish texnologiyasini ishlab chiqish hamda ularning fizik-kimyoviy va biologik ko‘rsatkichlarini kompleksi ravishda baholashdan iborat.

Tadqiqot jarayonida biopolimer matritsasini shakllantirish uchun biologik sof o‘simlik kraxmali manbasidan foydalanildi. Polimer zanjirlarining egiluvchanligini oshirish va mo‘rtlikni kamaytirish maqsadida plastifikator sifatida ko‘p atomli spirt — glitserin hamda strukturaviy bog‘lanishni ta’minlovchi modifikatorlar va erituvchi sifatida erkin ionlardan holi qilingan distillangan suv qo‘llanildi.

Bioplyonka va Biopaket Olish Texnologiyasi (Cast-Molding Usuli) Bioplyonka namunalarini sintez qilish va shakllantirish bosqichma-bosqich, qat'iy harorat rejimi ostida amalga oshirildi: Gellanish va Modifikatsiya: O'simlik kraxmali va glitserin belgilangan molyar va massaviy nisbatlarda distillangan suvga aralashtirildi. Hosil bo'lgan suspenziya 85-90°C haroratda uzluksiz magnitli aralashtirgichda 40 daqiqa davomida gellanish bosqichiga yetguniga qadar ishlov berildi. Degazatsiya: Polimer eritmasi tarkibidagi havo pufakchalarini yo'qotish va gomogenlikni ta'minlash uchun eritma ultratovushli vannada degazatsiya qilindi. Qolipga quyish va quritish: Tayyor bir jinsli gomogen biopolimer eritmasi teflon qoplama bilan qoplangan maxsus shaklli qoliplarga tekis qatlamda quyildi va 45–50°C haroratli quritish shkafida 24 soat davomida quritilib, tayyor bioplyonkalarga keltirildi.

Fizik-kimyoviy sinov usullari. Qalinlik va shaffoflik O'lchovi: bioplyonkaning qalinligi va qatlam bir xilligi mkm aniqlikdagi raqamli mikrometr yordamida geometrik shaklning kamida 10 ta turli nuqtasida o'lchanib, o'rtacha qiymati hisoblandi. Termik analiz: Materialning harorat ta'sirida o'zgarishi (shakl saqlashi, erish harorati va termik parchalanish/destruksiya chegaralari) differensial-termik analiz usulida baholandi.

Tuproqda biologik parchalanish: Bioplyonkalarining tuproq mikroorganizmlari ta'sirida parchalanish dinamikasi in vivo muhitida (tuproq namligi 55-60 %, pH 7,0 25°C haroratda sinovdan o'tkazildi. Har 15 kunda namunalar massasining yo'qolish darajasi nazorat qilib borildi.

Natijalar va munozara Makroskopik va strukturaviy xossalari Tadqiqot jarayonida olingan o'simlik kraxmali bioplyonkalari yuqori shaffoflik va tekis sirt tuzilishiga ega ekanligi aniqlandi. Sintetik plastifikator va modifikatorlarning optimal nisbati tanlangani sababli materialda havo g'ovaklari yoki yoriqlar kuzatilmadi. Bioplyonka namunalari mexanik sinovlarda yuqori elastiklik va cho'ziluvchanlik ko'rsatkichlarini namoyon etdi, bu esa uning egiluvchan qadoq va dori plyonkalari sifatida yirtilishga bardoshlilikini ta'minlaydi 1-jadval.

1-jadval

Eksperimental tadqiqotlar natijasida olingan bioplyonkaning asosiy fizik-kimyoviy va termik ko'rsatkichlari quyidagi jadvalda jamlandi

Ko'rsatkich parametrlari	Aniqlangan qiymat diapazon	Akademik va amaliy Izoh
Qalinlik	30 - 50 mkm	An'anaviy polietilen qadoqlar standartiga to'liq mos keladi
Tashqi ko'rinishi	Shaffof, gomogen, elastik	Qadoqlangan mahsulotni ko'rinib turishini ta'minlaydi
Suvda eruvchanlik	10 - 20 %	Nam muhitda strukturaviy yaxlitligini saqlaydi
Shakl saqlash harorati	60 – 80°C	Issiq mahsulotlar bilan muloqotda deformatsiyaga uchramaydi
Maksimal erish harorati	110 – 130°C	Termik payvandlash (heat-sealing) uchun qulay diapazon
Termik parchalanish (destruksiya)	200 – 250°C	Yuqori termik barqarorlik va ekspluatatsiya doirasi
Tuproqda to'liq parchalanish	60 – 90 kun	Ekologik toza va atrof-muhit uchun to'liq xavfsiz (Eco-friendly)

Bioplyonkaning issiqlikka chidamliligi bo'yicha olingan natijalar alohida ilmiy ahamiyatga ega. Namuna 60-80°C harorat oralig'ida o'zining shakli va geometrik o'lchamlarini to'liq saqlab qoladi. Harorat 110-130°C ga yetganda polimerning fazaviy o'tishi (erishi) kuzatiladi, bu esa

biopakatlarni termik payvandlab yopish imkonini beradi. Materialning strukturaviy destruksiyaesi esa 200-250°C dan yuqori haroratlarda sodir bo'ladi, bu biopolimer uchun yuqori termik ko'rsatkich hisoblanadi.

O'simlik kraxmali biopolimerlari asosida ekologik toza biopaket va bioplyonkalar olish bo'yicha o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida quyidagi muhim ilmiy va amaliy xulosalarga erishildi: Optimal Texnologiya: Gellanish va quyish (cast-molding) usulini qo'llash orqali qalinligi 30-50 mkm bo'lgan, yuqori shaffoflik va mexanik bardoshlilikka (elastiklik va cho'ziluvchanlikka) ega bo'lgan bir jinsli bioplyonkalar olindi.

Termik barqarorlik: Olingan biopolimer material 60-80°C haroratgacha o'zining geometrik shaklini to'liq saqlaydi. Maksimal erish harorati 110-130°C ni hamda termik parchalanish (destruksiya) harorati 200-250°C dan yuqorini tashkil etishi materialning yuqori termik chidamliligini va uni termik payvandlash (heat-sealing) usulida biopaketlar ishlab chiqarishda qo'llash imkoniyatini tasdiqladi. Hidrofoblik va ekspluatatsiya: Bioplyonkaning suvda eruvchanlik ko'rsatkichi 10-20 % oralig'ida saqlanib, nam muhitda o'zining strukturaviy yaxlitligini yo'qotmasligi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Avérous, L., & Halley, P. J. (2014). *Biopolymers series: Starch-based bionanocomposites*. Polymer Reviews, 54(3), 381-403.
2. Bastioli, C. (2005). *Handbook of biodegradable polymers*. Technomic Publishing Company, Lancaster, PA, 1-25.
3. Lu, D. R., Xiao, C. M., & Xu, S. J. (2009). *Starch-based completely biodegradable polymer materials*. Express Polymer Letters, 3(6), 366-375.
4. Xie, F., Pollet, E., Halley, P. J., & Avérous, L. (2013). *Starch-based nano-biocomposites: Recent advances in processing, properties and applications*. Progress in Polymer Science, 38(10-11), 1590-1628.
5. Zhang, Y., Rempel, C., & Liu, Q. (2014). *Thermoplastic starch processing and characteristics—A review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(10), 1353-1370.

SANOAT KORXONALARIDA ISO 14064 VA ISO 50001 INTEGRATSIYASI ASOSIDA ENERGIYA-UGLEROD SAMARADORLIGINI KOMPLEKS BAHOLASH

To'rayev Azizbek To'liqin o'g'li¹, Yusupov Rustam Eshpulatovich²

¹Qarshi davlat texnika universiteti, assistent

²Qarshi davlat texnika universiteti, katta o'qituvchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat korxonalarida ISO 50001 (energiya menejmenti) va ISO 14064 (uglerod emissiyasi monitoringi) standartlarini integratsiyalashning kompleks ko'rsatkichlar modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqotda energetik, uglerod, texnologik va iqtisodiy-iqlimiy risklarni baholovchi Integratsiyalashgan energiya-uglerod samaradorligi indeksi (IECPI) hamda AHP – Entropiya gibrid vaznlashtirish usuli taklif etildi. Model kimyo-metallurgiya majmuasida sinovdan o'tkazilganda (2022–2024 yy.), mahsulotning solishtirma uglerod sig'imi 20% ga, dekarbonizatsiya tannarxi 48,50 dan 19,50 USD/tCO_{2e} ga kamaydi, CBAM/EBITDA xatari esa 18,4% dan 9,8% ga pasayib, IECPI indeksi 0,011 dan 0,658 gacha ko'tarildi. Natijalar energiya tejamkorligi va emissiyani qisqartirish o'rtasida qat'iy chiziqli bog'liqlik yo'qligini ko'rsatib, korxonalarda yagona axborot tizimi va idoralararo yashil transformatsiya bo'linmasini joriy etish zarurligini asoslaydi.

Kalit so'zlar: ISO 50001, ISO 14064, integratsiyalashgan tizimlar, dekarbonizatsiya, energiya samaradorligi, uglerod izi, CBAM, IECPI indeksi, AHP–Entropiya.

Аннотация. В данной статье разработана комплексная показательная модель интеграции стандартов ISO 50001 (энергетический менеджмент) и ISO 14064 (мониторинг выбросов углерода) на промышленных предприятиях. В исследовании были предложены Интегрированный индекс энерго-углеродной эффективности (IECPI), оценивающий

энергетические, углеродные, технологические и экономико-климатические риски, а также метод гибридного взвешивания АНР – Энтропия. При тестировании модели на химико-металлургическом комплексе (2022–2024 гг.) удельная углеродная емкость продукта снизилась на 20%, себестоимость декарбонизации снизилась с 48,50 до 19,50 USD/tCO₂e, а риск CBAM/EBITDA снизился с 18,4% до 9,8%, а индекс IECPI повысился с 0,011 до 0,658. Результаты показывают отсутствие строгой линейной связи между энергосбережением и сокращением выбросов, что обосновывает необходимость внедрения единой информационной системы и межведомственного подразделения зеленой трансформации на предприятиях.

Ключевые слова: ISO 50001, ISO 14064, интегрированные системы, декарбонизация, энергоэффективность, углеродный след, CBAM, индекс IECPI, АНР–Энтропия.

Abstract. This article develops a comprehensive demonstration model for integrating ISO 50001 (energy management) and ISO 14064 (carbon emission monitoring) standards in industrial enterprises. The study proposed the Integrated Energy-Carbon Efficiency Index (IECPI), which assesses energy, carbon, technological, and economic-climatic risks, as well as the AHP-Entropy hybrid weighing method. During model testing in the chemical and metallurgical complex (2022–2024), the specific carbon capacity of the product decreased by 20%, the cost of decarbonization decreased from 48.50 to 19.50 USD/tCO₂e, and the CBAM/EBITDA risk decreased from 18.4% to 9.8%, while the IECPI index increased from 0.011 to 0.658. The results show the absence of a strict linear relationship between energy conservation and emission reduction, which justifies the need to introduce a unified information system and interdepartmental green transformation units at enterprises.

Keywords: ISO 50001, ISO 14064, integrated systems, decarbonization, energy efficiency, carbon footprint, CBAM, IECPI index, AHP-Entropy.

Kirish. Global iqlim o'zgarishi va resurslar tanqisligi, shuningdek CBAM kabi mexanizmlar sanoat korxonalarini modernizatsiyaga undamoqda. O'zbekistonda PQ-4477 va PQ-436 qarorlari energiya samaradorligini 20 foizga oshirish va issiqxona gazlari tashlamalarini qisqartirishni belgilagan. Biroq korxonalarda energiya boshqaruvi (ISO 50001) va emissiya monitoringi (ISO 14064) odatda ajratilgan holda yuritiladi, bu ko'rsatkichlar nomuvofiqligi, ma'lumot takrorlanishi va ortiqcha audit xarajatlariga olib keladi; energiya tejash tadbirlari esa har doim ham dekarbonizatsiyaga mos kelavermaydi.

Tadqiqot maqsadi — ikkala standart talablarini birlashtiruvchi, energiya, emissiya, texnologik va iqtisodiy-iqlimiy risklarni kompleks baholaydigan ko'p mezonli matematik model ishlab chiqish va uni amaliyotda sinab ko'rishdir.

Muhokama. ISO 50001 va ISO 14064 standartlarining metodologik integratsiyalashuv asoslari ISO 50001:2018 — PDCA siklga asoslangan boshqaruv tizimi bo'lib, energiya samaradorligini uzluksiz yaxshilashni talab etadi. ISO 14064 esa boshqaruv tizimi emas, balki Scope 1–3 emissiyasini baholash, hisobot va verifikatsiya spetsifikatsiyalari majmuidir.

Asosiy taqqoslash parametrlari

Parametr	ISO 50001:2018	ISO 14064-1/-2	Integratsiyalashuv mexanizmi
Diqqat markazi	Energiya samaradorligi va iste'moli	Issiqxona gazlari (CO ₂ -ekv.) miqdori	Energiya ma'lumotlarini emissiya omillari orqali uglerodga konvertatsiya qilish
Bazaviy nuqta	Energetik bazaviy chiziq (EnB), ISO 50006	Emissiya bazaviy davri	Yagona bazaviy davr va umumiy normalizatsiya
Samaradorlik metrikasi	EnPI — mahsulot birligiga energiya sarfi	GHG Intensity, qisqartirish hajmi	Energiya-uglerod kompleks indeklari
Operatsion nazorat	Muhim energiya iste'moli obyektlari (SEU)	Asosiy emissiya manbalari	SEU obyektlarini Scope 1/2 manbalari sifatida xaritalashtirish

Monitoring	Ma'lumot to'plash rejasi, sub-hisoblagichlar	Ma'lumot sifati va noaniqlikni baholash	Yagona raqamli telemetrik tizim
Muvofiqlikni baholash	Sertifikatlashtirish auditi	Mustaqil verifikatsiya	Birgalikdagi kompleks audit

Scope 1–2 emissiyalari odatda korxona uglerod izining 70–85 foizini tashkil etadi, shu sababli SEU obyektlarini optimallashtirish dekarbonizatsiyaning bosh drayveri bo'lib, ISO 14064 bu natijalarni ESG/CBAM tan oladigan verifikatsiyalangan metrikalarga aylantiradi; ISO 50006 esa bazaviy chiziqlarni moslashtiradi.

Kompleks ko'rsatkichlar tizimi va matematik baholash apparati

Ikki standart talablarini sintez qilish uchun to'rt bloqdan iborat Integratsiyalashgan energiya-uglerod samaradorligi indeksi (IECPI) ishlab chiqildi: energetik, uglerod, texnologik-ekspluatatsion va iqtisodiy-iqlimiy risk sub-indekslari, jami o'n xususiy ko'rsatkich asosida.

Xususiy ko'rsatkichlar

Energetik blok:

$SEI = \sum E_i / Q$ (GJ/t) — bunda E_i : i -turdagi iste'mol qilingan energiya, Q : ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi

$\delta EnB = E_{haqiqiy} / E_{bazaviy}$ — ISO 50006 bo'yicha normalashtirilgan bazaviy chiziqdan og'ish

$R_{re} = (E_{qaytatiklanuvchi} / E_{umumiy}) \times 100\%$ — toza energiya ulushi

Uglerod bloki (ISO 14064-1):

$CI = (GHG_{Scope1} + GHG_{Scope2}) / Q$ (tCO₂e/t) — solishtirma uglerod sig'imi

$CI_{en} = GHG_{(yoqilg'i+tarmoq)} / E_{umumiy}$ (tCO₂e/GJ) — energiya balansining uglerod intensivligi

$R_{red} = (Haqiqiy\ qisqarish / Reja\ bo'yicha\ qisqarish) \times 100\%$ — qisqartirish rejasi ijrosi

Texnologik-ekspluatatsion blok:

$R_{IER} = (Utilizatsiya\ qilingan\ chiqindi\ energiya / Texnik\ salohiyat) \times 100\%$

$R_{SEU} = (Raqamli\ hisobga\ olingan\ SEU / Umumiy\ SEU) \times 100\%$

Iqtisodiy-iqlimiy risk bloki:

$C_{net} = (Xarajat - Yillik\ moliyaviy\ iqtisod) / Qisqartirilgan\ emissiya$ (USD/tCO₂e)

$V_{CBAM} = [(Mahsulot\ uglerod\ sig'imi - ruxsat\ etilgan\ me'yor) \times kvota\ narxi] / EBITDA \times 100\%$

Normalizatsiya va AHP–Entropiya gibriddi vaznlashtirish

Ko'rsatkichlar [0;1] oralig'ida normalizatsiya qilinadi: stimulyatorlar uchun $z_j = (x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$, destimulyatorlar uchun $z_j = (x_{max} - x) / (x_{max} - x_{min})$. Vazn koeffitsiyentlari subyektiv (AHP, ekspert baholari) va obyektiv (Shennon entropiyasi, ko'p yillik dinamika) yondashuvlarni birlashtiruvchi gibriddi usulda aniqlanadi: $w_j = \alpha \cdot w_{AHP} + (1-\alpha) \cdot w_{entropiya}$.

Integral indeksni shakllantirish

Kompleks ko'rsatkich chiziqli konvolyutsiya orqali hisoblanadi:

$$IECPI = \sum w_j \cdot z_j$$

Qiymat to'rtta darajaga bo'linadi: 0,00–0,40 — tanazzul; 0,41–0,65 — boshlang'ich; 0,66–0,85 — barqaror integratsiyalashgan; 0,86–1,00 — yetakchi model.

Modelni sanoat korxonasida amaliy aprobatsiya qilish natijalari

Ko'rsatkich	w _j	2022 (T0)	2023 (T1)	2024 (T2)	2026 (T3, prognoz)
Solishtirma energiya sig'imi, GJ/t	0.142	34.80	31.50	28.60	25.20
EnB dan og'ish nisbati	0.118	1.08	0.98	0.91	0.82
QTE va toza energiya ulushi, %	0.075	1.20	2.50	7.80	18.50
Solishtirma uglerod sig'imi, tCO ₂ e/t	0.165	2.45	2.24	1.96	1.62
Yoqilg'i balansi uglerod intensivligi, tCO ₂ e/GJ	0.095	0.0704	0.0711	0.0685	0.0643

Emissiyalarni qisqartirish rejasi ijrosi, %	0.088	15.00	48.00	92.00	100.00
IER dan foydalanish darajasi, %	0.082	18.50	24.00	42.00	65.00
SEU raqamli qamrovi, %	0.065	32.00	65.00	94.00	98.00
Dekarbonizatsiya sof tannarxi, USD/tCO ₂ e	0.070	48.50	32.00	19.50	14.00
CBAM/EBITDA nisbati, %	0.100	18.40	15.20	9.80	3.20
Integral indeks (IECPI)	1.000	0.011	0.384	0.658	1.000

Izoh: Model O'zbekistonning yirik kimyo-metallurgiya majmuasida (CBAM xavfi yuqori) to'rt davr bo'yicha sinovdan o'tkazildi: 2022 — bazaviy, 2023 — faqat ISO 50001, 2024 — ISO 50001+14064 integratsiyalashgan, 2026 — quyosh stansiyasi va issiqlik rekuperatsiyasi prognozi.

Faqat ISO 50001 joriy etilgan 2023-yilda energiya sig'imi 9,5%ga kamaygan bo'lsa-da, uglerod intensivligi qisman oshgan — tarmoq elektr ulushi vaqtincha ko'tarilgani va energiya tejamkorligi har doim ham to'g'ridan-to'g'ri dekarbonizatsiyaga olib kelmasligi sababli. 2024-yilga kelib SEU obyektlarining 94% aqlli datchiklar bilan jihozlandi, IER darajasi 18,5→42,0%, solishtirma uglerod sig'imi 2,45→1,96 tCO₂e/t (20%ga) pasaydi. Iqtisodiy jihatdan sof tannarx 48,50→19,50 USD/t, CBAM/EBITDA nisbati 18,40→9,80% ga qisqardi. Integral indeks 2022-yildagi 0,011 dan 2024-yilda 0,658 gacha o'sib, korxonani barqaror integratsiyalashgan toifaga olib chiqdi.

Olingan natijalar muhokamasi. Model mavjud qarashlarni boyitadi: ISO 14001 energiya ko'rsatkichlarining jismoniy yaxshilanishini majburiy qilmaydi, ISO 50001 esa Scope 3 va uglerod omillarini to'liq hisobga olmaydi — bu tizimlarning ajratilgan yuritilishi tor qarorlarga olib keladi.

Natijalar energiya tejamkorligi va uglerod reduksiyasi o'rtasida chiziqli bog'liqlik yo'qligini ko'rsatadi: emissiya qisqarish sur'ati (12,5%) energiya sig'imi kamayishidan (9,2%) yuqori bo'lgan, bu xalqaro Energy Hierarchy konsepsiyasiga mos keladi — avval energiya sarfi kamaytiriladi, so'ng qolgan qism past uglerodli manbalar bilan almashtiriladi.

Model davlat dasturi ko'rsatkichlarini korxona darajasida monitoring qilish, 2028-yildan mo'ljallangan uglerod solig'i va CBAM sharoitida xatarlarni oldindan baholash imkonini beradi. Joriy etishga to'sqinlik qiluvchi omillar — raqamli o'lchash vositalari yetishmasligi, past ma'lumot integratsiyasi va xizmatlar hamkorligining yo'qligi — avtomatlashtirilgan axborot platformalari orqali bartaraf etiladi.

Xulosa va amaliyot uchun tavsiyalar. Tadqiqot ISO 14064 va ISO 50001 integratsiyasi yashil iqtisodiyotga o'tishda boshqaruv samaradorligining hal qiluvchi omili ekanligini isbotlaydi. AHP–Entropiya sintezi asosidagi IECPI modeli subyektivlikni kamaytirib, xolis qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi. Tavsiyalar:

1. Energetika va ekologiya xizmatlarini birlashtiruvchi Idoralararo yashil transformatsiya bo'linmasini tashkil etish;

2. ISO 50006 asosida energetik va uglerod bazaviy chiziqlarini bir xil davr bo'yicha belgilash va muntazam normalashtirish;

3. SEU obyektlarini aqlli telemetrik datchiklar bilan to'liq qamrab olish va ma'lumotlarni yagona axborot tizimiga integratsiyalash;

4. Ikkilamchi energiya resurslari va quyosh energetikasi kabi ham energiya tejash, ham emissiya qisqartirish beruvchi loyihalarga ustuvorlik berish.

Bu chora-tadbirlar korxonalar raqobatbardoshligini ta'minlash bilan birga, milliy dekarbonizatsiya maqsadlariga erishishga hissa qo'shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. ISO 50001: The Foundation of Energy Governance in Building Decarbonization // NZero Insights. – 2025. – URL: <https://nzero.com/blog/iso-50001-the-foundation-of-energy-governance-in-building-decarbonization>.

2. ISO 14064 and Climate Responsibility // B-ADVANCY Blog. – 2024. – URL: <https://b-advancy.com/blog>

3. ISO 14064 / 14067 Carbon Footprint & ISO 50001 Energy Management //Integrated Service Technology (iST). – URL: <https://www.istgroup.com/en/service/iso14064-iso14067-iso5001-consultancy>.

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrda “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining «yashil» iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-436-son qarori.

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrda “2019 — 2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining «yashil» iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-4477-son qarori.

6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2026-yil 4-mayda “Barqaror rivojlanish va atrof-muhit, ijtimoiy hamda korporativ boshqaruv (ESG) tamoyillarini joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 221-son qarori.

7. ISO 14001 vs ISO 50001 vs ISO 14064: Which Certification? // SustainPro AI. – 2026. – URL: <https://sustainpro.ai/f/iso-14001-vs-iso-50001-vs-iso-14064-which-certification>

ISO/IEC 17025 TALABLARI DOIRASIDA RAQAMLI KALIBRLASH SERTIFIKATLARI (DCC) ARXITEKTURASI VA METROLOGIK KUZATILUVCHANLIKNI AVTOMATLASHTIRISH

To‘rayev Azizbek To‘lqin o‘g‘li¹, Yusupov Rustam Eshpulatovich²

¹Qarshi davlat texnika universiteti, assistent

²Qarshi davlat texnika universiteti, katta o‘qituvchi

Annotatsiya. Sanoat 4.0 paradigmasi sharoitida qog‘oz va statik PDF formatidagi kalibrlash sertifikatlaridan foydalanish axborot uzilishlarini keltirib chiqaradi hamda ma’lumotlarni qo‘lda kiritishda operator xatoliklariga (yozuvlarning 40% gachasida kamida bitta xatolik) sabab bo‘ladi. Ushbu tadqiqotda Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) tomonidan ishlab chiqilgan XML v3.3.0 sxemasi va D-SI (Digital System of Units) modeliga asoslangan, ISO/IEC 17025 standarti talablariga to‘liq mos keluvchi Raqamli kalibrlash sertifikati (DCC) arxitekturasini hamda o‘lchash noaniqligini kaskadli hisoblash algoritmi taklif etiladi. Hujjatlarning yaxlitligi va huquqiy kuchi XAdES-B-LTA elektron raqamli tamg‘asi bilan kafolatlanadi. Harorat va namlik datchiklarining ikki bosqichli kalibrlash zanjirida o‘tkazilgan eksperimental sinovlar sertifikat yaratish vaqtini 2600 barobarga, texnologik kontrollerga tuzatishlarni kiritish vaqtini 0.18 soniyaga qisqartirish hamda transkripsiya xatoliklarini 0% ga tushirish imkonini berdi.

Kalit so‘zlar: *Raqamli kalibrlash sertifikati (DCC), ISO/IEC 17025, metrologik kuzatiluvchanlik, D-SI, o‘lchash noaniqligi, XAdES-B-LTA, Sanoat 4.0, raqamli sifat infratuzilmasi (DQI).*

Аннотация. В условиях парадигмы Индустрии 4.0 использование бумажных и статических PDF-форматов калибровочных сертификатов приводит к информационным разрывам и ошибкам операторов при ручном вводе данных (как минимум одна ошибка встречается до 40% записей). В данном исследовании предлагаются архитектура Цифрового сертификата калибровки (DCC) и алгоритм каскадного расчёта неопределённости измерений, основанные на XML-схеме v3.3.0 и модели D-SI (Digital System of Units), разработанных Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), и полностью соответствующие требованиям стандарта ISO/IEC 17025. Целостность документов и их юридическая сила обеспечиваются электронной цифровой меткой XAdES-B-LTA. Экспериментальные испытания, проведённые в рамках двухэтапной калибровочной цепи датчиков температуры и влажности, позволили сократить время формирования сертификата в 2600 раз, время внесения поправок в технологический контроллер — до 0,18 секунды, а количество ошибок транскрипции — до 0%.

Ключевые слова: Цифровой сертификат калибровки (DCC), ISO/IEC 17025, метрологическая прослеживаемость, D-SI, неопределённость измерений, XAdES-B-LTA, Индустрия 4.0, цифровая инфраструктура качества (DQI).

Abstract. In the context of the Industry 4.0 paradigm, the use of paper-based and static PDF calibration certificates creates information gaps and leads to operator errors during manual data entry, with at least one error occurring in up to 40% of records. This study proposes a Digital Calibration Certificate (DCC) architecture and a cascading measurement uncertainty calculation algorithm based on the XML v3.3.0 schema and the D-SI (Digital System of Units) model developed by the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), fully complying with the requirements of the ISO/IEC 17025 standard. Document integrity and legal validity are ensured through an XAdES-B-LTA electronic digital signature. Experimental tests conducted using a two-stage calibration chain for temperature and humidity sensors reduced certificate generation time by a factor of 2,600, reduced the time required to enter corrections into the process controller to 0.18 seconds, and reduced transcription errors to 0%.

Keywords: *Digital Calibration Certificate (DCC), ISO/IEC 17025, metrological traceability, D-SI, measurement uncertainty, XAdES-B-LTA, Industry 4.0, Digital Quality Infrastructure (DQI).*

Kirish. Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, narsalar interneti (IoT) va kiberfizik tizimlarning keng joriy etilishi texnologik muhit parametrlari bo'yicha yuqori aniqlikdagi ma'lumotlarni uzluksiz yig'ish va tahlil qilishni talab etadi. Zamonaviy Raqamli sifat infratuzilmasi (Digital Quality Infrastructure, DQI) konsepsiyasida o'lchash vositalarini kalibrlash — metrologik kuzatiluvchanlikni tasdiqlash va o'lchashlarning xalqaro miqyosdagi qiyoslanuvchanligini ta'minlashning bosh tayanch mexanizmidir.

Biroq o'lchash vositalarining yuqori darajada raqamlashtirilganiga qaramay, laboratoriyalarda kalibrlash natijalari hamon an'anaviy qog'oz blankalar yoki statik PDF formatida rasmiylashtirilmoqda. Kalibrlash tuzatishlari va noaniqlik parametrlarini ishlab chiqarishni boshqarish tizimlariga (SCADA/PLC) hamda laboratoriya axborot tizimlariga (LIMS) qo'lda kiritish muqarrar ravishda transkripsiya xatoliklarini yuzaga keltiradi (statistik ma'lumotlarga ko'ra, operatorning 1% xatolik ehtimolida yozuvlarning 40% gachasi kamida bitta noto'g'ri qiymatni o'z ichiga oladi). Bu holat farmatsevtika, aerokosmik va energetika tarmoqlarida jiddiy sifat risklarini keltirib chiqaradi.

Germaniya Milliy metrologiya instituti (PTB) yetakchiligida Xalqaro o'lchov va tarozilar byurosi (BIPM) hamda Yevropa metrologiya konsorsiumlari (SmartCom, GEMIMEG-II) tomonidan ishlab chiqilayotgan Raqamli kalibrlash sertifikatlari (Digital Calibration Certificate, DCC) xalqaro tashabbusi mashina o'qiydigan, semantik jihatdan bir ma'noli va kriptografik himoyalangan ma'lumotlar almashinuvi standartini yaratishga yo'naltirilgan. Shunga qaramay, mavjud ilmiy adabiyotlarda ISO/IEC 17025 me'yoriy talablariga to'liq mos keluvchi, ko'p bosqichli kalibrlash zanjirlarida noaniqlikning avtomatlashtirilgan kaskadli hisobini amalga oshiruvchi yaxlit arxitektura modellari yetarli darajada yoritilmagan.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — ISO/IEC 17025 standartining 6.5 (metrologik kuzatiluvchanlik), 7.8 (hisobotlarga qo'yiladigan talablar) va 7.11 (ma'lumotlar boshqaruvi va dasturiy yaxlitlik) bndlari talablarini to'liq qanoatlantiruvchi DCC arxitekturasini loyihalash, noaniqlikni avtomatlashtirilgan kaskadli hisoblash modulini sintez qilish va real sanoat datchiklari zanjirida eksperimental verifikatsiyalashdan iborat.

2. ISO/IEC 17025 talablari va DCC arxitekturasini (methods & architecture). ISO/IEC 17025 xalqaro standarti talablarini raqamli formatga o'tkazish kalibrlash sertifikatini statik hujjatdan

dinamik, mashina talqin qila oladigan algoritmik obyektga aylantiradi. Standart talablari va ularning DCC arxitekturasidagi texnik realizatsiyasi 1-jadvalda tizimlashtirilgan.

1-jadval.

ISO/IEC 17025 talablarining an'anaviy va DCC formatidagi qiyosiy tahlili

ISO/IEC 17025 standarti bandi	An'anaviy usul (Qog'oz / PDF)	DCC arxitekturası (XML v3.3.0)	Metrologik va operatsion samaradorlik
6.5-band: Metrologik kuzatiluvchanlik	Yuqori razryadli etalonga va uning sertifikatiga matnli statik havola.	Milliy etalonlargacha (SI) bo'lgan DCC havolalarining ierarxik graflari.	Zanjirni qo'lda qidirmasdan to'liq avtomatlashtirilgan tezkor audit qilish.
7.8.2-band: Hisobotlarga qo'yiladigan talablar	Statik rekvizitlar, vosita tavsifi va qo'lda qo'yilgan jismoniy imzo.	Global UUID va elektron raqamli tamg'aga ega dcc:administrativeData bloki.	Uskunani tanib olishdagi xatoliklarni bartaraf etish, soxtalashtirishdan himoya.
7.8.4-band: Natijalar va o'lchash noaniqligi	Ko'rsatkichlar jadvallari, tuzatishlar va matn shaklidagi kengaytirilgan noaniqlik (U, k).	Digital-SI (D-SI) modeliga asoslangan mashina o'qiydigan dcc:measurementResults sohasi.	Kalibrlash matritsaları va tuzatishlarni to'g'ridan-to'g'ri boshqaruv konturlariga kiritish.
7.11-band: Ma'lumotlar yaxlitligi va boshqaruvi	Jismoniy arxivlar, parolli PDF fayllar, qo'lda tekshirish reglamentlari.	XAdES-B-LTA kriptografik profili, SHA-256 xeshlash, XSD sxemaviy validatsiya.	ALCOA+ tamoyillari, o'zgarmaslik kafolati va uzoq muddatli yuridik maqom.

DCC sxemasining funksional sohalari va xavfsizlik arxitekturası. PTB v3.3.0 standartiga muvofiq, DCC hujjati mantiqiy jihatdan to'rtta funksional sektorga bo'linadi: 1) dcc:administrativeData — ISO/IEC 17025 bo'yicha majburiy ma'muriy rekvizitlar (unikal UUID, laboratoriya akkreditatsiya attestati, o'lchash vositasining zavod raqami va modeli, kalibrlash sanasi hamda atrof-muhitning fizik ko'rsatkichlari); 2) dcc:measurementResults — o'lchash natijalari va etalon parametrlarini birlashtiruvchi sektor. Unda D-SI (Digital System of Units) sintaksisi asosida birliklar, kengaytirilgan noaniqlik, qoplash koeffitsiyenti (k) va ehtimollik taqsimoti qonuni mashina o'qiydigan shaklda beriladi; 3) dcc:comments — foydalanuvchi uchun ekspluatatsion izohlar va nostandart ko'rsatmalar; 4) dcc:document — an'anaviy yuridik uzluksizlikni ta'minlovchi Base64 formatidagi PDF/A hujjati yoki XSLT transformatsiya shablони.

Kriptografik himoya va huquqiy kuch W3C XML-DSig hamda XAdES (XAdES-B-LTA darajasi) profili bilan kafolatlanadi. Sertifikatlangan apparat xavfsizlik modulida (HSM) joylashgan RSA-4096 yoki ECDSA yopiq kalitlari orqali SHA-256 xesh-summasi asosida elektron raqamli tamg'a qo'yiladi. RFC 3161 vaqt tamg'asi va OSCP tekshiruvi hujjatning butun xizmat muddati davomida soxtalashtirishdan himoyalanganligini ta'minlaydi.

3. O'lchash noaniqligini kaskadli hisoblashning matematik apparati (mathematical formulation). Metrologik kuzatiluvchanlikni uzluksiz avtomatlashtirishning asosi — O'lchash noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM, JCGM 100:2008) qoidalarining dasturiy

realizatsiyasidir. N ta kiruvchi $X_1, X_2, \dots, X_N$ kattaliklarga bog'liq bo'lgan Y o'lchanayotgan kattaligining funksional bog'liqligi quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

Kalibrlash jarayonida etalon ko'rsatkichi (x_{ref}) uning DCC hujjatidan olingan tizimli tuzatish qiymatiga (Δ_{ref}) korreksiyalanadi hamda kalibrlanayotgan asbob ko'rsatkichi (x_{DUT}) bilan taqqoslanib, kalibrlash tuzatishi (Δ_{DUT}) topiladi:

$$\Delta_{DUT} = x_{ref} + \delta_{ref} - x_{DUT}$$

Yuqori razryadli etalonning B toifasi bo'yicha standart noaniqligi uning asosiy DCC hujjati D-SI blokidan olingan kengaytirilgan noaniqlik (U_{ref}) va qoplash koeffitsiyenti (k_{ref}) orqali avtomatik aniqlanadi:

$$u(x_{ref}) = U_{ref} / k_{ref}$$

Kalibrlanayotgan asbobning tasodifiy noaniqlik tashkil etuvchisi statsionar tashqi sharoitda o'tkazilgan n ta mustaqil kuzatuv seriyasi ($x_{DUT,j}$) asosida A toifasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\bar{x}_{DUT} = (1/n) \cdot \sum (x_{DUT,j}) \quad [j = 1..n]$$

$$u_A^2(\bar{x}_{DUT}) = [1 / (n(n-1))] \cdot \sum (x_{DUT,j} - \bar{x}_{DUT})^2$$

Kiruvchi miqdorlar o'rtasida korrelyatsiya mavjud bo'lganda (masalan, umumiy harorat gradienti), birlashgan standart noaniqlik Teylor qatorining birinchi tartibli yoyilmasi va kovariatsiya hadlari orqali hisoblab chiqiladi:

$$u_c^2(\Delta_{DUT}) = \sum (\partial f / \partial X_i)^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \cdot \sum \sum (\partial f / \partial X_i) \cdot (\partial f / \partial X_l) \cdot u(x_i, x_l)$$

bu yerda $c_i = \partial f / \partial X_i$ — sezgirlik koeffitsiyentlari, $u(x_i, x_l) = r(x_i, x_l) \cdot u(x_i) \cdot u(x_l)$ — korrelyatsiya koeffitsiyentiga ega miqdorlarning kovariatsiyasidir. Yakuniy qoplash koeffitsiyenti (k) va kengaytirilgan noaniqlik (U) Welch-Satterthwaite formulasi bo'yicha samarali erkinlik darajalari (ν_{eff}) hamda $p = 0.95$ ishonchlilik darajasidagi Student kvantili orqali topiladi:

$$\nu_{eff} = u_c^4(\Delta_{DUT}) / [\sum (c_i^4 \cdot u^4(x_i) / \nu_i)] \implies U = k \cdot u_c(\Delta_{DUT})$$

4. Eksperimental sintov va natijalar (results). Taklif etilgan arxitekturaning samaradorligi toza ishlab chiqarish xonalari mikroiklimini nazorat qilish stendida tekshirildi. Eksperimental topologiya uch bosqichli vertikal zanjirni qamrab oldi: 1) Birlamchi etalonga ega Milliy metrologiya instituti darajasi (DCC_{NMI}); 2) Ishchi etalonlarni kalibrlovchi va kaskadlangan DCC_{LAB} hujjatini generatsiya qiluvchi ikkilamchi laboratoriya; 3) REST API orqali DCC_{LAB} faylini qabul qilib, kalibrlash matritsalarini avtomatik yuklovchi korxona sanoat kontrolleri (PLC/SCADA).

2-jadval. Eksperimental sinov samaradorligi ko'rsatkichlari (10 ta tayanch nuqtasi bo'yicha)

Jarayonning nazorat parametri	An'anaviy usul (Qog'oz / PDF)	DCC XML v3.3.0 tizimi	Optimallashtirish darajasi
Sertifikatni generatsiya qilish va imzolash	18.5 ± 2.1 min (blankani to'ldirish, imzolash)	0.42 ± 0.05 s (XML avtogeneratsiya, HSM)	≈ 2600 barobar tezlashuv
Yetkazib berish va tekshirish	2 - 5 ish kuni (pochta, devonxona)	1.2 ± 0.1 s (xavfsiz REST API brokeri)	Real vaqt rejimiga o'tish
Kontrollerga tuzatish kiritish (SCADA/PLC)	25.0 ± 3.4 min (muhandis tomonidan qo'lda)	0.18 ± 0.02 s (avtomatik parsing va yuklash)	Mehnat sarfining 100% qisqarishi

Ma'lumot kiritishdagi xatolar statistikasi	1.42% (ishora chalkashishi, yaxlitlash)	0.00% (inson omili to'liq chiqarilgan)	Metrologik mutlaq ishonchlilik
Kuzatiluvchanlik zanjirini to'liq audit qilish	4.5 ± 0.8 soat (10 ta asbob jildlari qidiruvi)	0.75 ± 0.08 s (UUID rekursiv so'rovi)	Vaqt sarfining 99.9% kamayishi

Cheklangan hisoblash quvvatiga ega sanoat mikrokontrollerlarida (ARM Cortex-A53, 1.2 GGs, 1 Gb tezkor xotira) o'tkazilgan testlar hajmi 90 Kbayt bo'lgan DCC faylini to'liq sintaktik tahlil qilish (parsing) va elektron tamg'ani tekshirish 85.4 ± 3.6 ms vaqt olishini, Velch-Sattertuelyt formulasi bo'yicha yakuniy noaniqlik matritsasini qayta hisoblash esa atigi 2.8 ± 0.2 ms talab etishini ko'rsatdi.

5. Natijalar muhokamasi va texnik to'siqlar (Discussion). Eksperiment natijalari ISO/IEC 17025 standartining 6.5-bandiga muvofiq SI birlamchi etalonlarigacha bo'lgan metrologik kuzatiluvchanlik zanjirini kriptografik tasdiqlangan graflar orqali inson omilisiz to'liq tiklash mumkinligini isbotlaydi. 7.8 va 7.11-bandlar bo'yicha XAdES-B-LTA konteynerining qo'llanilishi ma'lumotlarning o'n yilliklar davomida o'zgarmasligini ta'minlab, Zarur ishlab chiqarish amaliyoti (GMP) hamda ALCOA+ tamoyillariga to'liq javob beradi.

Avvalgi Yevropa pilot loyihalari bilan qiyoslaganda (masalan, tashqi skriptlarga tayangan Aalto-Beamex yoki faqat skalyar haroratni qayta ishlagan BAM namoyishchisi), ishlab chiqilgan tizim PTB v3.3.0 spetsifikatsiyasiga ko'ra raqamli tamg'ani bevosita XML fayl tanasiga monolit joylashtiradi hamda harorat va namlik o'rtasidagi kovariatsion bog'liqliklarni to'g'ri qayta hisoblaydi.

Biroq texnologiyani ommaviy joriy etish yo'lida uchta tizimli to'siq mavjud: 1) Global PKI infratuzilmasining yo'qligi — turli yurisdiksiyalardagi milliy akkreditatsiya organlarining ochiq kalitlari o'rtasida transchegaraviy o'zaro ishonch mexanizmining shakllanmaganligi; 2) Sxema versiyalari evolyutsiyasi — PTB v3.2.1, v3.3.0 va v3.4.0 loyihalari o'rtasidagi orqaga qaytuvchi moslashuvchanlikni ta'minlash zarurati; 3) Regulyatorlik talablarining konservativligi — farmatsevtika va atom energetikasida GAMP 5 hamda FDA 21 CFR Part 11 standartlari bo'yicha dasturiy ta'minotni validatsiyalashning murakkabligi.

6. Xulosa va istiqbolli yo'nalishlar (Conclusions). Tadqiqot doirasida ISO/IEC 17025 talablariga moslashtirilgan Raqamli kalibrlash sertifikatlari (DCC) arxitekturasini va metrologik kuzatiluvchanlikni avtomatlashtirilgan kaskadli hisoblash algoritmi sintez qilindi hamda tajribada tasdiqlandi. Taklif etilgan yechim ma'lumotlarni qo'lda kiritishdagi xatoliklarni 0% ga tushirdi, kalibrlash sikllarini bir necha kundan soniyalargacha qisqartirdi va metrologik audit vaqtini 99.9% ga kamaytirdi.

Istiqbolli ilmiy yo'nalishlar qatoriga o'lchash turlari bo'yicha quyi amaliy sxemalarni (Good Practice schemas) standartlashtirish, asboblarning parkining kalibrlash tarixi o'zgarmasligini kafolatlash uchun taqsimlangan reestrlar (blokcheyn) bilan integratsiyalash hamda BIPM va ILAC shafeligida transmilliy federativ ochiq kalitlar tarmog'ini yaratish kiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hackel S., et al. The Digital Calibration Certificate. PTB Report, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, 2020.
2. Viitala R., et al. Digital Calibration Certificate in an industrial application. Acta IMEKO, vol. 11, no. 4, pp. 1-8, 2022.
3. SmartCom Project Consortium. Document specifying rules for the secure use of DCC covering legal aspects. EMPIR 17IND02 Report, EURAMET, 2020.
4. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Joint Committee for Guides in Metrology, 2008.
5. Brunner C., et al. Towards fully automated metrological traceability in process applications. Journal of Sensors and Sensor Systems (JSSS), vol. 15, pp. 77–88, 2026.
6. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization, Geneva, 2017.

CHANNEL DEFORMATION PROCESSES IN IRRIGATION CANALS OF UZBEKISTAN

Alisher Normurodovich Khazratov
University of Economics and Pedagogy

Abstract: In this article, the channel deformation processes in the Amu–Bukhara Machine Canal and the main factors causing them were identified through field investigations and hydraulic modeling. The research results showed that during the period from January to May, the concentration of suspended sediments entering the canal is lower than the sediment transport capacity of the flow, which leads to channel erosion processes. From August to December, however, gradual sediment deposition can be observed within the channel.

Field observations indicated that sediment accumulation in the canal mainly occurs in the section extending from the canal headworks to survey station PK1520. The measured suspended sediment concentration was found to decrease along the canal length, demonstrating that the volume of deposited sediment gradually decreases from the headworks toward PK1520.

Keywords: channel deformation, suspended sediments, flow transport capacity, sediment concentration, hydraulic modeling using the HEC-RAS software.

Annotatsiya: Ushbu maqolada Amu–Buxoro Mashina Kanali ichidagi kanal deformatsiyasi jarayonlari va ularni keltirib chiqaradigan asosiy omillar maydon tadqiqotlari va gidravlik modellash tirish orqali aniqlangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yanvardan maygacha bo‘lgan davrda kanalda kirib boradigan erkin qoldiq konsentratsiyasi oqimning chang tashish qobiliyatidan past bo‘lib, bu kanal eroziya jarayonlariga olib keladi. Ammo avgustdan dekabrgacha, kanalda asta-sekin loy qoldiqlari to‘planishi kuzatiladi.

Maydon kuzatuvlari shuni ko‘rsatdiki, kanalda loy yig‘ilishi asosan kanal boshlanish nuqtasidan PK1520 tekshirish stantsiyasigacha bo‘lgan bo‘limda sodir bo‘ladi. O‘lchangan erkin loy konsentratsiyasi kanal bo‘yicha kamayib borishi aniqlangan bo‘lib, bu to‘planadigan loy hajmi kanal boshlanishidan PK1520 tomon asta-sekin kamayishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kanal deformatsiyasi, osilgan cho‘kindi, oqim tashish qobiliyati, cho‘kindining konsentratsiyasi, HEC-RAS dasturi yordamida gidravlik modellash tirish.

Аннотация: В этой статье рассматриваются процессы деформации канала Амударьинско-Бухаринского машинного канала и основные факторы, их вызывающие, выявленные с помощью полевых исследований и гидравлического моделирования. Результаты исследования показали, что в период с января по май концентрация взвешенных частиц, поступающих в канал, ниже пропускной способности потока по переносу осадка, что приводит к эрозии канала. С августа по декабрь, однако, можно наблюдать постепенное отложение осадка внутри канала. Полевые наблюдения показали, что накопление осадка в канале в основном происходит в участке от головного сооружения канала до станции обследования РК1520. Измеренная концентрация взвешенных частиц уменьшалась по длине канала, что демонстрирует, что объем отложенного осадка постепенно уменьшается от головного сооружения к РК1520.

Ключевые слова: деформация русла, взвешенные осадки, пропускная способность потока, концентрация осадков, гидравлическое моделирование с использованием ПО HEC-RAS.

Introduction. The “Concept for the Development of the Water Management Sector of the Republic of Uzbekistan for 2020–2030” was adopted as a ten-year strategy for the development of the country’s water sector. According to this concept, it is planned to increase the efficiency coefficient of irrigation networks from 0.63 to 0.73 by 2030 [1]. To achieve these objectives, it is essential to identify

the channel deformation processes occurring in existing irrigation systems and determine the main factors causing them [2–3].

Although irrigation channels are required to be statically stable according to construction norms and regulations, variations in flow and sediment parameters throughout the year often lead to channel deformation, particularly in unlined channels [4].

Large irrigation canals in Uzbekistan are subject to continuous channel deformation because their hydraulic conditions and sediment regimes vary considerably throughout the year. These processes may occur as sediment deposition, bed and bank erosion, or a seasonal alternation between the two. The dominant deformation process is not determined by flow discharge alone but by the balance between the sediment supplied to the canal and the sediment transport capacity of the flow.

In canals such as the Mirishkor Canal, sediment deposition generally predominates. When the amount of incoming sediment exceeds the transport capacity of the flow, excess sediment settles on the canal bed.

Over time, this reduces the effective flow area and conveyance capacity of the canal and increases the need for mechanical cleaning. Nevertheless, local erosion may also occur in individual reaches because of changes in canal geometry, flow velocity, bed slope, or bank condition [5].



Figure 1. Deposition observed at channel station PK 205 of the Mirishkor Canal

In contrast, erosion is frequently observed in some reaches of the Amu–Bukhara Machine Canal. This can occur when the flow has a relatively high sediment transport capacity but the incoming sediment concentration is insufficient to satisfy that capacity. Under such sediment-deficient conditions, the flow obtains additional material by eroding the canal bed and banks. Therefore, even a canal carrying a large annual sediment load may experience erosion during particular months or in specific reaches.



Figure 2. Erosion observed at channel station PK 310+50 of the Amu–Bukhara Machine Canal

The monthly variation in incoming sediment concentration must consequently be considered together with changes in flow discharge. An increase in discharge generally increases flow velocity, boundary shear stress, and sediment transport capacity; however, sediment concentration does not always increase at the same rate or at the same time.

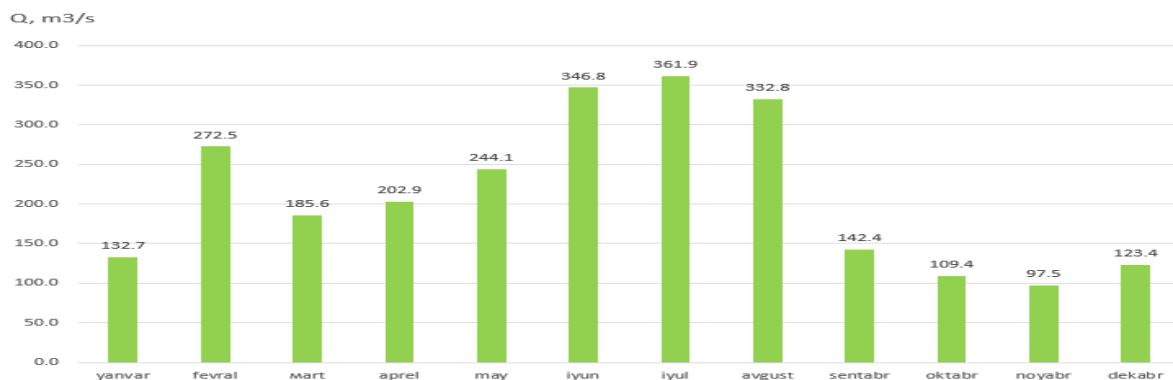


Figure 3. Diagram of the variation in the total monthly average flow discharge diverted from the Amu Darya River into the Amu-Bukhara Machine Canal in 2023.

High discharge combined with comparatively low sediment concentration promote erosion, whereas high sediment concentration exceeding the transport capacity of the flow may result in deposition. The overall annual deformation of a canal is therefore the cumulative result of these changing monthly relationships between water discharge, incoming sediment load, and flow transport capacity. Understanding this interaction is essential for reliably assessing channel stability and planning the operation, maintenance, and reconstruction of Uzbekistan's major irrigation canals [5, 6].

At present, channel deformation processes are observed in major canals supplied by the Amu Darya River due to the high concentration of suspended sediments carried by the flow. In some reaches of the Amu-Bukhara Machine Canal, erosion processes are observed, whereas in other reaches sediment deposition predominates [7].

2.Methods. An analysis of the monthly average flow discharge diverted from the Amu Darya River into the Amu-Bukhara Machine Canal in 2023 shows that the highest discharges, ranging from approximately 330 to 360 m³/s, occurred during June–August, while the lowest discharges, ranging from approximately 95 to 110 m³/s, were observed during October–November (Figure 3).

Field observations indicate that channel deformation processes are occurring in certain reaches of the Amu-Bukhara Machine Canal (Figure 2).

3. Results and discussion.

An analysis of the measured sediment concentration data at different flow discharges diverted from the Amu Darya River into the Amu-Bukhara Machine Canal during 2023 shows that the suspended sediment concentration increased correspondingly with an increase in flow discharge.

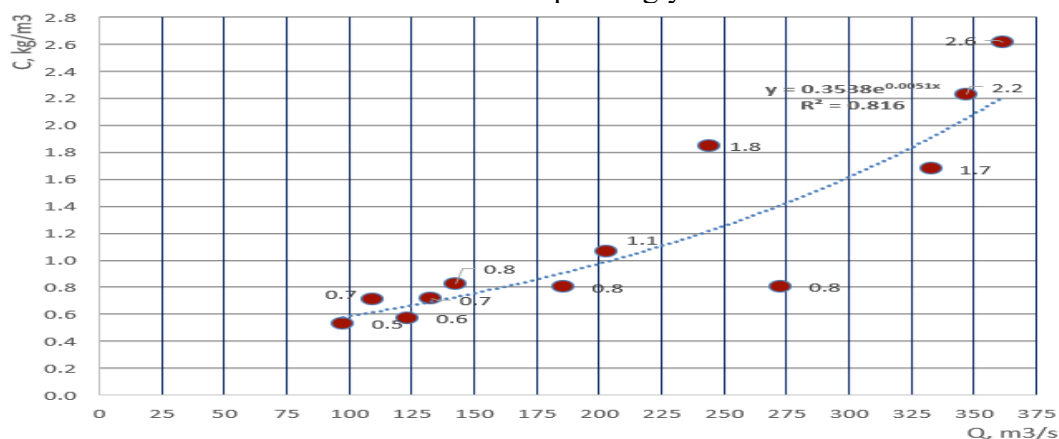


Figure 4. Measured sediment concentration at different flow discharges in the Amu-Bukhara Machine Canal during 2023.

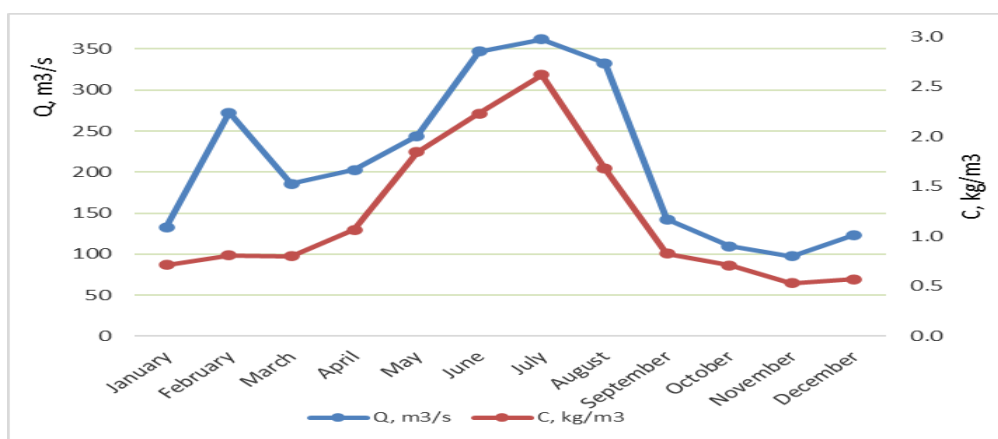


Figure 5. Observed flow discharge and sediment concentration values in the AB-1 channel section from PK 492+00 to PK 1520+00 during 2023.

The analysis of Figures 5 shows that although the flow discharge in the canal was relatively high at the beginning of the year, the sediment concentration remained low. In particular, in February, when the flow discharge reached 273 m³/s, the sediment concentration was only 0.8 kg/m³. A similar situation was observed in March, when the flow discharge was 186 m³/s and the sediment concentration remained at 0.8 kg/m³.

This situation resulted in an imbalance between the sediment transport capacity of the flow and the amount of suspended sediment entering the canal. In other words, due to the high flow discharge, the flow energy and sediment transport capacity increased; however, the amount of sediment in the flow was insufficient to satisfy this transport capacity. As a result, in order to maintain an equilibrium condition, the flow tended to erode material from the canal bed and banks.

Conclusion.

1. The results of field investigations and hydraulic modeling using the HEC-RAS software showed that the main factors causing channel deformation processes in the Amu–Bukhara Machine Canal are the variability of flow and sediment discharge, as well as the seasonal imbalance between the incoming sediment concentration and the sediment transport capacity of the flow.
2. The high flow discharge and relatively low sediment concentration observed at the beginning of the year intensified local erosion processes in the canal. In contrast, during the summer months, both flow discharge and sediment concentration increased significantly, leading to the activation of sediment deposition processes. Therefore, seasonal alternation of erosion and deposition processes was observed in the Amu–Bukhara Machine Canal throughout the year: channel erosion occurred during January–May 2023, while gradual sediment accumulation processes took place during August–December.

References

7. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-6024 dated 10 July 2020 “On Approval of the Concept for the Development of the Water Management Sector of the Republic of Uzbekistan for 2020–2030”, <https://lex.uz/docs/-4892953>
8. Sobirov, F. C., & Xazratov, A. N. (2024). Investigation of bank deformation in irrigation channels (in uzbek language). *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 4(10), 349-359.
9. Xazratov Alisher Normurodovich, Sobirov Feruz Choriyevich, Assessment of erosion processes in open-channel canals, (in uzbek language). “Development of Specialized Higher Education and Science in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities”, International Scientific Conference, April 9–10, 2025, Tashkent, Uzbekistan
10. Urban Planning Norms and Regulations: Design Standards for Irrigation Systems. Tashkent, 2012. Sh.N.Q 2.06.03-12.
11. Xazratov, A. N., Raxmatov, M. I., & G‘ayimnazarov, I. X. (2026). Amu-Buxoro mashina kanalidagi o‘zan deformatsiyasi jarayonlari va uni keltirib chiqaruvchi asosiy omillar. *Innovatsion texnologiyalar*, 62(2), 58-64.

12. *Xazratov, A. N. (2026). Kam bog'langan grunt o'zanli kanallarda o'zan deformatsiyasini prognozlash uchun oqim tashuvchanlik qobiliyati usullarining qiyosiy tahlili. Innovatsion texnologiyalar, 62(2), 127-136.*
13. *Khazratov A.N., Sobirov F.Ch; Study of Side Wall Deformation in Irrigation Channels; Miasto Przyszlosci Kielce 2024; Impact Factor: 9.9 ISSN-L: 2544-980X; 715-722-betlar*
14. *Brunner, G. W. (2001). HEC-RAS hydraulic reference manual. Davis: US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.*
15. *Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS hydraulic reference manual, version 5.0. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.*

СОДЕРЖАНИЕ ^{222}Rn В НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ ПРОБАХ

Худайбердиев Аъзам Турсунович

Университет экономики и педагогики, кандидат физико-математических наук, доцент,
Карши 180100, Узбекистан, e-mail: 4100036@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности определения содержания радона-222 (^{222}Rn) в природных и питьевых водах с применением сцинтилляционного метода анализа. В работе описаны физические основы сцинтилляционного метода, принципы регистрации гамма-излучения радона и его дочерних продуктов распада, а также особенности пробоотбора и подготовки образцов воды. Приведён анализ чувствительности метода, его метрологических характеристик и сравнительная оценка с альтернативными способами определения радона. Полученные результаты могут быть использованы при экологическом контроле, санитарно-гигиенической оценке качества воды и разработке мероприятий по снижению радиационных рисков.

Ключевые слова: радон-222; сцинтилляционный метод; радиационный контроль; природные воды; гамма-излучение; дочерние продукты распада; радиационная безопасность; мониторинг окружающей среды; удельная активность; пробоотбор воды.

Annotatsiya. Maqolada tabiiy va ichimlik suvlarida radon-222 (^{222}Rn) miqdorini sintillyatsion tahlil usulidan foydalangan holda aniqlash xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Sintillyatsion usulning fizik asoslari, radon-222 va uning parchalanish mahsulotlaridan hosil bo'ladigan nurlanishni qayd etish tamoyillari, shuningdek, suv namunalarini olish, tashish va radiometrik tadqiqotga tayyorlashga qo'yiladigan asosiy talablar bayon etilgan. Sintillyatsion usulning sezgirligi tahlil qilingan, uning asosiy metrologik xususiyatlari, jumladan, takrorlanuvchanlik, aniqlik va aniqlash chegarasi ko'rib chiqilgan. Sintillyatsion usul radon miqdorini aniqlashning muqobil usullari bilan qiyosiy baholangan. Tadqiqot natijalaridan tabiiy va ichimlik suvlarining radiatsion monitoringi, ekologik nazorat, suv resurslarining sanitariya-gigiyena nuqtai nazaridan sifatini baholash, shuningdek, suv tarkibidagi ^{222}Rn bilan bog'liq ehtimoliy radiatsion xavflarni kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni ishlab chiqishda foydalanish mumkin.

Kalit so'zlar: radon-222; sintillyatsion usul; radiatsion nazorat; tabiiy suvlar; gamma-nurlanish; parchalanishning qiz mahsulotlari; radiatsion xavfsizlik; atrof-muhit monitoringi; solishtirma aktivlik; suv namunalarini olish.

Abstract. This article examines the specifics of determining radon-222 (^{222}Rn) levels in natural and drinking water using scintillation analysis. This paper describes the physical principles of the scintillation method, the principles of recording gamma radiation from radon and its progeny, as well as the specifics of water sampling and sample preparation. An analysis of the method's sensitivity, its metrological characteristics, and a comparative assessment with alternative radon detection methods are provided. The scintillation method has been shown to provide highly accurate, rapid, and reliable measurements for monitoring the radiation safety of water bodies. The results obtained can be used in environmental monitoring, sanitary and hygienic assessment of water quality, and the development of measures to reduce radiation risks.

Keywords: radon-222; scintillation method; radiation monitoring; natural waters; gamma radiation; decay daughter products; radiation safety; environmental monitoring; specific activity; water sampling.

Введение. Природные воды характеризуются многообразием макро- и микроэлементного состава, в том числе радионуклидного и, в связи с ежедневным потреблением, являются существенным источником естественного радиационного облучения человека. Образцы питьевой воды могут содержать различные естественные и искусственные радионуклиды в разных концентрациях [1].

Количество лабораторий в мире, имеющих возможность определения радионуклидного состава питьевой воды, недостаточно для организации массовых анализов. Поэтому на практике в основном применяются подходы, основанные на скрининге питьевой воды в отношении ее общей альфа- и бета-активности, рекомендованные международными организациями [2].

При этом эффективная доза внутреннего облучения населения, обусловленная потреблением питьевой воды, регламентируется на уровне 0,1 мЗв/год, а суммарная альфа- и бета-активность 0,1 Бк/л и 1 Бк/л, соответственно.

Материалы и методы. В настоящей работе приведены результаты определения радиоактивности ^{222}Rn в образцах природных вод методом сцинтилляционной γ -спектрометрии [3].

Радон является радиоактивным инертным газом природного происхождения, образующимся в цепи распада урана-238 и представляющим потенциальную радиационную опасность для здоровья человека при его накоплении в водной среде и последующем высвобождении в атмосферу помещений. Радиоактивность ^{222}Rn ($T_{1/2}=3,83\text{дн}$) обусловлена распадом его дочерних радионуклидов, а его материнский РН ^{226}Ra имеет только один собственный γ -переход с $E_\gamma=186\text{кэВ}$.

Это обстоятельство позволяет по двум измерениям γ -спектра пробы воды и сопоставлений их разности со спектром эталонного источника ОМАСН ^{226}Ra определить удельную активность содержавшегося в пробе ^{222}Rn . Действительно, положив для простоты $t_2 - t_1 = T_{1/2}(^{222}\text{Rn}) = 3.83\text{дн}$, где t_2 и t_1 начало первого и второго измерения спектра пробы (время измерения $\Delta t \ll T_{1/2}$), последние можно представить в виде

$$S_1 = S(\text{Rn}) + S(\text{другие ЕРН}) + S(\text{фон}) \text{ и } F \\ S_2 = S(\text{Rn})/2 + S(\text{другие ЕРН}), F$$

где $S(\text{Rn})$ и $S(\text{другие ЕРН})$ спектры связанные распадом ^{222}Rn и других долгоживущих естественных радионуклидов, а F – спектр фона. А их удвоенная разность $S(\text{Rn}) = 2(S_1 - S_2)$ соответствует спектру полного «чистого» спектра ^{222}Rn , содержащегося в пробе.

Сравнения интенсивности этого спектра эталонного источника ^{226}Ra после вычета из последнего фонового F вклада позволяет установить

$$S_3(\text{Ra}) = S(E_\gamma = 186\text{кэВ}) + S_3(^{222}\text{Rn})$$

удельную активность ^{222}Rn в пробе на момент t_1 начало первого измерения [4]

$$A_{11}(^{222}\text{Rn}) = A_3 S(^{222}\text{Rn}, > 186\text{кэВ}) / S_3(\text{Ra}, > 186\text{кэВ}),$$

а затем и на момент отбора пробы.

$$A_0(^{222}\text{Rn}) = A_{11} e^{(-0.693 t_1 / T_{1/2})}$$

Результаты и обсуждение. Полученные иллюстрации результатов исследования приведены на рис.1.

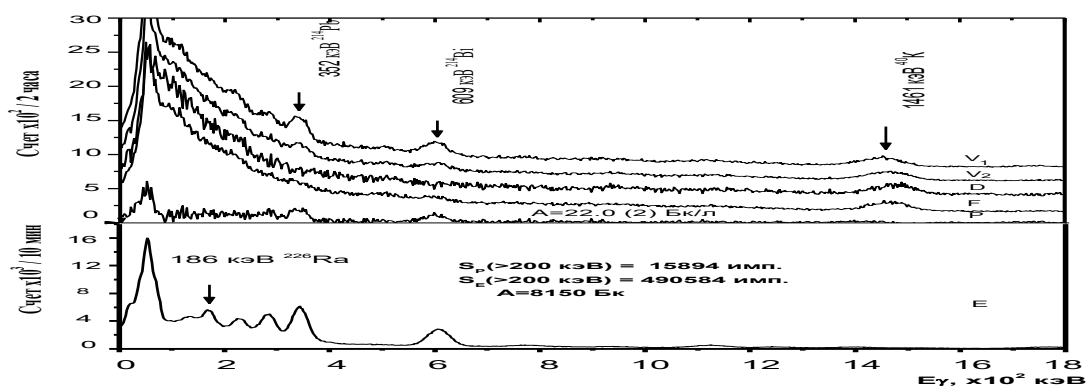


Рис 4. Сцинтилляционные спектры $V_1(t_1)$ и $V_2(t_2)$ пробы воды ($t_2-t_1=3.83$ сут), "чистый" спектр ^{222}Rn - $P=(V_1-V_2)$, долгоживущих ЕРН - $D=V_1-2P$, -фона - F , ^{226}Ra - E .

Где, V_1 и V_2 - γ -спектры пробы воды, измеренные с интервалом 3,83 сут. (время измерения $\Delta t=2$ час), P - «чистый» спектр ^{222}Rn , спектр после распада ^{222}Rn (долгоживущие ЕРН и фон), E - спектр эталонного источника ^{226}Ra с вычетом спектра фона и шумов и F – спектр фона.

Закключение. Таким образом видно, что даже в двухчасовых измерениях и несмотря на малую статистику, метод «чистого» спектра позволяет с приемлемой точностью определить относительно низкую удельную активность в пробе.

Литература

- [1] UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations), 2000. Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York)
- [2] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd ed., Vol. 1: Recommendations, WHO, Geneva (2004)
- [3] Мухамедов А., Потешкин Г.В., Салихбаев У.С., Хазратов Т., дореев А.А., Муминов И.Т., Рашидова Д.Ш., Холбоев И. γ -спектрометрическое определение содержаний естественных радионуклидов в природных водах, АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ, Т 86, вып. 1, 1999, с-36-40.
- [4] Худайбердиев А.Т. Радиоактивность и элементный состав некоторых объектов природной среды Узбекистана. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.ф.-м.н. 2006 г.

УРОВЕНЬ РАДОНА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Худайбердиев Аъзам Турсунович

Университет экономики и педагогики, кандидат физико-математических наук, доцент,
Карши 180100, Узбекистан, e-mail: 4100036@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются международные и национальные механизмы регулирования допустимых уровней радона – природного радиоактивного газа, представляющего серьёзную угрозу здоровью человека. Проведён сравнительный анализ нормативных документов Всемирной организации здравоохранения, Международного агентства по атомной энергии и национальных санитарных стандартов различных стран в части предельно допустимых концентраций радона в жилых и производственных помещениях. Отдельное внимание уделено действующим нормативам радиационной безопасности в Республике Узбекистан и их соответствию международным рекомендациям. Рассматриваются вопросы мониторинга концентрации радона, профилактических мероприятий и совершенствования нормативно-правовой базы. Полученные результаты имеют практическое

значение для обеспечения радиационной безопасности и снижения онкологических рисков населения.

Ключевые слова: радон, радиационная безопасность, нормативы, предельно допустимая концентрация, международные стандарты, мониторинг.

Annotatsiya. Ushbu maqolada inson salomatligiga jiddiy xavf tug'diruvchi tabiiy radioaktiv gaz – radonning xavfsiz konsentratsiya me'yorlari xalqaro va milliy darajada qanday tartibga solinishi tahlil qilingan. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti, atom energiyasi bo'yicha xalqaro agentlik (MAGATE) hamda turli mamlakatlarning sanitariya me'yorlari asosida radonning turar-joy va ish joylaridagi ruxsat etilgan darajalari solishtirilgan. Shuningdek, O'zbekistonda amalda bo'lgan radiatsion xavfsizlik me'yorlari va ularning xalqaro tavsiyalarga mosligi baholangan. Maqolada radon konsentratsiyasini monitoring qilish, profilaktik chora-tadbirlar hamda normativ-huquqiy bazani takomillashtirish bo'yicha takliflar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari aholi salomatligini muhofaza qilish va radiatsion xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: radon, radiatsion xavfsizlik, sanitar me'yorlar, xalqaro standartlar, ruxsat etilgan konsentratsiya, monitoring.

Abstract. This article examines international and national regulatory approaches to permissible radon levels, a naturally occurring radioactive gas that poses significant health risks. A comparative analysis of regulatory documents issued by the World Health Organization, the International Atomic Energy Agency, and national sanitary standards of various countries is conducted with regard to reference levels of radon concentration in residential and occupational environments. Special attention is given to the current radiation safety standards in the Republic of Uzbekistan and their compliance with international recommendations. Issues related to radon monitoring, preventive measures, and the improvement of regulatory frameworks are discussed. The findings are important for enhancing radiation protection policies and reducing radon-induced cancer risks among the population.

Keywords: radon, radiation safety, regulatory standards, permissible concentration, international guidelines, monitoring.

Введение. Радиационное воздействие радона и его ДПР (дочерние продукты распада радона) дома, а также на рабочем месте представляет существенный риск для населения и ежегодно приводит к заболеванию раком легких тысяч людей. Однако радиационный риск, обусловленный радоном, может быть существенно снижен при вполне разумных затратах. Для достижения этой цели чрезвычайно важно, чтобы национальные регуляторы информировали население о рисках, связанных с радоном, а также разработали законодательную и нормативную базу, регламентирующую предельные показатели по уровню радона и требования по мониторингу в местах потенциального риска. МКРЗ (Международная комиссия по радиологической защите), ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) и МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии) призывают страны к созданию национальных программ по радоновой проблематике, где, в частности, должны быть определены предельные уровни радона в жилых домах и на рабочем месте, оценки рисков перед началом строительства и предельное содержание ЕРН (естественные радионуклиды) в строительных материалах.

Впервые о рисках для здоровья человека в связи с радоном было заявлено в 20-х годах прошлого столетия. Предполагалось, что радон является определяющим фактором, обуславливающим повышенную смертность шахтеров от легочных болезней.

Материалы и методы. В работе проведён сравнительный и исторический анализ рекомендаций МКРЗ, ВОЗ, МАГАТЭ и Комиссии Европейского Союза, национальных нормативов ряда стран, а также санитарных правил и норм Республики Узбекистан (СанПиН 0193-06) [1–10].

Результаты и обсуждение. Первоначально рекомендации были приняты для профессионального облучения. В 1941 году Комитет Национального бюро стандартов по защите от гамма-излучения и радия США (United States Advisory Committee on X-ray and Radium

Protection) установил предельную допустимую активность (ПДА) радона вместе с его ДПР, ЭРОА (эквивалентная равновесная объемная активность) – 370 Бк/м^3 при продолжительности облучения 40 ч/неделя. В 1953 году МКРЗ (ICRP) установила ПДА для ЭРОА радона 3700 Бк/м^3 при продолжительности облучения 168 ч/неделя. В 1959 году МКРЗ установила новые нормы для рабочих мест – 11100 Бк/м^3 для 40 ч/неделя и 3700 Бк/м^3 для 168 ч/неделя.

В конце 1950-х годов в США были начаты эпидемиологические исследования, которые установили однозначную связь между повышенной смертностью от рака легких шахтеров и содержанием радона в воздухе урановых шахт Америки, Чехословакии и Канады. Уровень ОАР в этих шахтах составлял от десятков тысяч до нескольких миллионов Бк/м^3 .

После того, как было доказано, что причиной повышенной заболеваемости раком легких среди шахтеров является радон, были приняты новые нормативы ПДА для ЭРОА радона. В 1976 году МКРЗ рекомендовало следующие уровни и правила для практического использования:

а) Допуск к работам на шахтах может не регламентироваться при ЭРОА радона менее 1110 Бк/м^3 .

б) При уровне ЭРОА радона менее 11100 Бк/м^3 использование респираторов против ДПР радона считается достаточной мерой защиты. В местах, где ЭРОА радона составляет более 11100 Бк/м^3 , но менее 111000 Бк/м^3 использование респираторов должно комбинироваться вместе с уменьшением рабочего времени.

в) Места в шахтах, где ЭРОА радона составляет более 111000 Бк/м^3 , должны быть помечены знаком радиационной опасности.

В 1985 году МКРЗ рекомендовало предел годового поступления ДПР радона $3,6 \times 10^6 \text{ Бк} \times \text{час} \times \text{м}^{-3}$, который соответствует средней ЭРОА радона в 1800 Бк/м^3 за 2000 часов работы в год.

Понимание потенциального риска для здоровья людей, обусловленного содержанием радона в жилых помещениях, росло последовательно, и на протяжении ряда лет, международные организации усиливали требования и снижали нормативы ПДА для ЭРОА радона. В 1977 году МКРЗ рекомендовало ПДА для ЭРОА радона в жилых помещениях для планирования и применение на практике. Отмечается, что деятельность человека сама по себе может вызвать повышение естественных фоновых условий. Так, например пребывание людей в жилых помещениях может привести к повышенному радиационному воздействию из-за недостаточной вентиляции, что приводит к аккумуляции радиоактивных газов и их ДПР.

В 1983 году МКРЗ определило “Принципы ограничения облучения населения от естественных источников облучения”, где сформулировало, что почти все облучение, связанное с естественными источниками радиации, до некоторой степени управляемо.

В качестве уровня вмешательства (УВ) для ЭРОА радона может быть рассмотрено 200 Бк/м^3 (годовая эффективная эквивалентная доза порядка 20 мЗв), при котором меры по снижению рисков достаточно просты. Национальным регуляторам рекомендовано установить контрольные уровни, выше которых проведение исследований обязательно. Комиссия сочла, что оправданным верхним пределом для ЭРОА радона является 100 Бк/м^3 и, во многих странах, при этом значении ПДА, радон не будет определяющим источником радиационного риска для жилых помещений.

В 1990 году МКРЗ пересмотрела подходы к проблеме радона и приняла следующие рекомендации:

– Облучение на рабочем месте: Комиссия рекомендует не рассматривать облучение, связанное с радоном и ЕРН как профессиональное, если иное не установлено национальным регулятором в связи с географическими условиями или действующей практикой. Облучение от естественных источников облучения может рассматриваться как часть профессионального облучения в случаях: а) рабочие места, определенные регулятором как требующие внимания в связи с риском облучения радоном; б) использование и хранение материалов, которые обычно не рассматриваются в качестве радиоактивных, но содержащие значимые количества ЕРН.

– Радон в жилых помещениях. Облучение радоном в жилых помещениях требует специального внимания, так как индивидуальная и коллективная доза, обусловленная им, выше

по сравнению с любыми другими источниками радиации. В Публикации МКРЗ № 39 (1984) рекомендует использовать понятие УВ для принятия решения о необходимости снижения рисков в жилых помещениях. Для собственников жилья проживающих в своих домах достаточно общих руководств, однако в странах, где существенная часть населения арендует жилье, необходимо установление четких законодательных требований касательно радона.

– Новое жилье. Строительные нормы и правила для вновь строящегося жилья в отдельных регионах должны обеспечивать радиационное воздействие ниже установленных норм.

В 1990 году Комиссия Европейского Союза выпустила рекомендации по ограничению облучения радоном в помещениях, главные из которых следующие:

– Существующее жилье. Предельный уровень среднегодового содержания радона в воздухе помещений устанавливается 400 Бк/м^3 , при превышении которого требуются незамедлительные мероприятия по снижению риска.

– Вновь строящееся жилье. Регуляторы должны устанавливать строительные требования, стандарты и правила, обеспечивающие проектируемый уровень среднегодового содержания радона в воздухе помещений менее 200 Бк/м^3 .

– Измерения. Радиационная защита достигается измерением среднегодовой концентрации радона интегральными методами. Компетентный регулятор должен быть уверен в адекватности качества и надежности используемых методов.

– Планирование. Критерии выбора регионов, площадок и зданий должны быть увязаны с уровнем радона.

Публикация МКРЗ № 65 (1993) "Защита от Радона-222 дома и на работе" полностью посвящена радону. Комиссия представила серию рекомендаций по УВ для существующего и вновь строящегося жилья, а также для рабочих мест. Здесь также приведены рекомендации по идентификации зон радонового риска, практике снижения рисков и проведению контрольных измерений [1].

МКРЗ считает оправданным УВ по годовой эффективной дозе 3-10 мЗв. Комиссия рекомендует национальным регуляторам устанавливать УВ в этих пределах. Соответствующие значения для концентрации радона в воздухе помещений составляют $200\text{-}600 \text{ Бк/м}^3$ при годовом нахождении в помещении 7000 часов и факторе равновесия между радоном и его ДПР равным 0,4.

Для рабочих мест, где персонал не подвергается профессиональному облучению, УВ должны быть аналогичными УВ для жилых помещений. УВ для рабочих мест легко определяются путем умножения УВ для жилых помещений, на отношение времени пребывания людей в жилом помещении к времени пребывания на рабочем месте – 7000/2000 и на отношение коэффициентов дозовой конверсии 3,88/5,06 (the ratio of the dose conversion coefficients). Соответствующий диапазон для рабочих мест округленно составляет $500\text{-}1500 \text{ Бк/м}^3$. Национальным регуляторам рекомендуется устанавливать УВ для рабочих мест в указанном диапазоне.

Первые федеральные нормы, касательно радоновой безопасности жилья, в США были приняты в 1979 году и применялись по отношению к домам, построенным на рекультивированной территории фосфатных отходов во Флориде и для жилья, сооруженного на территории бывших хвостохранилищ урановых рудников в Колорадо. Для ЭРОА радона в воздухе помещений во Флориде был установлен уровень вмешательства 2 пикоКюри/литр (74 Бк/м^3), а для жилья, расположенного на хвостохранилищах 200 Бк/м^3 .

После того как Шведский институт по радиационной защите обнаружил значительное превышение концентрации радона в жилых помещениях, расположенных на глиноземах с высоким содержанием урана, в Швеции в 1979 году была организована Шведская Комиссия по радону. Первым действием этой Комиссии было предложение ввести пределы по содержанию радона в воздухе существующего и вновь строящегося жилья. В 1980 году были введены обязательные пределы для ЭРОА радона в существующем жилье – 400 Бк/м^3 и для вновь строящегося жилья – 70 Бк/м^3 . В 1994 году нормы были пересмотрены и определены для

среднегодового содержания радона. Для существующего жилья, включая рабочие места (за исключением рудников) обязательный предел – 400 Бк/м³ и для вновь строящегося жилья – 200 Бк/м³ [2].

С целью получения новых данных по исследованиям содержания радона в жилых помещениях и связанного с этим риска заболевания раком легких, в 2005 году ВОЗ инициировала Международный проект по радону (International Radon Project). В рамках проекта был проведен опрос 192 стран по радоновой проблематике. Реакция на опрос последовала от 75 стран и при этом 45 стран отметили, что у них ведется определенная деятельность в этом направлении. Детальную информацию по радоновой проблематике предоставили 36 стран [3].

В 2009 году комиссия ICRP [4] на основе анализа последних исследований, включая данные приведенные UNSCEAR в 2009 году [5] снизило контрольный уровень для ОАР в жилых помещениях с 600 Бк/м³ установленных в [6] до 300 Бк/м³. Следует отметить, что ВОЗ рекомендует аналогичный уровень ОАР [7].

Новые подходы к безопасности, принятые в [5] стали основой для пересмотра Базовых Стандартов Безопасности МАГАТЭ, последняя версия которой опубликована в 2014 году [8], а последние рекомендации ICRP касательно радона приведены в [9]. На сегодняшний день этими документами рекомендованы следующие уровни ОАР: для жилых помещений 300 Бк/м³, и для рабочих мест 1000 Бк/м³ (принято во внимание, что на работе человек проводит в три раза меньше времени).

В Узбекистане требования к содержанию радона в жилых помещениях и на рабочем месте регламентируются Санитарными Правилами и Нормами СанПиН 0193-06 (НРБ-2006) [10], а именно:

“При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность короткоживущих дочерних изотопов радона и торона в воздухе помещений $ЭРОА_{Rn} + 4,6 \cdot ЭРОА_{Th}$ не превышала 200 Бк/м³”.

“В эксплуатируемых зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних изотопов радона и торона в воздухе жилых помещений не должна превышать 400 Бк/м³э.

“При выборе участков территорий под строительство жилых домов и зданий социально-бытового назначения предпочтительны участки с плотностью потока радона с поверхности грунта не более 80 мБк/(м²×с). При отводе для строительства здания участка с плотностью потока радона более 80 мБк/(м²×с) в проекте здания должна быть предусмотрена система защиты от радона”.

“Для строительства зданий производственного назначения следует выбирать участки территории, где плотность потока радона с поверхности грунта не превышает 250 мБк/(м²×с)”.

Заключение. Таким образом, проведён сравнительный анализ рекомендаций Всемирной организации здравоохранения, Международного агентства по атомной энергии и национальных санитарных норм различных стран. Нормативная база Республики Узбекистан изучена с применением сравнительно-правового подхода. Установлено, что международные рекомендации предусматривают референсные уровни радона в диапазоне 100–300 Бк/м³. Национальные нормативы Узбекистана в целом соответствуют данным рекомендациям, однако требуется совершенствование системы мониторинга и информирования населения. Эффективное регулирование уровней радона является важным элементом радиационной безопасности. Гармонизация национальных стандартов с международными требованиями и усиление контроля способствуют снижению онкологических рисков.

Литература:

[1] International Commission on Radiological Protection, Protection against Radon-222 at Home and at Work. Publication No. 65, Ann. ICRP 23 2, Pergamon Press, Oxford (1993).

[2] Gustav Akerblom. Radon Legislation and National Guidelines. Swedish Radiation Protection Institute. SSI reports: 99:18, July 1999, ISSN 0282-4434.

- [3] International Radon Project/ Survey on radon guidelines, programmers and activities/ Final report, WHO/HSE/RAD/07.01, Geneva, 2007.
- [4] International Commission on Radiological Protection Statement on Radon ICRP 2009 Ref 00/902/09.
- [5] UNSCEAR, 2009 Annex E. Sources-to-Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces. New York: United Nations, 2009.
- [6] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4).
- [7] WHO, 2009. World Health Organisation (WHO). WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. WHO Press, Geneva, 2009.
- [8] European Commission, Food and agriculture organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour organization, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health organization, United Nations Environment Programs, World Health Organization, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA safety standards series No. GSR part 3, IAEA, Vienna (2014).
- [9] ICRP, Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon, Publication 115, Elsevier, Amsterdam (2010).
- [10] Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы Республики Узбекистан, СанПиН № 0193-06 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006)". Республика Узбекистан. – Ташкент, 2006 г.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Худайбердиев Аъзам Турсунович

Университет экономики и педагогики, кандидат физико-математических наук, доцент,
Карши 180100, Узбекистан, e-mail: 4100036@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются современные научно-технические подходы к повышению эффективности солнечных фотоэлектрических панелей. Проанализированы физические основы преобразования солнечной энергии, температурные и эксплуатационные факторы, влияющие на коэффициент полезного действия (КПД), а также инновационные материалы и инженерные решения. Особое внимание уделено tandemным структурам, двусторонним (bifacial) модулям, системам слежения за солнцем и методам охлаждения в условиях жаркого климата. Обоснована необходимость комплексного подхода к повышению энергетической эффективности солнечных установок.

Ключевые слова: фотоэлектрические панели; солнечные элементы; эффективность; коэффициент полезного действия (КПД); tandemные структуры; двусторонние (bifacial) модули; системы слежения за солнцем; охлаждение солнечных панелей; жаркий климат; инновационные материалы; энергетическая эффективность.

Annotatsiya. Mazkur ishda quyosh fotoelektrik panellarining samaradorligini oshirishga qaratilgan zamonaviy ilmiy-texnik yondashuvlar ko'rib chiqilgan. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning fizik asoslari, foydali ish koeffitsiyentiga (FIK) ta'sir etuvchi harorat va ekspluatatsiya omillari, shuningdek, innovatsion materiallar va muhandislik yechimlari tahlil qilingan. Issiq iqlim sharoitida tandemli tuzilmalar, ikki tomonlama (bifacial) modullar, quyoshni kuzatish tizimlari hamda sovitish usullariga alohida e'tibor qaratilgan. Quyosh energetik qurilmalarining energetik samaradorligini oshirish uchun kompleks yondashuv zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: fotoelektrik panellar; quyosh elementlari; samaradorlik; foydali ish koeffitsiyenti (FIK); tandemli tuzilmalar; ikki tomonlama (bifacial) modullar; quyoshni kuzatish tizimlari; quyosh panellarini sovitish; issiq iqlim; innovatsion materiallar; energetik samaradorlik.

Abstract. This paper examines modern scientific and technological approaches to improving the efficiency of solar photovoltaic panels. The physical principles of solar energy conversion, temperature and operational factors affecting the efficiency, as well as innovative materials and engineering solutions are analyzed. Particular attention is given to tandem structures, bifacial modules, solar tracking systems, and cooling methods under hot climatic conditions. The study substantiates the need for an integrated approach to improving the energy efficiency of solar power installations.

Keywords: photovoltaic panels; solar cells; efficiency; conversion efficiency; tandem structures; bifacial modules; solar tracking systems; solar panel cooling; hot climate; innovative materials; energy efficiency.

Введение. Развитие солнечной энергетики является одним из ключевых направлений глобального перехода к низкоуглеродной экономике. По данным International Renewable Energy Agency, солнечная генерация демонстрирует наиболее быстрые темпы роста среди возобновляемых источников энергии.

Несмотря на технологический прогресс, средний КПД коммерческих кремниевых модулей составляет 18–23 %. Теоретический предел КПД для однопереходного кремниевого элемента (предел Шокли–Квайссера) составляет около 33 %, что стимулирует поиск новых материалов и конструктивных решений.

Материалы и методы. Работа солнечной панели основана на фотоэлектрическом эффекте — преобразовании энергии фотонов в электрическую энергию. Эффективность определяется выражением:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

где: P_{out} — выходная электрическая мощность, P_{in} — мощность падающего солнечного излучения.

Основные потери энергии происходят вследствие:

- отражения света от поверхности;
- рекомбинации носителей заряда;
- тепловых потерь;
- несоответствия спектра солнечного излучения энергетической структуре материала.

Результаты и обсуждение. *Технологические пути повышения эффективности.*

Наиболее распространённым материалом является монокристаллический кремний. Однако перспективными направлениями являются:

- PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) технологии;
- TOPCon-структуры;
- гетеропереходные элементы (HJT);
- перовскитные фотоэлементы;
- tandemные кремний-перовскитные структуры.

Тандемные элементы позволяют использовать разные участки солнечного спектра, что потенциально повышает КПД до 30–35 %.

Двусторонние (bifacial) панели. Bifacial-модули генерируют электроэнергию как с лицевой, так и с тыльной стороны, используя отражённое излучение (альбедо). В зависимости от типа поверхности прирост генерации может составлять 10–20 %.

Системы слежения за солнцем (трекеры). Использование одноосевых и двухосевых трекеров позволяет поддерживать оптимальный угол падения солнечных лучей в течение дня.

Увеличение годовой выработки энергии достигает:

- 15–20 % для одноосевых систем;
- до 25–30 % для двухосевых систем.

Температурный коэффициент кремниевых панелей составляет примерно $-0,4 \dots -0,5$ %/°C. В жарком климате перегрев существенно снижает производительность.

Методы повышения эффективности за счёт охлаждения:

- естественная вентиляция;

- водяное охлаждение;
- теплообменные пластины;
- использование фазоизменяемых материалов (PCM);
- интеграция с системами солнечных коллекторов (PVT).

Снижение эксплуатационных потерь. Эффективность снижается из-за:

- загрязнения поверхности (пыль, песок);
- частичного затенения;
- деградации материалов (PID-эффект);
- несоответствия параметров в строках модулей.

Решения включают:

- регулярную очистку;
- антиотражающие и самоочищающиеся покрытия;
- использование оптимизаторов мощности;
- применение MPPT-контроллеров нового поколения.

Экономическая эффективность. Повышение КПД напрямую снижает удельную стоимость электроэнергии (LCOE):

$$LCOE = \frac{\sum C_t}{\sum E_t}$$

где: C_t — совокупные затраты, E_t — суммарная выработка энергии.

Рост выработки на 20–30 % позволяет существенно сократить срок окупаемости солнечных установок.

Перспективы для стран с высоким уровнем инсоляции. Для стран с жарким климатом, включая О‘zbekiston, приоритетными направлениями являются:

- разработка термостойких фотоэлементов;
- интеграция солнечных установок с системами накопления энергии;
- внедрение интеллектуальных сетей (Smart Grid);
- локализация производства фотоэлектрических модулей.

Высокий уровень солнечной радиации создаёт благоприятные условия для внедрения передовых технологий.

Заключение. Повышение эффективности солнечных панелей является ключевым направлением развития возобновляемой энергетики. Наиболее перспективными решениями являются тандемные технологии, двусторонние модули, системы слежения за солнцем и температурная оптимизация. Комплексное применение инновационных материалов и инженерных решений позволяет увеличить энергетическую отдачу на 25–40 %.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на повышение стабильности перовскитных структур и снижение себестоимости производства высокоэффективных модулей.

Литература:

- [1] International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs. – 2023.
- [2] International Energy Agency. Solar PV Technology Report. – 2023.
- [3] Green M.A. Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications. – UNSW Press, 2020.
- [4] Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. – Wiley, 2019.
- [5] Fraunhofer ISE. Photovoltaics Report. – 2023.

ГРАДИЕНТНЫЙ МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ДИСКРЕТНОСТИ ВОДОПОДАЧИ

Худайбердиев Аъзам Турсунович¹, Худайбердиев Абдулазиз Аъзам ўгли²

¹Университет экономики и педагогики, кандидат физико-математических наук, доцент, Карши 180100, Узбекистан, e-mail: 4100036@mail.ru

²Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, студент 3 курса факультета прикладной математики и интеллектуальных технологий, Ташкент, Узбекистан,

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки методов оптимального распределения водных ресурсов в условиях дискретной водоподачи, характерной для оросительных систем с регулируемыми режимами работы. Предложены математические модели и алгоритмы, учитывающие временную неравномерность подачи воды, ограничения пропускной способности каналов и требования водопользователей. Особое внимание уделено оптимизации графиков водораспределения с целью минимизации потерь и повышения эффективности использования водных ресурсов. Проведен анализ применимости разработанных методов в условиях реальных ирригационных систем. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и управлении водохозяйственными объектами.

Ключевые слова: оптимальное распределение воды, дискретная водоподача, ирригационные системы, математическое моделирование, оптимизация, водные ресурсы.

Annotatsiya. Ushbu maqolada boshqariladigan ish rejimlariga ega bo'lgan sug'orish tizimlarida suv yetkazib berishning diskret xususiyati sharoitida suv resurslarini optimal taqsimlash usullarini ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqilgan. Suv berishning vaqt bo'yicha notekisligi, kanallarning suv o'tkazish qobiliyatiga qo'yiladigan cheklovlar hamda suvdan foydalanuvchilarning talablarini hisobga oluvchi matematik modellar va algoritmlar taklif etilgan. Suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish va suv yo'qotishlarini minimallashtirish maqsadida suv taqsimoti grafiklarini optimallashtirishga alohida e'tibor qaratilgan. Ishlab chiqilgan usullarning real sug'orish tizimlari sharoitida qo'llanilishi imkoniyatlari tahlil qilingan. Olingan natijalar suv xo'jaligi obyektlarini loyihalash va boshqarish jarayonlarida foydalanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: suvni optimal taqsimlash, diskret suv yetkazib berish, sug'orish tizimlari, matematik modellashtirish, optimallashtirish, suv resurslari.

Abstract. This paper addresses the development of methods for optimal water distribution under conditions of discrete water supply, typical for irrigation systems with regulated operational regimes. Mathematical models and algorithms are proposed that take into account temporal irregularity of water delivery, channel capacity constraints, and water user requirements. Special attention is given to optimizing water distribution schedules in order to minimize losses and improve water use efficiency. The applicability of the proposed methods in real irrigation systems is analyzed. The obtained results can be applied in the design and management of water management systems.

Keywords: optimal water distribution, discrete water supply, irrigation systems, mathematical modeling, optimization, water resources.

Введение. Оптимальное распределение воды в ирригационных системах в условиях дискретности водоподачи формулируется как задача оптимального управления системами с распределенными параметрами или как задача оптимизации систем с распределенными параметрами [1,2].

Основными методами оптимизации, используемые в данной работе являются методы, основанные на необходимых условиях оптимальности, которые основаны на определении градиента или первого производного по вариации управления рассматриваемого функционала, которыми являются выбранные критерии оптимальности.

Материалы и методы. Ниже проанализируем методы, использующие необходимые условия оптимальности для задач оптимального распределения воды в ирригационных системах в условиях дискретности водоподачи.

Градиентный метод минимизации применяется для приближенного решения задачи:

$$I(u_m(t)) \Rightarrow \min; \quad u_m(t) \in H, \quad (1)$$

где H – гильбертово пространство основано на построении минимизирующей последовательности, которую можно записать в виде

$$u_{m+1}(t) = u_m(t) - \alpha_m I'(u_m(t)), \quad t_0 \leq t \leq T, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

где $u_0(t)$ – некоторое заданное начальное значение управляющего воздействия, α_m – положительная величина, I' – градиент функционала, рассчитанный по известному значению $u_m(t)$. Если $I'(u_m(t)) \neq 0$, то α_m можно выбрать так, чтобы $I(u_{m+1}(t)) < I(u_m(t))$.

Из условия дважды дифференцируемости критерия оптимальности, имеем

$$I(u_{m+1}(t)) - I(u_m(t)) = \alpha_m (-\|I'(u_m(t))\|^2 + \theta(\alpha_m)) < 0 \quad (3)$$

При всех достаточно малых $\alpha_m > 0$, если $I'(u_m(t)) \neq 0$, то процесс (2) прекращается при удовлетворении заданной точности задачи и при необходимости проводятся дополнительные исследования поведения функции в окрестности управления $u_m(t)$ для выяснения того, будет ли $u_m(t)$ принадлежать к оптимальному управлению или нет. Так как, для задач оптимального распределения воды в ирригационных системах в условиях дискретности водоподачи все критерии оптимальности являются выпуклыми функциями, поэтому полученные управления являются близкими к оптимальному управлению [3].

Результаты и обсуждение. Существует различные способы выбора величины α_m . Перечислим некоторые из них:

1) α_m выбирается из условия:

$$f_m(\alpha_m) = \inf_{\alpha_m \geq 0} f_m(\alpha_m) = f_{m*}, \quad f_m(\alpha_m) = I(u_m(t) - \alpha_m I'(u_m(t))), \quad (4)$$

этот вариант градиентного метода принято называть *методом наискорейшего спуска*.

Точное определение величины α_m из (4) не всегда возможно, поэтому на практике вместо (4) пользуются условием:

$$f_{m*} \leq f_m(\alpha_m) = f_{m*} + \delta_m, \quad \delta_m \geq 0, \quad \sum_{i=1}^{\infty} \delta_m \leq \infty, \quad (5)$$

или

$$f_{m*} \leq f_m(\alpha_m) = (1 - \lambda_m) f_m(0) + \lambda_m f_{m*}, \quad 0 < \lambda \leq \lambda_m \leq 1, \quad (6)$$

Величины λ_m, δ_m здесь характеризуют погрешность выполнения условия (4).

2) полагают $\alpha_m = \alpha > 0$, затем проверяют условие монотонности $I(u_{m+1}) < I(u_m)$ и, при необходимости, дробят величину α , добиваясь выполнения условия монотонности.

3) иногда α_m определяют из условий

$$0 < \varepsilon_0 \leq \alpha_m \leq 2/(L + 2\varepsilon), \quad (7)$$

где L – константа Липшица; $\varepsilon, \varepsilon_m$ – положительные числа, являющиеся параметрами метода.

4) возможен выбор α_m из условия

$$I(u_m) - I(u_m - \alpha_m I'(u_m)) \geq \varepsilon \alpha_m \|I'(u_m)\|^2, \quad \varepsilon < 0, \quad (8)$$

для определения такого α_m обычно задают $\alpha_m = \alpha$ и затем его дробят до тех пор, пока не выполнится выписанное неравенство.

5) возможно априорное задание величин α_m из условий

$$\alpha_m > 0, \quad m = 0, 1, 2, \dots, \quad \sum_{m=0}^{\infty} \alpha_m = 0, \quad \sum_{m=0}^{\infty} \alpha_m^2 < \infty \quad (9)$$

Например, можно принять $\alpha_m = c(k+1)^{-b}$, $c = \text{const} > 0$, $\frac{1}{2} < b < 1$. Такой выбор α_m прост для реализации, но не гарантирует условия выполнения монотонности и сходится медленно.

б) в тех случаях, когда заранее известна величина $I_* = \inf I(u_m) > -\infty$, можно принять $I_* = \inf I(u_m) > -\infty$,

$$\alpha_m = I(u_m(t)) - I_* / \|I'(u_m(t))\|^2, \quad (10)$$

На практике итерационных методов итерации продолжают до тех пор, пока не выполнится какой-либо условия, т.е. критерий окончания счета [4,5]. Здесь возможно использование таких критериев окончания счета как

$$\|u_m(t) - u_{m+1}(t)\| \leq \varepsilon, \quad u, \quad |I(u_m(t)) - I(u_{m+1}(t))| \leq \delta, \quad u, \quad \|I'(u_m(t))\| \leq \gamma, \quad (11)$$

где ε , δ , и γ – заданные числа. Иногда задают число итераций.

Заключение. Рассмотренный градиентный метод и различные способы выбора величины шага позволяют строить минимизирующую последовательность управлений для задач оптимального распределения воды в ирригационных системах в условиях дискретности водоподачи. Поскольку критерии оптимальности в данных задачах являются выпуклыми функционалами, получаемые управления близки к оптимальному. Выбор конкретного способа определения шага и критерия окончания счёта следует осуществлять с учётом требуемой точности решения и вычислительных затрат.

Литература

- [1] Seytov, A., Abdurakhmanov, O., Kakhkhorov, A., Karimov, D., Abduraimov, D. Modeling of two-dimensional unsteady water of movement in open channels. E3S Web of Conferences, 2024, 486, 01023.
- [2] Turaev, R., Seytov, A., Kuldasheva, S., Nortoijev, U. Algorithms for calculating limits in water management in irrigation systems. E3S Web of Conferences, 2023, 401, 02016.
- [3] Aybek Seytov; Lyudmila Varlamova; Azam Khudayberdiev; Niyetbay Uteuliev; Sherzod Yadgarov; Dauletyar Seytimbetov. Usage of finite element method for modeling twodimensional unsteady water movement in open channels. AIP Conf. Proc. 3147, 030034 (2024). <https://doi.org/10.1063/5.0210332>.
- [4] Aybek Seytov; Azimjon Khusanov; Azam Khudayberdiev; Niyetbay Uteuliev; Sherzod Yadgarov; Dauletyar Seytimbetov. Development of algorithms for modelling water management processes on main canals. AIP Conf. Proc. 3147, 030032 (2024). <https://doi.org/10.1063/5.0210329>.
- [5] Aybek Seytov; Azimjon Khusanov; Azam Khudayberdiev; Niyetbay Uteuliev; Sherzod Yadgarov; Dauletyar Seytimbetov; Otabek Ergashev; Olim Abduraxmanov. Development of algorithms for solving problems of optimisation of water resource management in irrigation systems. AIP Conf. Proc. 3147, 030033 (2024). <https://doi.org/10.1063/5.0210330>

РАДОН И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Худайбердиев Аъзам Турсунович

Университет экономики и педагогики, кандидат физико-математических наук, доцент,
Карши 180100, Узбекистан, e-mail: 4100036@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема воздействия радона на организм человека и его связь с развитием онкологических заболеваний. Радон является природным радиоактивным газом, образующимся в результате распада урана и радия в земной коре, и представляет собой один из основных источников ионизирующего излучения для населения. Особое внимание уделено механизмам радиобиологического воздействия радона и его дочерних продуктов распада на ткани лёгких, а также анализу эпидемиологических исследований, подтверждающих повышение риска рака лёгких при длительном воздействии повышенных концентраций радона в жилых и производственных помещениях. В статье

рассмотрены международные и национальные нормативы по допустимым уровням радона, методы мониторинга и способы снижения его концентрации в зданиях. Полученные данные подчеркивают необходимость систематического радиационного контроля и разработки профилактических мер, направленных на снижение онкологических рисков, связанных с воздействием радона.

Ключевые слова: радон, ионизирующее излучение, рак лёгких, онкологические риски, радиационная безопасность, радиационный мониторинг, эпидемиология.

Annotatsiya. Ushbu maqolada radonning inson organizmiga ta'siri va uning saraton kasalligi rivojlanishi bilan bog'liqligi o'rganiladi. Radon Yer qobig'ida uran va radiumning parchalanishi natijasida hosil bo'lgan tabiiy radioaktiv gaz bo'lib, aholi uchun ionlashtiruvchi nurlanishning asosiy manbalaridan biridir. Radon va uning avlodlarining o'pka to'qimalariga radiobiologik ta'sir mexanizmlariga, shuningdek, turar-joy va sanoat sharoitlarida radonning yuqori konsentratsiyasiga uzoq vaqt ta'sir qilish bilan o'pka saratoni xavfining oshishini tasdiqlovchi epidemiologik tadqiqotlar tahliliga alohida e'tibor qaratilgan. Maqolada ruxsat etilgan radon darajasi bo'yicha xalqaro va milliy standartlar, monitoring usullari va binolarda uning konsentratsiyasini kamaytirish usullari ko'rib chiqiladi. Olingan ma'lumotlar tizimli radiatsiya monitoringi va radon ta'siri bilan bog'liq saraton xavfini kamaytirishga qaratilgan profilaktika choralari ishlab chiqish zarurligini ta'kidlaydi.

Kalit so'zlar: radon, ionlashtiruvchi nurlanish, o'pka saratoni, saraton xavfi, radiatsiya xavfsizligi, radiatsiya monitoringi, epidemiologiya.

Abstract. This article examines the impact of radon on the human body and its relationship with the development of cancer. Radon is a naturally occurring radioactive gas formed by the decay of uranium and radium in the Earth's crust and is one of the main sources of ionizing radiation for the population. Particular attention is paid to the mechanisms of the radiobiological effects of radon and its progeny on lung tissue, as well as an analysis of epidemiological studies confirming an increased risk of lung cancer with long-term exposure to elevated radon concentrations in residential and industrial settings. The article examines international and national standards for permissible radon levels, monitoring methods, and ways to reduce its concentration in buildings. The data obtained highlight the need for systematic radiation monitoring and the development of preventive measures aimed at reducing the cancer risks associated with radon exposure.

Keywords: radon, ionizing radiation, lung cancer, cancer risks, radiation safety, radiation monitoring, epidemiology.

Введение. Число случаев рака легких в общей популяции оценивались от 3 до 14%, в зависимости от средней концентрации радона. Поскольку многие люди подвержены воздействию низких и средних концентраций радона, большинство случаев рака легких, связанных с радоном, вызваны именно этими уровнями облучения, а не облучениями более высоких концентраций.

Последние эпидемиологические исследования убедительно доказали повышение риска развития рака легких при длительном воздействии в течение нескольких лет радона и продуктов его распада, содержащихся в воздухе жилых помещений [1].

Материалы и методы. Работа выполнена на основе аналитического обзора результатов эпидемиологических исследований, рекомендаций Всемирной организации здравоохранения и научных публикаций по методам измерения концентрации радона в воздухе помещений [1–10].

Результаты и обсуждение. Обобщенный анализ основных исследований, проведенных в Китае, Европе и Северной Америке подтвердил, что радон в домах в значительной степени способствует развитию рака легких во всем мире. На основе этих исследований Международное агентство по изучению рака (IARC) и Национальная токсикологическая программа США

классифицировали радон как человеческий канцероген. В последнее время в ряде литературных источников указывается на возможную связь между заболеванием лейкемией и радоном [2].

Результаты исследований взаимосвязи рака легких и содержания радона в домах, выполненных во многих странах, позволяют существенно улучшить оценку рисков. Согласованность выводов последних европейских и североамериканских исследований четко указывает на необходимость принятия глобальных мер [3]. Анализ основных европейских исследований показал, что риск развития рака легких возрастает на 16% при увеличении концентрации радона на 100 Бк/м³ [3]. Соотношение доза-эффект представляется линейным и не имеющим пороговой величины, что означает, что риск развития рака легких возрастает прямо пропорционально возрастанию воздействия радона. Кроме того, новые результаты показывают, что если порог существует, то он не должен быть выше, чем 150 Бк/м³. На основе этих результатов, а также учитывая, что среднее по 29 европейским странам значение объемной активности радона в воздухе помещений оценивается в 59 Бк/м³, 9% смертей от рака легких в год в Европе связано с воздействием радона внутри помещений. Совместные исследования подтверждают величину оценки рисков.

В целях снижения уровня заболеваний, связанных с радоном, важно, чтобы национальные органы использовали методы и инструменты, основанные на достоверных научных данных. Проведение исследований и получение данных по содержанию радона в жилых помещениях может помочь оценить уровень ожидаемых рисков. Большинство стран приняли национальные программы по радону для выявления зон его высокой концентрации и предоставляют информацию для общественности. С целью снижения воздействия на население радона внутри помещений и соответствующих рисков разработаны международные и национальные правила / рекомендации регулярно обновляемые на основе последних эпидемиологических данных, например руководство ВОЗ [4].

Методы и техника мониторинга радона. Несмотря на то, что основным источником радона является почва, оценка содержания радона в воздухе помещений на основе измеренных характеристик почвы не представляется возможным из-за неудовлетворительной корреляции между объемной активностью радона внутри помещений и такими параметрами почвы как содержание радия, МЭД, ППР [5]. В связи с этим используются прямые методы измерения концентрации радона в воздухе помещений.

Для определения среднегодовой концентрации радона в помещениях и проведения эпидемиологических исследований с целью установления рисков возникновения онкологических заболеваний оптимальным является экспозиция мониторов в течении 12 месяцев или последовательных 3 или 6 месяцев в течении года. Необходимым условием для обследования большого количества жилищ в национальном или региональном масштабе является применение методов измерения концентрации радона отвечающие следующим основным требованиям:

- период экспозиции от 3 до 12 месяцев;
- низкая стоимость;
- малый размер измерительного прибора.

Базовые методы.

Пассивный метод на основе твердотельных ядерных трековых детекторов (solid state nuclear track detectors - SSNTD) соответствует всем вышеуказанным требованиям и активно используется в исследованиях [6]. Образование треков в этих детекторах происходит под действием альфа частиц испускаемых при распаде радона и его ДПР [7]. Нижний предел обнаружения (LLD) для этой методики при 3-месячной экспозиции составляет 5-10 Бк/м³.

Электретный метод, основанный на изменении заряда электрода под действием ионизации воздуха альфа частицами в ионизационной камере (EIC), также обладает возможностью длительных периодов экспозиции и имеет небольшой размер устройства. Однако в отличии от трековых детекторов электреты чувствительны к гамма-излучению и требуют отдельного определения дозы гамма-излучения для точного измерения концентрации радона.

Дополнительные методы.

Пассивные методы, основанные на краткосрочной экспозиции мониторов радона в течении 2-7 дней (угольные фильтры, электреты) широко используются в некоторых странах (включая США) для мониторинга и быстрой идентификации жилищ с потенциально высоким содержанием радона [8]. В любом случае рекомендуется подтверждение результатов исследования с применением методов долгосрочной экспозиции в связи с неопределенностью оценки среднегодовой концентрации радона на основе данных, полученных при краткосрочной экспозиции [9].

Активные методы, использующие прокачку воздуха через измерительные устройства, могут применяться при непрерывной экспозиции в течении относительно долгого времени. Однако используемые приборы дорогие и имеют большие размеры, что ограничивает возможность их применения для масштабных исследований и, в связи с этим, они, как правило, применяются для калибровки и контроля качества измерений других методов [10].

Заключение. Эпидемиологические исследования, проведенные в Европе, Северной Америке и Китае, подтверждают, что длительное воздействие радона и его дочерних продуктов распада в жилых помещениях повышает риск развития рака лёгких, причём зависимость «доза–эффект» носит линейный беспороговый характер. Для оценки среднегодовой концентрации радона при массовых обследованиях наиболее приемлемы пассивные методы долгосрочной экспозиции на основе трековых детекторов, тогда как краткосрочные и активные методы целесообразно использовать для скрининга и калибровки. Систематический радоновый мониторинг и реализация национальных программ по радону являются необходимыми условиями снижения онкологических рисков населения.

Литература

- [1] Krewski, D., et al., A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer, *J. Toxicol. Environ. Health A* 69 (7-8) (2006) 533–597.
- [2] Olshan A.F. Commentary Are “further studies” really needed? If so, which ones? *Epidemiology*, 2008, 19(4):545-6.
- [3] Darby S et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal*, 2005, 330(7485):223.
- [4] WHO, 2009. World Health Organisation (WHO). WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. WHO Press, Geneva, 2009.
- [5] Levesque, B., et al., Radon in residences: influences of geological and housing factors, *Health Phys.* 72 (1997) 907–914.
- [6] Bochicchio F. Radon epidemiology and nuclear track detectors: methods, results and perspectives, *Radiat. Meas.* 40 (2005) 177–190.
- [7] Nikezić, D., Yu, K.N., Formation and growth of tracks in nuclear track materials, *Materials Science and Engineering R* 46 (2004) 51–123.
- [8] Ibrahimi, Z.F., Miles, J.C.H., An etched track detector for short-term screening measurements of radon, *J. Radiol. Prot.* 29 (2009) 139–146.
- [9] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. A citizen’s guide to radon: the guide to protecting yourself and your family from radon (2005) (available for download at www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html).
- [10] GEORGE, A.C., BREDHOFF, N., Current state of the art in measuring environmental radon, *Proceedings of the 2011 International AARST Symposium*, Orlando, Florida, Oct. 16th–19th (2011) 36–44 (available for download at www.aarst.org/radon_research_papers.shtml).

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ОТ ПЫЛИ

Худайбердиев Аъзам Турсунович

Университет экономики и педагогики, кандидат физико-математических наук, доцент,
Карши 180100, Узбекистан, e-mail: 4100036@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема снижения эффективности солнечных фотоэлектрических панелей вследствие накопления пыли на их рабочей поверхности. В работе рассмотрены основные механизмы влияния пыли на работу солнечных панелей, а также механические, водные, гидрофобные методы защиты и очистки. Показано, что для засушливых регионов перспективным направлением является применение маловодных и безводных технологий очистки.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечная панель, фотоэлектрический модуль, пыль, загрязнение поверхности, эффективность, электрическая мощность, гидрофобное покрытие, самоочищающаяся поверхность, электростатическая очистка, автоматизированная система.

Annotatsiya. Maqolada quyosh fotoelektrik panellarining ishchi yuzasida chang to'planishi natijasida ularning samaradorligining pasayishi muammosi ko'rib chiqilgan. Ishda changning quyosh panellari ishlashiga ta'sir etishining asosiy mexanizmlari, shuningdek, ularni himoyalash va tozalashning mexanik, suvli hamda gidrofob usullari tahlil qilingan. Qurg'oqchil hududlar uchun kam suv sarflaydigan va suvsiz tozalash texnologiyalaridan foydalanish istiqbolli yo'nalish ekanligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: quyosh energetikasi, quyosh paneli, fotoelektrik modul, chang, sirtning ifloslanishi, samaradorlik, elektr quvvati, gidrofob qoplama, o'z-o'zini tozalovchi sirt, elektrostatik tozalash, avtomatlashtirilgan tizim.

Abstract. The article examines the problem of reduced efficiency of solar photovoltaic panels due to dust accumulation on their working surface. The main mechanisms of the impact of dust on the operation of solar panels are considered, as well as mechanical, water-based, and hydrophobic methods of protection and cleaning. It is shown that for arid regions, the use of low-water and water-free cleaning technologies is a promising approach.

Keywords: solar energy, solar panel, photovoltaic module, dust, surface contamination, efficiency, electrical power, hydrophobic coating, self-cleaning surface, electrostatic cleaning, automated system.

Введение. В последние годы солнечная энергетика занимает всё более важное место в мировой энергетической системе. Развитие фотоэлектрических технологий обусловлено необходимостью увеличения доли возобновляемых источников энергии, сокращения использования ископаемого топлива и снижения негативного воздействия энергетики на окружающую среду[1]. Одним из основных преимуществ солнечных фотоэлектрических установок является возможность получения электрической энергии непосредственно из солнечного излучения.

Однако фактическая производительность фотоэлектрической системы зависит от большого количества факторов. К ним относятся интенсивность солнечной радиации, температура окружающей среды, температура фотоэлектрического модуля, спектральный состав солнечного излучения, ориентация панели, угол её наклона, техническое состояние элементов и степень загрязнения рабочей поверхности. Особую проблему представляет накопление пыли на поверхности солнечных панелей. В условиях пустынного и полупустынного климата пылевые частицы могут оседать на поверхности практически

ежедневно. При отсутствии регулярных осадков естественное удаление загрязнений происходит недостаточно эффективно[2].

Пылевой слой частично поглощает и рассеивает солнечное излучение. В результате уменьшается количество фотонов, достигающих полупроводникового материала фотоэлектрических элементов. Это приводит к снижению фототока и, соответственно, выходной электрической мощности панели.

Для регионов Центральной Азии данная проблема имеет особое практическое значение. Высокая солнечная радиация создаёт благоприятные условия для развития солнечной энергетики, однако одновременно сухой климат и высокая запылённость могут существенно усложнять эксплуатацию фотоэлектрических систем.

Материалы и методы. Поверхность большинства современных фотоэлектрических модулей защищена специальным стеклом. Несмотря на гладкость стеклянной поверхности, пылевые частицы могут закрепляться на ней под действием различных физических факторов.

К основным механизмам относятся:

- электростатическое притяжение;
- механическое сцепление частиц с микронеровностями поверхности;
- воздействие влаги;
- образование связанного слоя из пыли и атмосферных загрязнений;
- воздействие ветра;
- конденсация влаги на поверхности.

Размер пылевых частиц может существенно различаться. Более крупные частицы сравнительно легко удаляются ветром или механическими средствами, тогда как мелкодисперсные частицы способны формировать плотный слой, который трудно удалить без специальной очистки.

Кроме уменьшения пропускания света, неравномерное распределение пыли по поверхности панели может приводить к неодинаковой освещённости отдельных фотоэлектрических элементов[3]. Это может создавать дополнительные электрические потери и локальные температурные эффекты. Эффективность солнечной панели определяется отношением выходной электрической мощности к мощности солнечного излучения, падающего на её поверхность:

$$\eta = \frac{P_{out}}{G \cdot A} \cdot 100 \% \quad (1)$$

где: η — коэффициент полезного действия фотоэлектрической панели, %; P_{out} — выходная электрическая мощность, W; G — интенсивность солнечного излучения, W/m²; A — площадь панели, m².

При загрязнении поверхности часть солнечного излучения не достигает фотоэлектрических элементов. Поэтому фактическую мощность можно представить в упрощённом виде [4]:

$$K_d = \frac{P_d}{P_0} \quad (2)$$

где: P_d — мощность загрязнённой панели; P_0 — мощность чистой панели; K_d — коэффициент загрязнения.

Относительные потери мощности вследствие загрязнения:

$$L_d = (1 - K_d) \cdot 100 \% \quad (3)$$

Результаты и обсуждение. Наиболее распространённым методом является механическое удаление пыли. Для этого используются мягкие щётки, специальные устройства, роботизированные очистители и другие механизмы [5].

Преимуществами метода являются:

- простота конструкции;
- отсутствие большого расхода воды;
- возможность регулярной автоматизации;
- возможность применения на крупных солнечных электростанциях.

Однако при неправильном выборе материала щёток или при наличии твёрдых абразивных частиц существует риск образования микрповреждений на поверхности защитного стекла.

Вода является эффективным средством удаления пыли и растворимых загрязнений. При использовании систем высокого давления эффективность очистки может быть высокой.

Однако для засушливых районов существенным недостатком является расход воды. Поэтому применение водной очистки требует рационального управления ресурсами.

Для крупных солнечных электростанций перспективным решением может быть использование технической или очищенной оборотной воды.

Одним из перспективных направлений является нанесение специальных покрытий на поверхность защитного стекла.

Гидрофобное покрытие изменяет взаимодействие воды с поверхностью. В результате вода образует капли с большим контактным углом и может легче удалять часть загрязнений.

Антиадгезионные покрытия дополнительно уменьшают способность пылевых частиц закрепляться на поверхности[6].

Преимуществами таких технологий являются:

- уменьшение скорости накопления пыли;
- увеличение интервала между очистками;
- потенциальное снижение расхода воды;
- уменьшение эксплуатационных затрат.

При этом необходимо учитывать долговечность покрытия, его устойчивость к ультрафиолетовому излучению, температурным циклам и абразивному воздействию песка.

Заключение. Накопление пыли на поверхности фотоэлектрических модулей уменьшает количество излучения, достигающего фотоэлементов, и приводит к снижению выходной мощности, а неравномерное загрязнение вызывает дополнительные электрические и температурные потери. Механическая очистка проста и не требует большого расхода воды, однако при неправильном выборе материалов может повреждать защитное стекло; водная очистка эффективна, но ограничена дефицитом воды в засушливых районах. Для условий Центральной Азии наиболее перспективным является сочетание гидрофобных и антиадгезионных покрытий с маловодными и безводными автоматизированными методами очистки.

Литература

[1] Mani M., Pillai R. Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations // Renewable and Sustainable Energy Reviews.

[2] Sarver T., Al-Qaraghuli A., Kazmerski L.L. A comprehensive review of the impact of dust on solar photovoltaic systems and mitigation techniques // Renewable and Sustainable Energy Reviews.

[3] Piliouline M., et al. Comparative analysis of energy produced by photovoltaic modules with and without dust accumulation.

[4] Kimber A., Mitchell L., Nogradi S., Wenger H. The effect of soiling on large grid-connected photovoltaic systems in California and the Southwest Region of the United States.

[5] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Power Generation and Solar Photovoltaic Technology Reports.

[6] International Energy Agency (IEA). Photovoltaic Power Systems Programme. Reports and technical publications.

GIDROTO‘PLASH ELEKTR STANSIYALARI NASOS QURILMALARINI QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI BILAN INTEGRATSIYALASHGAN HOLDA ENERGIYA BILAN TA‘MINLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Quvatov Ulugbek Jalolovich¹, Qulmatov Sanjar Xolmumin o‘g‘li²

^{1,2}Qarshi davlat texnika universiteti, E-mail: u.quvvatov@gmail.com

Annotatsiya. Gidrotoplash elektr stansiyasi (GTES) nasos rejimini tungi tarmoq energiyasi o‘rniga kunduzgi quyosh (FES) va shamol (ShES) energiyasi bilan ta‘minlash uning tejamkorligini va ekologik samaradorligini oshiradi. Tezisdagi FES + ShES + GTES integratsiyalashgan tizim sxemasi taklif etilgan, nasos energiyasini hisoblash usuli keltirilgan va namunaviy hisob natijalari tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: gidrotoplash elektr stansiyasi, nasos agregati, quyosh elektr stansiyasi, shamol elektr stansiyasi, energiya to‘plash, o‘zgaruvchan tezlikli nasos, energiya samaradorligi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ortgani sari energotizimda energiyani to‘plash muammosi oshib boradi. Quyosh va shamol stansiyalari quvvati ob-havoga (tabiatga) bog‘liq bo‘lib, ishlab chiqarilgan energiyaning eng yuqori cho‘qqisi energiya iste‘moliga to‘g‘ri kelmaydi. FES eng ko‘p energiyani kunduz kuni beradi, energiya iste‘moli esa kechqurun eng yuqori bo‘ladi.

Gidrotoplash elektr stansiyalari bu muammoni hal qilishning eng samarali usuli hisoblanadi. Dunyoda energiyani to‘plash quvvatlarining asosiy qismini aynan GTESlar hissasiga to‘g‘ri keladi. GTES ortiqcha energiya davrida suvni pastki havzadan yuqori havzaga nasos bilan ko‘taradi, energiya iste‘moli oshgan soatlarda esa shu suvni turбина orqali qaytarib, elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Hozirgi kunda quyosh va shamol elektr stansiyalari qurilishi izchil davom etmoqda, mamlakatimiz energetika tizimida QTEM ulushini oshirish maqsad qilingan. Shu sababli GTES nasos qurilmalarini an‘anaviy tarmoq energiyasi bilan emas, balki to‘g‘ridan-to‘g‘ri QTEM bilan ta‘minlash masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda.

GTES nasos agregatlarini FES va ShES bilan integratsiyalashgan holda energiya bilan ta‘minlash sxemasini ishlab chiqish va uning samaradorligini oshirish eng muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Taklif etilayotgan tizimda nasos agregatlari uchta manbadan quvvat oladi; ular orasidagi taqsimotni energiya boshqaruv tizimi (EMT) FES va ShES ishlab chiqarish prognozi asosida belgilaydi (1-rasm).



1-rasm. FES + ShES + GTES integratsiyalashgan tizim sxemasi

Energiya boshqaruv tizimi birinchi navbatda FES va ShES energiyasini nasoslarga yo‘naltiradi, tarmoqdan faqat yetishmagan qismni oladi. Iste‘mol ortgan vaqtda yuqori havzadagi suv gidroturbina orqali pastki havzaga tushirilib, ishlab chiqarilgan energiya iste‘molga beriladi.

Nasos agregatining tarmoqdan yoki QTEM dan oladigan quvvati suv sarfi va naporiga bog‘liq:

$$P_n = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta_n \quad (1)$$

bu yerda $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ - suv zichligi, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, Q - nasos sarfi (m^3/s), H - ko'tarish balandligi (m), η_n - nasos agregatining FIK.

Yuqori havzada to'plangan energiya va turbina rejimida qaytariladigan energiya:

$$E_{akk} = \rho \cdot g \cdot V \cdot H / (3,6 \cdot 10^9), \quad E_t = E_{akk} \cdot \eta_t, \quad \eta_{sikl} = \eta_n \cdot \eta_t \quad (2)$$

bu yerda V - ko'tarilgan suv hajmi (m^3), E - MVt·soat, η_t — turbina rejimi FIK.

Nasos energiyasidagi QTEM ulushi quyidagicha baholanadi:

$$K_{QTEM} = (E_{FES} + E_{ShES}) / E_n \cdot 100\% \quad (3)$$

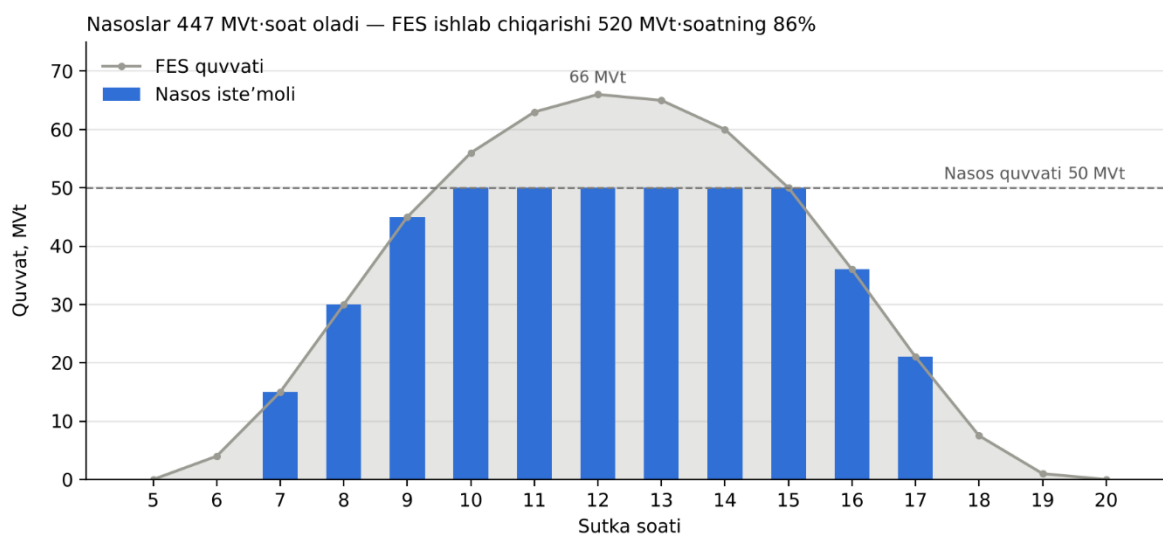
Hisob natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Hisob parametrlari

Parametr	Qiymat
Nasos quvvati, N	$2 \times 25 = 50 \text{ MVt}$
Napori, H	200 m
Nasos rejimi FIK, η_n	0,88
Turbina rejimi FIK, η_t	0,90
FES o'rnatilgan quvvati	75 MVt
Nasos suv sarfi, Q	$\approx 22,4 \text{ m}^3/\text{s}$

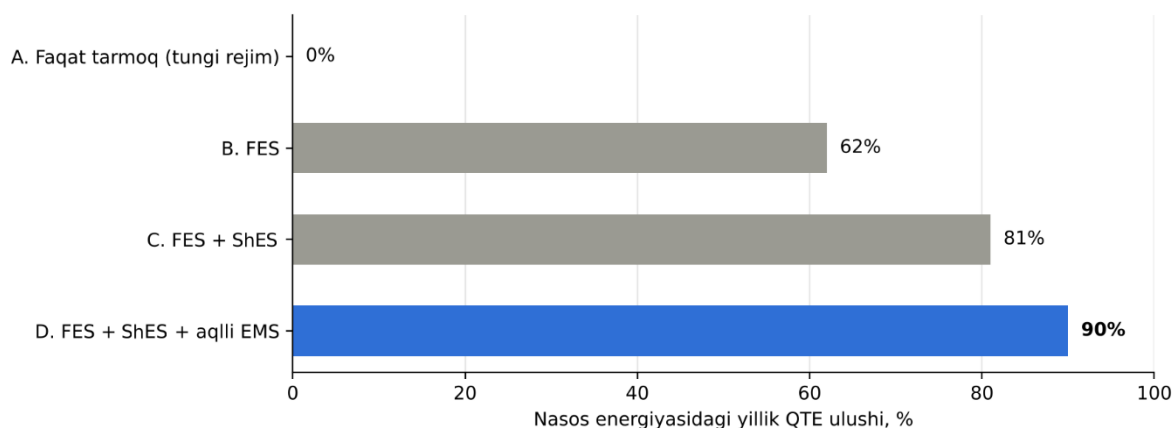
Ish rejimi o'zgaradigan nasoslar FES quvvatini soat 7:00 dan 17:00 gacha kuzatib boradi va 50 MVt chegarasida to'xtaydi (2-rasm).



2-rasm. FES quvvati va nasos energiya iste'moli

Nasos quvvatidan ortgan va minimal yuklamadan past bo'lgan FES energiyasi tarmoqqa beriladi. Nasoslar olgan 447 MVt·soatdan yuqori havzada $\approx 393 \text{ MVt·soat}$ ($\eta_n = 0,88$) to'planadi, kechki cho'qqida turbina $\approx 354 \text{ MVt·soat}$ ($\eta_t = 0,90$) qaytaradi. Bunga $\approx 0,72 \text{ mln m}^3$ suv hajmi mos keladi.

Yil davomida bulutli kunlar va qishki qisqa kun FES ulushini pasaytiradi, shuning uchun to'rtta ta'minot ssenariysi taqqoslandi (3-rasm).



3-rasm. Energiya ta'minoti ssenariylari bo'yicha yillik QTEM ulushi

Faqat FES bilan ishlaganda tungi va qishki yetishmovchilik tarmoqdan qoplanadi. ShES tungi soatlarda qo'shimcha energiya beradi, aqlli EMT esa ertangi kun ishlab chiqarish prognozi bo'yicha nasos rejimini oldindan rejalashtiradi.

Nasos qurilmalari energiya ta'minoti samaradorligini oshirishning asosiy yo'llari:

- Ish rejimlari o'zgaradigan nasos agregatlar - nasos quvvatini FES va ShES energiya ishlab chiqarishiga moslash va qisman yuklamada FIKni saqlash.
- Prognozga asoslangan EMT - quyosh va shamol prognozi hamda tarif asosida nasos va turbina rejimlarini optimallashtirish.
- Manbalarni yaqin joylashtirish - FES va ShESni GTES yaqinida qurib, uzatishdagi yo'qotishlari va tarmoq yuklamasini kamaytirish.
- Yuqori havzada suzuvchi FES — qo'shimcha yer talab qilmaydi va suvning bug'lanishini kamaytiradi.
- Gibrid to'plash (GTES + akkumulyator) - GTES esa katta hajmdagi sutkalik to'plashni bajaradi.

Xulosa

1. GTES nasos rejimini tungi tarmoq energiyasidan kunduzgi FES energiyasiga ko'chirish quyosh energiyasi ortiqchaligini energiya iste'moli yuqori soatlardagi elektr energiyasiga aylantiradi: hisob natijalariga ko'ra 447 MVt·soat FES energiyasidan kechqurun $\approx$ 354 MVt·soat qaytariladi (sikl FIK $\approx$ 79%).
2. Ish rejimi o'zgaradigan nasos agregatlari FES quvvatining o'zgarishini kuzatib, quyosh energiyasidan ko'proq foydalanish imkonini beradi.
3. FES ga ShES va prognozga asoslangan aqlli boshqaruv tizimi qo'shilganda nasos energiyasidagi QTEM ulushi ssenariyda 62% dan 90% gacha oshadi.
4. Taklif etilgan sxema O'zbekiston sharoitida yangi qurilayotgan FES va ShESlar yaqinidagi GTES loyihalari uchun texnik-iqtisodiy asoslashda qo'llanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasini 2020–2030-yillarda elektr energiyasi bilan ta'minlash konsepsiyasi. — Toshkent: Energetika vazirligi, 2020.
2. Бобараим Уришев. Гидротўплаш электр станцияларининг энергетика тизимларидаги роли ва аҳамияти. (2025). “O'ZBEKGIDROENERGETIKA” Ilmiy - Texnik Jurnal, 7(1), 79-88-betlar. <https://uzbekhydroenergetics.uz/index.php/uz/article/view/67>
3. Deane J.P., Ó Gallachóir B.P., McKeogh E.J. Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2010. — Vol. 14, No. 4. — P. 1293–1302.
4. Rehman S., Al-Hadhrami L.M., Alam M.M. Pumped hydro energy storage system: A technological review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2015. — Vol. 44. — P. 586–598.

MUNDARIJA

	2-SHO'BA. MUHANDISLIK FANLARI	
	“ENERGETIKA TIZIMLARI VA ENERGIYA TEJAMKOR TEXNOLOGIYALAR, SANOAT XAVFSIZLIGI, XAVFLARNI BOSHQARISH VA ISHONCHLILIK MUHANDISLIGI” YO‘NALISHI	
1.	Civil engineering and atmospheric science must merge: an example from America’s northern great plains Robert Ettema	6
2.	Microstructural evolution and mechanical performance of P91 weld metal modified with Tantalum Fikret Kabakcı., Mustafa Acarer., Mustafa Ersoz.	9
3.	The effect of mechanical alloying time on mxene-reinforced 316L stainless steel composites for biomedical applications Ahmet Songül., Mehmet Akif Erden., Muhammet Mevlüt Karaca., Dilmurod Juraev.	14
4.	Current issues in teaching the design and maintenance of vehicles powered by new energy sources Tu Jie., Ibragimov B.D., Saliyeva U.K.	20
5	The effect on hardness resistance of the synergistic effect of TI and TA added 316L stainless steel composites for biomedical applications Osman Elismail, Mehmet Akif Erden, Harun Çuğ.	23
6	Chemical composition and processing prospects of Turkestan red hawthorn (<i>Crataegus Turkestanica</i>) fruit Jabborova A.X., Farmonov J.B., Fatih Tornuk., Boynazarova Y.A.	28
7	Синтез азотсодержащего органического лиганда и его взаимодействие с Sn(IV) для перспективного применения в оловосодержащих перовскитных материалах Нуруллаева З.В., Адизов Б.З., Эшметов Р.Ж., Balakrishnan Ch.	31
8	Modern problems of ensuring food safety and the importance of healthy nutrition Kobilova N.K.	34
9	Sug‘oriladigan yerlarni lazerli tekislash agregatining ish rejimlarini asoslash Botirov R.L., Batirov Z.L.	37
10	Чизел-култиватор машиналари ишчи органларининг ейилишига таъсир этувчи омиллар Қосимов К.З., Махмудов И.Р.	40
11	Sanoat oqova suvlaridan Ag(I) ionlarini oltingugurt tutuvchi NT–EXG polimer sorbenti yordamida ajratib olishning ekologik samaradorligi Allanov A.B., Nurqulov F.N.	43
12	Tuproqqa resurstejamkor ishlov beruvchi kombinatsiyalashgan agregat chizel ish organlari parametrlarini nazariy asoslash Chuyanov D.Sh., Botirov R.L.	47
13	Elektr magnit maydon asosida sanoat oqova suvlarini tozalash tizimining samaradorlik ko‘rsatkichlarini baholash Gafurova M.O.	50
14	Mashinasozlikda ishlatiladigan aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlar haqidagi bilim va ko‘nikmalarni shakllantirish Urunov A.M.	55
15	Wind-wave regime of the Qashqadaryo reservoir cascade: a fetch-limited computation for the Chimkurgan, Talimarjan, Pachkamar and Hisorak basins	59

	Rahimov A.R.	
16	Aerodynamic-flume modelling of wind-driven coastal currents and the transfer of results to prototype reservoirs Rahimov A.R.	63
17	Hayotiy faoliyat xavfsizligi fanining zamonaviy va global muammolarini tadqiq qilishda fan va texnologiyaning o'rni Nurmanova M.U.	67
18	Nanotsellyuloza matritsasida ZIF-8 ning IN-SITU shakllanishini XRF va EDS usullari orqali tasdiqlash Tajimova G.R., Bayrayeva N.A., Adizov B.Z.	71
19	Tokarlik vint qirqish dastgohlari Tursunaliyev A.A.	74
20	Qishloq xo'jaligi urug'larini ultrabinafsha nurlari bilan ishlov berish qurilmalarining konstruktiv tahlili Usmonov I.I., Abdullajonov S.S., Abdusattorov A.O.	77
21	Longshore sediment transport as the source of entrance shoals in the reservoirs of the Qashqadaryo cascade Rahimov A.R.	81
22	Investigation of self-starting of electric motors in distribution networks considering relay protection Gafurova M.O., Abidov K.G.	85
23	Ipakchilik sanoatida pilladan xom ipakni chuvishda suvning ahamiyati Qodirov Z.A.	91
24	Yo'l-transport hodisasi sodir bo'lganda haydovchining majburiyatlari va piyodalarning majburiyatlari Ubaydullayev X.B.	92
25	Piyodalarning o'tish joylari va yo'nalishli transport vositalarining bekatlari Ubaydullayev X.B.	96
26	Mashinasozlikda ishlatiladigan aylanma harakatni uzatuvchi mexanizmlar haqidagi bilim va ko'nikmalarni shakllantirish Urunov A.M.	102
27	Korxonalarda energiya tejamkor uskunalarga investitsiyalarning qoplanish muddatini baholash Ulug'bekov J.U.	106
28	Методы решения и оптимизация модифицированных транспортных задач Фахриддинова С.Ф.	108
29	Yer osti polietilen quvurlariga transport vositalaridan tushadigan yuklarning ta'sir parametrlari Abdimuminov E.A., Almardonov O.M.	110
30	Mintaqada energiya samaradorligiga ijtimoiy omillarning ta'sirini ko'p omilli regressiya modeli asosida baholash: alohida zichligi va urbanizatsiya darajasi nuqtai nazaridan (Qashqadaryo viloyati misolida) Safarov A.Sh.	114
31	Ichki bosim ta'siridagi yer osti PE80 va PE100 polietilen quvurlarining zo'riqish-deformatsiya holatini sonli modellashtirish asosida qiyosiy baholash Abdimominov E., Almardonov O.M.	117
32	Mahalliy sintez qilingan plastifikatorlarning texnologik samaradorligini import analoglari bilan qiyosiy baholash Jo'rayev S.A., Sottikulov E.S.	122

33	Quyosh kollektorida issiqlik saqlovchi materiallardan foydalanish Safarova S.U., Ergashev Sh.H.	125
34	Моделирование безвихревого течения жидкости в сужающемся канале Зарипов М.Б.	127
35	Improved Hydraulic Modeling of Unsteady Flow in Variable-Section Open Channels Zaripov M., Isoqov A., Dilshodova D.	131
36	Обзор конструкций и технологических параметров конденсора волокна 5 КВ в процессе первичной переработки хлопка Мухаметшина Э.Т., Жўраева Г.Р., Мурадов Р.М.	136
37	Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasida ayrisimon qoziqchali barabanning energiya tejamkor ish rejimini asoslash Aliyev O.O.	140
38	Paxtani mayda iflosliklardan tozalash texnologik mashinalari tahlili Aliyev O.O., Kosimov X.	145
39	Arrali jin ishchi kamerasida olib borilgan tadqiqotlar tahlili Rustamova N.M.	149
40	Favqulodda vaziyatlarda "Xavfli zonalarni baholash" mobil ilovasining modelini yaratish Maxmatqulov N.I., Egamberdieva M.D.	152
41	Chigitni tashish jarayonida shnekli konveyer va unga ta'sir etuvchi kuchlarni o'rganish Xalimov X.M.	156
42	Arrali jin ishchi qismlarini va yuritish mexanizmlarini takomillashtirish Komilov Sh.R., Muradov R.M., Isaxanov X.	158
43	Кинетические закономерности коагуляции белков молочной сыворотки при электрообработке Кривовязенко Д.И.	161
44	Sanoat korxonalarida yuk ortish-tushirishda xavfsizlikni ta'minlash tadbiq etish Muradov S.X., Yrashева М.Я.	164
45	Ishlab chiqarish chiqindilarini zararsizlantirishda an'anaviy va innovatsion usullarning qiyosiy tahlili Muradov S.X., Yrashева М.Я.	170
46	Sanoat xavfsizligini ta'minlashda ishlab chiqarish uskunalari loyihalashga qo'yiladigan talablar Xujaqulov A.X.	173
47	The chain of learning: integrity of educational objectives in automotive engineering education Rakhmanov A.A.	178
48	Предупреждение дорожно-транспортных происшествий с участием детей: статистический анализ и комплексные профилактические меры Рахманов А.А.	181
49	Paxtani mayda iflosliklardan tozalashda zarba va ishqalanish kuchlarining o'zaro ta'sirini tadqiq etish Aliyev O.O., Xusanov S., Rayimjonov M.	183
50	Kichik chorvachilik xo'jaliklari uchun don maydalash qurilmasi Shamayev Y.J.	187
51	Paxtani mayda iflosliklardan tozalashda ayrisimon qoziqcha va to'rli yuzaning o'zaro ta'sirini tadqiq etish	190

	Aliyev O.O., Isaxanov X.	
52	Contemporary environmental challenges in Uzbekistan and mechanisms for their mitigation Mahmudova N.S.	193
53	Implementation of water-efficient irrigation technologies through rainwater harvesting Khazratov A.N.	196
54	Development of a python program for hydraulic calculations in trapezoidal canals Khazratov A.N.	200
55	Masofaviy suv sarfini o'lash (radar) qurilmasining suv sirti tezligini o'lash aniqligini eksperimental baholash Otaxonov M.Y., Allayorov D.Sh., Zokirov I.B.	204
56	Zamonaviy avtomobillarga servis xizmat ko'rsatishni tashkil etish texnologiyasi Xidirov M.Q.	210
57	Mineral o'g'itlar va ularning qishloq xo'jaligi ekinlarini yetishtirishda ahamiyati Hayitov B.K.	214
58	Chigitli paxtani so'ruvchi pnevmotransport tizimini takomillashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish Ikromov Sh.Sh.	217
59	Изучение действие волны на податливое цилиндрическое тело находящейся в нелинейной среде Атабаев К.	220
60	Plugning egat hosil qiluvchi ish organlari parametrlarining tahlili Xidirov M.Q.	223
61	Tuproqqa ekish oldidan ishlov beriladigan mashina-traktorlar sonini aniqlash metodikasi Sobirov R.V.	228
62	Jamoat transportida yo'lovchilarni tashishni tashkil etish Yusupov A.E., Xidirov M.Q.	231
63	Hisorak suv omborida CHCNAV Apache 4 USV yordamida gidrografik-geodezik tadqiqotlar Qodirov I.E., Rasulov N.Sh., Muazzamov N.F.	234
64	Qashqadaryo havzasida suv ta'minoti manbalarini muhofaza qilishning yer kadastr va ekologik monitoring ma'lumotlarini integratsiyalashtirish Qodirov I.E., Rasulov N.Sh.	244
65	Yo'l-transport hodisasini oldini olishda haydovchining majburiyatlari Yusupov A.E.	250
66	Avtomobilda yuk tashishda transport vositasini tanlash Yusupov A.E.	252
67	Экономическое обоснование перспектив применения дискового электромагнитного генератора в автомобильной промышленности Узбекистана Киямов А.З., Баймаханов К.	255
68	Теоретические предпосылки повышения долговечности неподвижных соединений подшипников качения, во восстановленных анаэробными герметиками Тоиров И., Алимова Г., Рузиева Ш.Р.	263

69	Теоретическое обоснование и разработка дискового электромагнитного генератора с перфорированным алюминиевым ротором и неподвижной магнитно-катушечной системой Киямов А.З., Буртыль Ю.В.	267
70	Перспективы развития автомобильной промышленности Узбекистана Киямов А.З., Курасов В.С., Музаффаров С.А.	271
71	Qashqadaryo havzasida suv-yer resurslarini boshqarish va muhofaza qilishda gat texnologiyalaridan foydalanish Qodirov I.E., Rasulov N.Sh., Muazzamov N.F.	276
72	O'simlik urug'laridan moy olish usullari: ularning qiyosiy tahlili va etil spirt bilan ekstraksiya qilishning afzalliklari Serkeyev Q.P., Meyliyev A.Sh., Boynazarova Y.A.	282
73	Uzum urug'ining kimyoviy tarkibi, biologik faol moddalari va qayta ishlash texnologiyalari: adabiyotlar sharhi Meyliyev A.Sh.	286
74	O'simlik xomashyosini fermentatsiya qilishning zamonaviy texnologiyalari va biologik faol birikmalarning o'zgarishi: funksional oziq-ovqatlar istiqbollari Jabborova A.X., Farmonov J.B.	289
75	Sanoat obyektlari va turar joylarni uzluksiz energiya bilan ta'minlashda ko'p funksional quvvat stansiyalaridan foydalanish samaradorligi Saliyeva U.K., Ibragimov B.D.	293
76	Xamir yoyish jarayonida kontakt mexanikasi asosida deformatsiya modelini qurish va uning sifat ko'rsatkichlariga ta'sirini eksperimental tadqiq etish Nematov E.H, Axmedova M.S.	296
77	Qishloq xo'jaligida resurs tejovchi texnologiyalarni rivojlanish darajasi va asosiy ko'rsatkichlari Bazarava M.A.	298
78	Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining parametrlarini o'rganishda comsol multiphysics dasturining o'rni va ahamiyati Nurmanova M.U.	305
79	Issiqlik elektr stansiyalari kul-shlak chiqindilaridan olinadigan materiallar Bekpo'latov H.O.	311
80	Natural-analogue protective structures for bay entrances and water-intake pockets of the Qashqadaryo reservoirs Rahimov A.R.	313
81	Qishloq xo'jalik texnikalarini xavfsizligi va ishonchligini, zamonaviy zang modifikatorini qo'llab oshirish texnologiyasi Rustamov R.M, Xojimatov A.A.	317
82	Siltation of bay entrances in the reservoirs of the qashqadaryo basin and the rate of loss of design storage Rahimov A.R.	322
83	Wind-driven circulation in the shallow coastal zone of the Chimkurgan reservoir Rahimov A.R.	326
84	Wind set-up and wave run-up on the protective slopes of the Talimarjan off-channel reservoir Rahimov A.R.	329
85	Integrated assessment of entrance-protection measures for the Qashqadaryo reservoir cascade: dredging demand and economic effect	334

	Rahimov A.R.	
86	Wave action at the bed of a deep canyon-type reservoir: the case of the Hisorak reservoir on the Aksu river Rahimov A.R.	338
87	Mashinali o'qitish algoritmlari yordamida talabalarining akademik natijalarini prognozlash Isakova D.Sh.	341
88	O'zbekiston avtomobil yo'llaridagi infratuzilmaviy va konstruktiv muammolar hamda ularning zamonaviy muhandislik yechimlari Nasretidinov M.A.	345
89	Bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi erkin uchi diafragmali uch qatlamli sterjenning tebranishlari Abdikarimov N.I., Razzoqberdiyev A.A.	348
90	Ochiq o'zanli kanallarda eroziya jarayonlarini baholash masalalari Xazratov A.N., Sobirov F.Ch.	352
91	Arduino-controlled solar tracking for enhanced photothermal battery efficiency Kholov U.R*., Eshmatov M.M.	358
92	Biopolimer va akril kislota asosidagi bioparchalanuvchi gidrogellarning suv shimuvchanlik xususiyatlariga akril monomeri ulushining ta'siri Narzullayev B.A., Shirinov Sh.D.	363
93	Determination of near-shore current velocities in reservoirs from the mean wave period: adaptation of the method to the Chimkurgan basin Rahimov A.R.	365
94	Investigation of the flocculation performance of polyaspartamide-based flocculants for the treatment of high-turbidity water Mammadova A ¹ ., Teshaev O., Teshaev S., Bozorov G ¹ .	369
95	Zig'ir (linum usitatissimum l.) genotiplarining yuqori moylilik xususiyatini morfologik belgilar va moy bilan bog'liq DNK markerlari asosida baholash Bakhodirov U.Sh., Abdusattorova D.S.	374
96	Takomillashgan ozuqa aralashtirgichning konstruktiv parametr va ish rejimlarini nazariy asoslash Eshdavlatov E.U., Shodiyev Sh.N.	377
97	O'zbekistonda energetika sohasining rivojlanishi: an'anaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalarining tarixiy tahlili (1991–2026-yillar) Muminova G.E.	387
98	Axborotlashgan jamiyatda virtual ta'lim texnologiyasi asoslari Xidirov M.Q.	392
99	Ekologik paket materialining nisbiy cho'ziluvchanligi va mexanik deformatsiyasini laboratoriya sharoitida baholash Yo'ldosheva G.M.	395
100	O'simlik kraxmal biopolimerlari asosida biologik parchalanuvchi biopaket va plyonkalar olish hamda ularning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish Rasulova S.A.	398
101	Sanoat korxonalarida ISO14064 va ISO50001 integratsiyasi asosida energiya-uglerod samaradorligini kompleks baholash To'rayev A.T., Yusupov R.E.	401
102	ISO/IEC 17025 talablari doirasida raqamli kalibrlash sertifikatlari (DCC) arxitekturasini va metrologik kuzatiluvchanlikni avtomatlashtirish To'rayev A.T., Yusupov R.E.	405
103	Channel deformation processes in irrigation canals of Uzbekistan Khazratov A.N.	410

104	Содержание ^{222}Rn в некоторых водных пробах Худайбердиев А.Т.	414
105	Уровень радона в окружающей среде Худайбердиев А.Т.	416
106	Пути повышения эффективности солнечных панелей. Худайбердиев А.Т.	421
107	Градиентный метод оптимального распределения воды в условиях дискретности водоподачи Худайбердиев А.Т., Худайбердиев А.А.	424
108	Радон и здоровье человека Худайбердиев А.Т.	426
109	Эффективные методы защиты солнечных панелей от пыли Худайбердиев А.Т.	431
110	Gidroto'plash elektr stansiyalari nasos qurilmalarini qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyalashgan holda energiya bilan ta'minlash samaradorligini oshirish Quvatov U.J., Qulmatov S.X.	433

Ilmiy-nashr

FAN VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI

Mavzusidagi

XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN MATERIALLARI
TO'PLAMI

Qarshi shahri, 2026-yil 8-10-oktabr

Muharrir: B. Musayev

Texnik muharrir: I. Tog'ayev

Musahhih: F. Akramova

Kompyuterda sahifalovchi: K. Qudratova

Tasdiqnoma. 210934, 23.01.2024.

Terishga berildi: 11.08.2026 y.

Bosishga ruxsat etildi: 03.10.2026 y.

Ofset qog'oz. Qog'oz bichimi: 60x84 1/16.

“Cambria” gar. Ofset bosma.

Hisob nashriyot t.: 47,75. Shartli b. t.: 47,66.

Adadi: 20 nusxa. Buyurtma №413

«Ilm-Fan-Ma'naviyat» nashriyotida tayyorlandi.

Qarshi sh, Bunyodkor MFY Mustaqillik ko'chasi 10/28-30-uy

“Photo Express” I. Ch. korxonasida chop etildi.

Qarshi sh, Mustaqillik ko'chasi 22-uy

Telefon 91-466-80-32.



ISBN 978-9910-321-13-9

