



PRINT ISSN 2181-9637
ONLINE ISSN 2181-4317

ILM-FAN VA INNOVATSION RIVOJLANISH

НАУКА И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT

VOLUME 7 | ISSUE 6 | NOVEMBER – DECEMBER 2024



TOSHKENT – 2024



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

Muassis:

**Innovatsion
rivojlanish agentligi
huzuridagi
Ilmiy-texnik axborot
markazi**

**"ILM-FAN VA
INNOVATSION
RIVOJLANISH"
ilmiy-texnikaviy jurnal**

7-jild / 6-2024

**Jurnal 2018-yildan
nashr etilmoqda**

Jurnalga O'zbekiston
Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi
huzuridagi

Axborot va ommaviy
kommunikatsiyalar
agentligi tomonidan
512819 raqamli
guvohnoma berilgan.

Ushbu nashr
O'zbekiston
Respublikasi
Oliy attestatsiya
komissiyasining
texnika fanlari
bo'yicha chop etishga
tavsiya qilingan
ilmiy nashrlar ro'yxatiga
kiritilgan.

Direktor:
S.J. Nazirov

Bosh muharrir:
H.R. Saloyeva

Muharrirlar:
F.A. Muhammadiyeva
Y.A. Yarmolik
M. Kamalova

TAHRIR KENGASHI RAISI

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich,
tex. f. d., prof., O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vaziri

TAHRIR KENGASHI A'ZOLARI

Salimov Oqil Umurzoqovich,
tex. f. d., prof., akademik,
Iste'dodli yoshlarni qo'llab-quvvatlash
"Ulug'bek" jamg'armasi rahbari

Karimov Komiljon Hamidovich,
s. f. n. (PhD), Toshkent shahridagi Xalqaro
Vestminster universiteti rektori

Turdikulova Shaxloxon O'tkurovna,
b. f. d., prof., O'zbekiston Respublikasi Fanlar
Akademiyasi vitse-prezidenti

Rajabbayev Sharof Raximberdiyevich,
i. f. n., O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
Innovatsion rivojlanish agentligi direktori

Musayev Jahongir Payazovich,
p. f. d., prof., O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
Ilm-fan va innovatsion faoliyatni rivojlantirish
boshqarmasi boshlig'i o'rinbosari

TAHRIR HAY'ATI A'ZOLARI

O'zbekistonlik ekspertlar

Sagdullayev Shomansur Shoxsaidovich,
tex. f. d., prof., akademik O'zR FA O'simlik
moddalar kimyosi instituti direktori

Majidov Inomjon Urushevich,
tex. f. d., prof., O'zbekiston Milliy universiteti
rektori

Turaxodjayev Nodir Djaxangirovich,
tex. f. d., prof., Toshkent davlat texnika
universiteti "Quymakorlik texnologiyalari"
kafedrasida mudiri

Jumaniyazov Kadam,
tex. f. d., prof., "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ
bosh direktorining ilmiy ishlar va innovatsiya
bo'yicha birinchi o'rinbosari

Matyakubova Paraxat Mayliyevna, tex. f. d.,
prof., Toshkent davlat texnika universiteti
"Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish,
standartlashtirish va sertifikatlashtirish"
kafedrasida mudiri

Toirov Olimjon Zuvurovich,
tex. f. d., prof., Toshkent davlat texnika
universiteti "Elektr mashinalari" kafedrasida
mudiri

Axatov Akmal Rustamovich,
tex. f. d., prof., Sh. Rashidov nomidagi
Samarqand davlat universiteti xalqaro
hamkorlik bo'yicha prorektor

Jumayeva Dilnoza Jo'rayevna,
tex. f. d., prof., O'zR FA Umumiy va noorganik
kimyo instituti bosh ilmiy xodimi

Matkarimov Soxibjon Turdaliyevich,
tex. f. d., prof., O'zbekiston-Yaponiya yoshlar
innovatsiya markazi "Konchilik ishi va mineral
xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash"
laboratoriyasi mudiri

Axmedov Jaxongir Adxamovich,
tex. f. d., Toshkent to'qimachilik va yengil
sanoat instituti "Ipak texnologiyasi" kafedrasida
professori

Qayumov Jo'ramirza Abdirammatovich,
tex. f. d., prof., Samarqand davlat arxitektura-
qurilish universiteti rektor maslahatchisi

Primova Xolida Anorboyevna
tex. f. d., Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Samarqand filiali "Axborot texnologiyalari"
kafedrasida professori

Xorijiy ekspertlar

Murzin Dmitriy Yuryevich,
k. f. d., prof., Abo Akademiyasi universiteti
(Finlyandiya)

Parmon Valentin Nikolayevich,
k. f. d., prof., Rossiya Fanlar akademiyasining
Sibir filiali raisi

Axmetova Irina Gareyevna,
tex. f. d., prof., "Qozon davlat energetika
universiteti", Rivojlanish va innovatsiyalar
bo'yicha prorektori (Rossiya)

Nikolayeva Larisa Andreyevna, t. f. d.,
prof. "Qozon davlat energetika universiteti"
"Muhandislik ekologiyasi va mehnat
xavfsizligi" kafedrasida mudiri
(Rossiya)

Yusupov Ziyodulla Erkinovich,
tex. f. d., prof., Karabuk universiteti professori
(Turkiya)

Riklin Dmitriy Borisovich, tex. f. d., prof.,
Vitebsk davlat texnologiya universitetining
"To'qimachilik materiallari texnologiyasi"
kafedrasida mudiri (Belarus)

Kuznetsova Tatyana Fedorovna, k. f. n.,
dotsent, Belarus Milliy fanlar akademiyasi
Umumiy va noorganik kimyo instituti
"Adsorbentlar va adsorbsion jarayonlar"
laboratoriyasi mudiri

Hafeezulloh Memon,
tex. f. f. d. (PhD), Zhejiang fan-texnika
universiteti (Xitoy)

MUNDARIJA

04.00.10 – GEOTEXNOLOGIYA (OCHIQ, YER OSTI VA QURILISH)

Musurmanov Elyor Shirinkulovich

Shamollatish tarmoqlarini modellashtirishda germetik bo'lmagan kon lahimlarida aerodinamik ko'rsatkichlarni eksperimental tadqiq qilish	8
--	----------

04.00.16 – KONCHILIK MASHINALARI

Maxmudov Azamat, Maxmudov Sherzod Azamatovich

Mustahkam tog' jinslarini buzuvchi mexanizmning boshqariladigan zarbli yuklamasi nazariy tadqiqi	18
---	-----------

05.05.01 – ENERGETIKA TIZIMLARI VA MAJMUALARI

Kadirov Kamoliddin Shuxratovich, To'xtashev Alisher Akmaljon o'g'li

Elektr energiyasi yuklama ko'rsatkichlarini o'zgartirish bo'yicha mavjud usullar tahlili	31
---	-----------

Zoxidov Odil Umirzokovich, Shomurodov Baxtiyor Xamidovich

СБШ-250МН burg'ilash dastgohi qurilmalarining energiya samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tahlil va texnik yechimlar	42
--	-----------

05.06.02 – TO'QIMACHILIK MATERIALLARI TEXNOLOGIYASI VA XOMASHYOGA DASTLABKI ISHLOV BERISH

Axunbabayev Oxunjon Abduraxmonovich, Karimov Rustam Jaxongir o'g'li,

Muhammadrasulov Shamsiddin Xasanovich

To'quv dastgohida ip tarangligini aniqlash	52
---	-----------

05.07.01 – QISHLOQ XO'JALIGI VA MELIORATSIYA MASHINALARI. QISHLOQ XO'JALIGI VA MELIORATSIYA ISHLARINI MEXANIZATSIYALASH

Eshdavlatov Eshpo'lat Uzoqovich, Suyunov Alisher Abdigapporovich,

Shodiyev Shahriyor Nomoz o'g'li

Aralashtirgich qopqog'i parametrlarini asoslash	61
--	-----------

05.08.03 – TEMIR YO'L TRANSPORTINI ISHLATISH

Ametova Elnara Kuandikovna, Qudratov Javohir Bahodir o'g'li, Muqimov Pahlavon Egam o'g'li

Poyezd marshrutlari mikroelektron blokining yordamchi relelari uchun prinsipial sxemalar ishlab chiqish	74
--	-----------

05.08.06 – G'ILDIRAKLI VA GUSENITSALI MASHINALAR VA ULARNI ISHLATISH

Karimov Akmal Akbarovich

Motor moylarining transport vositalari ekspluatatsiyasiga ta'siri	82
--	-----------

05.09.07 – GIDRAVLIKA VA MUHANDISLIK GIDROLOGIYASI

Sultonov Rustamjon Subhonali o'g'li, Raximov Qudratjon Tashbotirovich,

Otaxonov Maqsud Yusufovich, Melikuziyev Sarvarbek Maxmud o'g'li

Vertikal drenaj tizimlarida energiya tejamkor texnologiya	92
--	-----------



**МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

Учредитель:

**Центр
научно-технической
информации при
Агентстве
инновационного
развития**

**Научно-технический
журнал «НАУКА И
ИННОВАЦИОННОЕ
РАЗВИТИЕ»**

Том 7 / 6-2024

**Журнал издаётся с
2018 года.**

Издание зарегистрировано Агентством информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан с выдачей свидетельства №512819.

Данное издание включено в список научных изданий, рекомендованных к публикации по техническим наукам ВАК Республики Узбекистан.

Директор:
С.Ж. Назиров

Главный редактор:
Х.Р. Салоева

Редакторы:
Ф.А. Мухаммадиева
Е.А. Ярмолик
М. Камалова

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО
СОВЕТА**

Шарипов Конгратбай Аvezимбетович, д. т. н., проф., Министр высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО
СОВЕТА**

Салимов Окил Умурзокович, д. т. н., проф., академик, руководитель Фонда поддержки одарённой молодёжи «Улугбек»

Каримов Комилжон Хамидович, к. п. н. (PhD), ректор Международного Вестминстерского университета в Ташкенте

Турдикулова Шахлохон Уткуровна, д. б. н., проф., вице-президент Академии наук Республики Узбекистан

Ражаббаев Шароф Рахимбердиевич, к. э. н., директор Агентства инновационного развития Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

Мусаев Жахонгир Паязович, д. п. н., проф., заместитель начальника управления науки и инновационного развития Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Эксперты из Узбекистана

Сагдуллаев Шомансур Шохсаидович, д. т. н., проф., академик, директор Института химии растительных веществ АН Республики Узбекистан

Тураходжаев Нодир Жахонгирович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета

Жуманиязов Кадам, д. т. н., проф., первый заместитель генерального директора по научной работе и инновациям АО «Научный центр хлопковой промышленности»

Матякубова Парахат Майлиевна, д. т. н., проф., заведующая кафедрой «Метрология, техническое регулирование, стандартизация и сертификация» Ташкентского государственного технического университета

Тоиров Олимжон Зувурович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой «Электрические машины» Ташкентского государственного технического университета

Ахатов Акмал Рустамович, д. т. н., проф., проректор по международному сотрудничеству Самаркандского государственного университета им. Ш. Рашидова

Жумаева Дилноза Жураевна, д. т. н., проф., главный научный сотрудник Института общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан

Маткаримов Сохибжон Турдалиевич, д. т. н., проф., заведующий лабораторией «Горное дело и глубокая переработка минерально-сырьевых ресурсов» Узбекско-Японского инновационного центра молодёжи

Ахмедов Жахонгир Адхамович, д. т. н., проф. кафедры «Технология шёлка» Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности

Каюмов Журамирза Абдирамович, д. т. н., проф., советник ректора Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета

Примова Холида Анорбоевна, д. т. н., проф. кафедры «Информационные технологии» Самаркандского филиала Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада ал-Хорезми.

Иностранные эксперты

Мурзин Дмитрий Юрьевич, д. х. н., проф., заведующий лабораторией промышленной химии и реакционной техники химико-технологического факультета Университета Або Академии, Турку (Финляндия)

Пармон Валентин Николаевич, д. х. н., проф., председатель Сибирского отделения РАН (Россия)

Ахметова Ирина Гареевна, д. т. н., проф., проректор по развитию и инновациям ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Россия)

Николаева Лариса Андреевна, д. т. н., проф., заведующая кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Россия)

Юсупов Зиёдулла Эркинович, д. т. н., проф., Карабукский университет (Турция)

Рыклин Дмитрий Борисович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой «Технология текстильных материалов» Витебского государственного технологического университета (Беларусь)

Кузнецова Татьяна Фёдоровна, к. х. н., доцент, заведующая лабораторией адсорбентов и адсорбционных процессов Института общей и неорганической химии НАН Беларуси

Hafeezulloh Memon, д. ф. т. н. (PhD), Чжэцзянский научно-технический университет (Китай)

СОДЕРЖАНИЕ

04.00.10 – ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ОТКРЫТАЯ, ПОДЗЕМНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)*Мусурманов Элёр Ширинкулович***Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик на негерметичных горных выработках при моделировании вентиляционных сетей 8****04.00.16 – ГОРНЫЕ МАШИНЫ***Махмудов Азамат, Махмудов Шерзод Азаматович***Теоретическое исследование разрушения твёрдых горных пород управляемой ударной нагрузкой 18****05.05.01 – ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ***Кадиров Камолитдин Шухратович, Тухташев Алишер Акмалжон угли***Анализ существующих методов изменения показателей электрической нагрузки 31***Зокидов Одил Умирзокович, Шомуродов Бахтиёр Хамидович***Научный анализ и технические решения по повышению энергоэффективности буровых установок СБШ-250МН 42****05.06.02 – ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА СЫРЬЯ***Ахунбабаев Охунжон Абдурахмонович, Каримов Рустам Джахонгир угли,**Мухаммадрасулов Шамсиддин Хасанович***Определение натяжения нитей на ткацком станке 52****05.07.01 – СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И МЕЛИОРАТИВНЫЕ МАШИНЫ.****МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ***Эшдавлатов Эшпулат Узокович, Суюнов Алишер Абдиганпорович,**Шодиев Шахриёр Номоз угли***Обоснование параметров крышки кормосмесителя 61****05.08.03 – ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА***Аметова Эльнара Куандиковна, Кудратов Жавохир Баходир угли,**Мукимов Пахлавон Эгам угли***Разработка принципиальных схем вспомогательных реле микроэлектронного блока маршрутов поездов 74****05.08.06 – КОЛЕСНЫЕ И ГУСЕНИЧНЫЕ МАШИНЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ***Каримов Акмал Акбарович***Влияние моторных масел на эксплуатацию транспортных средств 82****05.09.07 – ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ***Султонов Рустамжон Субхонали угли, Рахимов Кудратжон Ташботирович,**Отаханов Максуд Юсуфович, Меликузиев Сарварбек Махмуд угли***Энергоэффективная технология в вертикальных дренажных системах 92**



**MINISTRY OF
HIGHER EDUCATION,
SCIENCE AND
INNOVATIONS OF
THE REPUBLIC
OF UZBEKISTAN**

Founder:

**Center for Scientific
and Technical
Information under
the Agency
for Innovative
Development**

**Scientific and
technical journal
"SCIENCE AND
INNOVATIVE
DEVELOPMENT"**

Volume 7 / 6-2024

**The journal has been
being published since
2018**

The publication is registered by the Agency of Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan with the issuance of certificate No. 512819.

The publication is on the list of scientific editions recommended for publication in technical sciences by Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan.

Direktor:
S.J. Nazirov

Editor in chief:
Kh.R. Saloeva

Editors:
F.A. Mukhammadiyeva
E.A. Yarmolik
M. Kamalova

CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich,
DSc (Tech), Professor, Minister of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Salimov Okil Umurzokovich,
DSc (Tech), Professor, Academician, Head of "Ulugbek" Foundation for Support of Talented Youth

Karimov Komiljon Khamidovich,
PhD (Pedagogy), Rector of Westminster International University in Tashkent

Turdikulova Shakhlohon Utkurovna,
DSc (Biology), Professor, Vice-President of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Rajabbaev Sharof Rakhimberdievich,
PhD (Economy), Director of the Agency for Innovative Development of the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan

Musaev Jakhongir Payazovich,
DSc (Pedagogy), Professor, Deputy Head of the Department of Science and Innovative Development of the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan

Experts from Uzbekistan

Sagdullaev Shomansur Shokhsaidovich,
DSc (Tech), Professor, Academician, Director of the Institute of the Chemistry of Plant Substances, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Turakhodjaev Nodir Jakhongirovich,
DSc (Tech), Professor, Head of the Foundry Technologies Department of the Tashkent State Technical University

Jumaniyazov Kadam,
DSc (Tech), Professor, First Deputy General Director for Research and Innovations, Scientific Center of Cotton Industry JSC

Matyakubova Parakhat Maylievna,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department of Metrology, Technical Regulation, Standardization and Certification of Tashkent State Technical University

Toirov Olimjon Zuvurovich,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department of "Electrical Machines" of Tashkent State Technical University

Akhatov Akmal Rustamovich,
DSc (Tech), Professor, Vice-Rector for International Cooperation affairs, Samarkand State University named after Sh. Rashidov.

Jumaeva Dilnoza Juraevna,
DSc (Tech), Professor, Chief Scientific Associate of the Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Matkarimov Sokhibjon Turdalievich,
DSc (Tech), Professor, Head of Laboratory "Mining and Deep Processing of Mineral Resources" Uzbek-Japan Innovation Center of Youth

Akhmedov Jakhongir Adkhamovich,
DSc (Tech), Professor, Department "Silk Technology" of Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Kayumov Juramirza Abdirammatovich,
DSc (Tech), Professor, Advisor to the Rector of Samarkand State University of Architecture and Construction

Primova Kholida Anorboevna
DSc (Tech), Professor, Department of Information Technology Samarkand Branch of the University of Tashkent Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi.

Foreign experts

Murzin Dmitry Yurievich,
DSc (Chemistry), Professor, Head of the Laboratory of Industrial Chemistry and Reaction Technology at the Faculty of Chemical Technology, Abo Academy University, Turku (Finland)

Parmon Valentin Nikolaevich,
DSc (Chemistry), Professor, Chairman of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Akhmetova Irina Gareevna,
DSc (Tech), Professor, Vice-Rector for Development and Innovations, Kazan State Power Engineering University (Russia)

Nikolaeva Larisa Andreevna,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department "Engineering Ecology and Labor Safety", Kazan State Power Engineering University (Russia)

Yusupov Ziyodulla Erkinovich,
DSc (Tech), Professor, Karabuk University (Turkey)

Ryklin Dmitry Borisovich,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department "Technology of Textile Materials", Vitebsk State Technological University (Belarus)

Kuznetsova Tatyana Fedorovna,
PhD (Chemistry), Associate Professor, Head of the Laboratory of Adsorbents and Adsorption Processes, Institute of General and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus

Hafeezulloh Memon,
PhD (Tech), Zhejiang University of Science and Technology (China)

CONTENTS

04.00.10 – GEOTECHNOLOGY (OPENCAST, UNDERGROUND AND CONSTRUCTION)

Musurmanov Elyor Shirinkulovich

Experimental study of aerodynamic indicators at permeable excavations in modelling of ventilation networks 8

04.00.16 – MINING MACHINES

Makhmudov Azamat, Makhmudov Sherzod Azamatovich

Theoretical study of hard rock fracturing by controlled impact loading 18

05.05.01 – POWER SYSTEMS AND COMPLEXES

Kadirov Kamoliddin Shukhratovich, Tukhtashev Alisher Akmaljon ugli

Analysis of existing methods for changing electric load indicators 31

Zokhidov Odil Umirzokovich, Shomurodov Bakhtiyor Khamidovich

Scientific analysis and technical solutions to improve energy efficiency of СБШ-250MN drilling rigs 42

05.06.02 – TECHNOLOGY OF TEXTILE MATERIALS AND INITIAL TREATMENT OF RAW MATERIALS

Akhunbabaev Ohunjon Abdurakhmonovich, Karimov Rustam Jakhongir ugli, Mukhammadrasulov Shamsiddin Hasanovich

Determining the thread tension on a weaving loom 52

05.07.01 – AGRICULTURAL AND MELIORATIVE MACHINERY. MECHANIZATION OF AGRICULTURAL AND RECLAMATION WORKS

Eshdavlatov Eshpulat Uzokovich, Suyunov Alisher Abdigapporovich, Shodiev Shakhriyor Nomoz ugli

The rationale for feed mixer lid parameters 61

05.08.03 – EXPLOITATION OF RAILWAY TRANSPORT

Ametova Elnara Kuandikovna, Kudratov Javohir Bakhodir ugli, Mukimov Pahlavon Egam ugli

Development of circuit diagrams of auxiliary relays of microelectronic block of train routes 74

05.08.06 – WHEELED AND CATERPILLAR MACHINES AND THEIR EXPLOITATION

Karimov Akmal Akbarovich

Effects of motor oils on vehicle operation 82

05.08.06 – WHEELED AND CATERPILLAR MACHINES AND THEIR EXPLOITATION

Sultonov Rustamjon Subkhonali ugli, Rakhimov Kudratjon Tashbotirovich, Otakhanov Maksud Yucufovich, Melikuziev Sarvarbek Mahmud ugli

Energy efficient technology in vertical drainage systems 92

UDC: 622.453(045)(575.1)
EDN: <https://elibrary.ru/cxiukn>

SHAMOLLATISH TARMOQLARINI MODELLASHTIRISHDA GERMETIK BO'LMAGAN KON LAHIMLARIDA AERODINAMIK KO'RSATKICHLARNI EKSPERIMENTAL TADQIQ QILISH

Musurmanov Elyor Shirinkulovich

texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD),
"Konchilik elektr mexanikasi"
kafedrası dotsenti v. b.
ORCID: 0009-0005-0706-3885
e-mail: elyor_8606@mail.ru

Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Maqolada kon lahimlari va tajriba qurilmalarida o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlarda shamollatish tarmoqlaridagi germetik bo'lmagan kon lahimlariga berilayotgan havo oqimini yo'naltirish va boshqarish, havo miqdorining germetik bo'lmagan konlarda lahimlar uzunligi, ular o'rtasidagi bog'lanish holati, tashqi va ichki havo yo'qotishlari, aerodinamik qarshiliklar qiymatlarini aniqlash hamda aerodinamik qarshiliklarni kamaytirish masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot ishi laboratoriya sharoitida ishlab chiqilgan aerodinamik quvurli stend va tabiiy sharoitda Zarmitan koni lahimlari topologiyasiga mos ravishda ishlab chiqilgan fizik modelda o'tkazilgan. Konda havo oqimining yo'qotilishi kon lahimlarining germetiklik darajasi, lahimlarning germetiklik darajasi esa lahimlarda havo harakatlanishi jarayonida yuzaga keladigan aerodinamik qarshilik qiymatlariga bog'liq. Aerodinamik qarshilik qiymatlari, o'z navbatida, aerodinamik qarshilik koeffitsiyentlari va ishqalanish koeffitsiyentlari ham lahimning nogermetiklik darajasi hamda Reynolds soniga bog'liq holda o'zgaradi. Tadqiqot davomida kon lahimlarining bir-biri bilan bog'langan nuqtalarida ichki va tashqi havo yo'qotilishlari aniqlangan. Ushbu yo'qotilishlarning oldini olish uchun havo oqimini boshqarish va yo'naltirishning turli usullarini qo'llash zarurligi o'lchovlar va tahlillar orqali isbotlangan. Shuningdek, maqolada murakkab shamollatish tizimlariga ega, germetik bo'lmagan kon lahimlarining shamollatish samaradorligini oshirish uchun kon lahimlarining germetiklash usullari va germetiklash vositalari yordamida aerodinamik ko'rsatkichlar o'zgarishi natijalari keltirilgan. Konlarda shamollatish tizimlari elementlarida havo harakatida kon lahimlarining aerodinamik qarshiligi, mahalliy qarshiliklar va ayniqsa, shamollatish tarmog'ining germetik bo'lmagan uchastkalari aerodinamik ko'rsatkichlarni doimiy ravishda o'lchab borishni talab etadi. Shaxtalarda shamollatish tizimidagi aerodinamik masalalarni hal qilish uchun konlarda shamollatishni yaxshilash bo'yicha ishlab chiqilgan kompleks yondashuvlardan keng foydalanish tavsiya etilgan.

Kalit so'zlar: shaxta stvoli, shamollatish, kon lahimi, lahimlar topologiyasi, shamollatish sxemasi, shamollatish tarmog'i, havo oqimi, depressiya, aerodinamik qarshilik, havo tezligi, salbiy germetiklik, ijobiy germetiklik, aerodinamik ko'rsatkichlar, ventilyatorlar, to'siqlar, shamollatish eshiklari, quvurlar, modellashirish, turbulentlik, havo kanali, aerodinamik qarshilik, nogermetiklik koeffitsiyenti.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА НЕГЕРМЕТИЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Мусурманов Элёр Ширинкулович

доктор философии по
техническим наукам (PhD),
и. о. доцента кафедры
«Горная электромеханика»

Навоийский
государственный
горно-технологический
университет

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы направления и управления воздушным потоком, подаваемым в негерметичные горные выработки по вентиляционным сетям, при помощи экспериментальных исследований на шахтных и экспериментальных установках, определения количества воздуха по длине выработок в негерметичных шахтах, состояния связи между ними, значений потерь наружного и внутреннего воздуха, аэродинамических сопротивлений и снижения аэродинамических

сопротивлений. Исследовательская работа проводилась на стенде с аэродинамической трубой, разработанном в лабораторных условиях, и на физической модели, разработанной в соответствии с топологией выработок месторождения Зармитан в естественных условиях. Потери воздушного потока в шахте зависят от степени герметичности горных выработок, а степень герметичности выработок зависит от величин аэродинамического сопротивления, возникающих в процессе движения в них воздуха. Значения аэродинамического сопротивления в свою очередь изменяются в зависимости от коэффициентов трения, а также степени негерметичности выработки и числа Рейнольдса. В ходе исследования были выявлены потери внутреннего и наружного воздуха в точках соприкосновения горных выработок. Необходимость использования различных методов управления и направления воздушного потока для предотвращения этих потерь была доказана измерениями и анализом. Также в статье представлены результаты изменения аэродинамических показателей с помощью методов герметизации и герметизирующих средств для повышения эффективности вентиляции негерметичных горных выработок со сложными системами вентиляции. Аэродинамическое сопротивление при движении воздуха в элементах систем вентиляции шахт, местное сопротивление и особенно негерметичные участки вентиляционной сети требуют постоянного измерения аэродинамических показателей. Для решения аэродинамических задач в системе вентиляции шахт рекомендовано широкое применение разработанных комплексных подходов к улучшению их вентиляции.

Ключевые слова: ствол шахты, вентиляция, горная выработка, топология выработки, схема вентиляции, вентиляционная сеть, воздушный поток, депрессия, аэродинамическое сопротивление, воздушная скорость, отрицательная герметичность, положительная герметичность, аэродинамические характеристики, вентиляторы, завеса, вентиляционные ворота, трубы, моделирование, турбулентность, воздуховод, аэродинамическое сопротивление, коэффициент негерметичности.

EXPERIMENTAL STUDY OF AERODYNAMIC INDICATORS AT PERMEABLE EXCAVATIONS IN MODELLING OF VENTILATION NETWORKS

Musurmanov Elyor Shirinkulovich

Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD),
Acting iate Professor
of Department "Mining
Electromechanics"

Navoi State Mining and
Technology University

Abstract. The article reveals issues of directing and controlling the air flow supplied to permeable mine excavations in ventilation networks through experimental studies at mining and experimental rigs, determining the values of external and internal air losses and aerodynamic resistances relating to the amount of air supplied to permeable mine workings, the length of the mine excavations in permeable mines, the state of binding between the workings and reduction of aerodynamic drag. The research was made using a stand developed in laboratory conditions as well in natural conditions by means of a physical model made in accordance with the topology of the mine workings of the Zarmitan deposit. The loss of the air flow in the mine depends on the degree of the excavation' tightness, while the latter will depend on the values of aerodynamic resistance developing within the process of air movement in the excavation. Values of aerodynamic resistance, in turn, also vary depending on the level of leakage of the mine as well as on the of aerodynamic drag- and friction coefficients, and Reynolds number. The study revealed internal and external air losses at the points of contact of the mine workings. The need for various methods for the air flow control in view of the losses' prevention, has been proven by means of measurements and analysis. Also, the article presents effects from changes of aerodynamic parameters using sealing methods and agents that serve to increase ventilation efficiency of leaky mine workings with complex ventilation systems. Aerodynamic resistance during air movement within the elements of mine ventilation systems, local resistance and especially leaky sections of the ventilation network require continuous measurement

Kelib tushgan/Получено/
Received: 04.11.2024

Qabul qilingan/Принято/
Accepted: 25.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
14.12.2024

of aerodynamic parameters. Broad use of the developed comprehensive approaches to improvement of mines' ventilation system is being recommended in view to address the aerodynamic issues in the ventilation system of mines.

Keywords: mine shaft, ventilation, mine solder, topology of solders, ventilation scheme, ventilation network, air flow, depression, aerodynamic resistance, air velocity, negative hermeticity, positive hermeticity, aerodynamic indicators, fans, barriers, doors, pipes, modeling, turbulence, air channel, aerodynamic resistance, leakage coefficient.

Kirish

O'zbekistonning ko'plab oltin konlarida shamollatish jarayoni kon lahimlari tarmog'ida hosil qilingan havo oqimini haydash yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu esa korxonaning ishlab chiqarish quvvatini ta'minlash bo'yicha belgilangan vazifalardan kelib chiqib, konning shamollatish tarmog'i rivojlanishining har bir yo'nalishi bo'yicha havo oqimiga bo'lgan talab doimiy ravishda ortib borayotganini ko'rsatmoqda. Shamollatish tarmog'idagi havo oqimlarining qabul qilingan yo'nalishi shaxta va uning alohida uchastkalarini shamollatish sxemasini belgilaydi. Shaxta shamollatish tarmog'ida yo'qotilishlar havo harakatlanadigan kon lahimlari va inshootlari, shuningdek, konni shamollatishga salbiy ta'sir qiladigan darajada havo yo'qotiladigan lahimlar, shamollatish inshootlari va shamollatish bo'shlig'ida kuzatiladi. Havo oqimlari yo'nalishi shamollatish moslamalari (ventilyatorlar, to'siqlar, shamollatish eshiklari, quvurlar va boshqalar) yordamida boshqariladi (Alymenko et al., 2011; Alymenko et al., 2015).

Shaxtalar shamollatish tarmoqlarida havo taqsimlanishini boshqarish masalalarini hal etishga bir qator xorijiy va MDH mamlakatlari olimlari, jumladan, N.I. Alimenko, B.P. Kazakov, N.O. Kaledina, O.A. Kremnev, S. Soy, R.B. Tyan, A.G. Yevdokimov, A.E. Krasnoshteyn, I.I. Medvedev, Ye.I. Rogov, N.N. Moxirev, N.A. Trofimov, K.Z. Ushakov va boshqalar o'zlarining ilmiy izlanishlari hamda tadqiqotlari bilan katta hissa qo'shishgan (Kaledina, & Kobylkin, 2013; Kamenskikh, 2015).

Yer osti konlarida yangi gorizontlar va uchastkalarda qazish ishlari olib borishda konning ishlab chiqarish quvvati, kon lahimlari va shamollatish tarmog'i uzunligi ortib borayotganligi sababli foydali qazilma konlarini o'zlashtirishda havo oqimini nazorat qilish va murakkab shamollatish tizimlari bilan konlarni samarali shamollatish muammolari dolzarb ahamiyatga ega (Kazakov et al., 2021; Levitskiy & Nurgaliyeva, 2011).

Germetik bo'lmagan kon lahimlarining miqdoriy va sifat ko'rsatkichlari, shuningdek, aerodinamik qarshilikni eksperimental tadqiq qilish masalalari hozirgi kunga qadar amalda to'liq o'rganilmagan. Bu masalalar O'zbekistondagi barcha yer osti oltin konlari uchun muhim ahamiyatga ega. Konlarda aerodinamik qarshilikning o'zaro ta'siri hamda shaxta shamollatish tarmoqlarining kon lahimlarida havo yo'qotilishining miqdoriy va sifat ko'rsatkichlarini hisobga olish usuli ishlab chiqilmagan (Levitskiy, 2012; Makhmudov et al., 2023). Shu sababli O'zbekistonda konlarning tozalash kovjoylarini shamollatishni takomillashtirish masalalarini kompleks hal qilishda germetik bo'lmagan kon lahimlarining aerodinamik xususiyatlarini nazariy va eksperimental jihatdan chuqur o'rganish zarur.

Material va metodlar

Eksperimental tadqiqotlar Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Konchilik elektr mexanikasi" kafedrasida laboratoriyasida ishlab chiqilgan aerodinamik quvurli stend maketi va tabiiy sharoitda Zarmitan shaxtasi kon lahimlari topologiyasiga mos ravishda ishlab chiqilgan fizik modelda o'tkazildi. Model yordamida havo tayyorlash va haydash jarayonida stvoldagi tashqi havo yo'qotilishlarini kamaytirish, kon lahimlari kesishgan nuqtalar va shamollatish tugunlarida havo oqimini boshqarish hamda shamollatish shohchalarida ichki havo yo'qotilishlarini kamaytirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlarda ijobiy natijalarga erishildi.

Modelda germetik bo'lmagan kon lahimlarining aerodinamik xususiyatlarini eksperimental o'rganish metodikasi quyidagilarga asoslanadi (Maltsev & Kazakov, 2015; Nikolaev et al., 2017; Kozyrov et al., 2019; Maltsev, 2020):

- aerodinamik modellashirishning o'xshashlik qonunlariga muvofiqligi;
- germetik bo'lmagan kon lahimlarining kirish, boshlang'ich, ishchi va chiqish qismlarini oqilona tanlash, ishchi qismida bir xil rivojlangan turbulentlik va o'lchangan bosim qiymatlarining ishonchli ko'rsatkichlari bilan barqaror havo oqimi rejimini ta'minlash;
- asoslangan eksperimental tadqiqot sxemasi.

Lahimlarda havo harakati vaqtida sodir bo'ladigan fizik hodisalarni o'rganishda modellashirish usuli keng qo'llangan bo'lib, amaliy masalalarni hal qilishda modellar bo'yicha empirik tarzda olingan natijalar ishonchliligi o'xshashlik qonunlariga qat'iy rioya qilish bilan tasdiqlanishi kerak (Nikolaev, 2020; Leviskiy & Nurgaliyeva, 2011; Makhmudov et al., 2023; Maltsev & Kazakov, 2015).

Kon lahimlarida havo harakatini o'rganish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilganiga qaramay, kon lahimlarining aerodinamik qarshiligi masalasini hozirgi kunga qadar to'liq hal qilingan deb bo'lmaydi va bu yo'nalishda qo'shimcha tadqiqotlar o'tkazish zarur. Ruda konlaridagi ko'pgina kon lahimlari havo kirib keladigan va germetik bo'lmagan, natijada havo yo'qotilishiga sabab bo'ladigan tuzilmalar sifatida tasniflangan (Nikolaev et al., 2017; Kozyrov et al., 2019).

Shaxtani shamollatishni hisoblashda germetik bo'lmagan havo sizib chiqadigan kon lahimlari va germetik bo'lgan kon lahimlarining aerodinamik ko'rsatkichlari o'rtasidagi farq hisobga olinmaydi (Maltsev, 2020; Nikolaev, 2020). Bu esa konlarning shamollatish tarmoqlarida havo taqsimlanish jarayonida hisoblangan va haqiqiy havo oqimi o'rtasidagi ma'lum qiymatdagi farq bo'lishiga olib keladi.

Ko'plab olimlarning tadqiqotlarida eksperimental ma'lumotlar va laboratoriya tajribalari asosida aerodinamik qarshilik qiymatining germetiklik darajasi, uning hosil bo'lish joyi va yo'nalishiga bog'liqligi aniqlangan. Tadqiqotlarda havo oqimi va havo yo'qotilishlari turli aerodinamik xususiyatlarga ega bo'lib, bu energiya sarfining teng bo'lmagan taqsimlanishiga olib kelishi ko'rsatib o'tilgan. Bu holat havo kanalining to'g'ri uchastkalarida havo harakatlanishi paytida energiya yo'qotilishlari ishqalanish qarshiligini yengish uchun sarflangan yo'qotilishlar va mahalliy qarshiliklarga bog'liq yo'qotilishlardan iborat deb qaraladi (Sadikov, & Baratov, 2013; Pavlov, 2021). Laboratoriya tadqiqotlari natijasida germetik bo'lmagan havo kanallarining aerodinamik qarshilik koeffitsiyentini aniqlandi. Tadqiqotlarda tavsiya etilgan formula bo'yicha α koeffitsiyentni aniqlash usuli qabul qilindi (Pavlov, 2019; Pavlov, 2021; Semin, 2022; Musurmanov, 2023):

$$\alpha = \frac{H d_{TP} \gamma_0}{L V_{cp}^2}, \quad (1)$$

bunda H – havo kanali o'qi bo'ylab ikki qism orasidagi bosimning pasayishi;

d_{TP} L – havo kanalining diametri va uzunligi;

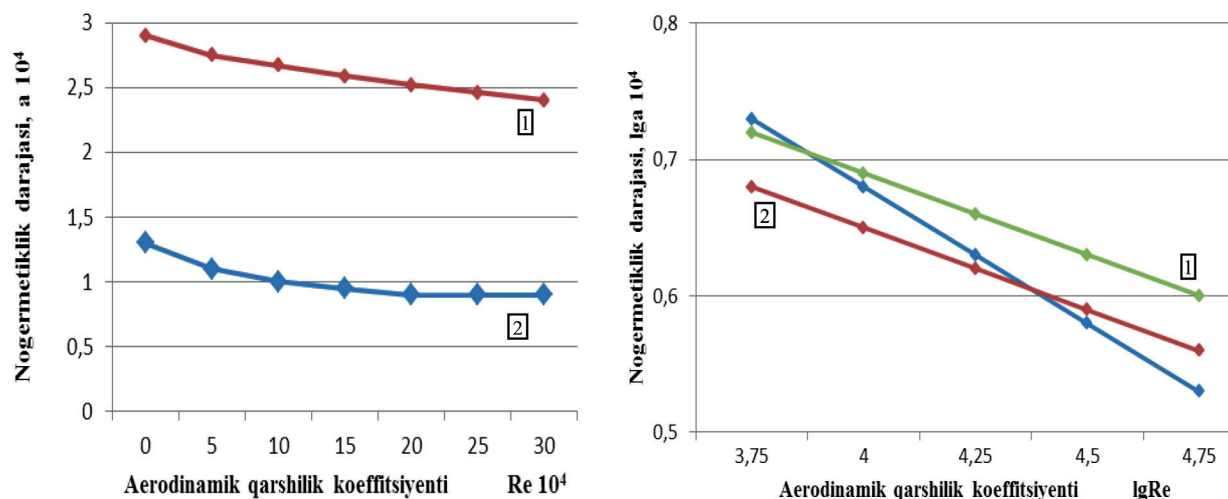
v_{cp} – havo harakatining o'rtacha tezligi.

Havo kanalidagi h depressiya va α aerodinamik qarshilik koeffitsiyentining oldindan ma'lum bo'lgan o'zaro bog'liqlik ifodasi qabul qilingan:

$$h = \alpha \frac{P L Q^2}{S^3}. \quad (2)$$

Eksperimental va nazariy tadqiqotlar natijalari havo kanallari yoki kon lahimlarida ijobiy va salbiy nogermetik lahimlarda havo harakati yo'nalishiga mos ravishda oqimlarning

aerodinamik ko'rsatkichlari o'zgarishini tasdiqlaydi (Barot et al., 2022; Mislibayev & Musurmanov, 2023; Musurmanov, 2023). Biroq O'zbekistonning yer osti konlarida foydalanilayotgan germetik bo'lmagan konlarning aerodinamik tavsiflari bo'yicha ma'lumotlar hozircha mavjud emas. Buning uchun aerodinamik ko'rsatkichlar qiymatlari va ularga turli ta'sir etuvchi omillarni hisobga olgan holda tadqiqotlar o'tkazilishi zarur. Tadqiqotlar va hisoblash natijalari aerodinamik qarshilik va ishqalanish koeffitsiyentlarining Reynolds (Re) soniga bog'liqligini ko'rsatadi. Ushbu bog'liqliklar 1-rasmda grafik shaklda keltirilgan.

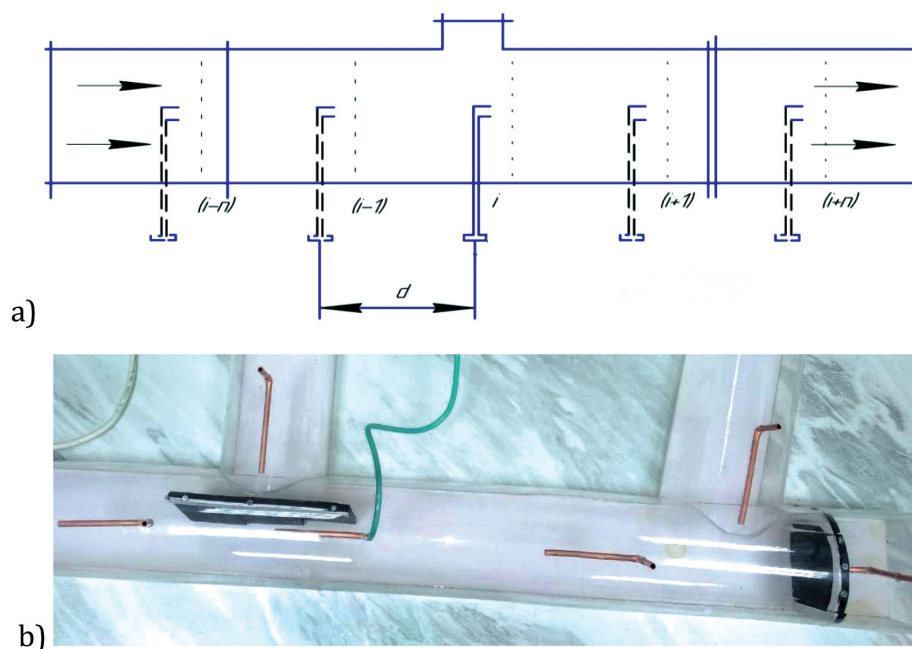


1 – ijobiy (kiruvchi havo oqimi) germetik bo'lmagan lahimda;

2 – salbiy (yo'qotiluvchi havo oqimi) germetik bo'lmagan lahimda.

1-rasm. Aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti va ishqalanish koeffitsiyentining Re soniga bog'liqlik grafiklari

Fragmentlashtirish usuli yordamida bir qator eksperimentlar o'tkazilgan (Barot et al., 2022; Mislibayev & Musurmanov, 2023). Ularda germetik bo'lmagan fragment tadqiqot uchun ajratilgan (2-rasm).



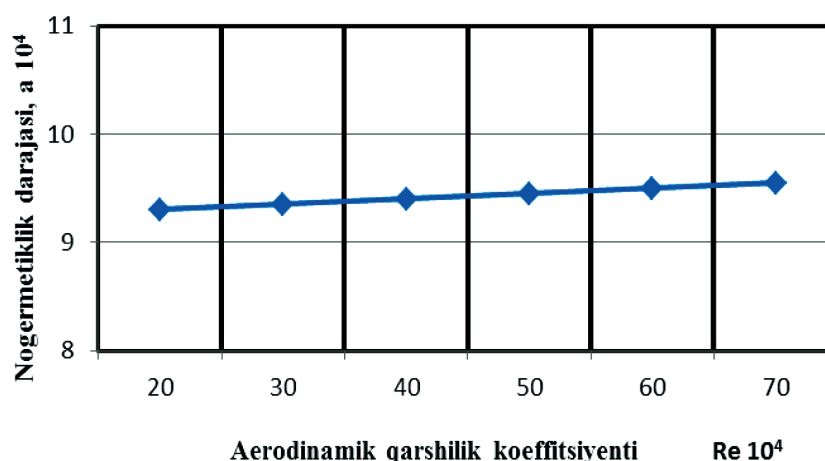
2-rasm. Tezliklar tarqalishi oralig'ini aniqlash uchun aerodinamik modelda pnevmometrik quvurlarni joylashtirish sxemasi (a) va fizik modelda pnevmometrik quvurlar joylashishi (b)

Shu bilan birga, har bir bo'limda tezlik ma'lum nuqtalarda o'lchandi. Bunda pnevmometrik quvur bitta gidravlik o'lchagich (diametr) oralig'i bilan ishlaydigan model bo'yab ko'chirildi. Tadqiqotning birinchi bosqichida asosiy maqsad germetik yopiq ishchi uchastkalarining aerodinamik qarshiligini aniqlashdan iborat edi. Keyingi bosqichda esa turli shakl va qiymatdagi kesim yuzaga ega bo'lgan germetik bo'lmagan kon lahimlarida aerodinamik ko'rsatkichlarni o'lchash va hisoblash ishlari olib borildi.

Tadqiqot natijalari

Konning turli uchastkalarida lahimning aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti arkali kesim yuzali kon lahimi modeli uchun $\alpha = 9,75 \cdot 10^4 \cdot N \cdot s^2/m^4$ (3-rasm) sifatida aniqlangan. Ushbu aniqlangan koeffitsiyent qiymatlarini lahimlar modelining germetik bo'lmagan uchastkalari uchun hisoblangan so'nggi qiymatlar bilan taqqoslash mumkin.

Aerodinamik modelda havo oqimining har xil tezliklarida, ya'ni turli Re Reynolds soni qiymatlarida ijobiy va salbiy nogermetiklik bilan bir qator tajribalar o'tkazildi. Ish jarayonida g'ovakli devor materialining sonli nogermetiklik joyi o'zgartirildi, bu esa lahim modeli aerodinamik ko'rsatkichlarining turli xil havo o'tkazuvchanligi sharoitida qanday o'zgarishini aniqlash imkonini berdi.



3-rasm. Arkali kesim yuzaga ega bo'lgan germetik bo'lmagan lahim modelining aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti qiymatlari

Tajriba ma'lumotlarini qayta ishlash natijasida aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti α ning nogermetiklik darajasi K ga bog'liqligi olingan (4-rasm).

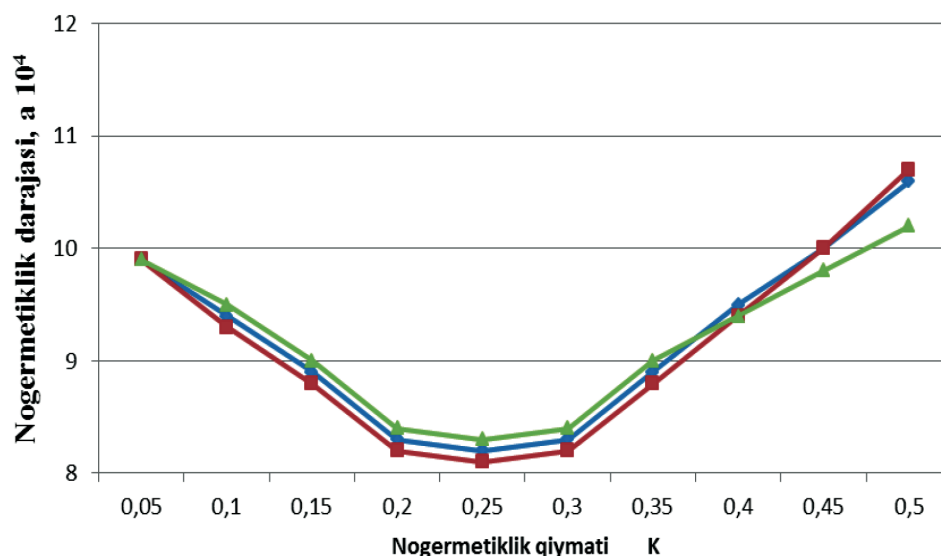
$$\alpha \cdot 10^4 = 370,4 \cdot K^3 + 247,2 \cdot K^2 - 40,59 \cdot K. \quad (3)$$

Qat'iy aniqlanish koeffitsiyenti 0,98 ni tashkil etadi. Bu – tanlov uchun omillar va natijalar belgilari o'rtasidagi bog'liqlikning sezilarli darajada yaqinligini ko'rsatadi.

4-rasmdan ko'rinib turibdiki, agar nogermetiklik koeffitsiyenti $0 < K < 0,1$ bo'lsa, aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti α qiymatining germetik lahimlar uchun qiymatiga nisbatan 15–20 % ga kamayishi, $K > 0,35$ ga oshishi bilan ortishi kuzatildi.

O'lchashlarda turbulent qatlam osti chegarasining buzilishi hisobiga aerodinamik qarshilikning pasayishi nogermetik elementlar orqali ichki havo yo'qotilishi tufayli yuzaga keldi. α koeffitsiyentining eng katta pasayishi $0,02 > K > 0,25$ nogermetiklik qiymati oralig'ida kuzatiladi. Ushbu maydon katta amaliy qiziqish uyg'otadi. Ijobiy nogermetiklik bilan ishlaydigan lahimlarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, oqim tezligi va

K koeffitsiyenti oshishi bilan aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti ham ortadi (Kaledina & Kobylnik, 2013; Kamenskikh, 2011; Kazakov et al., 2021; Levitskiy & Nurgaliyeva, 2011).



O'rtacha oqim tezligida $v = 3 \text{ m/s}$; $v = 5 \text{ m/s}$; $v = 7 \text{ m/s}$

4-rasm. α koeffitsiyentning lahim nogermetiklik darajasiga bog'liqlik grafigi

Aerodinamik qarshilikni hisoblashda germetik lahimlar uchun olingan α qiymatlaridan foydalanish qazish maydonida va umuman tarmoqda hisoblangan haqiqiy havo taqsimoti o'rtasida sezilarli farqlarga olib keladi. Eksperimental ma'lumotlarni eng kichik kvadratlar usuli bilan qayta ishlash natijasida germetik bo'lmagan lahimlar modellari uchun α koeffitsiyentlarining empirik bog'liqliklari olindi:

– salbiy nogermetik lahimlar uchun

$$\alpha \cdot 10^4 = 3,833 \cdot \left(\frac{q_y}{Q_1} 100 \right)^{0,157} + 9,884; \quad (4)$$

– ijobiy nogermetik lahimlar uchun

$$\alpha \cdot 10^4 = 0,0012 \left(\frac{q_y}{Q_1} 100 \right)^{2,021} + 5,797. \quad (5)$$

α koeffitsiyentlarining olingan qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Bo'ylama mustahkam kalibrli nogermetik kon lahimlarining aerodinamik qarshilik koeffitsiyentlari

Lahimning nogermetiklik koeffitsiyenti, K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Salbiy nogermetiklik uchun aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti	15,3	15,9	16,4	16,7	17	17,2	17,4	17,5	17,7
Ijobiy nogermetiklik uchun aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti	15,9	16,3	16,9	17,9	19	20,5	22,2	24,2	26,5

Kon lahimlari depressiyasini hisoblashda $h = f(R_i \cdot Q_p)$ asosiy hisoblash formulasini to'ldirish uchun Z nogermetiklikka bog'liq holda qo'shimcha depressiya o'zgarish

koeffitsiyentini kiritish tavsiya etiladi. Bu esa havo o'tkazuvchanligining turli shamollatish to'siqlari va boshqalarning aerodinamik qarshiligi o'zgarishini hisobga oladi:

$$Z = \frac{R_{HR}}{R}, \quad (6)$$

bunda R_{HR} – nogermetik lahimning nisbiy qarshiligi;

R_i – germetik lahimning nisbiy qarshiligi.

Z koeffitsiyentlarining tavsiya etilgan qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

Shunday qilib, dinamik jihatdan o'xshash bo'lgan ikkita oqim uchun to'liq geometrik o'xshashlik va Reynolds (Re) sonining tengligi kuzatildi. Ikkala o'lchovsiz tezliklarning bir xil profillari va kuchlarning bir xil nisbati, shu jumladan, qarshilik kuchlari olindi.

2-jadval

Z koeffitsiyent qiymatlari

Lahimning nogermetiklik koeffitsiyenti, K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Z , salbiy nogermetiklikda	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18
Z , ijobiy nogermetiklikda	1,05	1,08	1,10	1,15	1,17	1,20	1,23	1,25	1,32

Eksperimental tajriba sharoitida kengaytirilgan kon lahimlarida 50–75 m uzunlikdagi ketma-ket joylashgan bir qator uchastkalarda eksperimental o'lchovlar o'tkazildi. Ular yetarli to'liqlik bilan birga o'rganilayotgan lahimlarning aerodinamik ko'rsatkichlari, ya'ni α nisbiy qarshilik koeffitsiyentini ham tavsiflaydi va tabiiy sharoitda tajribalar namunasi sifatida qabul qilingan.

Zarmitan koni turli kon lahimlarining nisbiy aerodinamik qarshiligini o'rganishda o'rtacha umumlashtirilgan natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Lahim nomi va mustahkamlagich turi	Tabiiy sharoitda tadqiqotlar natijalari		
	Kesim yuza maydoni S , m^2	Nisbiy aerodinamik qarshilik r , $N \cdot s^2/m^8$	
		eksperimental	tavsiya etilgan
Kapital kon lahimlari, kvershlaglar, shtreklar, qiya transport yo'lagi	11,4 11,4 10,3 11,1 11,1 10,4 10,6 10,8 11,4	0,0064 0,0063 0,0058 0,0057 0,0071 0,0145 0,0115 0,0105 0,0096	0,0086
Bloklararo shamollatish orti. Mustahkamlagichsiz lahimlar	5,0 5,1 6,6 6,4 5,3	0,15 0,12 0,06 0,12 0,10	0,11
Shamollatish ko'tarmasi. Ruda tanasi bo'ylab o'tgan mustahkamlagichsiz ko'tarma	7,5 7,5	0,16 0,30	0,25
Tog' jinslari orasidan o'tgan mustahkamlagichsiz ko'tarma. Shamollatish-yurish yo'lagi ko'tarmasi	6,0	8,0	10,0

Umumiy ishqalanish qarshiligi konning barcha gorizontlari va uchastkalarida o'rganildi. Ishonchliligiga shubha bo'lgan qiymatlarni umumiy to'plamdan chiqarib tashlash uchun uzoq muddatli bir xil turdagi arka mustahkamlagichli va mustahkamlagichsiz kon lahimlarining aerodinamik ko'rsatkichlarini o'rganish natijalari tahlil qilindi. Shamollatish tarmog'ining har bir shohchasi uchun tadqiqot olib borildi, so'ngra lahimlar yoki ulardagi uchastkalarining umumiy va nisbiy aerodinamik qarshiligi o'rtacha qiymatlari aniqlandi.

Tadqiqot natijalari tahlili

Amalga oshirilgan tahlillar natijasida depressiyani tekshirish jarayonida olingan qiymatlar shunga o'xshash lahimlar uchun hisoblangan aerodinamik ko'rsatkichlar bilan taqqoslab o'rganildi. Buning uchun mustahkamlagichga bog'liq holda, elektron hisoblash mashinalarida dasturiy hisoblash usullari yordamida aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti α o'zgarishi, keyin esa stvollarning nisbiy qarshiligi o'zgarishi hisoblab chiqilgan.

Zarmitan koni shaxta stvolining hisoblangan qarshiligi $0,0017 \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$ ni tashkil qiladi. Stvol uchastkasining havo depressiyasi tadqiqoti bo'yicha o'rtacha qiymati 660–720 m gorizontlar orasida va 540 m keyingi qazish gorizonti uchun $0,0019 \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$ ga teng bo'lib, bu natijalarning bir-biriga juda yaqinligini ko'rsatadi.

Konda stvollar bilan bir qatorda asosiy havo bilan ta'minlash va havo chiqarish lahimlari sifatida kon va bosh shamollatish qurilmasi stvoliga kiruvchi shamollatish yo'nalishiga qarab bosqichma-bosqich chuqurlashadigan gorizontlar guruhlarini qo'llandi.

Xulosalar

Zarmitan koni sharoitida olib borilgan tadqiqotlar natijasida gorizontlar bo'yicha o'rganilgan barcha lahimlar guruhlarida aerodinamik qarshiliklarning o'rtacha qiymati $0,0027 \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$ deb topildi. Biroq har bir kon lahimi uchun aerodinamik ko'rsatkichlar bo'yicha batafsil ma'lumotlar mavjud emas. Mahalliy qarshiliklar hisobga olinmagan holda, shunga o'xshash uchastkalarda bir xil kesim yuzasi uchun hisoblangan ishqalanish qarshiligi bir necha marta farq qilishi aniqlandi.

Shaxta shamollatish tizimlarining aerodinamik jarayonlari, shuningdek, kon lahimlarining aerodinamik qarshiligi, mahalliy qarshiliklar va ayniqsa, shamollatish tarmog'ining nogermetik uchastkalari lahimlarining aerodinamik ko'rsatkichlarini doimiy ravishda o'lchab borish talab etiladi.

O'zbekistonda yer osti konlarida shamollatish tizimini takomillashtirish uchun ichki yonuv dvigatelli kon mashinalarini ishlatishni tartibga solish, shuningdek, portlatish jarayonidan keyingi shamollatishni yaxshilashga qaratilgan kompleks yondashuv usullarini keng miqyosda qo'llash tavsiya etiladi.

REFERENCES

1. Alymenko, N. I., Kamenskikh, A. A., & Nikolayev, A. V. (2011). *Air curtain and general mine natural draft* (p. 280). (In Russian). Moscow: Gornaya kniga Publ.
2. Alymenko, N. I., Kamenskikh, A. A., Nikolaev, A. V., & Petrov, A. I. (2015). The choice of the main fan installation. *Current Problems of Enhancing Efficiency and Safety of Underground Mining and Oil Field Equipment: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference* (vol. 1, pp. 190-199). Perm: PNIPU Publ.
3. Bacot, A., Frank, D., & Linden, P. F. (2022). Bubble curtains used as barriers across horizontal density stratifications. *Journal of Fluid Mech.*, 941, 1-41. <http://dx.doi.org/10.1017/jfm.2022.142>

4. Kaledina, N. O., & Kobylkin, S. S. (2013). General modeling as a method for studying and controlling thermal and aerodynamic processes at mining enterprises. (In Russian). *Mining Information and Analysis Bulletin (GIAB). Nedelya Gornyaka – 2013: Proceedings of the International scientific symposium* (pp. 149-156).
5. Kamenskikh, A. A. (2011). *Development of methods for monitoring and reducing surface air leaks in mines* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.
6. Kazakov, B. P., Kolesov, E. V., & Isayevich, A. G. (2021). Review of models and methods for calculating aerogasdynamic processes in ventilation networks of mines and quarries. (In Russian). *Mining Information and Analytical Bulletin*, 6, 5-33. https://doi.org/10.25018/023614_932021605
7. Kozyrov S. A., Osintseva A. V., & Amosov, P. V. (2019). *Control of ventilation flows in underground mine workings based on mathematical modeling of aerodynamic processes* (p. 114) [Monograph]. (In Russian). Apatity: KSC RAS.
8. Levitskiy, J. G., & Nurgaliyeva, A. D. (2011). Air flow control in a ventilation network with an active regulator. (In Russian). *Bulletin of Kuzbass State Technical University*, 4, 23-27. Kemerovo.
9. Leviyskiy, J. G. (2012). *Mine ventilation networks* [Monograph]. (In Russian). Karaganda: Karaganda State Technical University Publ.
10. Mahmudov, A., Musurmanov, E. Sh., Akhmedov, S. T. (2023). Improving the efficiency of ventilation equipment controlling air flow. (In Russian). *Universum: Technical Sciences*, 9 (114), 16-21. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2023.114.9.16013>
11. Maltsev, S. V., & Kazakov, B. P. (2015). Development of a methodology for conducting experimental studies to determine the aerodynamic resistances of deep mine shafts. (In Russian). *PNRPU Publ.* (Perm), 271-278.
12. Maltsev, S. V. (2020). *Research and development of methods for determining the aerodynamic parameters of complex ventilation systems of underground mines* (p. 24) [Abstract of the PhD thesis]. (In Russian). Perm: GI UrO RAS.
13. Mislibayev, I. T., & Musurmanov, E. Sh. (2023). Application of air curtains to improve air flow control efficiency in the Gujumsoy mine shaft. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 5, 23-32.
14. Musurmanov, E. Sh. (2023). Optimization of ventilation of sites in mines with complex mining and technological conditions. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 3, 24-31.
15. Nikolaev, A. V., Alymenko, N. I., Kamenskikh, A. A., Fet, Sh., K. & Nikolaev, V. A. (2017). The results of modeling the mine ventilation process with the location of an air curtain in the air supply and ventilation shafts. (In Russian). *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil and gas and mining*, 16 (3), 291-300.
16. Nikolaev, A. V. (2020). *Scientific substantiation and development of technical and technological solutions to ensure occupational safety at underground mining enterprises by means of energy-efficient ventilation* (p. 300) [PhD thesis]. (In Russian). Kemerovo: GI UrO RAS.
17. Pavlov, A. S. (2019). On changes in the aerodynamic resistance of a ventilation system shaft during air flow reversal. (In Russian). *Fundamental and Advanced Issues of Mining Science*, 6 (2), 207-211.
18. Pavlov, S. A. (2021). Ventilation of the bottomhole space of an extended dead-end mine due to the ejection effect that occurs when installing a longitudinal partition. (In Russian). *Fundamental and Applied Issues of Mining Sciences*, 8 (1), 260-266.
19. Sadikov, A., & Baratov, B. N. (2013). *Stationary machines* (In Uzbek). Tashkent: TSTU.
20. Semin, M. A. (2014). Numerical modeling of aerodynamic processes at the interface of the ventilation duct with the trunk. (In Russian). *Problems of Development of Deposits of Hydrocarbon and Ore Minerals*, 1, 419-422. Perm: PNRPU Publ.

UDC: 622.271+622.3(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/dykuni>

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ТВЁРДЫХ ГОРНЫХ ПОРОД УПРАВЛЯЕМОЙ УДАРНОЙ НАГРУЗКОЙ

Махмудов Азамат¹, Махмудов Шерзод Азаматович²

¹кандидат технических наук, доцент кафедры «Горная электромеханика»
ORCID: 0000-0002-1260-9433
e-mail: maxmudov-azamat@inbox.ru

²доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент кафедры «Горная электромеханика»
ORCID: 0000-0003-0057-2829
e-mail: 1yy2@mail.ru

Навоийский
государственный
горно-технологический
университет

Аннотация. Основная цель работы – решение технологической задачи отделения каменных блоков от массива путём управления действием разрушающих сил, осуществляемого за счёт равномерного распределения нагрузки и напряжений в массиве с помощью специальной конструкции клиновидного инструмента, определения формы и параметров размера разрушающего инструмента, а также частоты и скорости приложения нагрузки. Настоящее исследование в конечном итоге позволяет создать машины для разрушения горных пород и решает практические задачи, а именно: а) количественная оценка влияния свойств разрушаемой среды на показатели процесса передачи энергии удара, выбор оптимальных параметров, рабочих органов ударных машин, а также выбор области их рационального применения; б) оценка повторяемости влияния времени и динамики на эффективность разрушающего удара; в) оптимизация процесса разрушения и отдельных параметров машин на основе разработки теории процесса разрушения удара. Это станет основой для создания высокоэффективных, надёжных и энергосберегающих машин, а также машин, работающих с камнями различной прочности.

Ключевые слова: разрушение, нагрузка, блочный камень, инструмент, машина.

MUSTAHKAM TOG' JINSLARINI BUZUVCHI MEXANIZMNING BOSHQARILADIGAN ZARBLI YUKLAMASI NAZARIY TADQIQI

Maxmudov Azamat¹, Maxmudov Sherzod Azamatovich²

¹texnika fanlari nomzodi, "Konchilik elektr mexanikasi" kafedrası dotsenti;
²texnika bo'yicha falsafa doktori (PhD), "Konchilik elektr mexanikasi" kafedrası dotsenti

Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Ishning asosiy maqsadi – qoziq shaklidagi maxsus asbob konstruksiyasi yordamida massivda yuklama va kuchlanishlarni bir xil taqsimlash orqali amalga oshiriladigan buzuvchi kuchlarning ta'sirini nazorat qilish bilan tosh bloklarni massivdan ajratishning texnologik muammosini hal qilishdir. Tadqiqot davomida buzuvchi instrumentning shakli va o'lcham parametrlari, yuklamani qo'llash chastotasi va tezligi nazariy jihatdan asoslangan. Ushbu tadqiqot quyidagi muhim muammolarni hal etishga yo'naltirilgan bo'lib, tog' jinslarini buzish uchun yuqori samarali mashinalar yaratishga zamin hozirlaydi: a) buziladigan muhit xususiyatlari ta'sir energiyasining uzatish jarayoni ko'rsatkichlariga ta'sirini miqdoriy baholash va optimal parametrlarni tanlash; b) zarba mashinalarining ishchi organlari va ularning oqilona qo'llash sohasini tanlash; d) buzuvchi zarbaning samaradorligiga vaqt va dinamik takrorlanish ta'sirini baholash; e) zarbli buzish jarayoni nazariyasini ishlab chiqish asosida buzish jarayoni va mashinalarning individual parametrlarini optimallashtirish. Mazkur yondashuv tog' jinslarini buzishda yuqori samarador, ishonchli va energiya tejovchi mashinalar yaratishga asos bo'lib xizmat qiladi. Bunday mashinalar turli mustahkamlikka ega tog' jinslari bilan ishlash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: buzish, yuklama, blok tosh, instrument, mashina.

THEORETICAL STUDY OF HARD ROCK FRACTURING BY CONTROLLED IMPACT LOADING

Makhmudov Azamat¹, Makhmudov Sherzod Azamatovich²

¹Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Mining Electromechanics"

²Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of "Mining Electromechanics"

Navoi State University of Mining and Technologies

Kelib tushgan/Получено/
Received: 29.10.2024

Qabul qilingan/Принято/
Accepted: 23.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
14.12.2024

Abstract. The main purpose of the work is to address a technological problem of separating the stone blocks from a massif by controlling the effect of destructive forces, realized through an even distribution of loads and stresses inside the massif by means of a specially designed wedge-shaped tool, determining the shape and dimensional parameters of the destructive tool, as well as the frequency and speed of load application. This study is destined to solve problems, that ultimately enables designing of a machinery for rock destruction, viz: a) a quantitative assessment of the effects of properties of destructed medium on indicators of the impact energy transfer process, determining of optimal parameters of the working bodies of impact machines, as well as establishing the area of rational application; b) evaluating the repeatability of the effects of time and dynamics on the effectiveness of the crushing impact; c) optimizing of parameters of the process of rock destruction and structural characteristics of machines on the basis of the theory of impact destruction. This will form the basis for designing of highly effective, reliable and efficient machines as well as of those able to work effectively with rocks of different strengths.

Keywords: fracture, load, block stone, tool, machine.

Введение

Разрушение различных материалов происходит в основном при деформации сдвига (воздействия касательных напряжений τ) или в результате разрыва (воздействия нормальных напряжений $+\sigma$). У хрупких материалов сопротивление разрушению разрыва обычно меньше сопротивления разрушению сдвига, вследствие чего эти материалы чаще всего разрушаются от нормальных напряжений (Baron & Klyuchnikov, 1968; Grigorovich, 1976; Karkashadze, 2004).

Очевидно, что уменьшение энергоёмкости разрушения при производстве добычных работ на месторождениях блочного камня будет способствовать повышению сохранности приконтурного массива и блоков. Наименьшая энергоёмкость разрушения достигается при разрушении пород на разрыв (растяжение), так как модуль деформации (модуль Юнга) E , коэффициент Пуассона и прочность породы при растяжении намного меньше по значениям, чем при сжатии или изгибе. Экспериментально установлено, что модуль Юнга при растяжении в 1,1–1,3 раза меньше, чем при изгибе, и в свою очередь значение модуля Юнга на изгиб составляет 0,25–0,35 от значения модуля Юнга при сжатии (Kutuzov, 1973; Mindeli et al., 1978; Nikolaevskiy, 1981).

Рассмотрим механизм разрушения горных пород по контуру приложения ударных нагрузок через вставленные в шпур клинья. Под действием клина по мере его внедрения на массив передаётся растягивающее напряжение, под действием которого в полостях между шпурами создаются магистральные трещины. Иницирование трещин обеспечивается наконечником, который способствует ориентировке направления развития трещин и концентрации напряжений в области внедрения инденторов клина.

Необратимые процессы в породе (разрушение, деформация) зависят также от характера нагружения. Модуль Юнга при однократном нагружении в 1,2–1,5 раза меньше по значению, чем нормальный модуль, получаемый в результате исключения необратимых деформаций методом многократной нагрузки и разгрузки. В свою очередь это значение в 2,0–2,2 раза меньше значения динамического модуля E_g ,

величина которого вычисляется по скорости распространения упругих волн. Из этих позиций исходят при конструировании породоразрушающих рабочих органов и обосновании способов воздействия на массив (Liebowitz, 1976; Rakishev, 1998; Rodionov, 1974; Drukovanny et al., 1973).

Контурные способы отбойки основаны на явлении разрушения (откола) под воздействием растягивающих напряжений. Методу контурной отбойки характерно создание напряжённого состояния и разрыв межмолекулярных связей в плоскости предполагаемого откола. При этом направление растягивающих напряжений перпендикулярно плоскости отбойки, а разрушение породы происходит строго по намеченному контуру на всю высоту уступа. По теории упругости предполагается, что в случае хрупкого и квазихрупкого разрушения в теле развивается лишь одна наибольшая трещина (Drukovanny et al., 1973; Toshov et al., 2005; Protasov, 1995; Tangaev, 1986; Turaev et al., 2004).

Начальная концепция и подход

Процесс разрушения состоит из двух стадий – зарождения трещины и её распространения. При этом каждая стадия разрушения подчиняется своим законам. Среди критериев прочности есть критерии, описывающие как условия зарождения трещины, так и условия их распространения. В первом случае описываются фактические условия наступления опасного состояния в точке в рассматриваемый момент времени, определяемый классическими теориями прочности. Во втором – исходят из наличия в исследуемом теле трещин. При этом по достижении телом предельного состояния равновесия рост трещины может иметь характер устойчивого или неустойчивого развития. При устойчивом развитии трещины на малую величину площади (длины) трещины dl необходимо малая прилагаемая нагрузка dP :

$$\frac{dP}{dl} > 0; \frac{dK}{dl} < 0. \quad (1)$$

Критерии начала распространения трещин могут быть получены на основе энергетических отображений, основанных на исследованиях А.А.Гриффитса, а также силовым подходом, сформулированным Д.А.Ирвином, или же определена эквивалентность энергетических и силовых критериев развития (распространения) трещины:

$$\delta R = G \delta S, \quad (2)$$

где δR – величина энергии разрушения, необходимая для образования новой поверхности площадью δS ;

G – поток энергии в вершине трещины или интенсивность освобождающейся энергии.

При оценке сущности механизма разрушения материалов существует ряд концепций, основанных на знании физических и механических свойств тел. Молекулярные теории прочности рассматривают процесс разрушения твёрдых тел, как разрыв атомных или молекулярных сил сцепления вдоль какой-либо поверхности. Этот разрыв начинается в местах локализации микротрещин и других дефектов кристаллической структуры (Turaev et al., 2003; Cherepanov, 1987; Reznichenko & Ashikhmin, 1997; Makhmudov, 2023).

Кинетическая концепция предполагает, что молекулы на конце трещины находятся в граничной области. При приложении нагрузки за счёт концентрации напряжений

на концах трещины потенциальная энергия уменьшается и возрастает вероятность разрыва атомных связей. Скорость роста трещин в этой стадии является переменной и зависит от значений напряжений, охватывающих концы трещин.

В квантовой механике описание процесса разрушения осуществляется так называемой фононной концепцией разрушения. При разрушении материала, т.е. при движении трещины, области концентрации напряжений у вершин, а также других дефектов структуры представляет микрообласти с фононным спектром. Выделение энергии за счёт разрыва связей повышает коэффициент концентрации неравновесных фононов. При этом лишь в направлении роста трещины неравновесные фононы могут проходить легко. И так происходит перенапряжение структуры, похожее на резонатор, испускающий колебания с определёнными частотами в избранных направлениях.

В указанных концепциях главное внимание уделяется определению основных факторов и критериев движения трещин (Baron & Klyuchnikov, 1968; Mindeli et al., 1978; Protasov, 1995).

В исследованиях за основу принимаем концепцию Гриффитса, в которой принципиально утверждено, что существующая трещина будет распространяться, если полная потенциальная энергия системы при этом уменьшается. В этом случае предполагается, что в системе существует трещина длиной $2l$, а смещение в направлении, перпендикулярном плоскости разрыва равно нулю:

$$\frac{\partial}{\partial l} [W + \Pi - A_g] = 0; \quad (3)$$

$$W = \pi \frac{1-\nu}{E} P_H \cdot l^2 \chi; \quad (4)$$

$$P_H = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi(1-\nu^2)l'}} \quad (5)$$

где W – упругая потенциальная энергия, Дж;

A_g – работа внешних сил, равная $2W$;

Π – поверхностная потенциальная энергия трещины длиной $2l$, Дж;

P_H – предельно допустимое растягивающее усилие;

E – модуль Юнга;

ν – коэффициент Пуассона;

γ – удельная поверхностная энергия, приходящаяся на единицу длины, Дж/м².

Энергетическое условие Гриффитса:

$$G = \frac{\partial}{\partial l} (A_g - W). \quad (6)$$

Эта величина характеризует убывание потенциальной энергии тела с увеличением длины трещины и называется интенсивностью освобождения энергии. Частная производная от энергии по перемещению может рассматриваться как сила $\left(\frac{\partial W}{\partial l}\right)$, т.е. сила, движущая трещину.

Э. Орован рассматривал вопросы устойчивости и равновесия трещин с точки зрения интенсивности освобождения потенциальной энергии тела.

В работе Г.Р. Ирвина рассматривается вопрос развития трещин с напряжённым состоянием у вершины трещины и даётся вывод, что при силовом подходе достаточно исследовать напряжение в малой окрестности кончика трещины и установить

критические значения коэффициента интенсивности напряжений для хрупкого разрушения:

$$K = \sqrt{\frac{E\gamma}{\pi(1-\nu^2)}}. \quad (7)$$

Анализ результатов работ А.А. Гриффитса, Э. Орована и Г.Р. Ирвина показывает, что при разрушении тела упругая энергия расходуется на образование новой поверхности и пластической деформации в непосредственной близости от поверхности слоя трещин. Трещина получает возможность распространения в том случае, если интенсивность освобождающейся энергии достигает критической величины при условии:

$$G = G_k \cdots G_k^{\partial\Gamma/\partial S} = \text{const}, \quad (8)$$

или когда коэффициент интенсивности напряжений достигает критической величины:

$$K = K_c = \text{const}. \quad (9)$$

Подвергая критике уравнение энергетического баланса А. Гриффитса, И. Бикерман предложил новый критерий разрушения, основанный на уменьшении энергии деформации. При этом трещина распространяется, если уменьшение энергии деформации вокруг критической области больше, чем требуется для упругой деформации. Энергия в этом случае переходит в теплоту, а не в поверхностную энергию трещины. В расчётных формулах фигурирует удельная работа разрушения. И. Красс предлагает рассматривать разрушение как квантовое (прерывистое) явление. Разрыв атомной связи происходит в пределах поверхности (площади S) в небольшом интервале времени. Поскольку трещина не может распространяться со скоростью большей, чем скорость продольных упругих волн C_p , то энергия новой поверхности сосредотачивается в районе, граница, которого удалена от краёв трещины не более чем на расстояние:

$$K = K_c = \text{const}. \quad (10)$$

При этом трещина образуется в том случае, если:

$$W_g \geq 2S\gamma, \quad (11)$$

где W_g – энергия упругих деформаций единицы объёма.

Все вышеприведённые концепции описывают только развитие трещины, без учёта масштабного фактора, характера и места приложения нагрузки. При ударном и взрывном разрушении приходится рассматривать системы хрупких трещин длиной $2l$. Исследованиям этих вопросов посвящены работы многих авторов: Н.Ф. Мата, А. Уэлса, Д. Песта, Д. Роберта, В.М. Кузнецова, А.П. Колмогорова, Н.К. Разумовского, Б.Н. Кутузова, М.Ф. Друкованного и ряда других. При этом в некоторых работах определяется скорость движения трещин и её увеличение, она определяется из следующей зависимости (Kutuzov, 1973; Liebowitz, 1976; Rakishev, 1998):

$$v = 0,38C_p. \quad (12)$$

Теоретическая прочность по А. Кеттрелу определяется из выражения:

$$\sigma_{\tau} \approx 0,1E, \quad (13)$$

а реальная прочность по Граффитсу:

$$\sigma_{\rho} \approx \sqrt{\frac{E\gamma}{l}}. \quad (14)$$

Поверхностная энергия равна работе разрыва межмолекулярных связей:

$$\gamma = \frac{1}{2} r \cdot \sigma_{\tau}, \quad (15)$$

где r – межатомное расстояние, равное $r = 10^{-3}$ см.

При этом зависимость для определения расстояния длины трещины имеет вид:

$$l = 5r \left(\frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{\rho}} \right). \quad (16)$$

Материалы и методы

Механизм и энергоёмкость разрушения горных пород зависят от способа приложения нагрузки, конструкции рабочего органа и принципа его действия. Исследованию этого вопроса посвящены работы ряда авторов: Л.А. Шрейнера, Р.М. Эйгелеса, Н.Н. Павловой, А.И. Спивака, А.Н. Попова, Л.И. Барона, Б.А. Жлобинского и других. Они, рассматривая вопросы напряжённо-деформированного состояния пород при вдавливании образца штампами с цилиндрическим плоским основанием сферы и наконечника, определили степень воздействия нагрузок и характер распределения напряжений под штампами. Зоны разрушения горных пород при статическом, динамическом и импульсном способах приложения нагрузки аналогичны и различаются только энергоёмкостью и параметрами разрушения (Baron & Klyuchnikov, 1968; Rodionov, 1974; Drukovanly et al., 1973; Protasov, 1995).

Предположим, что при буроотрывном способе добычи блочного камня тело нагружено равномерно распределённой растягивающей нагрузкой P . В теле имеется трещина длиной l и шириной δ . Для облегчения задачи считаем, что напряжение σ равно нагрузке P . Около трещины напряжение концентрируется, вследствие чего увеличивается энергия деформации (рис. 1).

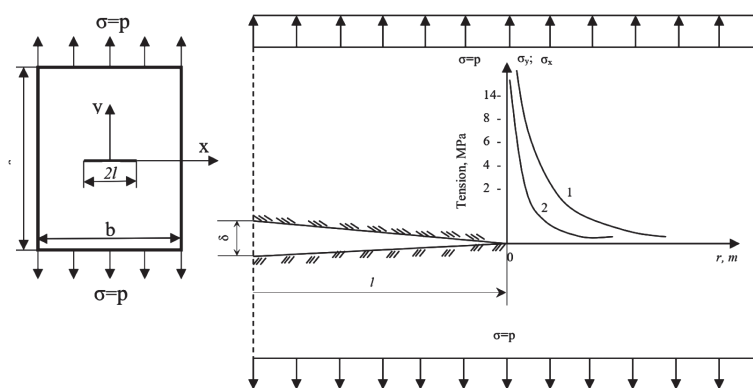


Рисунок 1. Схема нагружения тела и растягивающих напряжений в вершине трещины вдоль радиуса вектора 0–r, 1– $\sigma_y(r)$, 2 $\sigma_x(r)$

При разрушении ширина остаётся постоянной, а её длина увеличивается. Важную роль при разрыве связей играет коэффициент концентрации напряжения в вершине острой трещины, который вычисляется в безразмерном виде по формуле теории прочности и характеризует относительное превышение напряжения в вершине трещины по сравнению с внешней нагрузкой:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_p}{P} = \frac{4}{1-m} = \sqrt{\frac{2l}{r}}, \quad (17)$$

где K_{σ} – безразмерный коэффициент концентрации напряжений;

m – безразмерный геометрический параметр, определяемый формой трещины, равный $m = (l - \delta)/(l + \delta)$;

r – радиус вершины трещины, м.

Для невидимой глазом трещины $r = 10^{-9}$ м, длиной $2l = 2 \cdot 10^{-5}$ м, величина геометрического параметра $m = 0,753$, коэффициент концентрации напряжений для концентрических острых трещин составляет $K_{\sigma} = 15,8$ м; для видимой трещины длиной $2l = 2 \cdot 10^{-3}$ м коэффициент концентрации напряжений имеет значение, $K_{\sigma} = 1426$. По мере роста трещины коэффициент концентрации напряжений непрерывно возрастает, поэтому в хрупком теле трещины продвигаются на значительные расстояния, вплоть до полного разделения тела на две части.

В поставленной задаче очень важно контролировать процесс роста трещины для отделения блоков камня по намеченному контуру. При управлении развитием трещины клиновидным рабочим инструментом предусматривается внедрение клина на глубину $h = l = 50$ мм, ширина создаваемой щели $\delta = 10$ мм, рассчитанный по формуле безразмерный геометрический параметр составляет $m = 0,667$, а коэффициент концентрации напряжений достигает значения $K_{\sigma} = 12$.

Прирост энергии расходуется на разрыв связей по поверхности развития трещины – на образование новой плоскости. Для определения основных параметров роста трещины воспользуемся законом сохранения энергии для нагруженного тела с трещиной:

$$U = U_0 + U_1 - \Pi - K = \sigma^2 V/E + \pi \sigma^2 l^2 \delta/E - 2\gamma l \delta - V\rho v^2/2, \quad (18)$$

где U – энергия на образование единицы площади новой поверхности;

$U_0 = \sigma^2 V/E$ – потенциальная энергия деформации;

$U_1 = \pi \sigma^2 l^2 \delta/E$ – энергия упругой деформации;

$\Pi = 2\gamma l \delta$ – потенциальная энергия на образование новой поверхности;

$K = V\rho v^2/2$ – кинетическая энергия перемещения массы m при распространении трещины;

$\gamma = \pi \sigma^2 l/E$ – удельная поверхностная энергия или энергозатраты, отнесённые к эффективной площади разрушения, Дж/м²;

V – объём твёрдого тела, вовлекаемый в движение при росте трещины, м³;

ρ – плотность твёрдого тела, т/м³.

При решении технологической задачи отделения блоков камня от массива управление действием разрушающих усилий осуществляется при помощи равномерного распределения нагрузок и напряжений в массиве специальной конструкцией клиновидного инструмента, его формы и размеров, а также частоты и скорости приложения нагрузок.

Ниже рассмотрим распределение нормальных (σ) и касательных напряжений (τ) в плоскости отрыва в плане и глубине (рис. 2).

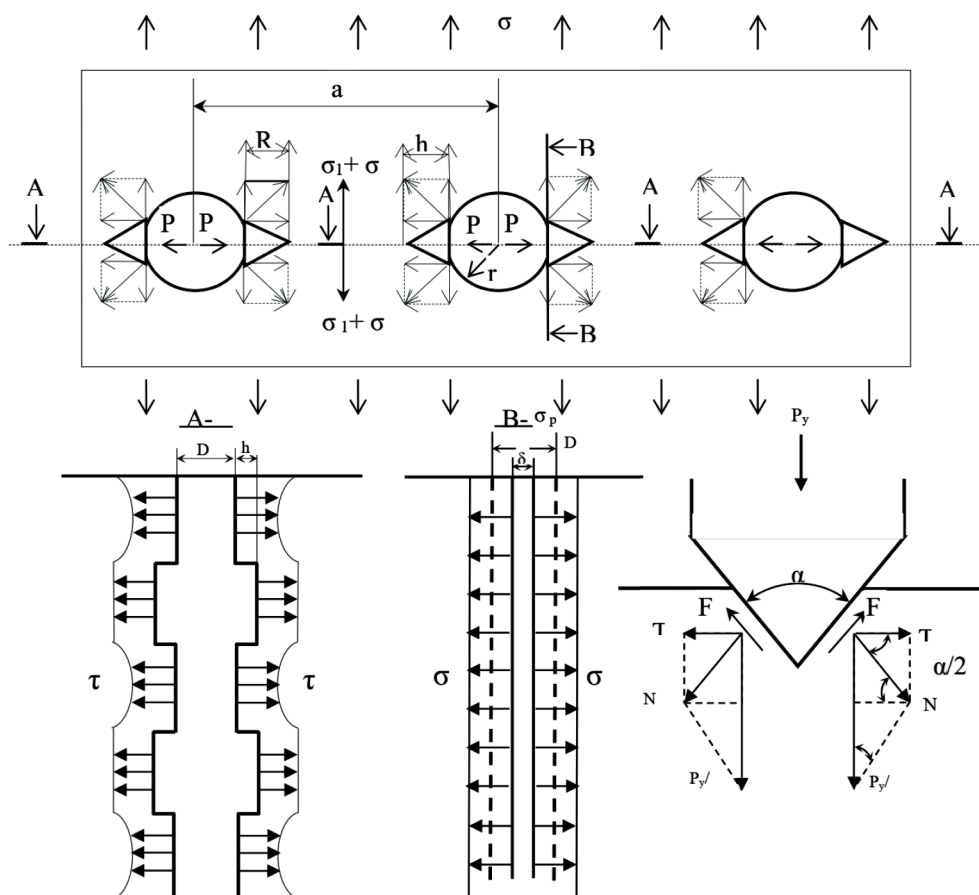


Рисунок 2. Схема распределения усилий и напряжений под воздействием клиновидного инструмента

Вопрос равновесия трещины в трёхмерном пространстве представляется трудной математической задачей, особенно определение величины растягивающего напряжения, действующего перпендикулярно плоскости, в которой расположена трещина. Поэтому в практических решениях успешно применяются двухмерные и даже одномерные задачи (Tangaev, 1986; Cherepanov, 1987; Reznichenko & Ashikhmin, 1997; Makhmudov, 2023).

Когда трещина распространяется под действием растягивающих напряжений, поверхности трещины отрываются одна от другой с силами, перпендикулярными плоскости трещины, разрушение происходит при минимальных энергетических затратах. Компоненты напряжений и деформации вблизи трещины определяются по формулам:

$$\begin{cases} \sigma_x = K_u / \sqrt{2\pi r} \cos(\theta/2) [l - \sin(\theta/2) \sin(3\theta/2)] \\ \tau_{xy} = K_u / \sqrt{2\pi r} \cos(\theta/2) \sin(\theta/2) \cos(3\theta/2) \\ \sigma_y = K_u / \sqrt{2\pi r} \cos(\theta/2) [l + \sin(\theta/2) \sin(3\theta/2)] \end{cases}, \quad (19)$$

где K_u – коэффициент интенсивности напряжений для трещины нормального отрыва;

r и θ – удалённость от вершины трещины и угол поворота относительно оси Ox в полярной системе координат;

l – длина трещин, м.

При этом вдоль оси ОХ имеем:

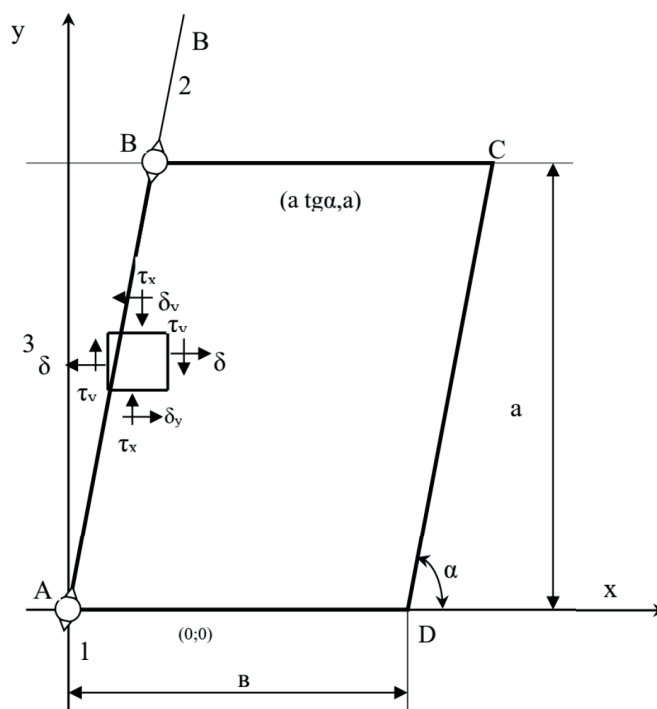
$$\begin{aligned} y &= 0, x > 0, (\theta = 0) \\ \sigma_x &= \sigma_y = K_u / \sqrt{2\pi r}. \end{aligned} \quad (20)$$

Смещения берегов трещины определяются по формуле:

$$u_x = K_u / 2G \sqrt{\frac{r}{2\pi}} [(3-4\nu)-1], \quad (21)$$

где u_x – смещение берегов трещины по оси ОХ.

Эффективность отделения блоков камня зависит от расположения источников в массиве, их конфигурации, вида нагрузки на контуре скважины. Эти факторы определяют параметры волн напряжения и их разрушающее действие. При разрушении между шпуровых полостей рассмотрим задачу развития трещины при ударе клиновидными инструментами, направленными противоположно от двух источников (рис. 3).



1 и 2 – соответственно первый и второй источники;
3 – напряжения в прямоугольной системе координат.

Рисунок 3. Компоненты напряжений от двух источников в виде клина, находящихся в одном ряду

Координата первого источника расположена в точке (0; 0), а второго – в точке (a·ctg α; a). Суперпозиция напряжений в произвольной точке (x; y) от двух действительных источников определяется в виде алгебраической суммы по каждому направлению системы координат:

$$\begin{cases} \sigma_x = (\sigma_{x1} + \sigma_{x2}) \\ \sigma_y = (\sigma_{y1} + \sigma_{y2}) \\ \tau_{xy} = (\tau_{xy1} + \tau_{xy2}) \\ \tau = \sigma \tan \rho + k \end{cases} \quad (22)$$

где ρ – угол внутреннего трения;

k – коэффициент сцепления.

Для того чтобы осуществить суммирование напряжений от двух источников, определяется тензор напряжений, который имеет в прямоугольной системе координат следующий вид:

$$T = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & 0 \\ \tau_{xy} & \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_z \end{vmatrix}. \quad (23)$$

В практических задачах горного производства для упрощения решения задачи используется коэффициент интенсивности напряжений, который заменяет тензор напряжений.

Коэффициент интенсивности напряжений для трещины нормального отрыва при постоянной внешней растягивающей нагрузке составляет:

$$K_u = \sigma \sqrt{\pi l}. \quad (24)$$

Анализ коэффициента интенсивности напряжений определяет напряжённо-деформированное состояние и смещения вблизи вершины трещины независимо от схемы нагружения, формы и размеров тела и трещины, так как K_u учитывает длину трещины l и распределение внешней нагрузки p и заменяет компонент тензора напряжений.

При разрушении хрупких материалов (горной породы) трещина распространяется, когда коэффициент интенсивности напряжений достигает критического значения или интенсивность выделения упругой энергии достигает критического значения (критерий Ирвина):

$$K_u = K_c \text{ или } G_0 = G_c, \quad (25)$$

где K_c – вязкость разрушения, $\text{Н/м}^{3/2}$;

G_c – энергия, затрачиваемая на образование двух единиц площади новой поверхности (трещиностойкость).

Удельная поверхностная энергия разрушения связана с коэффициентом интенсивности напряжения функциональной зависимостью:

$$\gamma = \frac{K_{II}^2}{2E} (1 - \nu^2). \quad (26)$$

Для решения поставленной задачи отделения блоков камня по контуру с приложением управляемых усилий клиновидных инструментов, при известных значениях основных прочностных параметров горных пород, т.е. модуля Юнга (E), предела прочности при растяжении (σ_p) и коэффициента Пуассона (ν), коэффициент интенсивности напряжений (K_u) и удельная поверхностная энергия разрушения (γ) определяется расчётным путём.

Теоретическими расчётами установлены следующие значения прочностных параметров горных пород при разрушении. При этом значение коэффициента интенсивности напряжений установлено для мрамора – $0,65 \div 1,26 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^{3/2}$, для гранита – $1,99 \div 2,39 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^{3/2}$; значение удельной поверхностной энергии для мрамора – $14,6 \div 58,6 \text{ Дж/м}^2$; для гранита – $89 \div 157,3 \text{ Дж/м}^2$. Для проверочного оценочного

расчёта предельной нагрузки воспользуемся формулой определения коэффициента интенсивности напряжений при отрыве (2,33). При коэффициенте интенсивности напряжений для мрамора $K_u = 0,65 \div 1,26 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^{3/2}$ и полудлине трещины $l = 0,05 \text{ м}$ предельная нагрузка разрушения составляет $P = 2,44 \div 4,74 \text{ МПа}$, а для гранита при коэффициенте интенсивности напряжений $K_u = 1,99 \div 2,39 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^{3/2}$ предельная нагрузка составляет $P = 7,5 \div 9 \text{ МПа}$.

При хрупком разрушении тел клиновидными инструментами встречного действия можно рассматривать работу разрыва силы связи частей твёрдого тела со следующих позиций:

$$A = \gamma \cdot S = \frac{\sigma^2 L}{E} = \sigma S \delta, \quad (27)$$

где $L = V/S = l$;

K_σ – «параметр раскола», т.е. произведение длины критической трещины на коэффициент концентрации напряжений.

Часть этой энергии расходуется на разрыв связей новой поверхности основной трещины и её разветвление, а часть – идёт на тепловые потери. Поэтому установление оптимальных значений критической длины трещины играет важную роль при решении технологических задач.

При разработке месторождений разрушением между шпуровых целиков созданием искусственно ориентированных трещин в массиве клиновидным инструментом радиального действия в шпурах длина создаваемой трещины предопределяет основной технологический параметр расстояния между шпурами. Длина трещины (расстояние между шпурами), создаваемой под действием рабочего органа ударного действия от двух шпуров, зависит от упругого модуля разрушаемого материала (E), коэффициента Пуассона (ν), радиуса шпура (R), величины напряжений устойчивого развития трещин развиваемого на щеках клина внутри шпура (P), эффективной удельной поверхностной энергии разрушения горной породы (γ) и может быть определена по формуле:

$$l_{k.тр} = 2 \sqrt[3]{\frac{\pi(R+h)^2 P^2 (1-\nu)}{4\gamma E}}, \quad (28)$$

где h – длина первоначальной трещины, создаваемой при ударе клином, м.

Главный технологический параметр отделения камня по контуру – расстояние между шпурами – определяется по формуле:

$$a = 2l_{k.тр} = 4 \sqrt[3]{\frac{\pi(R+h)^2 P^2 (1-\nu)}{4\gamma E}}. \quad (29)$$

При помощи расчётов установлено расстояние между шпурами при разработке мрамора, оно составляет: $a = (12 \div 24) \cdot R$, а для гранита $a = (8 \div 16) \cdot R$.

Анализ результатов исследования

Определено, что хрупкое и квазихрупкое разрушение присуще контурным способам отделения монолитов от массива. Однако аналитическое их описание не поддаётся единому математическому обоснованию. При увеличении нагрузки процесс разрушения происходит скачкообразно и энергоёмкость разрушения от скачка к скачку уменьшается, а объём разрушенной части породы увеличивается. Основная роль в изучении характера разрушения горных пород отводится экспериментальным исследованиям.

Из вышесказанного можно заключить, что процесс разрушения горных пород при контурных методах отбойки определяется совокупностью факторов, среди которых особое значение имеют: способ приложения нагрузки, геометрические и конструктивные параметры рабочих органов, а также прочностные и структурные характеристики горных пород, формирующих массивы месторождений полезных ископаемых. Эти параметры взаимосвязаны и в значительной степени влияют на эффективность технологии отбойки, качество получаемого материала, стабильность массивов и затраты на проведение горных работ.

Необходимым условием в направлении снижения энергоёмкости массива является выбор оптимального направления фронта работ, который определяется с учётом ряда ключевых факторов. Среди них выделяются направление основных систем трещин, степень анизотропности горных пород, а также их спайность, оказывающая существенное влияние на устойчивость массива. Такой подход позволяет не только минимизировать затраты энергии на разрушение массива, но и повысить эффективность добычи, улучшить условия работы оборудования и сократить воздействие на окружающую среду. Развитие трещин в плоскости отбойки зависит от напряжённо-деформированного состояния моноблоков, создаваемого рабочим органом. Рабочий орган должен способствовать созданию растягивающих нормальных напряжений в плоскости отбойки и на всю высоту моноблока (уступа).

Характер приложения нагрузки и его количественное значение должно исходить из характера хрупкого разрушения – скачкообразности процесса. Нарушённость пород оценивается степенью воздействия и характером распределения (разветвления) главных трещин при статическом, динамическом, статико-динамическом и импульсивном приложении нагрузок.

Перспективным является направление разработки машин и механизмов, принцип действия которых основан на применении статико-динамических методов воздействия на массив горных пород. Такой подход позволяет более эффективно разрушать породы за счёт оптимального сочетания статических усилий и динамических импульсов, что в свою очередь способствует снижению энергоёмкости процессов, повышению производительности и уменьшению износа рабочих органов. Кроме того, использование статико-динамических методов открывает новые возможности для работы с массивами различных прочностных характеристик, улучшая безопасность и экологичность горных работ.

Выводы

Основной технологический параметр – расстояние между шпурами (a) (т.е. местами приложения ударной нагрузки) – при известных значениях силы удара ($P_{уд}$) определяется в зависимости от характеристики массива, прочностных свойств породы, структурного строения и управления разрушающими действиями инструмента на основе развития трещины, концентрации и интенсивности напряжения в его вершине.

Эффективность при решении технологической задачи отделения блоков камня от массива управлением действием разрушающих усилий зависит от равномерного распределения нагрузок и напряжений в массиве специальной конструкцией клиновидного инструмента, его формой и размерами, а также скоростью приложения нагрузок. Оптимальная длина трещины (расстояние между шпурами), создаваемая под действием рабочего органа ударного действия от двух шпуров, зависит от модуля упругости разрушаемого материала (E), коэффициента Пуассона (ν), радиуса шпура (R), величины напряжений устойчивого развития трещин развиваемого на щеках клина внутри шпура (P), эффективной удельной поверхностной энергии разрушения горной породы (γ).

REFERENCES

1. Baron, L. I., & Klyuchnikov, A. V. (1968). *Contour blasting during sinking of mine workings*. (In Russian). Leningrad: Nauka Publ.
2. Cherepanov, G. P. (1987). *Mechanics of rock destruction in the process of drilling*. (In Russian). Moscow: Nedra Publ.
3. Drukovanny, M. F., Komir, V. M., & Kuznetsov, V. M. (1973). *Explosion action in rocks* (pp. 14-19). (In Russian). Kiev: Naukova Dumka Publ.
4. Grigorovich, M. B. (1976). *Estimation of deposits of facing stone in prospecting and exploration*. (In Russian). Moscow: Nedra Publ.
5. Karkashadze, G. G. (2004). *Mechanical destruction of rocks*. (In Russian). Moscow: MSMU Publ.
6. Kutuzov, B. N. (1973). *Explosive and mechanical destruction of rocks*. (In Russian). Moscow.
7. Liebowitz, G. (Ed.). (1976). *Destruction*. (In Russian). In: *Fracture of Nonmetals and Composite Materials* (vol. 7). Inorganic materials (glass, rocks, composites, ceramics, ice) (iss.1, pp. 60-128). Moscow: Mir Publ.
8. Makhmudov, A. (2023). Methods of determining the main factors affecting the efficiency of stone block extraction technology by impact machines. (In Russian). *Science and Innovative Development*, 5, 14-22.
9. Mindeli, E. O., Kusov, N. F., Korneev, A. A., & Martsenkevich, G. I. (1978). *Investigation of stress waves during explosion in rocks*. (In Russian). Moscow: Nauka Publ.
10. Nikolaevskiy, V. N. (1981). Dynamic Strength and Fracture Rate. (In Russian). In: *Impact, Explosion and Destruction. Ser. Mechanics. New in Foreign Science* (pp. 81-87). Moscow: Mir Publ.
11. Protasov, Yu. I. (1995). *Destruction of rocks*. (In Russian). Moscow: MSMU Publ.
12. Rakishev, B. R. (1998). *Energy intensity of mechanical destruction of rocks*. (In Russian). Almaty: Baspager Publ.
13. Reznichenko, S. S., & Ashikhmin, A. A. (1997). Mathematical methods and modeling in mining industry. (In Russian). Moscow: MSMU Publ.
14. Rodionov, V. N. (1974). About some qualitative relations of parameters of explosion action in solid medium. (In Russian). *Explosive Business*, 73 (30), 66-75. Moscow.
15. Tangaev, I. A. (1986). *Energy intensity of processes of mining and processing of minerals*. (In Russian). Moscow: Nedra Publ.
16. Toshov, J. B., Mahmudov, A. M. et al. (2005). Determination of specific load on the cutting edge. (In Russian). *Mechanics Problems*, 3, 98-100. Tashkent.
17. Turaev, A. S., Makhmudov, A. M., & Tukhtashev, B. T. (2004). Study of radiuses of zones of massif weakening depending on the diameter of borehole explosive charges. (In Russian). *Mining Bulletin of Uzbekistan*, 4, 57-59. Navoi.
18. Turaev, A. S., Raimzhanov, B. R., Norov, Y. D., Murodov, M. M., & Makhmudov, A. M. (2003). Methodology of weakening the strength of rocks under repeated dynamic loads. (In Russian). *Mining Bulletin of Uzbekistan*, 2, 48-49. Navoi.

UDC: 621.3.076(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/juzano>

ELEKTR ENERGIYASI YUKLAMA KO'RSATKICHLARINI O'ZGARTIRISH BO'YICHA MAVJUD USULLAR TAHLILI

Kadirov Kamoliddin Shuxratovich¹, To'xtashev Alisher Akmaljon o'g'li²

¹texnika fanlari doktori (DSc),
"Energiya samaradorligi va
energiya tejash tizimlari"
laboratoriyasi mudiri

²Energetika fakulteti
doktoranti
e-mail: toxtashev.3321@
gmail.ru

¹O'zbekiston Respublikasi
Fanlar akademiyasi
Energetika muammolari
institutini

²Farg'ona politexnika instituti

Annotatsiya. Elektr energiyasiga talabning ortib borishi va iste'molchilarni uzluksiz hamda sifatli elektr energiyasi bilan ta'minlash har qanday energiya tizimining bugungi kundagi asosiy vazifasi hisoblanadi. Shuningdek, energetika tizimida iste'mol talabining keskin ortib borishi tizimda yetishmovchilik muammolari, tig'iz davrlarda maksimal yuklamaning ortishiga olib kelmoqda. Energetika tizimida sanoat korxonalari elektr energiyasi iste'molidagi eng yuqori tarmoq hisoblanadi. Shu sababli energetika tizimi barqarorligini ta'minlashga sanoat korxonalari yuklamalarini rostdash orqali erishish mumkin. Ushbu maqolada sanoat korxonalarida yuklamalarni rostdashning iste'mol talabini boshqarish, quvvat koeffitsiyentini rostdash, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, energiya saqlash qurilmalarini qo'llash, tarmoq cheklovlarini joriy etish hamda tariflashni joriy etish usullari tahlili keltirilgan. Shuningdek, foydalanilayotgan usullarning elektr tarmog'i turg'unligi, har birining o'ziga xos ijobiy va salbiy tomonlari tahlil qilinib, tig'iz davrlarda kunning boshqa vaqtiga nisbatan elektr energiyasiga to'lov miqdorining o'zgarishi, tizim ishonchliligini ta'minlash va korxona energiya samaradorligiga ta'siri tahlillari ko'rib chiqilgan. Olib borilgan izlanishlar natijasidan kelib chiqib, iste'molchilarni qayta tiklanuvchi energiya manbalarini akkumulyatsiya qilish va undan tig'iz davrlarda foydalanishni rag'batlantiruvchi tarif tizimini ishlab chiqish ilgari surilgan.

Kalit so'zlar: sanoat korxonasi, iste'mol talabi, elektr energiyasi, yuklama, tig'iz davr, tarif, iste'molchilar, yuklamani boshqarish, ishonchlilik, samaradorlik, korxona ish rejimlari.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Кадилов Камолитдин Шухратович¹, Тухташев Алишер Акмалжон угли²

¹доктор технических
наук (DSc), заведующий
лабораторией
энергоэффективности и
энергосберегающих систем

²докторант факультета
энергетики

¹Институт проблем
энергетики Академии наук
Республики Узбекистан

²Ферганский
политехнический институт

Аннотация. Растущий спрос на электроэнергию и обеспечение потребителей бесперебойной и качественной электроэнергией являются сегодня основной задачей любой энергосистемы. Также резкий рост потребительского спроса в энергосистеме приводит к проблемам дефицита, увеличению максимальной нагрузки в периоды перегрузки системы. Промышленные предприятия являются отраслью с самым высоким потреблением электроэнергии во всей энергосистеме. Поэтому обеспечение устойчивости энергосистемы может быть достигнуто путём корректировки нагрузок промышленных предприятий. В данной статье представлен анализ методов регулирования нагрузок на промышленных предприятиях: управления потребительским спросом, регулирования коэффициента мощности, использования возобновляемых источников энергии, применения энергосберегающих устройств, введения сетевых ограничений и тарификации. Также были проанализированы устойчивость электрической сети при применяемых методах, специфические плюсы и минусы каждого из них, изменение размера платы за электроэнергию в периоды перегрузок по сравнению с другим временем суток, обеспечение надёжности системы и влияние на энергоэффективность предприятия. Исходя из результатов проведённого исследования, было выдвинуто предложение по разработке тарифной

системы, стимулирующей потребителей к аккумулированию энергии из возобновляемых источников и её использованию в периоды перегрузок.

Ключевые слова: промышленное предприятие, потребительский спрос, электроэнергия, нагрузка, период перегрузки, тариф, потребители, управление нагрузкой, надёжность, эффективность, режимы работы предприятия.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR CHANGING ELECTRIC LOAD INDICATORS

Kadirov Kamoliddin Shukhratovich¹, Tukhtashev Alisher Akmaljon ugli²

¹Doctor of Technical Sciences (DSc), Head of Laboratory of Energy Efficiency and Energy Saving Systems

²Doctoral Student of the Faculty of Power Engineering

¹Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

²Fergana Polytechnic Institute

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 19.09.2024

Qabul qiligan/ Принято/
Accepted: 20.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/ Published:
14.12.2024

Abstract. Growing demand for and supply of continuous and high-quality electricity to consumers are regarded as the main task of any energy system nowadays. Moreover, sharp rise in consumption demand causes shortages in the energy system and raises the maximum load in peak periods. Industrial enterprises are considered as a branch with the highest power consumption level in the entire energy system. Therefore, sustainable energy system can be achieved by adjusting the loads of industrial enterprises. This article discusses analyses of the methods designed for managing consumer demand, adjusting of loads in industrial enterprises, adjusting the power factor, using renewable energy sources, applying the energy storage devices, introducing network restrictions, and introducing tariffs. Sustainability of the electricity network with the applied methods, as well as specific advantages and disadvantages of each of them as well as the change in the amounts of payment for electricity during peak periods compared to other times of the day and ensuring of the system reliability and the impact power efficiency of companies, have been reviewed. Based on the research findings, the development of a tariff system that will encourage consumers to accumulate renewable energy sources and use them in peak periods has been suggested.

Keywords: industrial enterprise, consumer demand, electricity, load, peak period, tariff, consumers, load management, reliability, efficiency, enterprise operating modes.

Kirish

Soʻnggi davrda elektr energiyasi ishlab chiqarishda birlamchi yoqilgʻilardan foydalanish taxminan 80 %ni tashkil etadi (Chen & Jiang, 2024). Bu esa, oʻz navbatida, havoning ifloslanishi va global isishni keltirib chiqaradi. Hozirgi vaqtda ushbu muammoni hal qilish uchun qayta tiklanadigan energiya manbalaridan (quyosh, shamol, suv oqimi, biomassa va boshqalar) foydalanilmoqda. Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish CO₂ emissiyasini sezilarli darajada kamaytiradi (Jamshidi & Askarzadeh, 2019). Biroq hozirgi vaqtda respublikaning mavjud ishlab chiqarish quvvati 12,9 GVtni tashkil etadi, shundan:

IES – 11 ming MVt yoki 84,7 %;

GES – 1,85 ming MVt yoki 14,3 %;

blok stansiyalari va izolyatsiyalangan stansiyalar –133 MVt dan ortiq yoki 1 %ni tashkil etadi.

Shu bilan birga, mavjud tartibga solish quvvatlarining yetarli emasligi IES energobloklarining kunlik qoʻshimcha qayta ishga tushirilishi, mos ravishda, ortiqcha yoqilgʻi sarflash va texnologik uskunalarning qoʻshimcha eskirishiga olib keladi. Elektr energetika obyektlarining past darajada avtomatlashtirilganligi va raqamlashtirilganligi texnologik buzilishlarning oldini olish hamda tezda bartaraf etishga salbiy taʼsir koʻrsatishi asosiy muammolardan biri sifatida qaralmoqda (Jamshidi & Askarzadeh, 2019). Qolaversa, isteʼmol talabining ham keskin ortib borishi tizimda yetishmovchilik muammolarini keltirib chiqarmoqda. 2020–2030-yillarda Oʻzbekiston Respublikasida elektr energiyasiga talabning

o'sib borishini raqobatbardosh narxlarda qondirish maqsadida energiya samaradorligini oshirish bilan birga energiya sarfini kamaytirish, shu jumladan, iste'molchilar tomonidan elektr energiyasidan oqilona foydalanishni rag'batlantirish bo'yicha iqtisodiy mexanizmlarni joriy etish hamda ulgurji bozorga o'tish va elektr energetikasida tarif siyosatini takomillashtirish kabi ustuvor vazifalar belgilangan (Jamshidi & Askarzadeh, 2019).

Shunga qaramay, elektr energiyasi iste'moli bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilgan bo'lib, bu sohada uy xo'jaliklari va iqtisodiy sektorlar iste'molini o'rganishga qaratilgan ko'plab yondashuvlar mavjud. Masalan, Jingli Fan o'z tadqiqotlarida ob-havo sharoitlarining elektr energiyasi iste'moliga ta'sirini o'rgangan va sanoat korxonalarini hamda uy xo'jaliklarining issiq va sovuq mavsumdagi iste'mol xususiyatlarini tahlil qilgan (Fan et al., 2014).

Bistline, Christofer Roney, Wenz hamda boshqa ko'plab tadqiqotchilar izlanishlari shuni ko'rsatadiki, iqlim o'zgarishi, elektrlashtirish va elektr transport vositalaridan foydalanishning ko'payishi tufayli elektr energiyasi yuklarining o'zgarishi eng yuqori yuklama davrlarning intensivligi va chastotasini sezilarli darajada oshiradi, bu esa elektr tarmog'ini o'ta yuklanishga olib keladi va elektr tarmog'ida elektr energiya sifat ko'rsatkichlari buzilishi hamda tarmoqqa cheklovlar kiritishni talab etadi (Bistline et al., 2021; Wenz et al., 2017).

Bugungi kunda ushbu muammolarni bartaraf etishda Mahmud va Hossain qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni ilgari surgan bo'lsa, Bakul hamda Blerm optimal rejalashtirish hamda noaniq mantiqqa asoslangan boshqaruv strategiyalarini ilgari surgan (Mahmud et al., 2019; Kandpal & Verma, 2022; Qela & Mouftah, 2014). Mamlakatimiz olimlaridan Muratov, Kadirovlar tomonidan turli iste'mol tariflarining ishlab chiqilishi natijasida tig'iz davrlar kamaytirilgan (Isakov et al., 2023). Biroq yuqoridagi usullarning turli ish sharoitlariga moslashuvchan emasligi hamda bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining integratsiyalashuvi natijasida tarmoqda yuzaga keladigan tebranishlarni bartaraf etish yetarlicha o'rganilmagan. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari integratsiyalashuvining 40 %dan ortib borishi tig'iz davrlarda tarmoqda avariyalar xavfining oshishi va buni bartaraf etishda mamlakatning yirik elektr iste'molchi sektori, ya'ni sanoat korxonalarida elektr energiya yuklama ko'rsatkichlarini o'zgartirishning usullari va ularning samaradorligi tahlili keltirilgan.

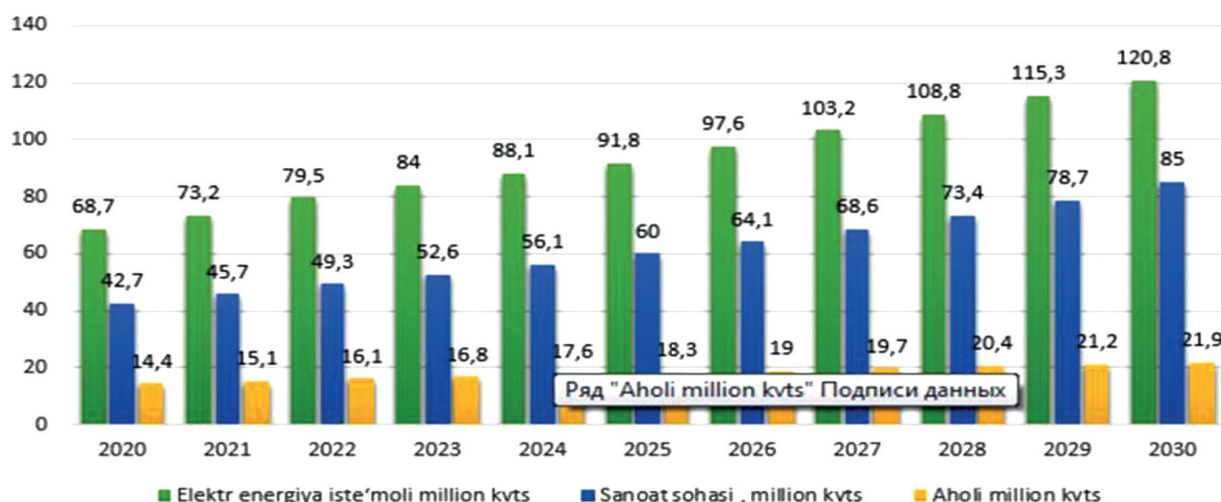
Material va metodlar

Ushbu tadqiqotda O'zbekistonning elektr energiyasi iste'moliga e'tibor qaratilgan holda, sanoat sharoitida energiya iste'moli va samaradorlikni oshirish o'rganilgan. Metodologiya energiyadan foydalanish to'g'risidagi ma'lumotlarni to'plash va sanoat korxonalarida yuklamalarni boshqarish usullarini tahlil qilishni o'z ichiga oladi.

Tadqiqot ishida sanoat korxonalarida yuklamalarni boshqarishning iste'mol talabini boshqarish, quvvat koeffitsiyentini rostdlash, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, energiya saqlash qurilmalari, tarmoq cheklovlari va tarflashni tatbiq hamda tahlil qilish metodikalari qo'llangan.

Tadqiqot natijalari

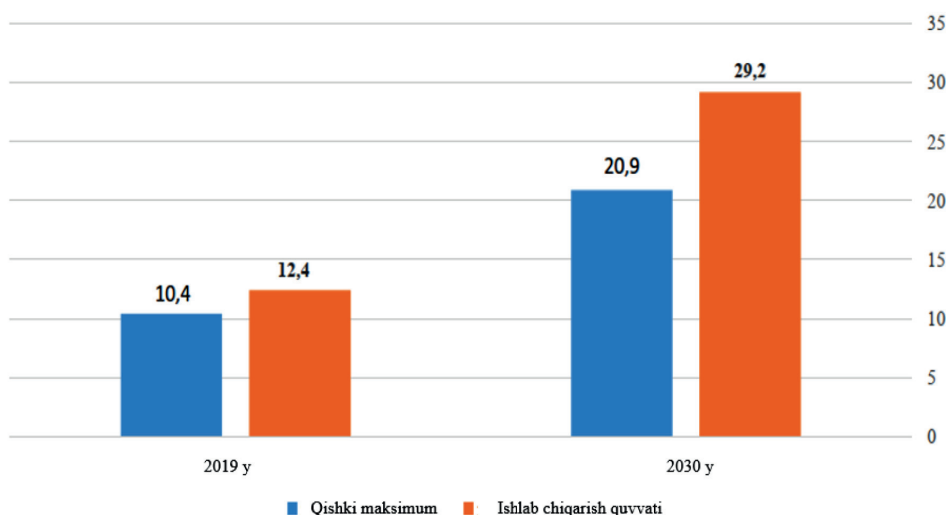
2019-yilgi statistik ma'lumotlarga ko'ra, hozirda jahondagi elektr energiyasi iste'molining asosiy qismi sanoat, maishiy-xizmat ko'rsatish, transport hamda turar joy binolari sektorlariga to'g'ri kelmoqda. 2030-yilga kelib, respublika iste'moli 120,8 mlrd kVt·s (2018-yilga nisbatan 1,9 baravar ko'p) bo'lishi prognoz qilinmoqda. Shu bilan birga, aholining elektr energiyasiga talabi – 21,9 mlrd kVt·s (2018-yilga nisbatan 1,8 baravar ko'p), iqtisodiy sektorning elektr energiyasiga talabi – 85,0 mlrd kVt·s (2018-yilga nisbatan 2,2 baravar ko'p) bo'lishi kutilmoqda. 1-rasmda elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste'mol dinamikasi keltirilgan.



1-rasm. 2030-yilgacha elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste'mol qilishning prognoz dinamikasi, mlrd kVt-s*

* Chen & Jiang (2024).

Umumiy ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining 53,5%i sanoat korxonalari tomonidan sarf qilinmoqda (Jamshidi & Askarzadeh, 2019). Shuning uchun sanoat korxonlarining energiya tejamkorligini oshirish muhim masalalardan biri hisoblanadi (Miao et al., 2021). Shu bilan birga, 2030-yilga kelib, yagona elektr energetika tizimining tig'iz soatlaridagi yuklamasi 2019-yilning qish davridagi 10,4 MVt dan 20,9 MVt gacha ko'tariladi. Buning natijasida ishlab chiqarish quvvatini deyarli ikki barobarga oshirish talab etiladi (+10,5 ming MVt) (Jamshidi & Askarzadeh, 2019).

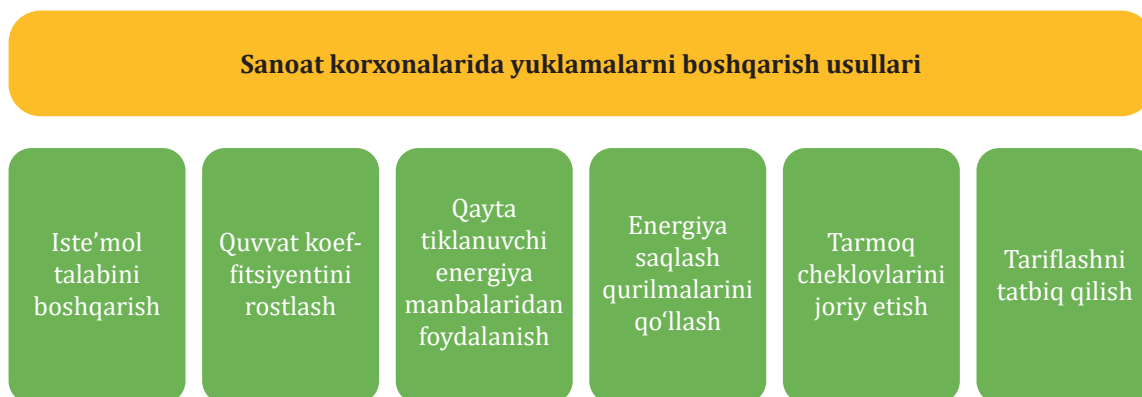


2-rasm. 2019- va 2030-yillarda qish mavsumining energotizimda iste'molning tig'iz soatlaridagi ishlab chiqarish quvvati va maksimal yuklamaga nisbati prognozi, ming MVt*

* Chen & Jiang (2024).

Bunday tig'iz rejimlarda iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash elektr tizimida qo'shimcha xarajalar keltirib chiqaradi. Sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarish usullari yordamida ushbu xarajatlarni kamaytirish va energiya balansini saqlash imkoniyati mavjud (Koliou, 2016).

Sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarish quyidagi usullar yordamida amalga oshiriladi (3-rasm).

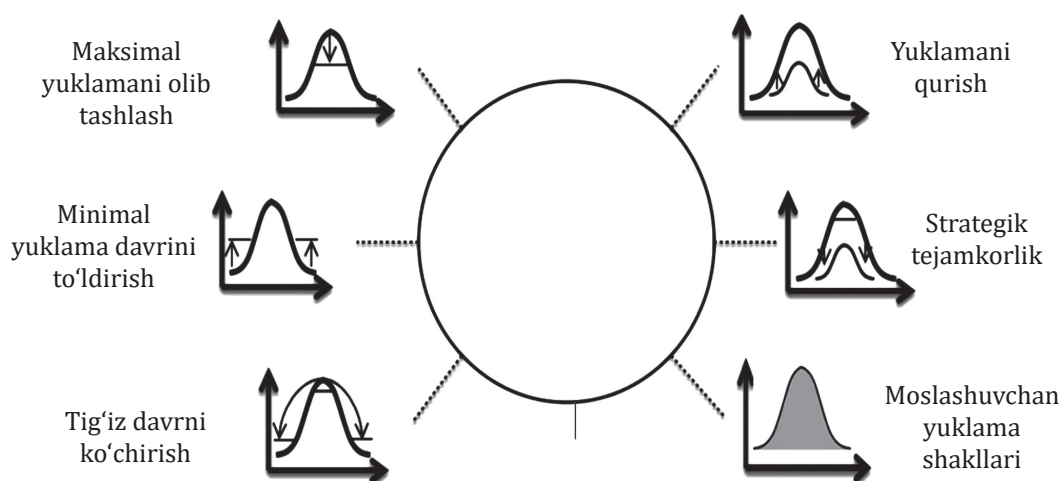


3-rasm. Sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarish usullari*

* Koliou et al. (2014).

Sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarishda qo'llanadigan usullar va ularning samaradorligini tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Ushbu usullar ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish hamda korxonaning iqtisodiy samaradorligini oshirish imkonini beradi. Quyida har bir usulning xususiyatlari va uning samaradorlikka ta'siri batafsil ko'rib chiqilgan.

Sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarishning keng tarqalgan usullaridan biri – bu istemol talabini boshqarish usuli bo'lib, quyidagi 4-rasmda istemol talabini boshqarishning usullari keltirilgan.



4-rasm. Istemol talabini boshqarish usullari*

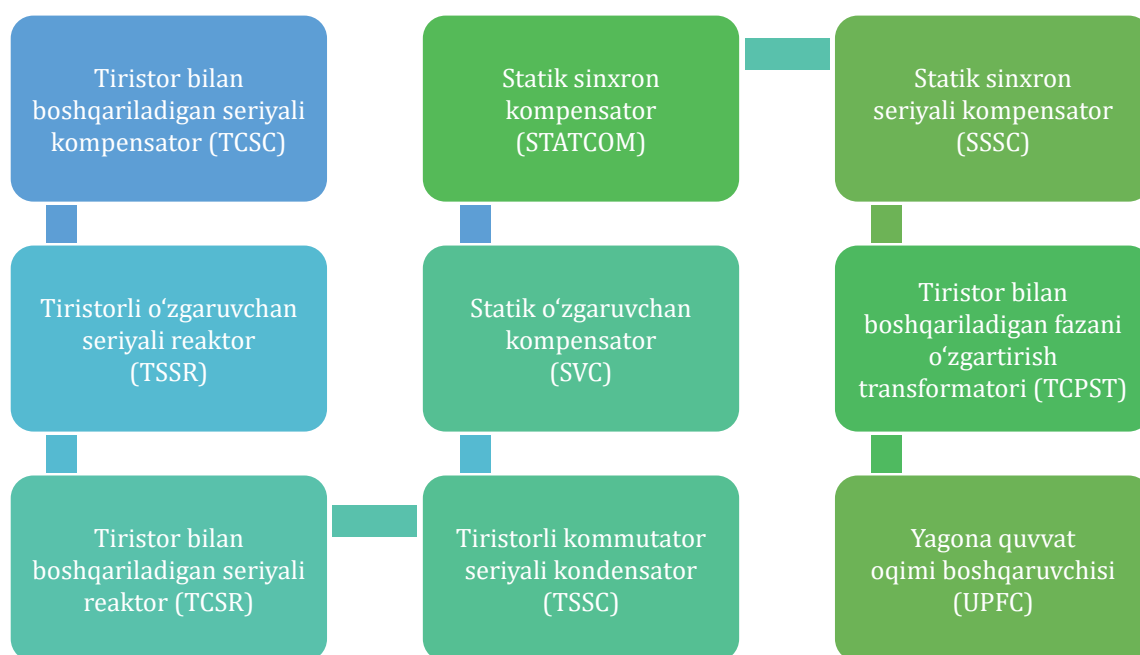
* Koliou (2016).

Istemol talabini boshqarish orqali sanoat korxonalari yuklamalarini qayta taqsimlash va energiya tejashga rag'batlantirish orqali tizim samaradorligini 21.97 %ga oshirish mumkin (Bharathi et al., 2017). Qolaversa, istemol talabini boshqarishni aqlli boshqarish tizimlari bilan birlashtirish orqali 49 %gacha samaradorlikka erishiladi (Kamal et al., 2023). Ushbu usul elektr energiyasi yuklama grafigida maksimal yuklamalarni kamaytiradi va qo'shimcha quvvat sarfini pasaytiradi (Koliou et al., 2014). Lekin mazkur usulning salbiy tomoni

iste'molchilarning dispatcher buyruqlariga rioya etmasligi samaradorlikning pasayishiga olib keladi (Ali et al., 2022; Arif et al., 2014; Paul et al., 2022).

Sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarishda quvvat koeffitsiyentini rostdash usulidan ham keng foydalanilmoqda. Quvvat koeffitsiyenti iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashda elektr tarmog'i samaradorligi va uskunaning elektr energiyasidan foydalanish qobiliyatini anglatadi (Kalhari et al., 2022). Sanoat korxonalarida elektr ta'minlash liniyasida quvvat koeffitsiyentini oshirish orqali elektr ta'minoti EESKisini yaxshilash uchun bir qancha qurilmalardan keng foydalanilmoqda. Statik kondensator batareyalari, sinxron kompensatorlar hamda ularni boshqarish usullariga asoslangan FACTS tizimi orqali quvvat koeffitsiyentini rostdashni namuna sifatida olish mumkin.

FACTS – bu elektr ta'minotida quvvat balansi, tizim uzluksizligi va turg'unligi hamda ishonchliligini ta'minlashda yuklama va quvvat oqimini muvofiqlashtiruvchi qurilmalar majmui hisoblanadi. FACTS tizimi quyidagi turlarni o'z ichiga oladi (5-rasm) (Kalhari et al., 2022).



5-rasm. FACTS qurilmalari turlari ierarxiyasi

Quvvat koeffitsiyentini rostdash usullari yordamida elektr tizimining sifat ko'rsatkichlari hamda samaradorligini oshirish uchun quvvat koeffitsiyentini optimallashtirishga erishish ko'zda tutiladi. Bu usul energiya yo'qotishlarini kamaytirib, tizimning umumiy samaradorligini 22 %ga oshiradi (Zheng & Zhang, 2017; Sekaran et al., 2022).

Biroq bugungi kunda ommaviy qo'llanayotgan kondensator batareyalarining tarmoqda yuqori garmonikalarni keltirib chiqarishi, sinxron kompensatorlarda esa mexanik qismlar tufayli ko'plab texnik nosozliklar kelib chiqishi, qolaversa, har ikkala usul ham samarali ishlashi uchun maxsus bilim va malakaga ega mutaxassislar tomonidan boshqarilishi kerak, bu esa qo'shimcha xarajat va resurs talab qiladi (Hadzhiev et al., 2019; Cipcigan et al., 2006).

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari, ya'ni quyosh, shamol, suv oqimi va biomassa kabi qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish havoni ifloslantiruvchi moddalar emissiyasini kamaytiradi va energiya ta'minoti barqarorligini oshiradi. Sanoat yukini boshqarishda qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish tig'iz davrlarda energiya sarfini kamaytirish va operatsion samaradorlikka erishish imkonini beradi (Plando, 2023). Shunga qaramay, ularning elektr energiya ishlab chiqarishi ob havo sharoitlariga bevosita

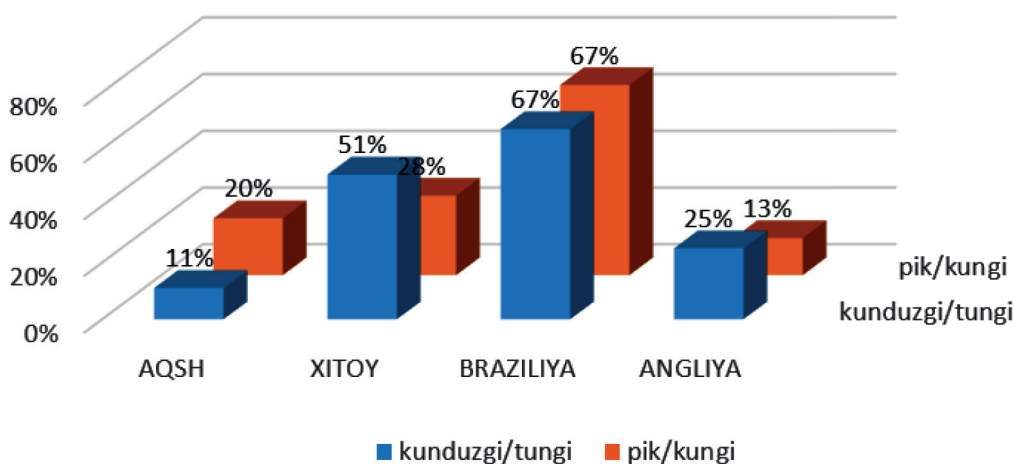
bog'liqdir. Ilmiy tadqiqotlarda quyosh panellari ulushi energotizimda 40 %dan ortib ketishi tizim turg'unligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi (Sher et al., 2021). Yuqoridagi muammolar energiya saqlash tizimlarini joriy etish orqali bartaraf etilishi mumkin.

Energiya tizimining tig'iz davrlarida energiya saqlash qurilmalarini qo'llash, ya'ni akkumulyatorlar, mexanik, gidroelektrik va boshqa energiya saqlash texnologiyalaridan foydalanish orqali maksimal yuklama davrlarda energiya balansini ta'minlashga erishiladi (Yan et al., 2015). Bu usul tig'iz yuklamali davrlarda korxonani energiya zaxirasi va uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash va 30 % samaradorlikka erishish imkonini beradi (Lin et al., 2015; Zhang et al., 2017; Javaid et al., 2021). Biroq energiyani saqlash tizimlarini o'rnatish katta boshlang'ich sarmoya, cheklangan energiya saqlash quvvati hamda doimiy texnik xizmat ko'rsatishni talab qiladi (Bagheri-Sanjareh et al., 2020).

Tarmoqning ortiqcha yuklanishini kamaytirish uchun tarmoq cheklovlarini joriy etish orqali energiya tizimi barqarorligi va samaradorligini oshirish mumkin (Yang & Nehorai, 2013). Ushbu usulning samaradorligiga korxonalarning birinchi toifaga mansubligi, dispatcherlar hamda ko'plab korxonalarning tig'iz davrlarda cheklovlarga rioya etmasligi ta'sir ko'rsatmoqda (Silva et al., 2020; Batyaeva, 2023).

Yuklamalarni tartibga solishda yuqoridagi usulning kamchiligini to'ldirish maqsadida sanoat korxonalarida narxga asoslangan dasturlar, ya'ni turli tariflar ishlab chiqilgan. Ushbu tariflar elektr energiyasi uchun to'lov miqdori iste'mol qilingan kun va vaqtga bog'liq ravishda hisoblanadi. Vaqtga asoslangan tariflar, odatda, ikki vaqt oralig'ida (odatda, pik davri va pikdan tashqari) yoki uchta davr (pik, kunduzi va tungi) intervallar bilan tavsiflanadi (Silva et al., 2020).

Ko'plab mamlakatlarda vaqtga asoslangan, ya'ni kunduzi, kechki davr va pik davr uchun turlicha to'lovli tariflar keng qo'llanib kelmoqda. Quyida 6-rasmda rivojlangan mamlakatlarda qo'llanayotgan vaqtga asoslangan narxlashning o'zaro nisbati foizlarda keltirilgan (Silva et al., 2020; Torriti, 2012).



6-rasm. Sutkaning turli davrlarida tarif narxining o'zgarishi qiymatlari

* Batyaeva, 2023.

Yuqoridagi grafikdan kunduzgi davrga nisbatan tungi davrda elektr energiyasi iste'mol qilish orqali eng minimal narxni tejash AQSh hissasiga to'g'ri kelib, 11 %, eng yuqori ko'rsatkich Braziliyada 67 %ni tashkil etdi. Pik davrga nisbatan kunduzi elektr energiyasi iste'mol qilish orqali Angliyada 13 %, Braziliyada qariyb 70 % narxni tejash mumkin.

Differensial tariflar orqali iste'molchilarni elektr energiyasini tejashga rag'batlantirish yuklamalarni boshqarish imkonini berib, iste'molchilarni minimal yuklama vaqtlarida energiya iste'mol qilishga undaydi. Bu esa, o'z navbatida, tig'iz davrlarni 16,8%ga kamaytirish hamda maksimum yuklama davrlarida iste'molni pasaytirishga rag'batlantirib, elektr energiyasi narxini 4,6%ga tushiradi (Babu & Ashok, 2008; Foster & Witte, 2020; Mohasoa et al., 2020). Demak, bu ko'rsatkichlar vaqtga asoslangan to'lovlarning juda yuqori o'zgaruvchanligini aks ettirib, sanoat korxonalarida pik davrlarda iste'molni kamaytirish hamda yuklama o'zgarishini boshqarishga yordam beradi.

Biroq differensial tariflar tizimini joriy etish uchun zamonaviy hisoblagichlar va ma'lumotlarni boshqarish tizimlari talab etiladi hamda u murakkab bo'lishi mumkin, bu esa iste'molchilar uchun tushunishni qiyinlashtiradi va noto'g'ri foydalanishga olib kelishi mumkin (Foster & Witte, 2020).

Tadqiqot natijalari tahlili

Ushbu tadqiqotning boshqa olimlar Koliou, Eid ishlaridan asosiy farqi, tadqiqotda ishlab chiqilgan yondashuv va usullarning zamonaviy sharoitlarni hisobga olgan holda, aniq ma'lumotlar asosida tekshirilganidir. Ko'plab avvalgi tadqiqotlar, asosan, umumiy nazariy yondashuvlarni o'z ichiga olgan bo'lsa, bizning ishimizda sanoat korxonalari yuklamalarini boshqarish usullarining qo'llanishi va ularning samaradorligi amaliyotda qay darajada natija berishi batafsil yoritilgan. Shuningdek, tadqiqotimizda har bir metodning o'ziga xos ijobiy va salbiy tomonlari tahlil qilinib, real ma'lumotlarga asoslangan holda, samaradorlik ko'rsatkichlari berilgan.

Bu orqali tadqiqot mavzusi dolzarbligi va muammolarni hal etishning optimal yo'llarini ko'rsatishga qaratilgan amaliy natijalarga erishiladi, bu esa ilmiy va ishlab chiqarish sohasida qimmatli tajribaga aylanadi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va energiya akkumulyatsiyasi texnologiyalarini qo'llash orqali energiya tarmog'i barqarorligini oshirish, ekologik zararni kamaytirish hamda an'anaviy energiya manbalariga qaramlikni kamaytirish imkoniyati mavjud. Bu yondashuv global energiya xavfsizligini ta'minlash yo'lida dolzarb muammo hisoblanadi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng ko'lamda joriy qilish, ya'ni quyosh, shamol va boshqa resurslardan unumli foydalanish iqtisodiyotning barcha sektorlariga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ayniqsa, energiya akkumulyatsiyasi texnologiyalari ishlab chiqarilgan ortiqcha energiyani saqlash va uni yuqori yuklama davrlarida qayta tarmoqqa uzatish imkonini yaratadi.

Ushbu tizimni yanada samarali qilish uchun tig'iz davrda energiya sotishni rag'batlantiruvchi tariflarni joriy etish muhim strategiya sifatida qaraladi. Bu yondashuv, birinchidan, iste'molchilar va sanoat korxonalarini energiya tejashga undab, ularning xarajatlarini kamaytiradi. Ikkinchidan, tarmoqdagi talabni muvozanatlash orqali energiya tarmog'ini ortiqcha yuklamalardan himoya qiladi.

Shu tariqa rag'batlantirilgan tariflar va energiya akkumulyatsiyasi tizimlarini keng qo'llash orqali tarmoqni yanada barqaror va moslashuvchan qilish mumkin. Bu nafaqat iqtisodiy jihatdan samarali yechim, balki ekologik tozalikni ta'minlash va tabiiy resurslardan oqilona foydalanishga ham xizmat qiladi.

Xulosalar

Sanoat korxonalarini elektr energiyasi bilan ta'minlashda tig'iz davrlarda energetika tizimida qo'shimcha xarajatlar yuzaga keladi. Ushbu xarajatlarni kamaytirish va energiya balansini ta'minlash uchun bir qancha usullar mavjud. Avvalo, iste'mol talabini boshqarish elektr energiyasining samarali taqsimlanishi va yuklama rejimlarini nazorat qilish imkonini beradi. Quvvat koeffitsiyentini rostdash tizim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish va energiya saqlash

qurilmalarini qo'llash orqali elektr tizimiga qo'shimcha quvvat kiritish va tizim barqarorligini ta'minlashga erishiladi. Tarmoq cheklovlarini joriy etish va iste'mol tariflarini qo'llash orqali esa iste'molchilarni energiya tejashga rag'batlantirish hamda tizim samaradorligini oshirish mumkin. Ushbu usullarni amalga oshirish sanoat korxonalarda energiya tejash va ta'minot sifatini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi. Bu esa yagona elektr energetika tizimining ishlash ishonchligini oshirishda muhim hisoblanadi.

REFERENCES

1. Ali, S., Rehman, A., Wadud, Z., Khan, I., Murawwat, S., Hafeez, G., Albogamy, F., Khan, S., & Omaji, S. (2022). Demand Response Program for Efficient Demand-Side Management in Smart Grid Considering Renewable Energy Sources. *IEEE Access*, 10, 53832-53853. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3174586>
2. Arif, A., Javed, F., & Arshad, N. (2014). Integrating renewables economic dispatch with demand side management in micro-grids: a genetic algorithm-based approach. *Energy Efficiency*, 7, 271-284. <https://doi.org/10.1007/S12053-013-9223-9>
3. Babu, C., & Ashok, S. (2008). Process Optimization for Industrial Load Management. *International Energy Journal*, 9 (3), 215-220. <http://www.rericjournal.ait.ac.th/index.php/reric/article/view/488/305>
4. Bagheri-Sanjareh, M., Nazari, M., & Hosseini, S. (2020). Energy management of islanded microgrid by coordinated application of thermal and electrical energy storage systems. *International Journal of Energy Research*, 45, 5369-5385. <https://doi.org/10.1002/er.6160>
5. Batyaeva, A. (2023). Pandemic restrictions are over: an overview of changes in the main economic indicators of enterprises (Part 2). Investment activity of enterprises and changes in the output structure. In: *Russian Economic Barometer*. <https://doi.org/10.20542/reb.rus-2023-1-3-12>
6. Bharathi, C., Rekha, D., & Vijayakumar, V. (2017). Genetic Algorithm Based Demand Side Management for Smart Grid. *Wireless Personal Communications*, 93, 481-502. <https://doi.org/10.1007/s11277-017-3959-z>
7. Bistline, J., Roney, C., McCollum, D., & Blanford, G. (2021). Deep decarbonization impacts on electric load shapes and peak demand. *Environmental Research Letters*, 16. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2197>
8. Chen, W., & Jiang, X. (2024). Global Energy Consumption and Its Impact on Industrial Sectors: A Comprehensive Review. *Energy Reports*, 10, 1234-1249. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.12.005>
9. Cipcigan, L., Chindris, M., Rull, J., Rusu, A., Sumper, A., Ramirez, R., & Alves, R. (2006). Mitigation of Capacitor Bank Energization Harmonic Transients. 2006 *IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/TDCLA.2006.311440>
10. Fan, J., Tang, B., Yu, H., Hou, Y., & Wei, Y. (2014). Impact of climatic factors on monthly electricity consumption of China's sectors. *Natural Hazards*, 75, 2027-2037. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1375-1>
11. Foster, V., & Witte, S. H. (2020). Falling short: A global survey of electricity tariff design. *World Bank Policy Research Working Paper*, 9174. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/568181583337584393/pdf/Falling-Short-A-Global-Survey-of-Electricity-Tariff-Design.pdf>
12. Hadzhiev, I., Malamov, D., Balabozov, I., & Yatchev, I. (2019). Analysis of Higher Harmonics During Reactive Power Compensation by a Capacitor Bank. *Proceedings of the 2019 II International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/HiTech48507.2019.9128122>
13. Isakov, A., et al. (2023). Characteristics of application of different time rates for electricity consumed in industrial enterprises. *E3S Web of Conferences. EDP Sciences*, 401, 05049.

14. Jamshidi, M., & Askarzadeh, A. (2019). Techno-economic analysis and size optimization of an off-grid hybrid photovoltaic, fuel cell and diesel generator system. *Sustainable Cities and Society*, 44, 310–320.
15. Javaid, S., Kaneko, M., & Tan, Y. (2021). Safe Operation Conditions of Electrical Power System Considering Power Balanceability among Power Generators, Loads, and Storage Devices. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/EN14154460>.
16. Kalhari, M., Bandara, H. E., & Ediriweera, S. (2022). Power Factor Improvement of Industrial Loads using a Capacitor Bank and a Solar PV System. *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Technology and Computing (ICATC 2022)*.
17. Kamal, T., Hassan, Z., Saleem, M., Shakir, M., Usman, M., Bajwa, M., Shabbir, N., & Daniel, K. (2023). Integrating Smart Energy Management System with Internet of Things and Cloud Computing for Efficient Demand Side Management in Smart Grids. *Energies*, 16 (12), 4835. <https://doi.org/10.3390/en16124835>
18. Kandpal, B., & Verma, A. (2022). Demand Peak Reduction of Smart Buildings Using Feedback-Based Real-Time Scheduling of EVs. *IEEE Systems Journal*, 16, 4279-4290. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2021.3113977>
19. Koliou, E. (2016). Demand Response Policies for the Implementation of Smart Grids [Tesis Doctoral]. Programa de Doctorado Erasmus Mundus en Tecnologías y Estrategias Energéticas Sostenibles / Erasmus Mundus Joint Doctorate in Sustainable Energy Technologies and Strategies. <http://hdl.handle.net/11531/7166>
20. Koliou, E., Eid, C., Chaves-Avila, J.P., & Hakvoort, R.A. (2014). Demand response in liberalized electricity markets: analysis of aggregated load participation in the German balancing mechanism. *Energy*, 71, 245-254. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.067>
21. Lin, W., Tu, C., & Tsai, M. (2015). Energy Management Strategy for Microgrids by Using Enhanced Bee Colony Optimization. *Energies*, 9, 1-16. <https://doi.org/10.3390/EN9010005>
22. Mahmud, K., Hossain, M., & Ravishankar, J. (2019). Peak-Load Management in Commercial Systems With Electric Vehicles. *IEEE Systems Journal*, 13, 1872-1882. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2018.2850887>
23. Miao, C., et al. (2021). Spatial heterogeneity and evolution trend of regional green innovation efficiency – an empirical study based on panel data of industrial enterprises in China's provinces. *Energy Policy*, 156, 112370.
24. Mohasoa, L. E., et al. (2020). *Development of time-of-use-tariffs* [PhD thesis]. National University of Lesotho.
25. Paul, W., Siddiqui, A., & Kirmani, S. (2022). Demand side management and demand response for optimal energy usage: an Overview. *Paripex Indian Journal of Research*, 11 (11), 151-152. <https://doi.org/10.36106/paripex/0608823>
26. Plando, I. (2023). Utilizing Renewable Energy Sources for Sustainable Air Conditioning and Refrigeration. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 3 (2), 877-881. <https://doi.org/10.48175/IJARSC-12387>
27. Qela, B., & Mouftah, H. (2014). Peak Load Curtailment in a Smart Grid Via Fuzzy System Approach. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5, 761-768. <https://doi.org/10.1109/TSG.2013.2289922>
28. Savić, S., Selakov, A., & Milošević, D. (2014). Cold and warm air temperature spells during the winter and summer seasons and their impact on energy consumption in urban areas. *Natural Hazards*, 73, 373-387. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1074-y>
29. Sekaran, K., Selvan, C., Anita, J., & Nagaraj, M. (2022). Automatic Power Factor Correction System Using IoT in University Building. *Proceedings of the 2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ASET53988.2022.9734913>
30. Sher, F., Curnick, O., & Azizan, M. (2021). Sustainable Conversion of Renewable Energy Sources. *Sustainability*, 13 (5), 2940. <https://doi.org/10.3390/SU13052940>
31. Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2020). Futuristic sustainable energy management in smart environments: A review of peak load shaving and demand response strategies, challenges, and opportunities. *Sustainability*, 12, (14), 5561. <https://doi.org/10.3390/su12145561>

32. Torriti, J. (2012). Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy. *Energy*, 44, 576-583. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2012.05.043>
33. Wenz, L., Levermann, A., & Auffhammer, M. (2017). North-south polarization of European electricity consumption under future warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, E7910-E7918. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704339114>
34. Yan, R., Saha, T. K., Modi, N., Masood, N.-A., & Mosadeghy, M. (2015). The combined effects of high penetration of wind and PV on power system frequency response. *Appl. Energy*, 145, 320-330. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.044>
35. Yang, P., & Nehorai, A. (2013). Joint Optimization of Hybrid Energy Storage and Generation Capacity with Renewable Energy. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5, 1566-1574. <https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2313724>
36. Zhang, L., Jabbari, F., Brown, T., & Samuelsen, S. (2017). Coordinating plugin electric vehicle charging with electric grid: Valley filling and target load following. *Power Sources*, 267, 584-597. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.04.078>
37. Zheng, F., & Zhang, W. (2017). Long term effect of power factor correction on the industrial load: A case study. *Proceedings of the 2017 Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/AUPEC.2017.8282382>

UDC: 621.316.718(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/jzarct>

СБШ-250МН БУРҒИЛАШ ДАСТГОҲИ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ БЎЙИЧА ИЛМИЙ ТАҲЛИЛ ВА ТЕХНИК ЕЧИМЛАР

Зоҳидов Одил Умирзокович¹, Шомуродов Бахтиёр Хамидович²

¹техника фанлари
бўйича фалсафа доктори
(PhD), “Кончилик электр
механикаси” кафедраси
доценти
ORCID: 0009-0006-7588-
2249
e-mail: odil_boss85@mail.ru

²“Кончилик электр
механикаси” кафедраси
таянч докторанти
e-mail: baxtik.3008@gmail.
com

Навоий давлат кончилик
ва технологиялар
университети

Аннотация. Мақолада мамлакатимизнинг кончилик саноатида қўлланаётган СБШ-250МН маркали бурғилаш машиналари учун етказиб бериладиган электр энергияси сифати, электр юритмалари иш режимларини бошқариш усуллари ҳамда энергия самарадорлигини ошириш масалалари таҳлил қилинган. Шунингдек, қурилмага етказиб берилаётган электр энергиясининг сифат кўрсаткичларини яхшилаш ва бурғилаш қурилмасининг электр энергиясидан самарали фойдаланиш бўйича тавсиялар берилган. Бундан ташқари, мақолада бурғилаш станокларида қўлланаётган компрессор қурилмаларини бошқаришнинг замонавий частотали бошқариш тизими ва энергия самарадорлигини оширишнинг оптимал ечимлари ҳамда имкониятлари таҳлил қилинган. Мақоланинг кириш қисмида бурғилаш қурилмалари электр таъминоти ва энергия самарадорлигини ошириш бўйича илмий изланишлар олиб борган бир қатор хорижий тадқиқотчиларнинг илмий тадқиқотлари ўрганилган. Асосий қисмда эса бурғилаш қурилмаларининг катта қувватли электр двигателлари томонидан энергия истеъмоли бўйича ҳисоблаш ишларининг қисқача шарҳи келтирилган. Тадқиқот натижаларига кўра, илмий изланишлар таҳлили ва кон корхоналаридан олинган маълумотлар асосида СБШ-250МН бурғилаш қурилмасининг катта қувватли электр ускуналарининг энергия истеъмоли кўрсаткичлари ҳамда уларни оптимал бошқариш усуллари ишлаб чиқилган. Ушбу таклиф ва ҳулосалар СБШ-250МН бурғилаш қурилмаларида амалда қўлланса, қурилмалар учун энергия самарадор тизим ишлаб чиқишга эришилади.

Калит сўзлар: скважина, СБШ-250МН бурғилаш қурилмаси, компрессор, электр энергияси сифати, энергия самарадорлик, тиристорли ўзгартиргич, частотали ўзгартиргич, симметриянинг бузилиши.

НАУЧНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК СБШ-250МН

Зоҳидов Одил Умирзокович¹, Шомуродов Бахтиёр Хамидович²

¹доктор философии по
техническим наукам (PhD),
доцент кафедры «Горная
электромеханика»

²докторант кафедры
«Горная электромеханика»

Навоийский
государственный
горно-технологический
университет

Аннотация. В статье проанализированы качество поставляемой электроэнергии для буровых машин марки СБШ-250МН, применяемых в горнодобывающей промышленности нашей страны, методы управления режимами работы электроустановок, а также вопросы повышения их энергоэффективности. Также даны рекомендации по улучшению качественных показателей электроэнергии, подаваемой в установку, и эффективному использованию электроэнергии буровой машиной. Кроме того, в статье проанализированы современные системы частотного управления, оптимальные решения для повышения энергоэффективности и возможности управления компрессорами, применяемыми на буровых машинах. Во введении статьи рассматриваются научные труды ряда зарубежных исследователей, проводивших научные изыскания по повышению энергоэффективности и энергоснабжению буровых установок. В основной части представлен краткий обзор расчётов потребления энергии электродвигателями буровых

установок с большой мощностью. По результатам исследования на основе анализа и данных горнодобывающих предприятий разработаны показатели энергопотребления электрооборудования с большой мощностью буровой установки СБШ-250МН, а также методы оптимального управления ими. Для достижения цели разработки энергоэффективной системы буровых установок СБШ-250МН необходимо практическое внедрение предложений и выводов исследования.

Ключевые слова: скважина, буровая установка СБШ-250МН, компрессор, качество электроэнергии, энергоэффективность, тиристорный преобразователь, преобразователь частоты, нарушение симметрии.

SCIENTIFIC ANALYSIS AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR RAISING THE ENERGY EFFICIENCY OF СБШ-250МН DRILLING RIGS

Zokhidov Odil Umirzokovich¹, Shomurodov Bakhtiyor Khamidovich²

¹Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor of Department of Mining Electromechanics

²Doctoral Student of Department of Mining Electromechanics

Navoi State University of Mining and Technologies

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 04.11.2024

Qabul qilingan/Принято/
Accepted: 28.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
14.12.2024

Abstract. The article reviews quality of the electric power supplied to СБШ-250МН drilling machines used in the mining industry of our republic, methods of control on the operating modes of electrical installations, as well as issues of raising the energy efficiency. Recommendations are also given for improving the quality indicators of electric power supplied to the drilling machines, and efficient use of electric power of the drilling machine's. Moreover, the article analyzes modern frequency control systems, optimal solutions for achieving energy efficiency and possibility of controlling compressor units used on drilling machines. The introduction to the article reveals scientific works made by several foreign researchers into improvement of energy efficiency and power supply to drilling machines. The main part presents a brief overview of calculations of the energy consumed by electric motors at high-power drilling machines. The research findings retrieved based on the analysis and data from mining enterprises, enabled developing the energy consumption indicators of high-power electrical equipment of the СБШ-250МН drilling machine, as well as methods for their optimal control. Achieving the goal of developing an energy efficient drilling machine system СБШ-250МН requires practical implementation of proposals and conclusions of the study.

Keywords: well, СБШ-250МН drilling machine, compressor, electricity quality, energy efficiency, thyristor converter, frequency converter, breaking of symmetry.

Кириш

Бурғилаш машиналари кон корхоналарида, асосан, тоғ жинсларини массивдан ажратиб олиш жараёнида портлатиш ишларини амалга ошириш учун скважиналар қазишда қўлланади. Бурғилаш дастгоҳларининг асосий кўрсаткичлари – бурғиланаётган скважина диаметри, чуқурлиги ва қиялик бурчаги ҳисобланади.

Бурғилаш ишларидаги асосий элементлар – бу шпурлар ва скважиналардир. Шпурлар (диаметри 75 мм гача ва чуқурлиги 5 м гача бўлган цилиндрик бўшлиқ) ва скважиналар (чуқурлиги 5 м дан ортиқ ва диаметри 75 мм дан катта бўлган цилиндрик бўшлиқ) ҳосил қилувчи кон машинасига бурғилаш машинаси дейилади.

Бурғиловчи машиналар кўп двигателли бўлиб, унинг юритмалари электр двигателлар ҳисобланади. Двигателлар, асосан, 380 В кучланишда ишлайди. Бугунги кунда дунёдаги энг катта конлардан бири Мурунгов конида бурғилаш машиналарининг СБШ-250МН маркадаги тури қўлланади. Бурғилаш станогини диаметри 220–250 мм гача бўлган скважиналарни бурғилайди ва скважинага жойланган портловчи моддалар тоғ жинсини майдалашга хизмат қилади. Кон корхоналарида скважина диаметри тоғ жинсининг физик-механик хусусиятларидан келиб чиқиб танланади.

СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳининг компрессор қурилмаси майдаланган тоғ жинсларини катта босимдаги сиқилган ҳаво ёрдамида скважинадан чиқариш ва тозалашга хизмат қилади. Бугунги кунга қадар СБШ-250МН дастгоҳларининг 5 та модели ишлаб чиқарилган бўлиб, ўртача диаметри 160 мм дан 400 мм гача бўлган скважиналарни бурғилашга мўлжалланган. СБШ-250МН бурғилаш қурилмаси тоғ жинсларининг қаттиқлиги $f = 6 \div 18$ гача бўлган ҳолатларда қўлланади.

Бурғилаш машинаси кўп механизмли қурилма бўлиб, асосий бурғилаш механизмлари – бу айланиш механизми ротори, бурғилаш насослари ва лебёдкалардир (Serdyuk et al., 2006).

Бурғилаш машиналари кон корхоналарида фойдали қазилмалар қазиб олиш ва юклаш, шунингдек, скважина қазиш ва портлатиш жараёнига тайёрлаш ҳамда кон массивининг иш унумдорлигини оширишда асосий электр қурилмалар ҳисобланади.

Бурғилаш машиналарига етказиб берилаётган электр энергияси сифатини ошириш бўйича дунёда бир қатор олимлар томонидан илмий изланишлар олиб борилган. Жумладан, И.В. Жежеленко, Я.Ю. Солодухо, В.П. Шипиллоларнинг илмий изланишларида ярим ўтказгичлар ёрдамида бурғилаш машиналарининг электр таъминоти тизимларида электр энергияси сифатини ошириш масалалари ўрганилган (Abramov, 2012; Arrillag et al., 1990; Boyarskaya, 2011; Solodukho, 1987).

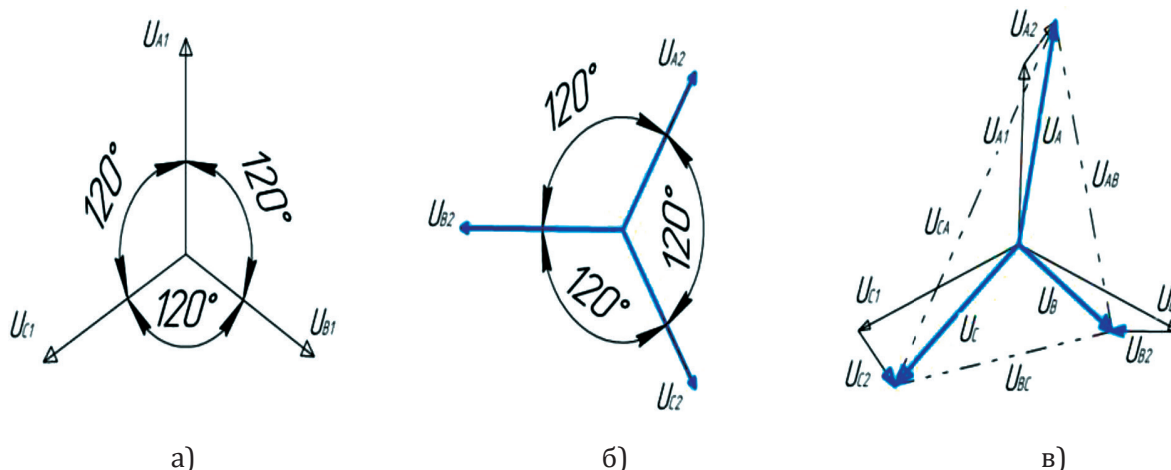
А.Б. Виноградов, Р.Т. Шрейнерлар томонидан ўтказилган илмий тадқиқотларда актив таркибли частота ўзгартиргич қурилмалари ёрдамида бурғилаш қурилмаларининг электр энергияси истеъмоли самарадорлигини ошириш масалалари кўриб чиқилган (Vinogradov, 2018; Green, 1998).

Бурғилаш машиналарининг электр таъминоти тизимларида электр энергия сифатини ошириш бўйича кўплаб олимлар, жумладан, А.И. Коган, О.И. Кожаков, Б.И. Абрамов, Б.М. Парфёновлар ярим ўтказгичли ўзгартиргичлар асосида бурғилаш машиналари электр юритмалари энергия самарадорлигини оширишга катта ҳисса қўшишган (Abramov & Kogan, 2009; Parfyonov et al., 1984).

Abramov & Kogan (2009), Parfyonov et al. (1984) ва бошқа бир қатор олимлар кончилик саноатида қўлланаётган бурғилаш машиналарининг электр таъминоти тизимлари сифатини ошириш, энергия самарадорлигини яхшилаш ва электр юритмаларини оптимал бошқариш усуллари ишлаб чиқиш масалалари бўйича бир қатор услубий ишланмалар ҳамда илмий асосланган амалий ечимлар таклиф қилишган (Babkin, 2010; Efimov & Schreiner, 2001; Momot, 2014; Motsoshein, 1991).

Олимларнинг бурғилаш қурилмалари электр таъминоти тизимлари сифатини яхшилаш, энергия самарадорлигини ошириш ва оптимал бошқариш тизимларини яратишга доир олиб борган илмий изланишларига қарамай, ҳозирги вақтга қадар карьер бурғилаш қурилмаларининг электр таъминоти ва энергия самарадорлиги талаб даражасида мукамал ечим топмаган. Буни адабиётлар таҳлили ва ишлаб чиқариш корхоналарида ўтказилган экспериментал таҳлиллар натижасидан ҳам кўриш мумкин (Musurmanov, 2023; Parfyonov et al., 1984).

Замонавий бурғилаш қурилмалари электр таъминоти тизимларида электр энергияси сифати бузилиши, яъни линиядаги юклама ҳисобига учта фазадаги фазалар силжиши ёки кучланишлар симметрияси бузилиши қуйидаги расмда кўрсатилган (1-расм) (Abramov, 2012; Vinogradov, 2018).



1-расм. Уч фазали кучланишлар симметрияси

Юқоридаги 1-расмнинг а) қисмида уч фазали электр занжирининг юкламасиз режимдаги учта фазасининг симметрик режим ҳолати кўрсатилган. Расмнинг б) қисмида эса юклама таъсирида А, В, ва С фазаларнинг симметрик силжиш ҳолати тасвирланган. Расмнинг в) қисмида эса уч фазали кучланишларнинг вектор диаграммасида юкламасиз режимда А, В, С фазаларнинг дастлабки ҳолати қора чизиқда ва юклама эвазига силжиш ҳолати эса кўк чизиқда берилган. Расмдан шуни кўриш мумкинки, электр таъминоти тизимларида юклама эвазига фазаларда ҳар хил турдаги симметрия бузилишлари кузатилади (Pronin & Vorontsov, 2003; Sarvarov et al., 2015).

Электр таъминоти тизимларида симметрия бузилишининг олдини олиш ва электр энергияси сифатини яхшилаш учун махсус чора-тадбирлар амалга ошириш талаб этилади. Шу мақсадда тизим сифат кўрсаткичларини яхшилаш бўйича самарали ечимлар ишлаб чиқиш ёки реактив энергияни компенсация қилувчи махсус компенсатор қурилмалар жорий этиш мумкин. Бундай тадбирлар кон корхоналари электр таъминоти тизимларида симметрия бузилиши ҳолатларининг олдини олиш ва электр энергияси сифатини яхшилаш имконини беради (Sarvarov et al., 2015).

Қуйидаги жадвалда СБШ-250МН бурғилаш қурилмасининг асосий ва ёрдамчи электр ускуналари ҳамда уларнинг номинал энергетик кўрсаткичлари келтирилган.

Юқоридаги жадвалдан кўриш мумкинки, бурғилаш қурилмасининг асосий электр ускуналаридан энг катта қувватли электр двигатели – бу компрессор қурилмасининг электр двигателидир. Унинг номинал қуввати 200 кВт ни ташкил қилади (Chebotaev, 2006).

Материал ва методлар

Илмий изланишлар ва адабиётлар таҳлили натижасида Мурунгов кони шароитида қўлланаётган СБШ-250МН бурғилаш қурилмасининг электр энергия истеъмоли самарадорлигини оширишга салбий таъсир қилувчи қуйидаги омиллар аниқланди:

- СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳининг юқори юкламада ишловчи, яъни 200–250 кВт қувват истеъмол қилувчи А02-42-4 турдаги компрессор қурилмаси двигатели қурилманинг барча иш режимларида тизимдан узлуксиз электр энергияси истеъмол қилади;

- узлуксиз истеъмол қилинаётган қувват натижасида тармоқдан сезиларли миқдорда энергия исрофи келиб чиқади;

- бурғилаш дастгоҳи компрессор қурилмасини бошқариш тизими оддий тумблёр ва пускателлар ёрдамида бошқарилади.

Жадвал

СБШ-250МН бурғилаш қурилмасынинг асосий ва ёрдамчи электр ускуналари

Двига- теллар тартиб рақами	Электр двигателлар номи	Электр двигател- лар маркаси	Электр двигателларнинг номинал параметрлари			
			<i>P, (кВт)</i>	<i>U, (V)</i>	<i>I, (A)</i>	<i>n, (айл./дақ.)</i>
Асосий электр ускуналари						
<i>M1</i>	Чап томондаги юриш механизми	МТКV-412-8	22	380	60	700
<i>M2</i>	Ўнг томондаги юриш механизми	МТКV-412-8	22	380	60	700
<i>M3</i>	1-мой насос станцияси	A02-52-4	11	380	22	1460
<i>M5</i>	Шамоллатиш қурилмаси	4A	10	380	18	2960
<i>M7</i>	Насос аралаштиргичи	A02-42-4	5,5	380	11	1450
<i>M8</i>	Мой насос фильтри	A02-22-4	1,5	380	3,5	1450
<i>M9</i>	Компрессор	A3315M-2	200	380	355	2960
<i>M11</i>	Мой насосни ишга туширгич	AO-32-4	1	380	2,4	1410
<i>M13</i>	Бурғилаш штангасини айлантириш механизми	DPV-52	60	= 400	150	1230
<i>M4</i>	2-мой насос станцияси	A02-62-6	13	380	30	960
<i>M6</i>	Сув ҳайдовчи насос	A02-32-4	3	380	7	1460
Ёрдамчи механизмлар электр ускуналари						
<i>M10</i>	Компрессор қурилмаси вентилятори	A02-42-4	5,5	380	11	1450
<i>M12</i>	Тал қурилмаси	AOS-32-6	1	380	2,4	960
—	Кондиционер қурилмаси вентилятори	AOL-22-2	0,6	380	1,4	2800
—	Насосни иситиш қурилмаси	DTP-21-4	0,27	380	0,5	1400
<i>M14</i>	Айланиш механизми вентилятори	AO-32-2	1,0	380	2,2	2860
<i>M15</i>	Тиристор қурилмаси вентилятори	AO-32-2	1,0	380	2,2	2860

Юқорида санаб ўтилган камчиликлар бартараф этилса ва қурилма иш режимлари ўзгартирилса, бурғилаш дастгоҳининг фойдали иш коэффициенти ошади ва қурилманинг иш унумдорлиги янада яхшиланади.

Бурғилаш қурилмаси компрессори фақат бурғилаш жараёнида актив иш бажарганлиги сабабли компрессор двигателининг салт ишлаш вақтини камайтириш ва энергия тежамкор режимда ишлашини таъминлаш мақсадида двигателни бошқариш учун замонавий ва энергия тежамкор бошқарув қурилмаси сифатида частотали бошқарув қурилмасини ўрнатиш таклиф қилинди.

Тадқиқот натижалари

Бурғилаш дастгоҳининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича техник ечимлар сифатида Мурунгов конида қўлланаётган СБШ-250МН бурғилаш қурилмасынинг электр энергияси истеъмолини самарали бошқариш учун компрессор қурилмаси

таклиф қилинди. Ушбу қурилма дастгоҳнинг барча иш режимларида тизимдан узлуксиз номинал қувват истеъмол қилишининг олдини олиш ва назорат қилиш имконини беради.

Кон корхоналарида қўлланаётган СБШ-250МН бурғилаш қурилмаси скважиналарни бурғилаш жараёнида сиқилган ҳаво махсус компрессор қурилмаси ёрдамида катта босимда майдаланган тоғ жинсларидан тозаланади. Натижада бурғилаш снарядининг иш унумдорлиги ошади.

Бурғилаш дастгоҳининг компрессори учун двигатель қуввати қуйидагича ҳисобланади:

$$P = k_1 \frac{Q_1 \omega_1}{60 \gamma_1 \gamma_2} 10^{-3} = 1,25 \frac{24 * 1,97 * 10^5}{60 * 0,7 * 0,98} 10^{-3} = 143,6 \text{ кВт}, \quad (1)$$

бу ерда k_1 – электр моторнинг қувват коэффиценти;

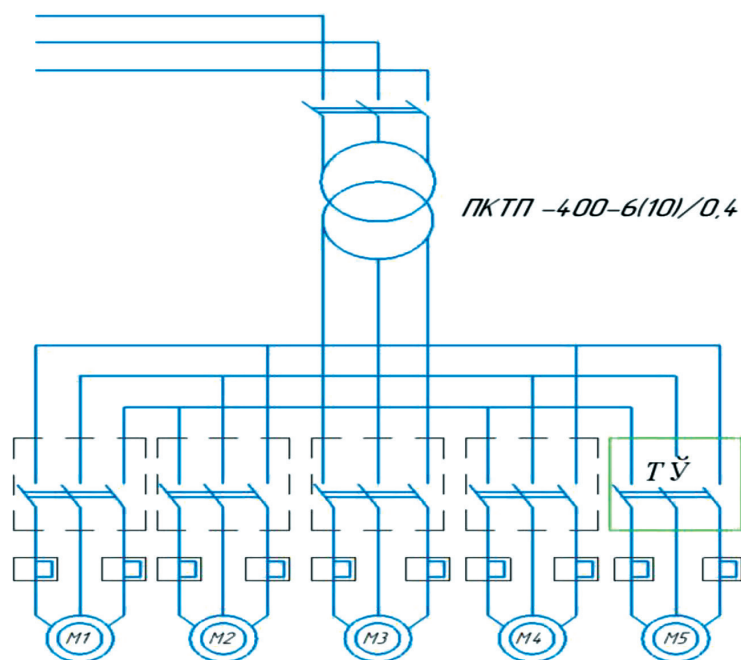
$1,1 \div 1,25$ га тенг деб қабул қилинган;

w_1 – 1 м^3 ҳавони p_1 босимда компрессор томонидан сиқишда сарфланган энергия;

γ_1, γ_2 – компрессор томонидан мос равишда 1 м^3 ҳавони сўриш $\gamma_1 = 0,6 \div 0,7$ ва чиқаришда $\gamma_2 = 0,92 \div 0,95$ p_1 босимдан p_2 босимгача сиқиш учун сарфланган иш самарадорлигини асословчи коэффиценти.

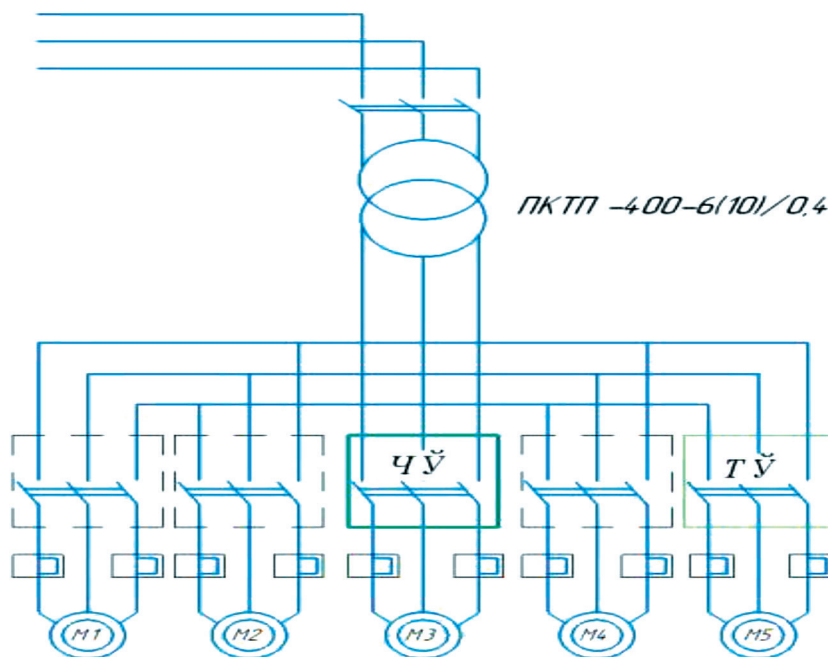
Юқоридаги ҳисоблашлардан кўриш мумкинки, СБШ-250МН бурғилаш қурилмасининг асосий катта қувватли электр мотори компрессор қурилмаси мотори ҳисобланади. Яъни бурғилаш жараёнида сиқилган ҳавони етказиб берувчи компрессор қурилмасининг актив юкчаси $P = 143,6 \text{ кВт}$ ни ташкил этиши юқоридаги (1) формула ёрдамида аниқланди. Аини вақтда компрессор қурилмаси учун ўрнатилган ўзгарувчан токда ишловчи моторнинг номинал қуввати 200 кВт .

Компрессор қурилмаси, асосан, бурғилаш жараёнида скважинани майдаланган тоғ жинсларидан тозалаш вақтида фойдали иш бажаради. Ишчи майдонни алмаштириш – юриш, штангани алмаштириш, салт ишлаш вақтида ва бошқа бир қатор ҳолатларда компрессор электр мотори узлуксиз ишлаб туради, лекин фойдали иш бажармайди.



2-расм. СБШ-250МН бурғилаш қурилмасининг мавжуд электр тақсимоти схемаси

Юқорида СБШ-250МН қурилмаси электр таъминоти схемаси ва асосий электр моторлари келтирилган: бу ерда – 6(10) кВ ташқи тармоқдан қабул қилинаётган кучланиш қиймати; ПКТП-400-6(10)/0,4 – кучланишни пасайтириб берувчи асосий куч трансформатори; М1 ва М2 двигателлар – дастгоҳнинг юриш механизмлари.



3-расм. СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи компрессор қурилмаси электр юритмасини частотали ўзгартиргич ёрдамида бошқаришнинг таклиф қилинаётган схемаси

М3 – компрессор қурилмаси электр мотори, М4 – айланиш механизми юритмаси ва М5 – насос қурилмаси электр мотори ҳисобланади. ТЎ қурилмаси эса бурғилаш дастгоҳи компрессор қурилмаси электр юритмаси учун тизимдан келаётган ўзгарувчан электр токи кучланишини ўзгармас кучланишга айлантириб беради.

3-расмда кон корхоналарида скважиналарни бурғилаш учун қўлланаётган СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳининг сиқилган ҳавони йиғувчи компрессор қурилмаси электр двигателини оптимал бошқариш учун ўрнатилиши таклиф қилинган частотали ўзгартиргичли бошқариш қурилмаси схемаси тасвирланган. Ушбу схемада кўрсатилган частотали ўзгартиргич қурилмаси адабиётлар таҳлили ва ҳисобланган натижалар асосида танлаб олинди.

Тадқиқот натижалари таҳлили

СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи энергия самарадорлигини ошириш бўйича таклиф қилинаётган техник ечимлар:

1. Юқорида келтирилган таклифлар ва ҳисоблашлар асосида бурғилаш ишларида қўлланаётган СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи учун компрессор қурилмасининг номинал ҳолатда истеъмол қиладиган юкмаси 143,6 кВт бўлгани сабабли 1-таклиф сифатида 200 кВт қувватли асинхрон двигатель ўрнига 160 кВт қувватли асинхрон двигатель ўрнатиш тавсия этилади. Ушбу тавсия бурғилаш қурилмасининг энергия самарадорлигини ошириш учун техник ечим ҳисобланади.

1. Бурғилаш дастгоҳининг компрессор қурилмаси фақат бурғилаш жараёнида актив иш бажаргани сабабли компрессор қурилмаси электр двигателининг салт ишлаш вақтини камайтириш ва энергия тежамкор режимда ишлашини таъминлаш мақсадида двигателни бошқариш учун замонавий ва энергия тежамкор бошқарув

қурилмасы сифатида частотали бошқарув қурилмасини ўрнатиш таклиф қилинади (Solodukho, 1987).

Ишлаб чиқилган 1-таклифда ҳисоблаш амалга оширилди ва 143,6 кВт юклама учун 160 кВт лик асинхрон двигатель танланиши тавсия этилди.

Ишлаб чиқилган 2-таклиф асинхрон двигателни частотали бошқариш қурилмасы ёрдамида бошқариш учун компрессор двигатели номинал электр катталиклари, номинал қувват, номинал ток ва номинал кучланишларни ҳисобга олган ҳолда, частотали бошқариш қурилмасы танланди.

Асинхрон электр моторлари учун частота ўзгартиргичлар 3 хил усулда танланади:

- двигательнинг номинал токини ҳисоблаш усули ёрдамида;
- двигательнинг тўла қувватини номинал токи ва номинал кучланиши ёрдамида аниқлаш усули орқали;
- двигательнинг тўла қувватини фойдали иш коэффициенти ва қувват коэффициенти аниқлаш усули ёрдамида.

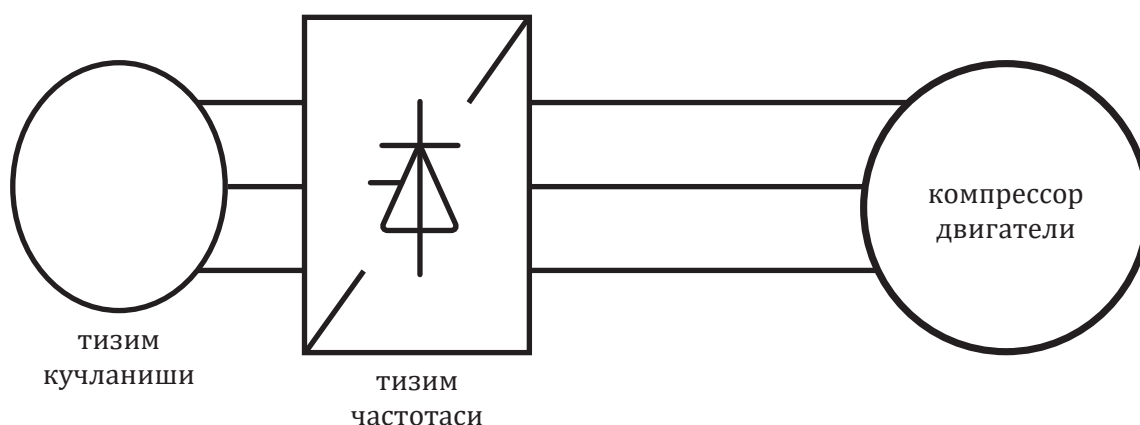
Юқорида келтирилган усуллардан компрессорларда қўлланаётган электр двигателни самарали бошқариш мақсадида ўрнатилиши таклиф қилинаётган частотали бошқариш қурилмасининг номинал кучланиши ва номинал токини аниқлаш усули орқали танлаш самарали. Электр двигателнинг номинал кучланиши 380 В эканлиги аниқ бўлгани учун номинал ток қуйидаги ифода ёрдамида ҳисобланади:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi \cdot \eta} = \frac{160}{1,73 \cdot 0,4 \cdot 0,83 \cdot 0,98} = 284,3 \text{ А.} \quad (2)$$

СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи компрессор қурилмасининг номинал токи $I=284$ А эканлиги юқоридаги формула орқали аниқланди. Ҳисоблашлар натижасида бурғилаш дастгоҳи компрессори учун АИР355 М80 маркали 160 кВт қувватли электр двигатель танланди ва ўрнатиш учун тавсия этилди.

СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи компрессори учун 160 кВт қувватли асинхрон электр двигателини оптимал иш режимида бошқариш ва ишлатиш учун СВ-7800ГФ-3-200К-ИП21 380В; 200 кВт маркали частотали ўзгартиргич танланди.

Қуйида СБШ-250МН бурғилаш станогини компрессорини частотали бошқариш схемаси келтирилган (4-расм).



4-расм. Бурғилаш станогини асосий электр двигателини частотали ўзгартиргич ёрдамида бошқариш схемаси

4-расмда СБШ-250МН карьер бурғилаш дастгоҳи компрессор қурилмасы электр двигателини оптимал бошқариш учун ўрнатилиши таклиф этилаётган частота ўзгартиргич қурилмасининг схемаси келтирилган.

Бугунги кунга қадар бурғилаш дастгоҳларининг электр двигателларини бошқаришда турли усуллардан фойдаланилмоқда, лекин компрессор қурилмасини бошқариш учун частотали бошқариш тизими ва схемалари ҳозиргача қўлланмаган. Шу сабабли СБШ-250МН бурғилаш қурилмаси электр двигателини бошқариш учун частотали бошқариш тизимини қўллаш оптимал вариант сифатида тавсия этилди.

Хулосалар

Мурунгов кони шароитида қўлланаётган бурғилаш қурилмасининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича техник ечимлар ишлаб чиқишда бурғилаш дастгоҳларининг компрессор қурилмаси учун кичик қувватли АИР355 М80 маркали электр двигателнинг оптимал варианты танланди. Ушбу электр двигателнинг энергия самарадор иш режимларида ишлашини таъминлаш мақсадида СВ-7800ГФ-3-200К-ИП21 380В маркали частотали бошқариш қурилмасини қўллаш тавсия этилади.

Таклиф қилинаётган лойиҳалар амалга оширилса, Мурунгов кони шароитида қўлланаётган бурғилаш қурилмаларининг энергия самарадорлиги янада ортади. Натижада республикамизнинг кончилик саноатида ишлатилаётган бурғилаш дастгоҳлари электр юритмалари учун энергия тежамкор ва оптимал бошқариш тизимлари йўлга қўйилади.

REFERENCES

1. Abramov, B. I. (2012). Electricity quality regulation in power supply systems of modern land and offshore drilling rigs. (In Russian). *Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference on Automated Electric Drive* (pp. 465-470). Ivanovo.
2. Abramov, B. I., & Kogan, A. I. (2009). Frequency-regulated electric drive of drilling rigs BU-4200/250. (In Russian). *Elektrotehnika*, 1, 8-13.
3. Anastasiev, P. I., Bershitsky, M. D., Bure B. N., et al. (1991). *Reference book on design of electrical networks and electrical equipment*. (In Russian). Moscow: Energoatomizdat Publ.
4. Arrillag, D., Bradley, D., & Bodger, P. (1990). *Harmonics in electrical networks*. (In Russian). Moscow: Energoatomizdat Publ.
5. Babkin, E. A. (2010). *Improvement, research and diagnostics of control systems of asynchronous frequency-controlled electric drive of drilling rig mechanisms* [PhD thesis]. (In Russian). Moscow.
6. Boyarskaya, N. P. (2011). *Improvement of methods of compensation of higher harmonics in electric networks 0,4-10 kV* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Krasnoyarsk.
7. Chebotaev, N. I. (2006). *Electrical equipment and power supply of open-pit mining operations*. (In Russian). Moscow: Gornaya Kniga Publ.
8. Dobrusin, L. A. (2003). *Filter-compensating devices for converter technology*. (In Russian). Moscow: NTF Energoprogress.
9. Dobush, V. S. (2013). *Compensation of hanging harmonics taking into account phase relations in the electrical complex of industrial enterprises* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). St. Petersburg.
10. Efimov, A. A., & Schreiner, R. T. (2001). *Active converters in regulated alternating current electric drives*. (In Russian). Novouralsk: NSTI Publ.
11. Green, A. V. (1998). *Filter-compensating devices for ensuring electromagnetic compatibility in electrotechnical complexes with a valve load* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). St. Petersburg: St. Petersburg State Mining Institute.
12. Momot, B. A. (2014). *Reducing the influence of frequency-controlled AC drive on the quality of electric power in networks with autonomous source*. (In Russian). St. Petersburg.
13. Motsoshein, B. I. (1991). *Electrical complexes of drilling rigs*. (In Russian). Moscow: Nedra Publ.

14. Musurmanov, E. Sh. (2023). Optimization of ventilation of sites in mines with complex mining and technological conditions. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 3, 24-31.
15. Parfyonov, B. M., Shevryov, Y. V., & Shinyansky, A. V. (1984). *Thyristor electric drives of the main mechanisms of drilling rigs in the systems of electric supply of commensurable power*. (In Russian). Moscow: Informelectro Publ.
16. Pronin, M. V., & Vorontsov, A. G. (2003). *Power fully controlled semiconductor converters (modelling and calculation)*. (In Russian). St. Petersburg: Elektrosila Publ.
17. Sarvarov, A. S., Shevryov, Y. V., & Fedorov, O. V. (2015). Estimation of cost-effectiveness of energy performance improvement in networks with semiconductor converters. (In Russian). *Vestnik SUSU. Series 'Energetics'*, 15 (3), 11-19.
18. Serdyuk, N. N., Kulikov, V. V., Shibano, B. V., Manchukov, V. G., Ermakov, Y. N., Bebenin, V. Y., Mitroko, V. M., & Lysov, M. G. (2006). *Drilling of wells for various purposes*. (In Russian). Moscow: Russian State Geological Exploration University.
19. Solodukho, Y. Y. (1987). *Trends of reactive power compensation* (Part 1). In: Reactive power under non-sinusoidal modes of operation. Moscow: Informelectro Publ.
20. Vinogradov, A. B. (2018). *Vector control of alternating current electric drives*. (In Russian). Ivanovo: GOUVPO 'Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin'.

UDC: 677.024.852.3(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/odehia>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ

Ахунбабаев Охунжон Абдурахмонович¹, Каримов Рустам Джахонгир угли²,
Мухаммадрасулов Шамсиддин Хасанович³

¹доктор технических наук,
профессор, директор
e-mail: margilon_shoyi@yahoo.
com

²докторант
ORCID: 0000-0002-4208-0884
e-mail:
rustamkarimovjaxongir1993@
gmail.com

³доктор философии по
техническим наукам (PhD),
старший научный сотрудник

^{1,3}Узбекский научно-
исследовательский институт
натуральных волокон

²Ферганский
политехнический институт

Аннотация. Тема исследования посвящена оптимизации натяжения нитей на ткацком станке с использованием математических моделей, что направлено на улучшение качества ткани. Цель работы – разработка метода расчёта оптимального натяжения нитей для снижения обрывности, особенно при производстве тканей из натурального шёлка. Актуальность исследования заключается в необходимости повышения качества текстильной продукции и снижения издержек за счёт оптимизации производственного процесса. Проблема состоит в отсутствии точных математических моделей, позволяющих контролировать натяжение нитей на различных этапах ткачества. Методология исследования основана на вариационном исчислении, где введён функционал для оценки распределения натяжения и решено уравнение Эйлера для его минимизации. В результате получена оптимальная модель распределения натяжения нитей, которая может быть использована для различных типов тканей и станков. В целях применения в текстильной отрасли, особенно при производстве деликатных материалов, возможно масштабирование результатов. Выводы исследования состоят в том, что предложенная модель способствует равномерному распределению натяжения, снижению дефектов и улучшению качества ткани.

Ключевые слова: натяжение нитей, ткацкий станок, оптимизация процесса, плотность нитей, контроль качества, контроль натяжения нитей, текстильные технологии.

TO‘QUV DASTGOHIDA IP TARANGLIGINI ANIQLASH

Axunbabayev Oxunjon Abduraxmonovich¹, Karimov Rustam Jaxongir o‘g‘li²,
Muhammadrasulov Shamsiddin Xasanovich³

¹texnika fanlari doktori,
professor, direktor

²doktorant

³texnika fanlari bo‘icha
falsafa doktori (PhD), katta
ilmiy xodim

^{1,3}O‘zbekiston tabiiy tolalar
ilmiy-tadqiqot instituti

²Farg‘ona politexnika instituti

Annotatsiya. Tadqiqot mavzusi matematik modellar yordamida to‘qimachilik dastgohida iplarning taranglik kuchini optimallashtirish va to‘qima sifatini yaxshilashga qaratilgan. Ushbu ishning maqsadi tabiiy ipakdan tayyorlangan to‘qimalar ishlab chiqarishda uzilishlar soni va mexanik shikastlanishlarni kamaytirish uchun iplarning optimal taranglik kuchini hisoblash metodini ishlab chiqarishdan iborat. Tadqiqotning dolzarbligi to‘qimachilik mahsulotlari sifatini oshirish va ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish orqali xarajatlarni kamaytirish zaruratidan kelib chiqadi. Muammo shundan iboratki, to‘quv jarayonining turli bosqichlarida iplarning taranglik kuchini boshqarishga imkon beradigan aniq matematik modellar yetishmaydi. Tadqiqot metodologiyasi variatsion hisoblashga asoslangan bo‘lib, taranglik taqsimotini baholash uchun funksional joriy etilib, uni minimallashtirish uchun Eyler tenglamasi yechildi. Natijada har xil mato va dastgohlar uchun qo‘llanishi mumkin bo‘lgan iplarning taranglik kuchini taqsimlashning optimal modeli olindi. Natijalarni sanoat to‘qimachilik sohasida, ayniqsa, nozik materiallar ishlab chiqarishda qo‘llash mumkin. Xulosalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan model taranglikning bir tekis taqsimlanishini ta‘minlaydi, nuqsonlarni kamaytiradi va to‘qima sifatini yaxshilaydi.

Kalit so‘zlar: ip tarangligi, to‘quv mashinalari, jarayonni optimallashtirish, ip zichligi, sifat nazorati, ip tarangligi monitoringi, to‘qimachilik texnologiyasi.

DETERMINING THE THREAD TENSION ON A WEAVING LOOM

Akhunbabaev Ohunjon Abdurakhmonovich¹, Karimov Rustam Jakhongir ugli²,
Mukhammadrasulov Shamsiddin Hasanovich³

¹Doctor of Technical Sciences,
Professor, Director

²Doctoral Student

³Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Associate

^{1,3}Uzbek Scientific Research
Institute of Natural Fibers

²Fergana Polytechnic
Institute

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 29.10.2024

Qabul qilingan/Принято/
Accepted: 28.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
14.12.2024

Abstract. The research is made into optimization of yarn tension on a weaving loom using mathematical models, which is aimed at improving fabric quality. The focus of the work is to develop a method for calculating the optimal thread tension to reduce breakage, especially in production of fabrics from natural silk. The relevance of the study lies in the need to enhance the quality of textile produce and reduce costs by optimizing the manufacturing process. The problem is in the lack of precise mathematical models that enable control on the yarn tension at various stages of the weaving process. The research methodology is based on variation calculus, where a functional is introduced to assess distribution of tension, and Euler's equation is solved to minimize it. As a result, an optimal model for yarn tension distribution, that can be applied to various types of fabrics and looms, has been achieved. Scaling of the findings is possible for the benefit of the industrial textile sector, especially in manufacture of delicate materials. Conclusions show that the proposed model helps ensure even tension distribution, reduce defects, and improve fabric quality.

Keywords: thread tension, weaving machines, process optimization, thread density, quality control, thread tension control, textile technologies.

Введение

Ткачество представляет собой сложный процесс, в котором важную роль играет натяжение нитей. Натяжение основы и утка напрямую влияет на качество ткани и стабильность работы ткацкого станка. Оптимальное натяжение способствует равномерному переплетению нитей и предотвращает дефекты ткани, такие как пропуски или разрывы.

Исследования, посвящённые определению натяжения нитей на ткацких станках, являются важным направлением в текстильной промышленности, поскольку от точности натяжения зависит качество готовой ткани и эффективность работы ткацкого оборудования. В обзоре источников можно выделить несколько ключевых моментов и недостатков, которые ограничивают применимость моделей в реальных условиях.

В статье Bashmetov (2015) рассматриваются расчёты натяжения основных нитей на ткацком станке, но в ней не учитывается влияние различных факторов, таких как скорость движения нитей и особенности используемой пряжи. Это ограничивает возможности модели для применения в условиях практического производства, где условия эксплуатации могут значительно варьироваться в зависимости от типа ткани и конструкции станка. Так, при производстве специфических тканей типа крепдешин, необходимо учитывать дополнительные параметры, влияющие на натяжение, например различия в плотности основы и утка, а также специфические механические свойства пряжи.

Jayawardana et al. (2015) предлагают интересный подход, изучая натяжение основы при производстве узких (небольшой ширины) тканей и разрабатывая компенсатор натяжения для предотвращения дефектов на старте. Однако эта работа ориентирована в основном на узкие ткани, что делает её менее применимой к более сложным тканям, таким как крепдешин. В дополнение к этому, предложенные решения не учитывают все механизмы компенсации дефектов, возникающих при изменении параметров работы станка, что также ограничивает их универсальность.

Работа Bolotny et al. (2012) исследует зависимость натяжения основы от параметров наладки основного регулятора, однако авторы не учитывают нестабильность натяжения в реальных условиях эксплуатации, таких как влияние колебаний скорости ткацкого станка и изменений в плотности ткани. Это важно для достижения более стабильных и качественных результатов, поскольку любые отклонения в этих параметрах могут привести к дефектам ткани.

В статье Akramov & Lastochkin (2022) даётся более подробный анализ натяжения нитей на ткацком станке, но также не рассматриваются все механические и динамические изменения, которые происходят в процессе производства ткани. Например, это статическое и динамическое натяжение основы и утка в зависимости от скорости работы станка и других переменных, таких как тип ткани и её плотность. Это делает результаты исследования менее точными для таких специфичных тканей, как крепдешин, где стабильность натяжения играет ключевую роль в достижении качественного результата.

Таким образом, большинство представленных исследований предоставляют полезную теоретическую информацию, но их практическое применение ограничено из-за недостаточной адаптации к специфике различных типов тканей и реальных производственных условий. Для повышения точности расчётов и эффективности работы ткацких станков необходимо учитывать динамику работы оборудования, параметры ткани и взаимодействие между нитями основы и утка в процессе производства.

Материалы и методы

Цель данной статьи – рассмотреть методы определения натяжения нитей на ткацком станке Cheong Woon CW200 с использованием формул и графиков, что позволит оптимизировать процесс производства ткани, например крепдешина, а также работу с натуральным шёлком.

В исследовании было применено руководство, соответствующее национальному стандарту Республики Узбекистан O'z DSt 3313:2018 «Шёлк-сырец. Технические условия», что гарантирует соответствие процедурам, принятым в данной отрасли, и способствует получению надёжных и воспроизводимых результатов.

Для обработки экспериментальных данных использовались методы математической статистики, что позволяет объективно анализировать результаты, минимизировать влияние случайных ошибок и оптимизировать параметры, такие как натяжение нитей основы и утка. Это особенно важно при разработке моделей и алгоритмов для ткацких станков, таких как CW200, применяемых в производстве тканей типа крепдешин.

Исследования, основанные на действующих национальных стандартах и методах статистической обработки данных, позволяют точно контролировать и оптимизировать процессы натяжения нитей на ткацком станке, что напрямую влияет на качество производимой ткани.

Результаты исследования

Измерение натяжения нитей на ткацком станке CW200 проводится с использованием специального оборудования, позволяющего точно фиксировать усилие, прикладываемое к нитям в процессе их переплетения.

Рассмотрим несколько основных типов оборудования и схем, которые могут быть использованы для контроля натяжения нитей при производстве крепдешина.

Оборудование для измерения натяжения нитей:

1. Тензометры для нитей (рис. 1)

Принцип работы: тензометр используется для измерения силы натяжения нитей на основе деформации упругого элемента в устройстве. Датчики прикладывают усилие к нити, и на экране выводится значение натяжения в Ньютонах.

Применение: чаще всего тензометры используются для контроля натяжения нитей основы на ткацких станках. Они могут быть как ручными, так и встроенными в автоматические системы контроля натяжения.

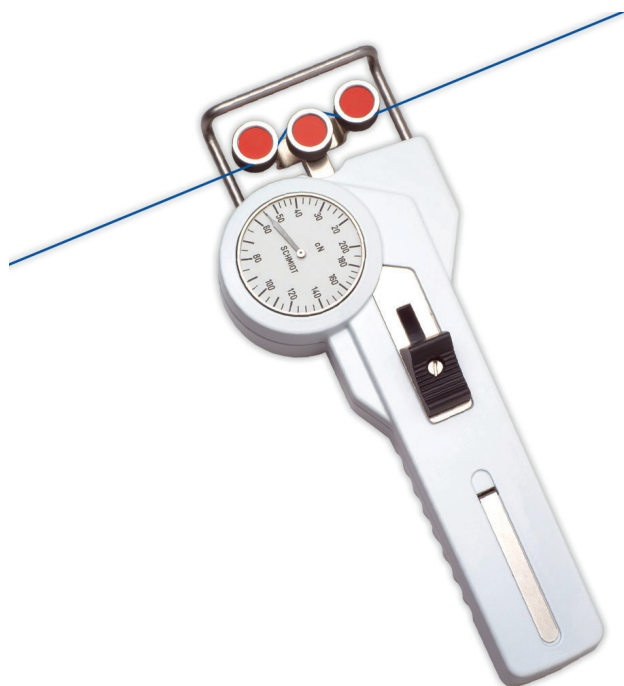


Рисунок 1. Тензометр для нитей

2. Электронные датчики натяжения

Принцип работы: современные станки оснащены электронными датчиками, которые измеряют и контролируют натяжение нитей в режиме реального времени. Датчики крепятся на специальные валки, через которые проходят нити, и изменения натяжения фиксируются электроникой.

Применение: используются на современных автоматизированных ткацких станках для мониторинга натяжения в реальном времени и корректировки параметров работы станка.

3. Силомеры для измерения натяжения

Принцип работы: представляют собой устройства, измеряющие силу натяжения за счёт сопротивления нити растяжению. Они могут использоваться как для основы, так и для утка.

Применение: это универсальные устройства, которые могут использоваться для различных типов нитей и тканей.

Теория натяжения нитей

Натяжение нитей основы и утка определяется как сила, прикладываемая к нити для её растяжения. Основное уравнение натяжения можно выразить через закон Гука для упругих тел (SYL.ru, 2024):

$$T = E \cdot \frac{\Delta L}{L}, \quad (1)$$

где T – натяжение нити (Н);

E – модуль упругости материала нити (Н/м²);

ΔL – удлинение нити (м);

L – исходная длина нити (м).

Для каждого типа нити (основа и уток) натяжение может варьироваться в зависимости от свойств материала, плотности ткани и скорости работы станка.

Натяжение основы

Основные нити на ткацком станке подвергаются значительным нагрузкам. В процессе ткачества они постоянно находятся под натяжением, и важно поддерживать его на уровне, достаточном для равномерного переплетения с утком.

Плотность основы задаётся количеством нитей на единицу длины. Формула для расчёта натяжения основы может быть записана следующим образом:

$$T_{осн} = P \cdot D \cdot \frac{v}{f}, \quad (2)$$

где $T_{осн}$ – натяжение основы (Н);

P – плотность основы (нитей на метр);

D – диаметр нити (м);

v – скорость движения нити (м/с);

f – коэффициент трения.

Расчёты

Для того чтобы выполнить расчёты по натяжению нитей, применим приведённые ранее формулы. Возьмём следующие данные:

Плотность основы $P = 360$ нитей / 10 см, или 3600 нитей / 1 м в пересчёте в единицах СИ).

Диаметр шёлковой нити $D = 0,0002$ м.

Скорость движения нити v варьируется от 1 до 5 м/с (это соответствует рабочим параметрам ткацких станков, диапазон обеспечивает баланс между производительностью и качеством ткани). Так, скорость 1÷3 м/с подходит для деликатных материалов, таких как шёлк, скорость 3÷5 м/с применяется в массовом производстве. Шёлковые нити способны выдерживать скорость до 5 м/с, при этом натяжение увеличивается линейно (Jayawardana et al., 2015).

Коэффициент трения $f = 0,02$ (для шёлковой нити).

Подставляем значения для различных скоростей v от 1 до 5 м/с:

$$T_{осн}(v = 1) = 3600 \cdot 0,0002 \cdot \frac{1}{0,02} = 36 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 2) = 3600 \cdot 0,0002 \cdot \frac{2}{0,02} = 72 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 3) = 3600 \cdot 0,0002 \cdot \frac{3}{0,02} = 108 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 4) = 3600 \cdot 0,0002 \cdot \frac{4}{0,02} = 144 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 5) = 3600 \cdot 0,0002 \cdot \frac{5}{0,02} = 180 \text{ Н}.$$

Для плотности основы $P = 340$ нитей на 10 см (или 3400 нитей на метр) формула остаётся прежней. Подставим новые значения и произведём расчёты:

$$T_{осн}(v = 1) = 3400 \cdot 0,0002 \cdot \frac{1}{0,02} = 34 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 2) = 3400 \cdot 0,0002 \cdot \frac{2}{0,02} = 68 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 3) = 3400 \cdot 0,0002 \cdot \frac{3}{0,02} = 102 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 4) = 3400 \cdot 0,0002 \cdot \frac{4}{0,02} = 136 \text{ Н};$$

$$T_{осн}(v = 5) = 3400 \cdot 0,0002 \cdot \frac{5}{0,02} = 170 \text{ Н}.$$

Теперь, используя полученные данные, построим график. На графике ниже представлена зависимость натяжения нити основы от плотности ткани и скорости движения нити (рис. 2).

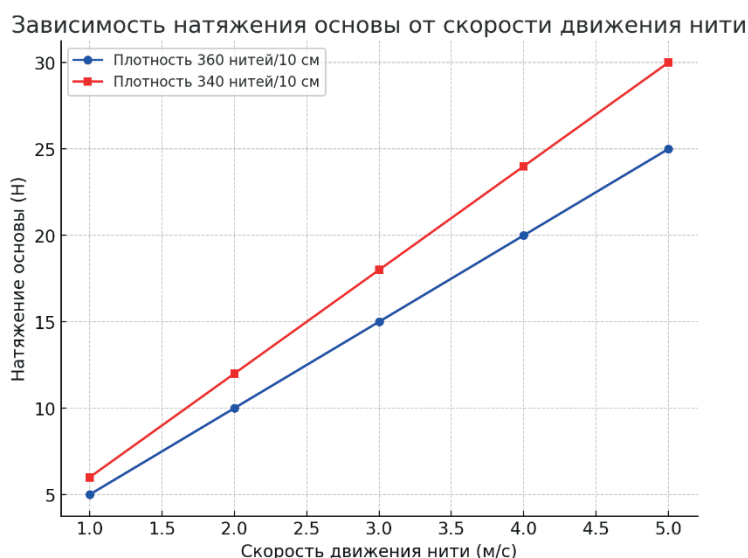


Рисунок 2. Зависимость натяжения нити основы от плотности ткани и скорости движения нити

Натяжение утка

Нити утка не находятся под постоянным натяжением. После того как уток протянут через зев, он должен быть равномерно затянут для образования правильной структуры ткани.

Для утка натяжение может быть выражено следующим образом:

$$T_{ym} = \frac{F}{A'} \quad (3)$$

где T_{ym} – натяжение утка (Н);

F – сила, приложенная к утку (Н),

A – площадь поперечного сечения нити (м²).

Определение натяжения нитей с использованием вариационного исчисления

Оптимизация натяжения нитей основы и утка на ткацких станках является важным аспектом в процессе производства ткани, так как оно напрямую влияет на качество и прочность конечного изделия. В данном разделе рассмотрим математическую модель, основанную на вариационном исчислении, для оптимизации натяжения нитей с целью минимизации механических потерь и улучшения качества ткани.

Формулировка функционала

Натяжение нити зависит от её положения на станке. В этом случае можно ввести функционал, который выражает затраты энергии на поддержание натяжения нити и влияние натяжения на качество ткани. Общая форма функционала может быть представлена следующим образом:

$$I[y(x)] = \int_a^b (T(x) \cdot y'(x)^2 + C(x) \cdot y(x)^2) dx, \quad (4)$$

где $y(x)$ – натяжение нити в зависимости от позиции x на станке;

$T(x)$ – функция, представляющая зависимость от механических характеристик устройства, таких как сила сопротивления или трение в системе;

$C(x)$ – функция, описывающая жёсткость ткани или плотность основного материала.

Оптимизация натяжения нити

Цель состоит в том, чтобы минимизировать функционал $I[y(x)]$, что приведёт к оптимальному распределению натяжения по длине нити. Для этого нужно решить уравнение Эйлера для функционала:

$$\frac{\partial}{\partial y}(T(x) \cdot y'(x)^2 + C(x) \cdot y(x)^2) - \frac{d}{dx}(\frac{\partial}{\partial y'}(T(x) \cdot y'(x)^2 + C(x) \cdot y(x)^2)) = 0. \quad (5)$$

Решение этого уравнения даст оптимальное распределение натяжения нити $y(x)$ в зависимости от технологических параметров станка и характеристик материала ткани. Это в свою очередь обеспечит равномерное натяжение и минимизирует дефекты ткани, такие как растяжения или излишняя жёсткость.

Условия задачи:

1. Функция натяжения $y(x)$ – линейная, то есть:

$$y(x) = y_0 + kx, \quad (6)$$

где y_0 – начальное натяжение нити;

k – коэффициент, определяющий изменение натяжения вдоль станка.

2. Функция сопротивления $T(x)$ принимается постоянной:

$$T(x) = T_0, \quad (7)$$

где $T_0 = 10$ Н – постоянная сила сопротивления трения в системе.

3. Функция жёсткости $C(x)$ также принимает постоянное значение:

$$C(x) = C_0, \quad (8)$$

где $C_0 = 5$ Н/м² – коэффициент жёсткости материала ткани.

Таким образом, функционал для минимизации имеет вид:

$$I[y(x)] = (T_0 \cdot (k)^2 + C_0 \cdot (y_0 + kx)^2) dx \quad (9)$$

Подстановка значений и упрощение:

$$\begin{aligned} I[y(x)] &= \int_a^b (10 \cdot k^2 + 5 \cdot (y_0 + kx)^2) dx \\ I[y(x)] &= \int_a^b (10 \cdot k^2 + 5 \cdot (y_0^2 + 2y_0 kx + k^2 x^2)) dx \\ I[y(x)] &= \int_a^b 10 \cdot k^2 dx + \int_a^b 5 \cdot y_0^2 dx + \int_a^b 10 y_0 kx dx + \int_a^b 5 k^2 x^2 dx \\ &\quad \circ \int_a^b 10 \cdot k^2 dx = 10 \cdot k^2 \cdot (b - a) \\ &\quad \circ \int_a^b 5 \cdot y_0^2 dx = 5 \cdot y_0^2 \cdot (b - a) \\ &\quad \circ \int_a^b 10 \cdot y_0 kx dx = 10 \cdot y_0 \cdot k \cdot \frac{b^2 - a^2}{2} \\ &\quad \circ \int_a^b 5 \cdot k^2 x^2 dx = 5 \cdot k^2 \cdot \frac{b^2 - a^2}{2} \end{aligned} \quad (10)$$

Расчёт итогового значения функционала:

Сложив все части, получим:

$$I[y(x)] = 10 \cdot k^2 \cdot (b-a + 5 \cdot y_0^2 \cdot (b-a) + 10 \cdot y_0 \cdot k \cdot \frac{b^2-a^2}{2} + 5 \cdot k^2 \cdot \frac{b^3-a^3}{3}). \quad (11)$$

Выбор оптимального k

Для минимизации функционала необходимо найти производные по k и y_0 и приравнять их к нулю:

$$\frac{\partial I}{\partial k} = 0 \text{ и } \frac{\partial I}{\partial y_0} = 0 \quad (12)$$

Эти уравнения позволяют вычислить оптимальные значения k и y_0 , которые обеспечат минимальное натяжение нити при заданных технологических условиях: $a = 0$ м, $b = 1$ м (длина нити), $y_0 = 0,2$ Н, $k = 0,1$ Н/м.

Подставив эти значения в уравнение функционала (11), можно получить его численное значение и определить оптимальные параметры.

Результаты расчётов для функционала:

- первый интеграл: 100 Н·м
- второй интеграл: 200 Н·м
- третий интеграл: 1000 Н·м
- четвёртый интеграл: 1666,67 Н·м

Общая сумма функционала: $I = 2966,67$ Н·м.

Практическое применение

Реализация данной модели позволит оптимизировать процесс ткачества, обеспечивая более стабильное качество ткани. Использование таких методов также позволит уменьшить износ оборудования, повысить долговечность нитей и улучшить характеристики ткани, такие как прочность, равномерность и внешний вид.

Анализ результатов исследования

Расчёты показали, что при увеличении скорости движение нити натяжение увеличивается линейно. Так, при плотности основы $P = 3600$ нитей/м, диаметре $D = 0,0002$ м и $v = 1$ м/с натяжение равно $T = 36$ Н, а при тех же параметрах и $v = 5$ м/с натяжение $T = 180$ Н.

Эти результаты показывают, что для шёлковых нитей даже при максимальной скорости 5 м/с натяжение остаётся в допустимых пределах, что подтверждается в исследовании математическим моделированием и оптимизацией натяжения.

Выводы

Натяжение нитей основы и утка является важнейшим фактором в процессе ткачества, напрямую влияя на качество и свойства ткани. Точное измерение и регулирование этого параметра позволяет минимизировать дефекты ткани, такие как неравномерное плетение, слабые или чрезмерно жёсткие участки.

Использование современных измерительных приборов, таких как тензометры и электронные датчики натяжения, позволяет контролировать процесс в режиме реального времени. Это особенно важно при работе с натуральными шёлковыми нитями, где небольшие изменения натяжения могут значительно повлиять на качество конечного продукта, например в производстве креповой ткани.

Выполненные расчёты показывают, что натяжение зависит от плотности нитей, скорости их движения и коэффициента трения. Правильная настройка этих параметров способствует стабильной работе ткацкого станка и улучшает прочность и внешний вид ткани.

REFERENCES

1. Akhmedbekova, A. V., Dremova, N. V., Ortikov, O. A., & Usmanov, H. S. (2022). Mathematical modeling of the oscillatory process of the reed of a fabric-forming mechanism. (In Russian). *Universum: Technical Sciences*, 1-2 (94), 16-19.
2. Akramov, A. M., & Lastochkin, P. D. (2022). Determination of thread tension on a loom. (In Russian). *Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS)*, 2 (10), 34-40.
3. Bashmetov, V. S. (2015). To calculation of the main thread tension on the weaving machine. (In Russian). *Vestnik of the Vitebsk State Technological University*, 28, 27-30. SciUp.org
4. Bolotnyi, A. P., Brut-Bruliako, A. B., & Erokhova, M. N. (2012). Dependence of warp tension on the main regulator adjustment parameters. (In Russian). *Izv. vuzov. Technology of textile industry*, 2, 58-62.
5. Ishmatov, A. B. (2013). *Improvement of technology of receiving and preparation of natural silk yarns for weaving*. (In Russian). Kostroma: KSTU.
6. ISO 2060:1994. (1994). Textile yarns – Determination of linear density (mass per unit length) by the skein method. *International Organization for Standardization*.
7. Jayawardana, T., Wijesena, G., Fernando, E. A. S. K., & Kuruppu, R. (2015). Warp tension analysis of narrow fabric weaving and designing of tension compensator to avoid start up marks. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 30, 393-399.
8. Kadyrova, M. A., & Rakhimkhodjaev, S. S. (2022). *Analytical studies of weft yarn tension in a shuttle catch*. (In Russian).
9. Likucheva, A. A. (2003). *Development of the method of calculation of shedding parameters on modern weaving machines and ways to reduce the tension of their filling*. (In Russian). Moscow.
10. Main.isuct.ru. (2024). *Fundamentals of textile production: mechanical and chemical processes*. (In Russian). <http://main.isuct.ru>
11. Natural-Sciences.ru. (2024). *Subversive innovative technologies of textile industry*. (In Russian). <https://natural-sciences.ru>
12. Nazarova, M. V., & Bereznyak, M. G. (2006). Use of mathematical method of approximation of functions with application of Bessel polynomial in the analysis of technological processes of weaving production. (In Russian). *Advances in Modern Scientific Knowledge*, 12, 91-93.
13. Nazarova, M. V., & Romanov, V. Yu. (2013). Estimation of tension of weaving machine dressing during production of fabrics of different weave. (In Russian). *Izv. vuzov. Technology of textile industry*, 2, 63-67.
14. Nazarova, M. V., Boyko, S. Y., & Zavyalov, A. A. (2013). Development of optimal technological parameters of fabric production with high strength properties. (In Russian). *International Journal of Experimental Education*, 10, 2, 385-390.
15. Ortikov, O. A. (2019). Studies of warp thread tension in weaving machine. (In Russian). *SCI-ARTICLE. RU*, 157.
16. Romanov, V. V., Titov, S. N., & Nikiforov, I. S. (2008). Regulation of warp tension on weaving machines. *Izv. vuzov. Technology of textile industry*, 4-S, 74-76. (In Russian).
17. Sobirova, G. N., & Rakhimkhodjaev, S. S. (2024). *Optimization of yarn tension on weaving machines*. (In Russian).
18. SYL.ru. (2024). *Hooke's law: concept, formulation and application in practice*. (In Russian). <https://www.syl.ru>
19. Valiuk, P. S., & Tikhonova, J. E. (2010). Analysis of the influence of threading parameters of different weaving machines on the quality of manufactured fabrics. (In Russian). *Proceedings of the 43rd Scientific and Technical Conference of University Teachers and Students* (pp. 188-189).
20. Vsemfenshui.ru. (2014). *The doctrine of Hooke's law: principles of stress-strain relationship and its application in science and engineering*. (In Russian). <https://www.vsemfenshui.ru>

UDC: 631.363.7(045)(575.1)
EDN: <https://elibrary.ru/vyvcyb>

ARALASHTIRGICH QOPQOG‘I PARAMETRLARINI ASOSLASH

Eshdavlatov Eshpo‘lat Uzoqovich¹, Suyunov Alisher Abdigapporovich²,
Shodiyev Shahriyor Nomoz o‘g‘li³

¹texnika fanlari doktori,
professor,
e-mail: eeshpulat@umail.uz

²doktorant,
e-mail: asuyunov@mail.ru

³doktorant,
e-mail:
shodiyevshahriyor13@gmail.
com

Qarshi muhandislik-
iqtisodiyot instituti

Annotatsiya. Maqolada bugungi kunda chorva mollari mahsuldorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega bo‘lgan dag‘al va shirali oзуqalar hamda oзуqabop sanoat chiqindilari bilan kombinatsiyalangan oзуqalar aralashmasi tayyorlashning dolzarbligi ko‘rib chiqilgan. Oзуqalar aralashmasini tayyorlash samaradorligini oshiruvchi muhim omillardan biri – bu uni oqimli usulda tayyorlash hamda energiya va resurstejamkor uzluksiz ishlovchi aralashtirgichdan foydalanishdir. Aralashtirgichning ish sifati, unumdorligi va energiya sarfiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta‘sir ko‘rsatadigan omillardan biri aralashtirgich kamerasi shaklini belgilovchi qopqoqni ishlab chiqish zaruratidir. Qopqoqning parametrlari nazariy va amaliy jihatdan aniqlangan bo‘lib, parametrlar va ishchi organ rejimining aralashtirgich ish unumdorligi va texnologik jarayonning bajarilishi uchun talab qilinadigan quvvatga ta‘sirini ifodalovchi matematik formulalar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, aralashtirish kamerasida oзуqalar aralashmasining bo‘lish vaqti 2,47 s, o‘qiy tezligi 0,81 m/s va aralashtirgichning ish unumdorligi 15,5 t/h ni tashkil etadi. Oзуqalar aralashmasining hajmiy massasi $120 \div 600 \text{ kg/m}^3$ oralig‘ida bo‘lganda, aralashtirgichning nazariy ish unumdorligi $7 \div 24 \text{ t/h}$ va texnologik jarayon bajarilishi uchun talab qilinadigan quvvat esa $0,45 \div 1,52 \text{ kVt}$ bo‘lishi nazariy jihatdan asoslab berilgan. Olingan ma‘lumotlar asosida uzluksiz ishlovchi aralashtirgichlardan sanoat namunalari ishlab chiqishda foydalanish tavsiya etilgan.

Kalit so‘zlar: oзуqalar aralashma, aralashtirgich, aralashtirish kamerasi, uzluksiz, qopqoq, shnek, ish unumdorligi, quvvat, o‘qiy tezlik, harakat traektoriyasi, aylanish chastotasi.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЫШКИ КОРМОСМЕСИТЕЛЯ

Эшдавлатов Эшпулат Узокович¹, Суюнов Алишер Абдигаппорович²,
Шодиев Шахриёр Номоз угли³

¹доктор технических наук,
профессор

²докторант

³докторант

Каршинский инженерно-
экономический институт

Аннотация. В статье рассмотрен актуальный на сегодняшний день вопрос приготовления комбикормовых смесей с грубыми и сочными кормами, а также с отходами кормопроизводства, имеющими важное значение для повышения продуктивности скота. Одним из важных факторов, повышающих эффективность приготовления кормовой смеси, является её приготовление поточным способом, а также использование энергоэффективного и ресурсосберегающего кормосмесителя непрерывного действия. Поэтому необходимо обоснование параметров крышки, соответствующей форме камеры кормосмесителя, так как это существенный элемент, непосредственно влияющий на качество работы, производительность и энергопотребление кормосмесителя. Данные параметры определены теоретически и практически, разработаны математические формулы, выражающие влияние параметров и режима работы рабочего органа на производительность и мощность кормосмесителя и необходимые для выполнения технологического процесса. Согласно результатам исследования, время нахождения питательной смеси в смесительной камере составляет 2,47 с, скорость движения оси шнека – 0,81 м/с, производительность кормосмесителя – 15,5 т/ч. Теоретически обосновано, что при объёмной массе питательной смеси в пределах $120 \div 600 \text{ кг/м}^3$ теоретическая производительность смесителя составляет $7 \div 24 \text{ т/ч}$, а требуемая мощность для выполнения технологического

процесса – $0,45 \div 1,52$ кВт. На основе полученных данных было рекомендовано при разработке промышленных образцов использовать кормосмесители непрерывного действия.

Ключевые слова: подача, смесь, кормосмеситель, смесительная камера, непрерывность, крышка, шнек, производительность, мощность, скорость оси, траектория движения, частота вращения.

THE RATIONALE FOR FEED MIXER LID PARAMETERS

Eshdavlatov Eshpulat Uzokovich¹, Suyunov Alisher Abdigapporovich²,
Shodiev Shakhriyor Nomoz ugli³

¹ Doctor of Technical Sciences, Professor

² Doctoral Student

³ Doctoral Student

Karshi Engineering Economics Institute

Abstract. The article reveals the current relevance of preparation of mixed fodder mixtures with coarse and succulent fodder, as well as with feed production wastes, which are good for raising the livestock productivity. One of the important factors increasing efficiency of preparation of a feed mixture, is its preparation by a flow method, and also use of energy-efficient and resource-saving continuous feed mixers. Therefore, it is considered important to justify parameters of a lid that will meet the shape of the feed mixer chamber, as it is an essential element immediately affecting the quality of work, productivity and energy consumption of the feed mixer. These parameters are determined theoretically and practically, mathematical formulas expressing the effect of parameters and mode of operation of the working body on the productivity and power of the feed mixer and required for implementation of the technological process have been developed. According to the research findings, the time of keeping the feed mixture in the mixing chamber is 2.47 sec., the speed of the auger axis is 0.81 m/s, the productivity of the feed mixer is 15.5 tons/h. Theoretical productivity of the mixer and the required power to perform the technological process have been justified to be $7 \div 24$ t/h and $0,45 \div 1,52$ kW, accordingly at the volumetric mass of the feed mixture within $120 \div 600$ kg/m³. As per retrieved data, the use of continuous feed mixers, is being recommended for developing industrial samples.

Keywords: feed, mixture, mixer, mixing chamber, continuity, cover, auger, productivity, power, axial speed, time, trajectory of movement, rotation frequency.

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 31.10.2024

Qabul qilingan/ Принято/
Accepted: 26.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/ Published:
14.12.2024

Kirish

Chorvachiligi rivojlangan davlatlarda ozuqalar aralashmasini tayyorlashning kam xarajatli texnologiyalari va ularni amalga oshiradigan texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan, "...qishloq xo'jaligini ilmiy asosda intensiv rivojlantirish orqali dehqon va fermerlar daromadini kamida ikki baravar oshirish, qishloq xo'jaligining yillik o'sishini kamida besh foizga yetkazish" vazifalari belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda chorvachilik fermalari, komplekslar, klasterlar va mustaqil ozuqa aralashmalarini ishlab chiqarish korxonalarining ozuqa tayyorlash sexlarida ozuqalarni oqimli usulda sifatli aralashtirishni ta'minlaydigan texnik vositalar ishlab chiqish muhim vazifalardan hisoblanadi. Jumladan, dag'al va shirali ozuqalar, ozuqabop sanoat chiqindilari bilan kombikormni zootexnik talab darajasida aralashtirish imkonini beradigan energiya va resurstejamkor qurilmalar yaratishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Shu jihatdan ozuqa aralashmalarini oqimli usulda tayyorlash uchun texnologik jarayonning uzluksizligi, energiya va resurstejamliligi, yuqori ish unumdorligi va sifatini ta'minlaydigan ozuqa aralashtirgichlarini ishlab chiqish, ularning ishchi qismlarining parametr va texnologik ish rejimlarini asoslash dolzarbdir.

Ozuqa aralashmalarini tayyorlash nazariyasi va usullarini ishlab chiqish, dag'al, shirali va konsentrat ozuqalarni aralashtirish va ularga aralashtirish jarayonida qo'shimcha ishlov

berishda qo'llanadigan aralashtirgichlarning konstruktiv parametrlari hamda ish rejimlarini asoslash bo'yicha bir qancha tadqiqotlar olib borilgan.

Ammo mazkur tadqiqotlarda chorvachilik fermalarining ozuqa sexlarida ozuqa aralashmasini oqimli usulda tayyorlash uchun texnologik jarayonning uzluksizligi, energiya va resurstejamkorligi, yuqori ish unumdorligi va sifatini ta'minlaydigan, aralashtirish jarayonida issiqlik va suyuqlik kiritish bilan ishlov beradigan uzluksiz ishlaydigan aralashtirish texnik vositalari ishlab chiqish va ularni ilmiy-texnologik asoslash masalalari yetarli darajada o'rganilmagan.

Ma'lumki, aralashtirish jarayoniga ta'sir qiluvchi asosiy omillardan biri aralashtirish kamerasi shaklidir. Ayniqsa, bu qorigichli ishchi organga ega bo'lgan aralashtirgichlarga xos xususiyatdir.

Aralashish jarayonining ish unumdorligi, energohajmdorligi va ozuqalarning aralashish sifatiga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash bo'yicha olib borilgan bir qator ilmiy tadqiqotlarga qisqacha to'xtalib o'tamiz.

Kurakchali ish organiga ega aralashtirgichlarda olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida ish unumdorligi va uning ishchi organiga harakatlantirish uchun talab qilinayotgan quvvat orasidagi o'zaro bog'lanish aniqlangan va uni amaliy hisoblashlarda qo'llash tavsiya etilgan (Sevrov, 1962; Zhevlakov, 1958).

Mualliflar aralashtirgichdagi kurakchalarning harakati natijasida yuzaga keladigan fizik jarayonlarni tahlil qilib, ozuqa massasidagi harakatdan hosil bo'ladigan qarshilikning asosiy shakllarini aniqlagan. Shuningdek, ular aralashtirish jarayoniga sarflanadigan quvvatga ta'sir etuvchi qarshilik kuchlarini nazariy jihatdan asoslab bergan. Ammo mualliflar aralashtirgichning talab qiladigan quvvatini aniqlashda ishchi organing aylanish chastotasi ortib borishi bilan ozuqa massasi qopqoqqa urilishi va qaytib tushishi, ya'ni aylanishga qarama-qarshi yo'nalishda ishchi organga qaytib tushishi natijasida yuzaga keladigan qo'shimcha qarshilik kuchini hisobga olishmagan. Ushbu qarshilik kuchini yengish uchun qo'shimcha quvvat talab etiladi. Bundan tashqari, qopqoqdan qaytgan ozuqa massasi ishchi organ ta'siridagi ozuqa massasining aylanma harakatini to'xtatishga ta'sir ko'rsatadi, bu esa ish unumdorligini pasaytiradi.

Yuqoridagi nazariy ma'lumotlardan ma'lum bo'ladiki, valning aylanish chastotasi oshishi bilan aralashtirgich ish unumdorligi va unga talab qilinadigan quvvatning nazariy va eksperimental ko'rsatkichlari o'rtasidagi farq ham ortib borgan. Shu bilan birga, aralashish sifati darajasi valning ma'lum bir aylanish chastotasigacha oshgan va keyinchalik kamaya boshlagan.

Demak, xulosa qilish mumkinki, bunday ko'rinishdagi aralashtirgichlarni loyihalashda aralashtirish kamerasi va uning qopqog'i shaklini ham e'tiborga olish kerak.

Qorigichli ishchi organga ega aralashtirgichlarni ikki guruhga ajratish mumkin: ishchi organing yuqori qismida bo'shliq bo'lmagan sekin harakatlanuvchi va ishchi organing yuqori qismida bo'shliq mavjud tez harakatlanuvchi aralashtirgichlar.

Birinchi guruh aralashtirgichlarida aralashtirish jarayoni, asosan, ishchi organing ozuqa komponentlari zarrachalariga ta'sir etib, ularni bir-birining ichiga kiritib borishi hisobiga amalga oshiriladi.

Tadqiqotchilar Pogosyan (1980) va Dumikyan (1983) ikkinchi guruh aralashtirgichlarida aralashtirish jarayoni, asosan, ishchi organ yuqorisida bo'shliq va qopqoqdagi qaytaruvchi sirtlar mavjudligi sababli ozuqa massasining bir necha marotaba yuqoriga uloqtirilishi, qopqoqqa urilishi va undan qaytib, xaotik harakat qilishi hamda ishchi organing chiqarish bo'g'iziga yo'naltirilishi orqali amalga oshirilishini ta'kidlashgan.

Uzluksiz ishlaydigan aralashtirgich ustida olib borilgan nazariy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, unda bajariladigan texnologik jarayon uzluksizligi, aralashma sifati va resurstejamkorligi ta‘minlanishi uchun ish unumdorligi va energiya sarfi formulalariga aniqlik kiritish zarur.

Material va metodlar

Tadqiqot ishi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining “Chorvachilik va baliqchilik uchun ozuqalarni yedirishga tayyorlaydigan resurstejamkor qurilmalar ishlab chiqish” topshirig‘i (2017–2021-yy.) va 15-095 “Ozuqalarga issiqlik bilan ishlov beruvchi uzluksiz ta‘sirli aralashtirgichni ishlab chiqish” (2009–2011-yy.) amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqot ishining maqsadi chorvachilik ferma va komplekslari, klasterlari hamda mustaqil ozuqa aralashmalari ishlab chiqaruvchi korxonalari sexlarida ozuqa aralashmasini oqimli usulda tayyorlashda texnologik jarayonning uzluksizligi, energiya va resurstejamkorligi, yuqori ish unumdorligi va sifatini ta‘minlaydigan texnik vositalarning parametr va ish rejimlarini ilmiy asoslashdan iborat.

Tadqiqot obyekti sifatida dag‘al, shirali va konsentrat ozuqalar, aralashtirish texnologiyasi va qurilmasi hamda uning ishchi qismlari olingan.

Tadqiqotda nazariy mexanika, ozuqalarga mexanik ishlov berish mexanikasi, matematik statistikaning qonun va qoidalari, eksperimentlarni matematik rejalashtirish hamda mavjud me‘yoriy hujjatlarda (GOST 20915-11, O‘z DSt 3240:2017, GOST 23728-88) belgilangan usullardan foydalanilgan (Sevrov, 1962; Syrovatka & Alyabiev, 1970; Luchinsky, 1982).

Tadqiqot natijalari

Shnekli ishchi organli uzluksiz ishlaydigan aralashtirgich uchun ish unumdorligini umumiy holda quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlash mumkin (Pogosyan, 1980; Dumikyan, 1983; Syrovatka & Alyabiev, 1970; Grigorev, 1972):

$$Q = 3,6A\gamma\phi_H V_n, \quad (1)$$

bu yerda: A – aralashtirish kameraning ko‘ndalang 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‘naltirgichda shnekning aylanma harakati natijasida gayka singari ilgarilanma harakat sodir bo‘lgandagina ushbu formula to‘g‘ri hisoblanadi. Biz taklif qilgan variantda aralashtirgichning konstruktiv xususiyatlari massa o‘qiy tezligi va ish unumdorligini aniqlashda bir qator o‘zgartirishlar kiritilishini talab qiladi. Taklif qilingan aralashtirgichda asosiy ishchi organ sifatida ikki kirimli shnek ishlatiladi. Uning har bir qadamidan keyin bir qadam kengligida uzilish va yuqori qismida bo‘shliq mavjud. Ozuqa massasi shnekda ilgarilanma va aylanma harakati bilan birga yuqoriga uloqtirilganda, hosil bo‘ladigan harakat traektoriyasi uning bosib o‘tadigan yo‘lini uzaytiradi. O‘qiy tezlik V_n quyidagicha aniqlanadi (Syrovatka & Alyabiev, 1970; Korneev, 1961; Luchinsky, 1982; Krasnichenko, 1961):

$$V_n = \frac{S}{T}, \quad (2)$$

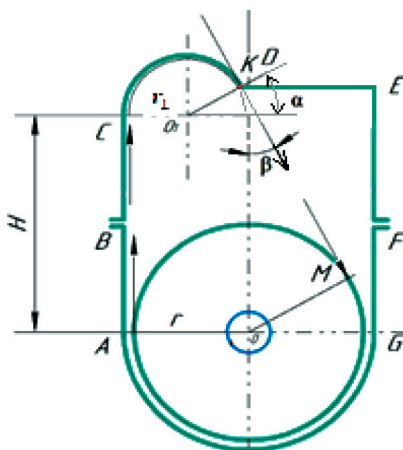
bu yerda T – ozuqa massasining shnek bitta qadamini bosib o‘tishi uchun talab qilingan umumiy vaqt, s .

(2) ifoda bo‘yicha V_n qiymatini (1) ifodaga qo‘yib olamiz:

$$Q = 3,6A\gamma\phi_H \frac{S}{T}, \quad (3)$$

T vaqtni aniqlash uchun ozuqa zarralarining aralashtirgich kamerasi ichidagi trayektoriyasini qarab chiqamiz (1-rasm).

Zarrachalar harakatini ikki qismdan iborat deb qarash mumkin: aralashtirgich qobig'idagi pastki va shnekdan yuqoridagi bo'shliq. Zarrachalarning bu qismlaridagi harakatini alohida-alohida ko'rib chiqamiz va ularning harakatlanishi uchun ketgan vaqtni aniqlaymiz.



1-rasm. Yarim silindrik qismi qopqoqli aralashtirgichda ozuqa zarrachalarining harakat traektoriyasi

Ozuqa massasining shnekning bitta qadamini bosib o'tishi uchun zarur bo'lgan umumiy vaqt quyidagi formula yordamida aniqlanishi mumkin (1-rasm):

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \quad (4)$$

bu yerda: T_1 – ozuqa zarrachalarining shnek o'rami bilan birga harakatlanib, GA yo'lini bosib o'tishi uchun ketgan vaqt, s;

T_2 – ozuqa zarralarining yuqoriga otilgan nuqtasidan to shnekka qaytib tushishigacha bo'lgan yo'lni (AC , CK va KM yo'li) bosib o'tishi uchun ketgan vaqt, s;

T_3 – ozuqa zarralarining shnekka qaytib tushganidan keyin u bilan birga harakatlanishi uchun (MG yo'li) ketgan vaqt, s;

T_4 – shnekning keyingi kirimi kelib, ozuqa zarrachalarini kutish uchun ketgan vaqt, s.

Ozuqa zarrachalarining shnek o'rami bo'yicha ketgan vaqt T_1 ko'pgina tadqiqotchilar tomonidan o'rganilgan (Pogosyan, 1980; Dumikyan, 1983; Eshdavlatov et al., 2020; Mamatov et al., 2020a; Mamatov et al., 2020b; Eshdavlatov et al., 2021; Grigorev, 1972; Anurev, 2001) va quyidagicha aniqlash tavsiya etilgan:

$$T_1 = \frac{S \sin(\alpha_v + \beta_o)}{\omega r \sin \alpha_v \sin \beta_o}. \quad (5)$$

Ozuqa zarrachalarining shnek yuqorisidagi fazoviy bo'shliqdagi harakat vaqti T_2 ni aniqlashda quyidagilarni hisobga olamiz: A nuqtadan (1-rasm) uloqtirilgan zarrachalar aralashtirish kamerasi bo'shlig'ida harakatlanishi jarayonida zarracha A nuqtaga yaqinlashishi bilan shnek o'ramlari orasidagi ishqalanish kuchi yo'qoladi. Shuningdek, zarracha bilan korpusning ichki sirtlari orasidagi ishqalanish kuchi ham yo'qoladi. Bu vaqtda zarrachaning

bo'ylama tezligi $V_{o'q}$ ham kamayadi. Natijada zarracha shnek radiusiga perpendikulyar yo'nalishda yuqoriga uloqtiriladi, ya'ni bu harakat davomida zarrachalar bo'ylama siljimaydi.

Havoning qarshilik kuchini hisobga olmagan holda, 1-rasmda keltirilganidek, uloqtirilgan zarrachalarning aralashtirish kamerasi bo'shlig'idagi harakati trayektoriyasidan T_2 vaqtni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$T_2 = t_{21} + t_{22} + t_{23}, \quad (6)$$

bu yerda t_{21} – uloqtirilgan ozuqa zarrachasining qopqoqqacha harakatlanish vaqti, s;

t_{22} – uloqtirilgan ozuqa zarrachasining qopqoqning yarim silindrik qismining ichki sirti yuzasida harakatlanishi vaqti, s;

t_{23} – ozuqa zarrachasining qopqoq yarim silindrik qismidan to shnekkacha fazoviy bo'shliqdagi harakatlanish vaqti, s.

Zarrachalarning harakat vaqtini aniqlash uchun uning boshlang'ich tezligi $V_o = V_{ayl}$ bo'lib, shnek radiusiga perpendikulyar holda yuqoriga uloqtirilgan ozuqa zarrachasining qopqoq yarim silindrik qismigacha bo'lgan holat uchun harakat tenglamasini tuzib olamiz.

Koordinata boshini zarrachani uloqtirish nuqtasi O ga mos qilib olamiz, bunda X o'qi gorizontal bo'yicha o'ngga yo'naltirilgan, Z o'qi esa yuqoriga vertikal bo'yicha yo'naltirilgan.

U holda harakatning boshlang'ich sharti quyidagicha bo'ladi:

$$t_{21} = 0; \quad X_o = 0; \quad Z_o = 0; \quad V_{xo} = 0; \quad V_{zo} = V_{ayl} = \omega r.$$

Zarrachaning dekart koordinatalar sistemasida doimiy og'irlik kuchi $G = mg$ ta'siridagi differensial tenglamasini tuzib olamiz:

$$m \frac{d^2 X_1}{dt^2_{21}} = 0; \quad (7)$$

$$m \frac{d^2 Z_1}{dt^2_{21}} = -mg \quad (8)$$

Tenglamalarni integrallab olganimizdan keyin quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$V_{x1} = C_1, \quad (9)$$

$$V_{z1} = -gt_{21} + C_2. \quad (10)$$

Tenglamalar (8) va (9) ga boshlang'ich shart qo'yib, C_1 va C_2 ni aniqlaymiz:

$$C_1 = 0; \quad C_2 = V_{o'q} \omega r$$

Unda:

$$V_{x1} = 0, \quad V_{z1} = -\omega r_{21} + gt_{21}. \quad (11)$$

$$V_{X1} = \frac{dX_1}{dt_{21}}, \quad (12)$$

$$V_{Z1} = \frac{dZ_1}{dt_{21}}, \quad \frac{dX_1}{dX_{21}} = 0, \quad \frac{dZ_1}{dt_{21}} = \omega \cdot r - gt_{21}. \quad (13)$$

Tenglamaning ikki qismini ham dt_{21} ko'paytirsak, quyidagi ifodani olamiz:

$$\begin{aligned} dX_1 &= 0x, \\ dZ_1 &= \omega \cdot r \cdot dt_{21} - gt_{21} \cdot dt_{21}, \end{aligned} \quad (14)$$

va uni integrallagandan keyin quyidagilarni topamiz:

$$\begin{aligned} X_1 &= C_3 \\ Z_1 &= \omega \cdot r \cdot t_{21} - \frac{gt_{21}^2}{2} + C_4 \end{aligned} \quad (15)$$

Boshlang‘ich ma‘lumotlarni o‘rniga qo‘yib, ushbu ifodaga ega bo‘lamiz:

$$C_4 = 0; \quad C_3 = 0.$$

U holda:

$$X_1 = 0, \quad Z_1 = \omega \cdot r \cdot t_{21} - \frac{gt_{21}^2}{2} \quad (16)$$

Formula (15)dagi Z_1 o‘rniga qopqoqning qaytarish sirti balandligi H ni qo‘yib, zarrachaning qaytarish sirti bilan uchrashishgacha bo‘lgan vaqti t_{21} ni aniqlaymiz. U holda (15) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$gt_{12}^2 - 2\omega r t_{21} + 2H = 0 \quad (17)$$

$$t_{21} = \frac{1}{g} (\omega r - \sqrt{\omega^2 r^2 - 2gH}) \quad (18)$$

Shnekdan uloqtirilgan ozuqa zarrachasining qopqoq yarim silindrik qismining ichki sirti yuzasida harakatlanish vaqti t_{22} ni aniqlash. Shnekdan uloqtirilgan ozuqa zarrachalari qopqoqqa yetib borgandan keyin qopqoqning yarim silindrik qismining ichki sirti yuzasida harakatlana boshlaydi va unga sirt yuzasining ishqalanishidan hosil bo‘lgan qarshilik kuchi ta‘sir qiladi. Qarshilik kuchi ta‘sirida ozuqa zarrachalarining harakat tezligi bir oz kamayadi. Bu qarshilik kuchini ozuqalarning metall sirtidagi ishqalanish koeffitsiyenti orqali ifodalash mumkin.

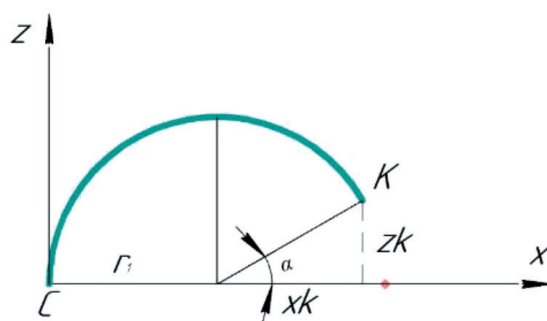
Yarim silindrik sirtini tashkil etuvchi yoyning uzunligi quyidagicha aniqlanadi.

Yoyni tashkil etuvchi $\angle CK$ ni φ bilan belgilab olsak, u holda $\varphi = \pi - \alpha = 180^\circ - \alpha$ teng bo‘ladi. Qopqoqning yarim silindrik qismi va shnek aylanasi o‘tkazilgan o‘rinma yarim silindrik qismida K va shnek aylanasi M nuqta hosil qiladi. Bu uchrashish nuqtalari bilan aylana markazlaridan o‘tkazilgan chiziqlarning gorizontall chiziqqa nisbatan α burchak hosil qiladi. Burchak α , birinchidan, qopqoqning yarim silindrik qismida ozuqa zarralari bosib o‘tadigan yo‘l uzunligini belgilab bersa, ikkinchidan, ozuqa zarrachalarining qopqoq yarim silindrik qismidan chiqishdagi trayektoriyasi yo‘nalishini ham belgilab beradi.

Qopqoqning yarim silindrik qismi ichki sirtidagi ozuqa zarrachalarining Z va X o‘qlari hosil qilgan tekislik, ya‘ni faqat aralashtirgichning ko‘ndalang qirgimi bo‘yicha harakatlanishini ko‘rib chiqamiz.

Shnekdan uloqtirilgan ozuqa zarrachasining qopqoq yarim silindrik qismidagi harakatlanish vaqti t_{22} ni aniqlash uchun uning boshlang‘ich tezligini V_2 ni shnekning V_{ayl} tezligiga teng deb qabul qilamiz va qopqoqning yarim silindrik qismidagi holat uchun harakat tenglamasini tuzib olamiz.

Bunda koordinata boshi ozuqa zarrachalarining qopqoq yarim silindrik qismiga kirish nuqtasi C ga mos qilib olinadi. X o‘qi gorizontall bo‘yicha o‘ngga, Z o‘qi esa yuqoriga vertikal bo‘yicha yo‘naltirilgan.



2-rasm. K nuqtaning koordinatalarini aniqlashga oid sxema

Ozuqa zarrachalarining qopqoq yarim silindrik qismidagi harakatlanish traektoriyasi 2-rasmda keltirilgan. Ushbu traektoriya bo'yicha ozuqa zarrachalarining harakat tenglamasini tuzish uchun bosib o'tiladigan S yo'lni quyidagicha aniqlaymiz:

$$S = r_1 (\pi - \alpha), \quad (19)$$

bu yerda r_1 – qopqoq yarim silindrik qismini tashkil etuvchi radius, m.
Zarrachaning harakat tezligi V_2 ni quyidagicha qabul qilamiz:

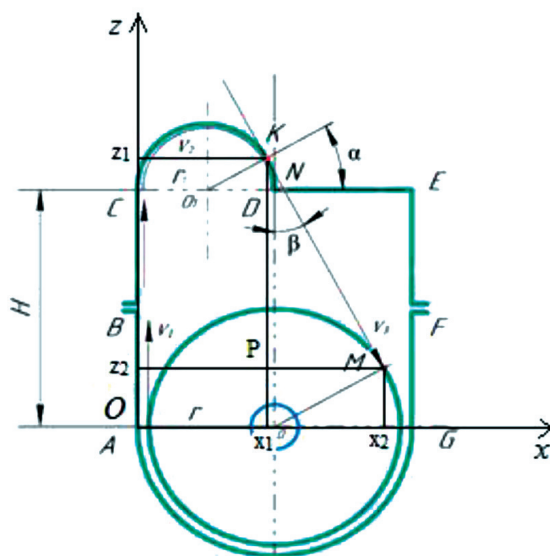
$$V_2 = \omega r \quad (20)$$

Ozuqa zarrachalari qopqoq yarim silindrik qismini bosib o'tishi uchun ketgan vaqt:

$$t_{22} = \frac{S}{V_2}$$

$$t_{22} = \frac{r_1(\pi - \alpha)}{\omega r} \quad (21)$$

Ozuqa zarrachasining qopqoq yarim silindrik qismidan to shnekkacha fazoviy bo'shliqdagi harakatlanish vaqti t_{23} ni aniqlash. Ozuqa zarrachalarining qopqoq yarim silindrik qismi ta'siridan chiqish nuqtasi K dan shnek aylanasi o'rinma holda hosil bo'lgan M nuqttagacha bo'lgan fazoviy bo'shliqdagi harakatlanish vaqti t_{23} ni aniqlaymiz (3-rasm).



3-rasm. Zarracha harakati uchun ketgan vaqtni aniqlash sxemasi

Ozuqa zarrachalarining qopqoq yarim silindrik qismi ta'siridan chiqish nuqtalari K va M ning OZX sistemasidagi koordinatalarini 3-rasmdan aniqlaymiz. K nuqtaning x o'qi bo'yicha koordinatasi $K_x(r_1 + r_1 \cos \alpha)$, z o'qi bo'yicha koordinatasi $K_z(H + r_1 \sin \alpha)$, xuddi shuningdek, M nuqtaning x o'qi bo'yicha koordinatasi $M_x(r + r \cos \alpha)$, z o'qi bo'yicha koordinatasi $M_z(r \sin \alpha)$ ekanligini ko'rish mumkin.

K nuqtadan M nuqtaga yetib kelgunga qadar bosib o'tgan S masofasini quyidagi to'g'ri burchakli MRK uchburchakda $KM^2 = MR^2 + KR^2$ ekanligi kuzatiladi. Tomonlarning qiymatlarini shu nuqtalarning koordinatalari orqali ifodalab, ularning o'rniga qo'ysak, quyidagi ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$KM = S; \quad S = \sqrt{(r + r \cos \alpha - (r_1 + r_1 \cos \alpha))^2 + (H + r_1 \sin \alpha - r \sin \alpha)^2} \quad (22)$$

Ozuqa zarrachalarining K nuqtadan M nuqtagacha bo'lgan masofa S ni bosib o'tishi uchun ketgan vaqtini quyidagi (22) ifoda orqali aniqlaymiz:

$$t_{23} = \frac{S}{\omega r} \quad (23)$$

Yuqoridagi (21) ifodani (22) ifodaga qo'yib, ozuqa zarrachalarining K nuqtadan M nuqtagacha yetib borishigacha ketgan vaqtini quyidagi (23) ifoda orqali aniqlaymiz:

$$t_{23} = \frac{\sqrt{((r - r_1)(1 + \cos \alpha))^2 + (H + (r_1 - r) \sin \alpha)^2}}{\omega r} \quad (24)$$

Endi t_{21} , t_{22} va t_{23} lar qiymatlarini (5) formulaga qo'yib, T_2 ni aniqlaymiz:

$$T_2 = \frac{1}{g} (\omega r - \sqrt{\omega^2 r^2 - 2gH}) + \frac{r_1(\pi - \alpha)}{\omega r} + \frac{\sqrt{((r - r_1)(1 + \cos \alpha))^2 + (H + (r_1 - r) \sin \alpha)^2}}{\omega r}. \quad (25)$$

Zarrachaning M nuqtadan G nuqtagacha harakatlanishi uchun ketgan vaqt T_3 tadqiqotchilar tomonidan aniqlangan (Eshdavlatov & Khamroev, 2016; Eshdavlatov & Alikulov, 2016; Kukta, 1986; Eshdavlatov et al., 2021; Eshdavlatov et al., 2023) va biz uni quyidagicha qabul qildik:

$$T_3 = \frac{\rho}{\omega} = \frac{\pi - 2 \arctg H/r}{\omega} \quad (26)$$

Zarrachaning shnek birinchi o'ramida bo'lish vaqti tugashi bilan zarracha birinchi o'ram ta'siridan chiqadi va ma'lum T_4 vaqt o'tgach, ikkinchi o'ram ta'sir etadigan hududga kiradi.

Chunki ikkinchi o'ram birinchi o'ramga nisbatan $\frac{2\pi}{Z}$ burchak siljirilganligi tadqiqotchilar tomonidan aniqlangan (Pogosyan, 1980; Dumikyan, 1983) va biz uni quyidagicha qabul qildik:

$$T_4 = \frac{2\pi}{Z \cdot \omega}, \quad (27)$$

bu yerda Z – o'ram kirimlari soni.

T_1 , T_2 , T_3 va T_4 larning aniqlangan qiymatlarini (3) formulaga qo'yib, umumiy vaqtni aniqlaymiz.

Ozuqa massasining shnekning bitta qadamini bosib o'tishi uchun talab qilingan umumiy vaqt T ning qiymati quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$T = \frac{S \sin(\alpha_v + \beta_0)}{\omega r \sin \alpha_v \sin \beta_0} + \frac{1}{g} (\omega r - \sqrt{\omega^2 r^2 - 2gH}) + \frac{r_1(\pi - \alpha)}{\omega r} + \frac{\sqrt{((r - r_1)(1 + \cos \alpha))^2 + (H + (r_1 - r) \sin \alpha)^2}}{\omega r} + \frac{\pi - 2 \arctg \frac{H}{r}}{\omega} + \frac{2\pi}{Z \omega} \quad (28)$$

Aniqlangan umumiy vaqt T ning qiymatini (1) formulaga qo‘yib, ozuqa massasining o‘qiy tezligini aniqlaymiz:

$$V_n = S / \left\{ \frac{S \sin(\alpha_v + \beta_0)}{\omega r \sin \alpha_v \sin \beta_0} + \frac{1}{g} \left(\omega r - \sqrt{\omega^2 r^2 - 2gH} \right) + \frac{r_1(\pi - \alpha)}{\omega r} + \frac{\sqrt{((r - r_1)(1 + \cos \alpha))^2 + (H + (r_1 - r) \sin \alpha)^2}}{\omega r} + \frac{\pi - 2 \arctg \frac{H}{r}}{\omega} + \frac{2\pi}{Z\omega} \right\} \quad (29)$$

Tadqiqot natijalari tahlili

Ozuqa massasining shnekning bitta qadamini bosib o‘tishi uchun talab qilinadigan umumiy vaqt T va ozuqa massasining o‘qiy tezligi V ning qiymati, agar aralashtirgich yuqori tomoni yarim silindrik va gorizontal qismli qopqoq bilan jihozlansa, ozuqa zarrachalarining harakat traektoriyasi o‘zgarishini ifodalovchi qiymatini (1) formulaga qo‘yib, aralashtirgichning parametrlari va ishchi organ ish rejimi ta’sirini ifodalovchi ish unumdorligi Q ning aniqlashtirilgan formulasini topish mumkin (Eshdavlatov & Alikulov, 2016; Korneev, 1961):

$$Q = 3,6A\gamma\phi_H S / \left\{ \frac{S \sin(\alpha_v + \beta_0)}{\omega r \sin \alpha_v \sin \beta_0} + \frac{1}{g} \left(\omega r - \sqrt{\omega^2 r^2 - 2gH} \right) + \frac{r_1(\pi - \alpha)}{\omega r} + \frac{\sqrt{((r - r_1)(1 + \cos \alpha))^2 + (H + (r_1 - r) \sin \alpha)^2}}{\omega r} + \frac{\pi - 2 \arctg \frac{H}{r}}{\omega} + \frac{2\pi}{Z\omega} \right\} \quad (30)$$

bu yerda 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_v – 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_1 – qopqoq yarim silindrik qismini tashkil etuvchi radiusi, m ;

φ – qopqoq yarim silindrik yoyini hosil qiluvchi burchagi, $grad.$;

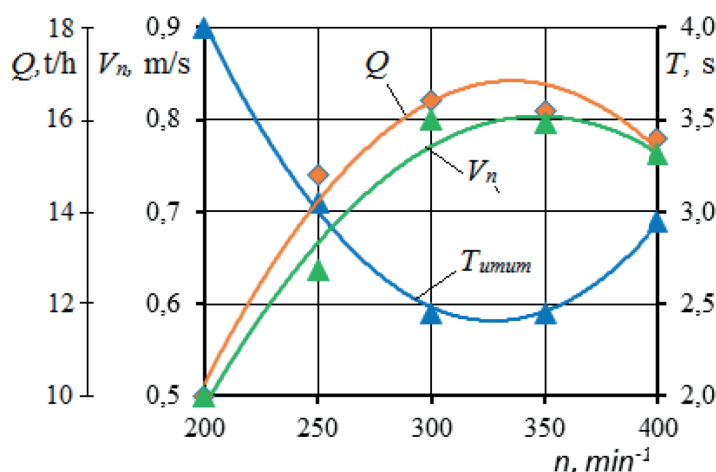
α – qopqoq yarim silindrik yoyi va gorizontal orasidagi burchak, $grad.$

Adabiyotlarda keltirilgan ma’lumotlar va o‘tkazilgan tadqiqotlarimiz asosida $H = 0,35 \text{ m}$, $\alpha_v = 19^\circ$, $\beta_0 = 51^\circ$, $r = 0,2 \text{ m}$, $S = 0,4 \text{ m}$, $Z = 2$, $r_1 = 0,1 \text{ m}$, $\varphi = 153^\circ$, $\alpha = 27^\circ$, $\omega = 33,49 \text{ s}^{-1}$, $\phi_n = 0,15$, $A = 0,13 \text{ m}^2$ va $L = 2 \text{ m}$ deb qabul qilinib, (27), (28), (29) ifodalar bo‘yicha olingan hisoblar va qurilgan grafik tahlillari ozuqalarning hajmiy massasi $\gamma = 120 \div 600 \text{ kg/m}^3$ oralig‘ida aralashtirgichning nazariy ish unumdorligi $Q = 7 \div 24 \text{ t/h}$ tashkil etishini ko‘rsatadi.

Aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo‘lish vaqti, o‘qiy tezligi va aralashtirgich ish unumdorligining shnek aylanish chastotasiga bog‘liqlik grafigini tahlil qilib chiqamiz (4-rasm).

Shnekning aylanish chastotasi $n = 200 \text{ ayl/daq.}$ dan $n = 320 \text{ ayl/daq.}$ 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 chastotasi yanada oshirilib, $n = 350 \div 400$ ayl/daq. ga yetkazilganda, ozuqa massasining aralashtirish kamerasidagi ilgarilanma harakati tezligi va aralashtirgich ish unumdorligi ham kamaygan, aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo'lish vaqti esa orta boshlagan. Demak, shnek aylanish chastotasining eng maqbul qiymati sifatida $n = 320$ ayl/daq. qabul qilamiz. Bunda aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo'lish vaqti $T_{umum} = 2,47$ s, o'qiy tezligi $V_{o'q} = 0,81$ m/s va aralashtirgich ish unumdorligi $Q = 15,5$ t/h ni tashkil qilishi aniqlandi.



4-rasm. Aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo'lish vaqti, o'qiy tezligi va aralashtirgich ish unumining shnek aylanish chastotasiga bog'liqlik grafiklari

Aralashtirgich kuch uzatmasiga talab qilinayotgan quvvat quyidagicha aniqlanadi (Kukta, 1986; Grigorev, 1972; Konovalov, 2018; Khokhlova, 2009; Syrovatka et al.; 1985; Mamatov & Karimov, 2023):

$$N = N_{salt} + N_{t,j} \quad (31)$$

bu yerda N_{salt} – shnekning salt aylanishiga talab qilinayotgan quvvat, kVt;
 $N_{t,j}$ – texnologik jarayonni bajarishga talab qilinayotgan quvvat, kVt.

$$N_{t,j} = 3,6 \cdot 10^{-3} kQL \cdot g, \quad (32)$$

bu yerda k – ozuqa aralashmasining shnek korpusi ichki sirtida harakatlanishidagi qarshiligini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

L – aralashtirgich uzunligi, m;

Q – ish unumi, t/s.

Texnologik jarayonning bajarilishi uchun talab qilinayotgan quvvat (31) ifodaga $Q = 7 \div 24$ t/h, $k = 0,9$, $L = 2$ m va $g = 9,8$ m/s² qo'yib hisoblanganda, $N_{t,j} = 0,45 \div 1,52$ kVt oralig'ida bo'lishi zarurligi aniqlandi.

Xulosalar

Takomillashgan ozuqa aralashtirgichining shnek yuqorisida fazoviy bo'shliq hosil qilib, texnologik jarayonni boshqarish imkoniyatini beradigan, yuqori tomoni yarim silindrik va gorizontaal qismdan tashkil topgan quti shaklidagi qopqoq bilan jihozlanishi, zootexnik talab darajasida sifatli ozuqa aralashmasi olish, energiya va resurstejamkorlik, yuqori ish unumdorligini ta'minlashi nazariy jihatdan asoslab berilgan.

Aralashtirish kamerasida ozuqa aralashmasining bo'lish vaqti $T_{umum} = 2,47$ s, o'qiy tezligi $V_{o'q} = 0,81$ m/s va aralashtirgich ish unumdorligi $Q = 15,5$ t/h ni tashkil qilishi aniqlandi.

O'tkazilgan tadqiqotlarimiz asosida aniqlangan parametr va ish rejimlarining quyidagi qiymatlarini ($H = 0,35$ m, $\alpha_v = 19^\circ$, $\beta_0 = 51^\circ$, $r = 0,2$ m, $S = 0,4$ m, $Z = 2$, $r_1 = 0,1$ m, $\varphi = 153^\circ$, $\alpha = 27^\circ$, $\omega = 33,49$ s⁻¹, $\varphi_n = 0,15$, $A = 0,13$ m² va $L = 2$ m) olingan formulaga qo'yib hisoblash natijalari va qurilgan grafik tahlillari, ozuqa aralashmasining hajmiy massasi $\gamma = 120 \div 600$ kg/m³ oralig'ida bo'lganda, aralashtirgichning nazariy ish unumdorligi $Q = 7 \div 24$ t/h, texnologik jarayon bajarilishi uchun talab qilinayotgan quvvat $N_{tj} = 0,45 \div 1,52$ kVt, aralashma sifati 3÷4 % ga ortib, 93 % bo'lishi aniqlandi.

REFERENCES

1. Anurev, V. I. (2001). *Reference book of the designer-machine-builder* (vol. 3) [In 3 vols.]. (In Russian). 8th ed., rev. and suppl. I. N. Zhestkova (Ed.). Moscow: Mashinostroenie Publ.
2. Dumikyan, H. O. (1983). *Development of a screw mixer of continuous fodder and specification of its basic parameters applicable to the moistening of stem forages for the purpose of their briquetting* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Yerevan.
3. Eshdavlatov E., Suyunov, A., & Choriyeu, I. (2021). Intensity of the continuous feed mixing process in the mixer. *E3S Web of Conference* (CONMECHYDRO-2021), 264, 04037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404037>
4. Eshdavlatov, E. U., & Alikulov, S. R. (2016). Determination of axial velocity of feed mass in a continuous mixer. (In Russian). *Science, Technology and Education*, 7 (25), 43-46. Moscow.
5. Eshdavlatov, E. U., & Khamroev, O. J. (2016). Optimal angle of inclination of a reflecting plane of a mixer. (In Russian). *Science, Technology and Education*, 6 (24), 37-39. Moscow.
6. Eshdavlatov, E. U., & Suyunov, A. A. (2021). Increasing the intensity of the process of continuous mixing of fodder. (In Russian). *Universum: Technical Sciences*, 4 (85). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11592>
7. Eshdavlatov, E. U., Mamatov, F. M., Eshdavlatov, A. A., Suyunov, A. A., & Yusupov, F. F. (2023). Drum dispenser of feed additives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1284, 01212. IOP Publ. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1284/1/012012>
8. Eshdavlatov, E. U., Suyunov, A. A., Yusupov, A. E., & Jurayev, B. B. (2020). Water steam consumption and feeding selection device calculation into the mixing chamber. *Novateur Publication India's Journal NX*. <https://journalnx.com>
9. Grigorev, A. M. (1972). *Screw conveyors*. (In Russian). Moscow: Mashinostroenie Publ.
10. Khokhlova, Y. V. (2009). *Research of mixing processes of bulk materials in continuous paddle mixers* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Ivanovo.
11. Konovalov, V. V. (2018). *Reduced energy costs for mixing concentrated forages by development and application of mixing aggregate with combined working bodies* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Penza.
12. Korneev, G. V. (1961). *Transporters and elevators of agricultural purpose*. (In Russian). In: Theory and Bases of Designing. Kiev: Mashgiz Publ.
13. Krasnichenko, A. V. (Ed.) (1961). *Reference book of the designer of agricultural machines* (vol. 2). (In Russian). Moscow: State scientific and technical publishing house of machine-building literature.
14. Kukta, G. M. (1986). Technological characteristics of fodder mixers. (In Russian). *Mechanization and Electrification of Agriculture*, 7, 29-33.
15. Luchinsky, N. D. (1982). *Mechanics as a foundation of engineering knowledge*. (In Russian). Moscow: Kolos Publ.
16. Mamatov, F. M., & Karimov, A. A. (2023). Potato digger with latticed plowshares and oscillating rods. *E3S Web of Conferences*, 401, 04029.

17. Mamatov, F. M., Eshdavlatov, E. U., & Suyunov, A. A. (2020a). The Shape of the Mixing Chamber of the Continuous Mixer. *J. of Adv Research in Dynamical & Control Systems (JARDCS)*, 12, 07s, 2016-2023. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12SP7/20202318>
18. Mamatov, F. M., Eshdavlatov, E. U., & Suyunov, A. A. (2020b). Continuous Feed Mixer Performance. *J. of Adv Research in Dynamical & Control Systems (JARDCS)*, 12, 07s, 2195-2200. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12SP7/20202343>
19. Pogosyan, E. M. (1980). *Research and substantiation of the basic parameters of the mixer of fodder of non-rigid action* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Yerevan.
20. Sevrov, K. P. (1962). *Work of mixers and calculation methods of their basic parameters at mixing of mineral mixtures with organic binding materials*. (In Russian). Saratov.
21. Syrovatka, V. I., & Alyabiev, E. V. (1970). *Methodology of testing of machines for mixing fodder*. (In Russian). Moscow: VIESI Publ.
22. Syrovatka, V. I., et al. (1985). *Mechanization of preparation of forages*. (In Russian). Moscow: Agromizdat Publ.
23. Zhevlakov, P. K. (1958). *Research of processes of mixing of forages* [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Leningrad.

UDC: 656.25(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/xcwpsm>

POYEZD MARSHRUTLARI MIKROELEKTRON BLOKINING YORDAMCHI RELELARI UCHUN PRINSIPIAL SXEMALAR ISHLAB CHIQISH

Ametova Elnara Kuandikovna¹, Qudratov Javohir Bahodir o'g'li²,
Muqimov Pahlavon Egam o'g'li³

¹texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),
"Avtomatika va telemexanika"
kafedrası dotsenti
ORCID: 0000-0003-0872-3599
e-mail: elnara.ametova.84@mail.ru

²tayanch doktorant
ORCID: 0009-0005-3573-9811
e-mail: java96_96@mail.ru

³laborant

Toshkent davlat transport universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada poyezd marshrutlari uchun mikroelektron blokning yordamchi relelari dasturiy ta'minotini ishlab chiqish masalalari o'rganilgan. Mavzu temiryo'l transportining zamonaviy avtomatlashtirish tizimlarida, xususan, poyezdlar harakatini boshqarishda qo'llanadigan rele bloklarining ishonchliligi va samaradorligini oshirish zaruriyatiga ko'ra dolzarbdir. Maqolada, shuningdek, mikroelektron asosda ishlaydigan relelar konstruksiyasi va funksional jihatlari tahlil qilingan, mavjud tizimlardagi texnik va boshqaruv jarayonlarining muammoli jihatlari yoritilgan. Ish doirasida eksperimental va simulyatsiya usullari qo'llanib, NPM-69 modeli asosida yordamchi relelarning ishlash algoritmlari ishlab chiqilgan. Zamonaviy mikrokontrollerlardan foydalanish orqali ish samaradorligini oshirish va elektr energiyasi sarfini kamaytirish kabi texnik yechimlar taklif etilgan. Natijalar poyezd marshrutlarini tashkil qilish, boshqarish va xavfsizlikni ta'minlashga xizmat qiluvchi dasturiy ta'minot modelini yaratish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari temiryo'l avtomatlashtirish va telemexanika tizimlarida, shuningdek, transport boshqaruvi sohasidagi boshqa integratsiyalangan boshqaruv tizimlarini takomillashtirishda qo'llanishi mumkin. Olingan xulosalar yordamchi rele tizimlarining ishonchli modellari asosida temiryo'l transportida xavfsizlik darajasini oshirishga ko'maklashadi.

Kalit so'zlar: yordamchi relelar, elektromagnit rele, mikrokontroller, blok, prinsipial sxema, dasturiy ta'minot, statik analiz, dinamik analiz.

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РЕЛЕ МИКРОЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА МАРШРУТОВ ПОЕЗДОВ

¹Аметова Эльнара Куандиковна¹, Кудратов Жавохир Баходир угли²,
Мукимов Пахлавон Эгам угли³

¹доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент

²базовый докторант

³лаборант

Ташкентский государственный транспортный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы разработки программного обеспечения вспомогательных реле микроэлектронного блока для маршрутов поездов. Тема актуальна в связи с необходимостью повышения надёжности и эффективности релейных блоков, используемых в современных системах автоматизации железнодорожного транспорта, в частности при управлении движением поездов. В статье также анализируются конструктивные и функциональные аспекты реле, работающих на микроэлектронной основе, освещаются проблемные аспекты технических и управленческих процессов в существующих системах. В рамках исследования были разработаны алгоритмы функционирования вспомогательных реле на основе модели НПМ-69 с применением экспериментально-симуляционных методов. Были предложены такие технические решения, как повышение эффективности работы и снижение потребления электроэнергии за счёт использования современных микроконтроллеров. Это позволяет создать программную модель, которая служит для организации, управления и обеспечения безопасности маршрутов поездов. Результаты исследований могут быть применены в системах железнодорожной автоматики и телемеханики, а также при совершенствовании других интегрированных систем управления в области транспортного менеджмента. Полученные выводы

способствуют повышению уровня безопасности на железнодорожном транспорте благодаря надёжным моделям вспомогательных релейных систем.

Ключевые слова: вспомогательные реле, электромагнитные реле, микроконтроллер, блок, принципиальная схема, программное обеспечение, статический анализ, динамический анализ.

DEVELOPMENT OF CIRCUIT DIAGRAMS OF AUXILIARY RELAYS OF MICROELECTRONIC BLOCK OF TRAIN ROUTES

Ametova Elnara Kuandikovna¹, Kudratov Javohir Bakhodir ugli²,
Mukimov Pahlavon Egam ugli³

¹Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD),
Associate Professor

²Doctoral Student

³Laboratory Assistant

Tashkent State Transport
University

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 24.10.2024

Qabul qiligan/Принято/
Accepted: 28.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
14.12.2024

Abstract. The article reveals development of a software for auxiliary relays of microelectronic blocks for train routes. The topic is considered relevant due to the need to improve reliability and efficiency of relay blocks used in the up-to-date railway transportation automation systems, particularly, in train traffic control. The article also reviews constructive and functional aspects of relays operating on a microelectronic basis, highlights problematic aspects of technical and management processes in existing systems. As part of the study, algorithms for the functioning of auxiliary relays based on the NPM-69 model were developed using experimental and simulation methods. Such technical solutions as raising the efficiency of operation and reducing of power consumption through the use of modern microcontrollers have been proposed. This allows creating a software model that serves to organize, control and ensure safety of train routes. The research findings can be applied in railway automation and tele-mechanics systems, as well as in the improvement of other integrated control systems in the field of transportation management. The research conclusions contribute to improving the level of safety in railway transportation based on the use of reliable models of auxiliary relay systems.

Keywords: auxiliary relays, electromagnetic relay, microcontroller, block, circuit diagram, software, static analysis, dynamic analysis.

Kirish

Transport jarayonlarini boshqarishda zamonaviy texnologiyalarni qo'llash nafaqat jarayon samaradorligini oshirish, balki xavfsizlikni ta'minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Temiryo'l transportida avtomatlashtirish va telemexanika tizimlari poyezd harakatini boshqarishning asosiy vositasi hisoblanadi.

Bugungi kunda temiryo'l infratuzilmasida mikroelektron qurilmalar yordamchi relelar tizimlarini avtomatlashtirish uchun qo'llanmoqda. Ushbu mavzu poyezd marshrutlarini boshqarishda ishlatilayotgan yordamchi relelar samaradorligi va ishonchliligini oshirish orqali xavfsizlikni ta'minlash zaruratiga ko'ra dolzarbdir. Shuningdek, ushbu sohada mikroprotessor texnologiyalarini qo'llash dasturiy ta'minotning yangi algoritmlarini ishlab chiqishni talab qiladi.

Poyezd harakatini boshqarish sohasida ko'plab tadqiqotchilar avtomatlashtirish texnologiyalariga alohida e'tibor qaratgan. Jumladan, Miller (2019) mikroprotessorli markazlashtirish tizimlarini tadqiq qilib, boshqaruv algoritmlari samaradorligini oshirishga e'tibor qaratgan. Johnson va Chen (2020) avtomatlashtirilgan diagnostika tizimlari yordamida signal va relelarning ishlash muddatini uzaytirish usullarini ishlab chiqqan. Ivanov & Sidorov (2021) yordamchi relelarning elektromagnit xususiyatlarini optimallashtirish bo'yicha fizik tahlil usullarini qo'llagan. Tadqiqotlarda yordamchi relelar funksional tahlil qilingan bo'lsa-da, ularning dasturiy ta'minotini rivojlantirish masalasi yetarlicha yoritilmagan.

Xususan, adabiyotlarni o'rganish natijasida quyidagi muammolar aniqlangan:

1. Yordamchi relelarning ishlash algoritmlari bo'yicha batafsil tahlil mavjud emas.

2. Mikroprotsessor asosidagi boshqaruv tizimlari uchun maxsus dasturiy ta'minot ishlab chiqish masalalari yetarli darajada o'rganilmagan.

3. O'zbekiston temiryo'l tarmog'ida qo'llanayotgan rele tizimlarining avtomatlashtirilgan boshqaruvga moslashuv darajasi bo'yicha ma'lumotlar yetishmaydi.

4. Zamonaviy mikroprotsessorli markazlashtirish tizimlarida yordamchi relelar uchun maxsus dasturiy algoritmlar ishlab chiqilmagan.

5. O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan mikroelektron bloklarning strukturaviy xususiyatlari bo'yicha tadqiqotlar yetarli emas.

Tadqiqotning asosiy maqsadi poyezd marshrutlari mikroelektron blokining yordamchi relelari uchun dasturiy ta'minot ishlab chiqish va uning samaradorligini oshirish, yordamchi relelarning ishlash algoritmlari va mikroprotsessor asosidagi boshqaruv tizimlari uchun mos dasturiy ta'minot yaratish, sinov va tahlil uchun virtual model yaratish va uning samaradorligini baholash, O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan boshqaruv tizimlarini loyihalashdan iborat.

Mazkur tadqiqot natijalari yordamchi relelar tizimini optimallashtirish orqali temiryo'l avtomatika va telemexanika sohasini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Material va metodlar

Tadqiqot Toshkent davlat transport universitetining "Avtomatika va telemexanika" kafedrası bilan hamkorlikda olib borildi. Tajriba ishlari 2023-yilning sentabridan boshlanib, 2024-yilning mart oyigacha davom etdi.

Tajribalar temiryo'l avtomatikasi va telemexanika tizimlarida foydalaniladigan NPM-69 terish guruhi blokining yordamchi relelariga asoslangan. Tajriba obyekti sifatida yordamchi relelarning ishlash algoritmlari va ularning dasturiy ta'minoti tanlandi. Tajribalar laboratoriya sharoitida hamda temiryo'l stansiyasining avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida simulyatsiya yordamida o'tkazildi.

Tadqiqot metodlari

Hozirgi vaqtda qo'llanayotgan rele tizimlarining texnik hujjatlari va xususiyatlari o'rganilishi natijasida blokli marshrutli-releli markazlashtirish tizimlarining strukturaviy sxemalari tahlil qilindi.

Sinovda statik analiz yordamida relelarning elektr parametrlari o'rganildi. Dinamik analiz yordamida yordamchi relelarning harakat va signalni uzatish tezligi aniqlandi. Virtual model asosida eksperimental tahlil olib borilib, ishlash algoritmlari samaradorligi sinovdan o'tkazildi. Olingan ma'lumotlar real sharoitlarda ishlaydigan rele tizimlari bilan taqqoslandi.

Simulyatsiya uchun STM32 va Arduino platformalari tanlandi. Ulardan foydalangan holda, yordamchi relelar uchun dasturiy algoritmlar ishlab chiqildi. Bu algoritmlar Python, C va C++ dasturlash tillari yordamida kodlash asosida sinovdan o'tkazildi.

Virtual model yordamida relelarning ishlash holati real vaqt rejimida kuzatildi va kamchiliklar diagnostika qilish jarayonida qayd etilib, tajriba natijalari qayta ishlandi. Matlab va SolidWorks kabi dasturlar yordamida natijalar statistik tahlil qilindi.

Tadqiqot obyekti NPM-69 terish guruhi bloki bo'lib, bu blok temiryo'l stansiyalarida poyezd marshrutlari xavfsizligini ta'minlashga mo'ljallangan. Bu blokda joylashgan yordamchi relelar, poyezd marshrutining yopish va ochish funksiyalarini boshqaradigan relelar tizimi asosiy o'rganish obyekti sifatida tanlandi.

Bu metodlar yordamida poyezd marshrutlari mikroelektron blokining yordamchi relelari uchun samarali va barqaror ishlaydigan dasturiy ta'minot ishlab chiqishga erishildi. Tadqiqot natijalari amaliyotga joriy qilish uchun real asos yaratadi.

Yordamchi relelar funksiyasi NPM-69 blokida yordamchi relelar harakatlanuvchi elementlar (masalan, yo'llar, svetoforlar va poyezdlar) orasidagi boshqarishni amalga oshirish

uchun javob beradi. Ushbu relelar orqali svetofor va boshqa signalizatsiya qurilmalarining ishlash holatlari nazorat qilinadi. Yordamchi relelar marshrutni boshqarish jarayonida signal va ko'rsatmalar berish uchun ishlatiladi. Masalan, svetoforni yoqish va o'chirish, yo'l ochiqligini aniqlash, shuningdek, marshrutni to'liq va to'g'ri boshqarish uchun muhimdir (Ametova & Azizov, 2019; Azizov & Ametova, 2019b).

NPM-69 blokidagi yordamchi relelar prinsipial sxemalarini ishlab chiqish bosqichlari eskirgan elektromexanik sxemalar bilan birga zamonaviy mikroelektronika va raqamli boshqarish modullari ishlatishni o'z ichiga oladi. Elektromagnit relelardan voz kechish uchun ularning vazifasini to'liq bajara oladigan mikroelektron optorelelar bilan joriy blok sxemasi tuzib chiqildi va 2024-yilning 1-yarmida Toshkent davlat transport universiteti ilmiy laboratoriyasida virtual ko'rinishda sinovdan o'tkazildi. Sinov natijalari muvaffaqiyatli yakunlandi.

Tadqiqot natijalari

Tadqiqot obyektini tavsiflovchi asosiy ko'rsatkichlar dinamikasi tahlili doirasida poyezd marshrutlari mikroelektron blokining yordamchi relelariga doir quyidagi ko'rsatkichlari aniqlanib, dinamikasi o'rganildi:

a) ishlash tezligi (o'zgaruvchan yuk sharoitida): yordamchi relelarning javob berish tezligi dastlabki sinovlarda o'rtacha 12 ms ni tashkil etdi. Algoritmni takomillashtirish natijasida bu ko'rsatkich 8 ms gacha qisqardi, bu esa tizimning reaksiya vaqtini 33 % yaxshilaydi;

b) energiya sarfi: yordamchi relelarning dasturiy ta'minoti optimallashtirilgach, elektr energiyasidan foydalanish 15 %ga kamaydi. Bu mikroelektron blok samaradorligini oshirdi va ortiqcha issiqlik ajralishini pasaytirdi;

d) samaradorlikning dinamik ko'rsatkichlari: relelarning uzluksiz ishlash holatida ishonchliligi (MTBF – ishlash oralig'idagi o'rtacha vaqt) 10 %ga oshdi. Bu uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun muhim ko'rsatkich bo'lib, ularning xizmat ko'rsatish intervalini uzaytirishga imkon berdi;

e) tizimning diagnostika imkoniyatlari: diagnostika tizimida aniqlangan nosozliklarning dinamik tahlili shuni ko'rsatdiki, dasturiy ta'minotning yangi algoritmlari kichik nosozliklarni aniqlash va ularni avtomatik bartaraf etish ko'rsatkichlarini 25 %ga yaxshiladi.

Tadqiqot natijalari tahlili

Yordamchi relelar uchun ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot har bir rele uchun alohida boshqaruv algoritmini taqdim etib, tizimni samarali va xavfsiz boshqarishga imkon berdi. Dasturiy ta'minotning algoritmik modeli yordamida tizimning real vaqt rejimida ishlashi ta'minlandi, bu esa avvalgi rele tizimlariga nisbatan katta afzallikdir. Mikroelektron texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan yangi dasturiy ta'minot marshrutlarni avtomatik ravishda tuzish, yopish va ochish jarayonlarini tezkor va barqaror amalga oshiradi.

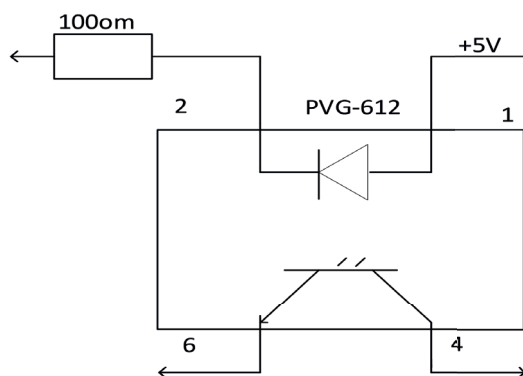
Olingan natijalar asosida marshrut-releli markazlashtirish tizimlarida yordamchi relelar ishonchliligi 20 %ga oshirildi. Tizimning xavfsizlik darajasi ham sezilarli darajada oshdi. Bu esa poyezd harakati xavfsizligini ta'minlash uchun muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Tajriba natijalari simulyatsiya va laboratoriya sharoitida amalga oshirilgan real ishlash ko'rsatkichlari bilan solishtirildi. Olingan ma'lumotlar mosligi 95 % aniqlikni ko'rsatdi.

Dasturiy ta'minot real temiryo'l stansiyalari sharoitida sinovdan o'tkazilganda, uning samaradorligi va ishlash barqarorligi to'liq tasdiqlandi. BMRM tizimiga kiruvchi "NPM-69" mikroelektron bloki yordamchi relelarining prinsipial sxemalarini ishlab chiqishda rele va kontaktlar o'rniga PVG-612 fototranzistorlar qo'llanadi. Relelar o'rniga qo'yilgan PC-817 fototranzistor birinchi oyoqchasidan tok kirib, ikkinchisidan chiqishi natijasida bazaga tok borib, kollektordan emitter tomonga tok oqib o'tadi va bu rele kontakti

ko'tarilganini bildiradi. Rele o'rnida qo'llanadigan PC-817 fototranzistorining birinchi va ikkinchi oyoqchalaridan tok oqib o'tishi relening patok qilishini bildiradi. Baza ochilib, kollektordan kelayotgan tok emitterdan chiqib, kontakt o'rnida qo'llangan PC-817 mikroelektron elementlarining birinchi va ikkinchi oyoqchalarini tok bilan ta'minlab, bazalarini ochib beradi. Bu holatda tuzilgan zanjirdan to'liq tok o'tishi yuzaga keladi (Azizov et al., 2023b; Kamenev, 2011).

PVG-612 12V dan 48V gacha bo'lgan o'zgaruvchan tok yoki doimiy tok manbalarining yuqori toklarini izolyatsiyalangan almashtirish uchun juda mos keladi. PVG-612 seriyali rele 6-pinli, qolipli DIP paketi yoki teshikli yoki sirtga o'rnatilgan (g'altak qanoti) oyoqchalardan tashkil topgan. Xususiyatlari: buzilishsiz ishlash, yuqori tok oqimi quvvati, chiziqli AC/DC ishlashi, 4000 VRMS I/U izolyatsiyasi, yuqori ishonchligi.

PVG-612 ning elektr texnik xususiyatlari ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$) gacha haroratda ishlay oladi. PVG-612 ning kirish xususiyatlari: minimal nazorat oqimi: 5,0 A; o'chirilgan qarshilik uchun maksimal nazorat oqimi $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ da: 0,4 A; boshqarish oqimi diapazoni (oqim chegarasi kirish LED): 5,0 dan 25 A gacha; maksimal teskari kuchlanish: 0,7 V.



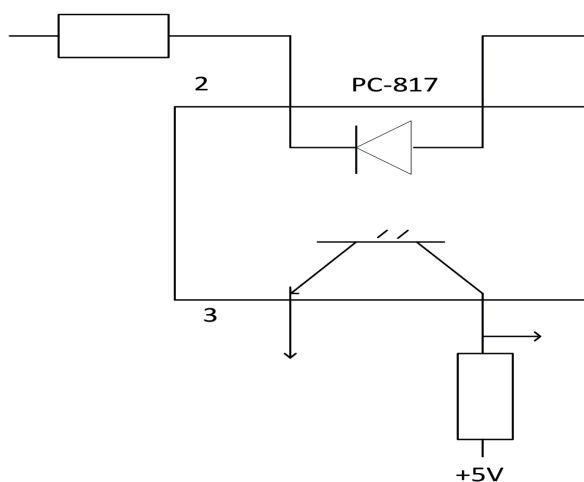
1-rasm. PVG-612 ning ichki tuzilishi

PC-817 elementi xususiyatlari va kommutatsiyasi ko'rib chiqiladi. Uning asosi SMD korpusida joylashgan svetodiod va fototranzistordan tuzilgan. Bu izolyatsiyalangan qayta aloqa pallasida ko'pincha kommutatsiya quvvat manbalarida qo'llanadigan va ideal galvanik izolyatsiyani talab qiladi. So'nggi paytlarda Arduino kabi arzon kontrollerlar bilan birgalikda elektron rele o'rniga kuchsiz tokli tizimlarda signallarni boshqarishni yoqish, o'chirish uchun keng qo'llanadi. Uchinchi va to'rtinchi chiqishlar mos ravishda fototranzistorning emitter va kollektori. Qurilmaning so'nggi versiyalari UL1577 xalqaro xavfsizlik standarti va 94V-0 yonuvchanlik sinfiga muvofiqligi uchun muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazildi. Ular fizik bog'lanmagan. Qurilma parametrlari ichki LED (kirish) va fototranzistor (chiqish) xususiyatlari bilan o'rnatiladi. PC-817 ning pinlarini aniqlash oson. U to'rt pinli DIP korpusida (DIP-4) ishlab chiqariladi. Ham sirtga, ham teshikka o'rnatish uchun mavjud. Pinlardan biri ichki LED ning anodiga ishora qiluvchi chuqurlashtirilgan nuqta bilan belgilangan. Oyoqlar soat strelkasiga qarshi raqamlangan. Ular ma'lum bir elektr asbobida elementi ishlatish imkoniyatini aniqlaydi.

Mutlaq maksimal PC-817 parametrlarining maksimal qiymatlarini ko'rib chiqamiz ($T_a = +25^{\circ}\text{C}$ da): umumiy quvvat sarfi chegarasi (P_{TOT}) 200 mVt gacha; izolyatsiya kuchlanishi (V_{ISO}) 5000 V gacha; harorat: ish (T_{OPR}) -30 dan 100°C gacha; saqlash (T_{STG}) -30 dan 125°C gacha; payvandlash (T_{SOL}) 250 s gacha (10 s gacha); kirish (input) uchun: oqim: to'g'ridan-to'g'ri (I_F) 50 mA gacha; maksimal (I_{FM}) 1 A gacha (impuls davomiyligi < 100 mks va ish aylanishi 0,001 bilan); teskari kuchlanish (V_R) 6 V gacha; quvvat sarfi (P) 70 Vt gacha, chiqish

(output) uchun: kollektor-emitter kuchlanishi (V_{CEO}) 35 V gacha; teskari (V_{eco}) 6 V gacha; 33 kollektor toki (I_c) 50 mA gacha; kollektorda (P_c) quvvat 150 Vt gacha sarflanadi.

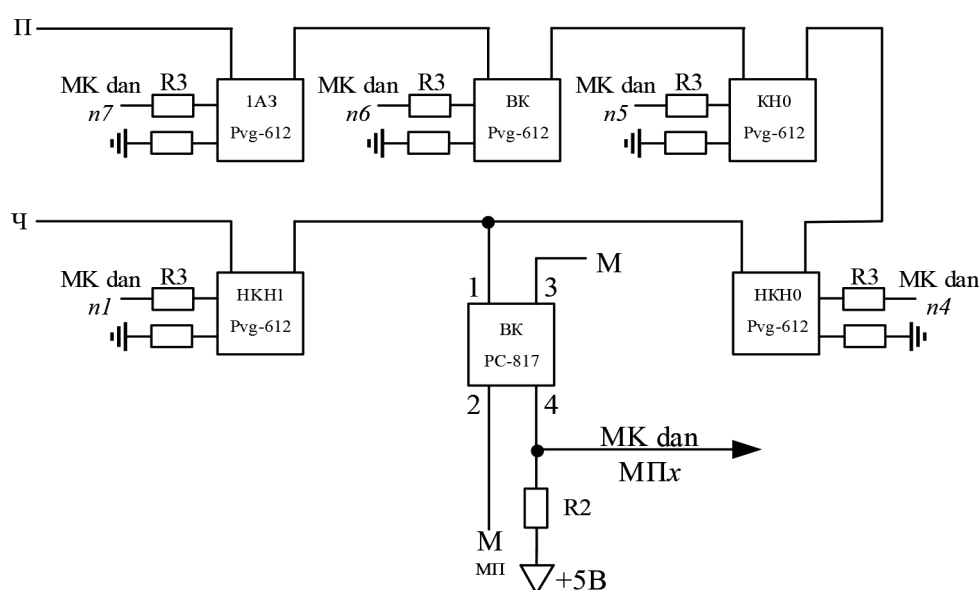
Atrof-muhit harorati ko'tarilgach, bu ko'rsatkichlar keskin kamayadi. Shuni ham ta'kidlash kerakki, Sharp PC817x seriyali elementlarining so'nggi versiyalari maksimal chiqish kuchlanishini (V_F) 80 V ga, quvvat sarfini (P_{TOT}) 200 Vt gacha oshirdi. Elektrooptik parametrlar barcha PC817 seriyasining elektrooptik xususiyatlari bilan bir xil (Ametova & Azizov, 2019c; Ametova et al., 2024).



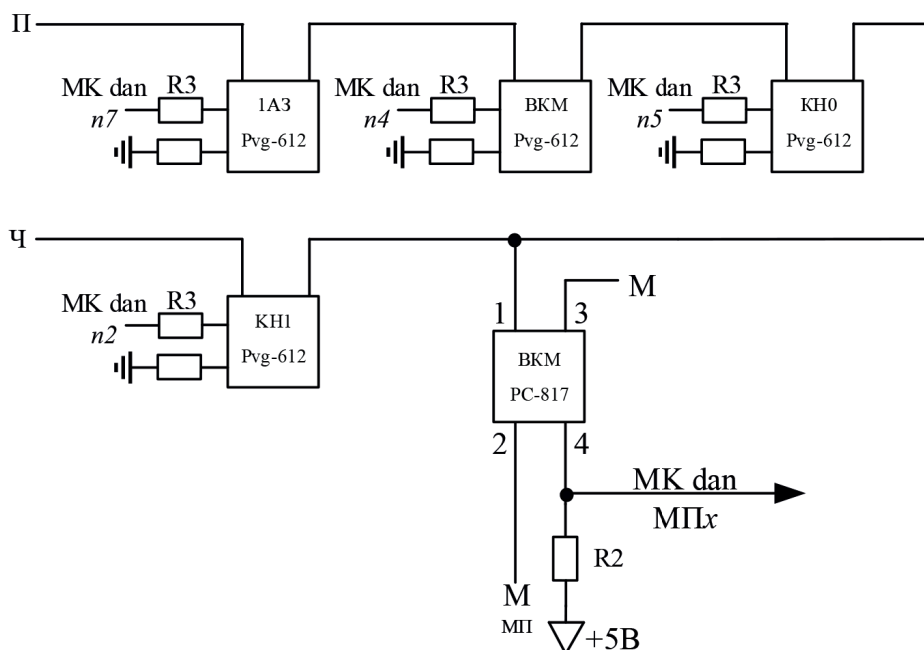
2-rasm. PC-817 ning ichki tuzilishi

Relelarning turli ishlash holatlarini kuzatish uchun rele kontaktlari va ularning mantiqiy ulanishlari asosiy ahamiyatga ega. PC-817 mikroelementlarga rele va rele kontaktlarini o'zgartirib chiqadi. Har bir rele ma'lum shartlarga asosanib, ma'lumotlarni boshqaradi va signal uzatadi (Azizov et al., 2023a).

Yordamchi relelar boshqa blok va qurilmalar bilan o'zaro bog'liq holda ishlaydi. Bu sxemalarda har bir aloqa liniyasi, kuchlanish manbayi va zaxiralash usullari ko'rsatiladi (Ubaydullayev, 2022a).



3-rasm. VK relesining prinsipial sxemasi



4-rasm. VKM releasing prinsipial sxemasi

Yozilgan kodning xavfsizlik talablariga mosligini tekshirish juda muhim jarayon bo'lib, bu orqali yordamchi relelar uchun ishlab chiqilgan dasturning ishonchliligi va to'g'ri ishlashini tasdiqlash mumkin. Relelar tezkor reaksiya va yuqori darajadagi ishonchlilikni ta'minlashi kerak, bu esa poyezd harakati xavfsizligini ta'minlashda muhimdir.

Sinov natijalariga asosan, KDR turdagi relelar kontaktlarini PVG 612 turidagi optojuftliklar bilan almashtirish mumkinligi amalda isbotlandi. Mikroelektron qurilmalar asosida yaratilgan yangi blokning dasturiy ta'minoti uchun "Temiryo'l avtomatikasi va telemexanikasida poyezd marshrutlari mikroelektron blokining yordamchi relelarining dasturiy ta'minoti" nomli patent yaratilib, № DGU42509 raqamli hujjat bilan patentlandi.

Xulosalar

NPM-69 blokining yordamchi relelari poyezd boshqaruvi tizimlarida markaziy ahamiyatga ega bo'lib, relelarning sxemalari va dasturiy ta'minoti yaxshi ishlab chiqilgan bo'lishi kerak. Bu sxemalar poyezdlarning harakatlanish xavfsizligini ta'minlash, avtomatik boshqaruv tizimlarini samarali ishlatish va signalizatsiya tizimlarini boshqarish uchun zarurdir. Relelar va sxemalar elektromagnit maydonlarga chidamli bo'lishi lozim, bu boshqa elektron uskunalardan interferensiyani kamaytiradi.

Elektromagnit relelardan mikroprotessorli boshqaruv tizimlariga o'tish temiryo'l transportining xavfsizlik, ishonchlilik va samaradorligini oshirishda katta ahamiyatga ega. O'tkazilgan tajribalarga asosan, releli turdagi bloklarni mikroelektron elementlar yig'ilgan mikroprotessorli boshqaruv bloki bilan almashtirish imkoni borligi isbotlandi. Mikroelektron elementlardan yasalgan blok mantiqiy amallarni tezkor bajaradi, energiya tejamon va bu turdagi zamonaviy bloklar mahalliylashgan, ya'ni mamlakatimiz hududida ishlab chiqariladi. Poyezd marshrut turini aniqlash, bloklarni yangi mikroprotessorli bloklar bilan almashtirish poyezdlar harakatini nazorat qilishni ancha soddalashtiradi.

REFERENCES

1. Ametova, E. K., & Azizov, A. R. (2019a). Theory of Petri nets in development and research of mathematical model of NSO block. (In Russian). *Scientific and Technical Journal of Fergana Polytechnic Institute*, 5, 93-98.
2. Ametova, E. K., & Azizov, A. R. (2019c). Research of the button relay circuit model of the microelectronic block of NSS. (In Russian). *Descendants of Muhammad al-Khwarizmi*, 3 (9), 75-77. Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi
3. Ametova, E. K., Qudratov, J. B., Namozov, N. N., & Muqimov, P. E. (2024). Software support for auxiliary relays of the microelectronic unit of train routes in railway automation and telemechanics (UZ Patent No. DGU42509 TR: DGU202410327). Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. <https://im.adliya.uz/>
4. Ametova, E., Azizov, A., & Muratovich, Yu. (2020). Microprocessor technology in the devices railway automation and telemechanics. *Asian Journal of Research in Chemistry*, 10, 3-12. <https://doi.org/10.37057/2433-202x-2020-4-6-1>
5. Azizov, A. R., & Ametova, E. K. (2019b). Creation of microelectronic block of NSS. (In Uzbek). *Bulletin of the Tashkent Institute of Railway Transport Engineers*, 2, 155-160.
6. Azizov, A., Ametova, E., & Shakirova, F. (2023b). Integrated microelectronic pulse shaper for automation and telemechanic systems in railway transport. *E3S Web of Conferences*, 402, 03005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340203005>
7. Azizov, A., Ametova, E., Nuriddinov, Q., & Ubaydullayev, S. (2023a). Development, research of a model and an algorithm for organizing data transfer in a monitoring device. *E3S Web of Conferences*, 371. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337103069>
8. Azizov, A. R. (2023). Microelectronic device for determining telecontrol signal pulse quality. *E3S Web of Conf.*, 458, 09020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345809020>
9. Csanyi, E. *The essentials of necessary auxiliary relays in tripping and control applications* (2024). Electrical Engineering Portal. Serbia: Nova Pazova. <https://electrical-engineering-portal.com/auxiliary-relays-tripping-control-applications>
10. Gordon, M. A., Movshin, A. A., Kovkin, A. N., Abramov, O. A., & Sedykh, D. V. (2019). Application of Modern Microelectronic Technology in Marshalling Process of Railway Stations. *Proc. 2019 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS)* (pp. 1-6). Batumi, Georgia. <https://doi.org/10.1109/EWDTS.2019.8884384>.
11. Johansson, I., Palmqvist, C.-W., Sipilä, H., Warg, J., & Bohlin, M. (2022). Microscopic and macroscopic simulation of early freight train departures. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 21, 100295. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2022.100295>
12. Kamenev, A. Yu. (2011). Peculiarities of the experimental methods application to prove the safety of the microprocessor signal centralisation systems. (In Russian). *Information and Control Systems on the Railway Transport*, 4, 104-111.
13. Ubaydullayev, S. Q. (2022a). Study of the work of the NPM-69-M block compatibility scheme. (In Uzbek). *Journal of Advanced Research and Stability*, 02 (01), 13-16. https://www.researchgate.net/publication/357671916_3_NPM-69-M_Blokning_Muvofiqlik_Sxemasi_Ishini_Tadqiq_Etish
14. Ubaydullayev, S. Q. u. (2022b). Methods for implementing the microelectronic operation of the automatic push-button circuit and the arrow control circuit and the control block NPM-69-M. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 10 (2), 303-307. <https://internationaljournals.co.in/index.php/giirj/article/view/1260>
15. Yusupov, Z., Azizov, A., Ametova, E., Ubaydullaev, S. (2024). Model of Circuits of Anti-repeat Relays of Train Routes. In: Aliev, R.A., et al. 12th World Conference "Intelligent System for Industrial Automation" (WCIS-2022). WCIS 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 718. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51521-7_21

UDC: 665.76:621.43(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/xxegob>

MOTOR MOYLARINING AVTOMOBIL EKSPLUATATSIYASIGA TA'SIRI

Karimov Akmal Akbarovich

texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD), dotsent
ORCID: 0000-0003-1473-6222
e-mail:
karimovakmalakbarovich@
gmail.com

Qarshi muhandislik-
iqtisodiyot instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekiston Respublikasi iqlim sharoitida motor moylari sifat ko'rsatkichlarining chegaraviy qiymatlarini ishlab chiqishga doir masalalar o'rganilgan. Dvigatelda motor moyi sifati nafaqat dvigatelning asosiy mezonlari, resursi va texnik holati, balki motor moylari sarfi hamda almashtirish muddatlariga ham katta ta'sir ko'rsatadi. Moylarni almashtirish muddatlari esa uning ekspluatatsiya sharoitida chegaraviy qiymatlari miqdoriga bog'liq. Motor moylari dvigatel konstruksiyasi uchun eng zarur ashyo bo'lib, moylash materiallari sifati yonilg'i tejamkorligi va dvigatelning uzoq muddat ishlashiga ta'sir qiladi. Neft mahsulotlari zaxirasining kamligi va narxining qimmatligi ulardan tejamli foydalanishni talab etadi. Motor moylari sifat ko'rsatkichlarining o'zgarishi, transport vositalari samaradorligiga salbiy ta'sirini o'rganish hamda ushbu ta'sirlarni iqlim sharoitidan kelib chiqqan holda kamaytirish dolzarb muammodir. Tadqiqot predmeti sifatida motor moylarining fizik-kimyoviy xossalari va ekspluatatsion ko'rsatkichlari kabi omillar olingan. Ekspluatatsiya sharoitida motor moylari sifat ko'rsatkichlarining chegaraviy qiymatlari bo'yicha zarur adabiyotlarni tahlil qilish, motor moylari assortimenti hamda motor moylarini ekspluatatsiya sharoitida sifat ko'rsatkichlari chegaraviy qiymatlarini o'rganish tadqiqotning asosiy maqsadidir. Laboratoriya sharoitida eksperimental tadqiqotlar o'tkazilib, ekspluatatsiya sharoitida motor moylari sifat ko'rsatkichlarini baholash mezonlari tanlab olindi. Shuningdek, motor moylari sifat ko'rsatkichlarining chegaraviy qiymatlari ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: motor moylari, dvigatel, moy almashtirish, dizel dvigatellari, sifat ko'rsatkichi, ekspluatatsiya sharoiti, iqlim sharoiti, transport vositalari.

ВЛИЯНИЕ МОТОРНЫХ МАСЕЛ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Каримов Акмал Акбарович

доктор философии по
техническим наукам (PhD)

Каршинский инженерно-
экономический институт

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы разработки предельных значений показателей качества моторных масел в климатических условиях Республики Узбекистан. Качество моторного масла оказывает большое влияние не только на основные критерии, ресурс и техническое состояние двигателя, но и на расход и сроки замены моторного масла. Сроки замены масла зависят от величины его предельных значений в условиях эксплуатации. Моторные масла являются необходимым элементом конструкции двигателя, а качество смазочных материалов влияет на экономию топлива и долговечность двигателя. Небольшие запасы и дороговизна нефтепродуктов требуют их экономного использования. Актуальной проблемой является изучение изменения качественных показателей моторных масел, их негативного влияния на эффективность эксплуатации транспортных средств, а также смягчение этих воздействий, обусловленных климатическими условиями. В качестве предмета исследования были взяты такие факторы, как физико-химические свойства и эксплуатационные показатели моторных масел. Основными целями исследования является анализ необходимой литературы касательно предельных значений показателей качества моторных масел в условиях эксплуатации и ассортимента моторных масел. Проведены

экспериментальные исследования в лабораторных условиях, выбраны критерии оценки качественных показателей моторных масел в условиях эксплуатации. Также разработаны предельные значения показателей качества моторных масел.

Ключевые слова: моторные масла, двигатель, замена масла, дизельные двигатели, показатель качества, условия эксплуатации, климатические условия, транспортные средства.

EFFECTS OF MOTOR OILS ON VEHICLE OPERATION

Karimov Akmal Akbarovich

Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD)

Karshi Engineering
Economics Institute

Abstract. The article discusses the issues of development of limit values of quality indicators of motor oils in climatic conditions of the Republic of Uzbekistan. The quality of engine oil greatly affects basic criteria, resource and technical condition of the engine, as well as - consumption and timing of the engine oil change. Timing of oil replacement depends on the value of its limit values in operating conditions. Engine oils are an essential element of the engine design, and the quality of lubricants affects fuel economy and engine durability. Small stocks and high cost of oil products require their efficient use. The research relevance is explained by the need to study changes in qualitative indicators of motor oils, their negative effect on the efficiency of operation of vehicles, as well as mitigation of these effects caused by climatic conditions. Factors including physical and chemical properties and performance indicators of motor oils, were taken as the research subject. The main objectives of the study include review of the relevant literature concerning the limit values of quality indicators of motor oils in operating conditions and the range of motor oils. Experimental studies in laboratory conditions have been made, criteria for assessing the quality indicators of motor oils under operating conditions - selected. And limit values of quality indicators of motor oils have also been developed.

Keywords: motor oils, engine, oil change, diesel engines, quality indicator, operating conditions, climatic conditions, vehicles.

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 28.10.2024

Qabul qilangan/Принято/
Accepted: 26.11.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
14.12.2024

Kirish

Hozirgi vaqtda avtomobil dvigatellarini moylash uchun motor moylarining keng assortimenti taklif etilmoqda. Respublikamiz ish sharoitlari yuqori harorat, chang va yuqori tuz miqdori bilan ajralib turadi. Iqlim sharoitining avtomobil motor moylari sifati o'zgarishiga ta'siri yetarlicha o'rganilmagan. Motor moylarining jadal eskirishi transport infratuzilmasiga uzviy bog'liqdir. Bu borada O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi" Farmonida transport infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha vazifalar belgilab berilgan.

Turli ishlash sharoitlarida harakatlanuvchi tarkibning ishlashi nafaqat agregatlar ishonchliligi va chidamliligi, balki ekspluatatsion materiallar, ayniqsa, motor moylari sifati, resursi va sarfi o'zgarishiga ta'sir qiladi.

Dvigatelda motor moyi sifat ko'rsatkichlari nafaqat dvigatelning asosiy mezonlari, resursi va texnik holati, balki motor moylari sarfi, almashtirish muddatlariga ham katta ta'sir ko'rsatadi. Moylarni almashtirish muddatlari esa uning ekspluatatsiya sharoitida chegaraviy qiymatlari miqdoriga bog'liq. Ishlab chiqaruvchilar tomonidan dvigatel moylarini almashtirish uchun tavsiya etilgan muddatlar mo'tadil iqlim va boshqa sharoitlar uchun belgilanadi (Karimov & Kichkinaev, 2023).

Dvigatel moyi sifatining chegaraviy qiymatdan oshishi, asosan, atmosfera changi, yeyilish mahsulotlari, yoqilg'i yonishi natijasida hosil bo'ladigan gazsimon, suyuq va qattiq zarralar

bilan ifloslanishi, shuningdek, asosiy moyning uglevodorodlari hamda qo'shimchalarining kimyoviy va fizik-kimyoviy o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan moddalar bilan ifloslanishidan kelib chiqadi.

Shuning uchun ekspluatatsiya sharoitida moylar sifati o'zgarishini o'rganish va avtomobil dvigatellarida motor moylarini almashtirish uchun oqilona muddatlarni belgilash dolzarbdir. Sanoati rivojlangan xorijiy mamlakatlarda moy iste'molini kamaytirish uchun zaxiralar deyarli tugaganligi sababli butun dvigatel resursi davomida kam moy sarflanishini ta'minlash, dvigatelning ish vaqtiga bog'liqligini kamaytirishga ko'proq e'tibor qaratilmoqda.

Abashkin & Alekhin (2022), Kolesnikov (2024), Zaharia et al. (2022), Baskov et al. (2020), Jakoby et al. (2003), Landowski & Baran (2019), Longwic & Sander (2018), Syundyukov et al. (2019), Raposo et al. (2019), Bekana et al. (2015), Nagy et al. (2019), Schumacher et al. (2005), Hasannuddin et al. (2016), Agocs et al. (2021), Holland et al. (2019), Kim et al. (2013), Korneev et al. (2018), Kumar et al. (2005), Lützenkirchen-Hecht et al. (2014), Perić et al. (2014), Korneev et al. (2023), Kumbár & Dostál (2013), Magaril & Magaril (2016) kabi xorijlik, Alimova et al. (2021), Alimova et al. (2022) kabi mahalliy olimlar o'z ilmiy tadqiqotlarida motor moyi sifat ko'rsatkichi va uning dvigatelga ta'sirini o'rgangan. Ushbu o'rganishlar natijasida qator ilmiy natijalar qo'lga kiritilgan. Lekin O'zbekiston hududida iqlim sharoitidan kelib chiqqan holda, transport vositalarining motor moylari xususiyatlarining o'zgarish qonuniyatlari to'liq o'rganilmagan.

Material va metodlar

O'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar asosida belgilangan dastur bo'yicha transport vositasi ish unumdorligiga motor moyi sifat ko'rsatkichlarining ta'sir etuvchi parametrlari aniqlab olindi. Ushbu ko'rsatkichlar sifatida ekspluatatsiya qilinayotgan motor moyining:

- kinematik qovushqoqligi;
- ochiq tigeldagi o't olish harorati hamda motor moyidagi:
- ishqorlar soni;
- yeyilish mahsulotlari;
- vodorod ko'rsatkichi tanlab olindi.

Tadqiqotlar Qashqadaryo viloyati Qarshi shahri va G'uzor tumanlarida o'tkazildi.

Ekspluatatsiya qilinayotgan motor moylari sifatining laboratoriya tahlilini o'tkazish uchun fizik-kimyoviy va ekspluatatsiya ko'rsatkichlarini baholashning quyidagi usullari tanlandi:

- O'zDSt 33-2000 bo'yicha kinematik qovushqoqlik;
- O'zDSt 11362-96 bo'yicha vodorod ko'rsatkichi (pH);
- O'zDSt 4333-87 bo'yicha o't olish harorati;
- O'zDSt 11362-96 bo'yicha ishqorlar soni;
- O'zDSt 6370 moylardagi yeyilish mahsulotlari miqdori.

O'zDSt 33-2000 bo'yicha kinematik qovushqoqlikni aniqlash metodikasi quyidagicha: olingan namuna oson aralashishi uchun 60 °C dan kam bo'lmagan haroratgacha isitilishi kerak. Standart talablarga binoan, 40 °C va 100 °C qabul qilingan. Shisha trubkadan motor moyi quyiladi. Moy birinchi nuqtadan o'tayotganda, sekundomer ishga tushiriladi. Erkin oqim 0,1 s aniqlikda o'lchab boriladi. Moy ikkinchi nuqtaga yetib kelganda, sekundomer to'xtatiladi (1-rasm). 1 mm² yuzadan erkin oqimning necha sekund davomida oqib o'tishi aniqlanadi va qovushqoqlik ko'rsatkichi yozib olinadi. Kapillyar viskozimetrda moyning oqib o'tish vaqti (t), zichligi (ρ) va kapillyar konstansiyasi (C) asosida qovushqoqlik ko'rsatkichi qiymati aniqlanadi.

$$\text{Ya'ni } \eta = \rho \times t \times C, \quad (1)$$

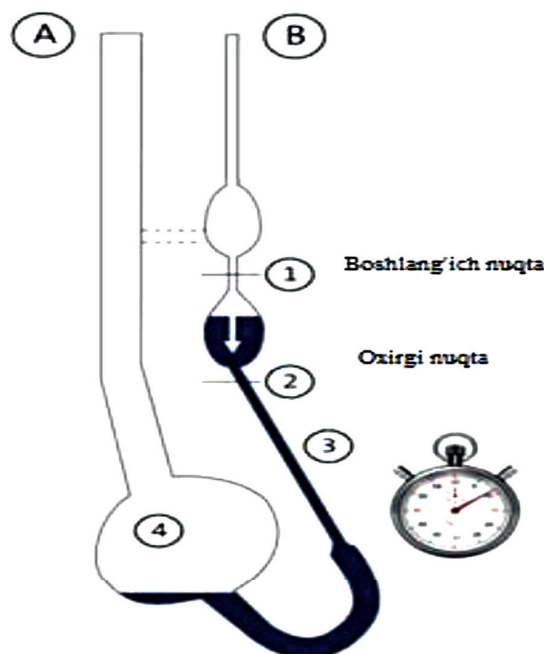
bu yerda η – kinematik qovushqoqlik (sSt);

ρ – moy zichligi;

t – moyning kapillyardan o'tish vaqti;

C – kapillyar konstantasi (kapillyar konstantasi viskozimetr ishlab chiqaruvchilar tomonidan aniqlangan kattalik bo'lib, asbop pasportida ko'rsatiladi).

Yuqoridagi metodika bo'yicha oxirgi marta o'lchanadi va natijalarning o'rta arifmetigi qiymati asos qilib olinadi.



1-rasm. Viskozometr yordamida motor moyi qovushqoqligini aniqlash metodikasi

Ekspluatatsiya qilingan moyning o't olish harorati O'zDSt 4333-87 bo'yicha aniqlandi. Standart talablar bo'yicha ikki usulda aniqlash mumkin: 1) ochiq tigelli usul; 2) yopiq tigelli usul.

Biz ochiq tigelli usuldan foydalandik. Juda yuqori haroratga chidamli metall yoki shisha idish tanlab olindi. Moy havo bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'ladi va bir xil tezlikda isitiladi (daqiqasiga 5–6 °C), so'ngra kichik alanga paydo bo'lgan muhitda harorat ko'rsatkichi yozib olindi.

Ekspluatatsiya qilingan moyning ishqor soni O'zDSt 11362-96 bo'yicha aniqlandi va 2–5 grammgacha namuna olindi. Titrator yordamida kolbaga 50 ml erituvchi aralashma (H_2SO_4) qo'shildi, so'ng 2–3 tomchi fenoltalein solindi. Ko'zlangan rangga erishgach, titratuvchi eritmaning sarflangan hajmi yozib olindi. Ishqorlar soni (TBN – Total Base Number) quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$TBN = \frac{V * N * 56,1}{W}, \quad (2)$$

bu yerda V – sarflangan titratuvchi eritma hajmi (ml);

N – titratuvchi eritmaning normalligi (mol/l);

W – moy namunasi massasi (g);

56,1 – kaliy gidroksidning (KOH) molekulyar massasi.

Tadqiqot natijalari

Qashqadaryo viloyatida joylashgan “Epsilon development company” mas'uliyati cheklangan jamiyati avtotransport xizmati yuk avtomobillari parkidagi “SHACMAN F3000”

samosvallari dizel dvigatellari bilan harakatlanadi. Bunda turli yo'nalishlarda ekspluatatsiya qilinayotgan yuk avtomobillari tadqiqot obyektlari sifatida belgilangan. "SHACMAN F3000" yuk samosvallari (o'zi ag'dargichlar) "Epsilon development company" avtotransport xizmati "SHACMAN" samosvallar dizel yuk avtomobillari KMUS – Mirshikor – Koson – G'uzor – Kitob – Navoiy – Toshkent – Farg'ona Qamchiq davoni oralig'i bo'ylab harakatlanadi. O'rtacha kunlik yurish masofasi 201 km. Bazadan neft quduqlariga kerakli yuklarni buyurtma asosida yetkazib berish vazifasini bajaradi.

"SHACMAN F3000" samosval yuk avtomobillari ko'proq KMUS – Mirshikor – Talimarjon – KMUS oraliq masofa bo'yicha harakatlanadi. Bunda o'rtacha bosib o'tilgan masofa 170 km.

Boshqariladigan transport vositalari ekspluatatsiya uchun 225 417 km dan 378 845 km gacha bo'lgan masofani bosib o'tgan oltita birlikda texnik jihatdan soz samosval (o'zi ag'dargich)lar tanlab olindi.

Boshqariladigan transport vositalari to'g'risidagi ma'lumotlar, samosvallar (o'zi ag'dargichlar)ning 3 oy boshqarilishi davomida moyning dvigatelda ishlagan muddatlari bo'yicha ma'lumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Moyning dvigatelda ishlash muddatlari

T/R	Davlat raqami №	Avtomobil ishlab chiqarilgan yil	Avtomobilning ekspluatatsiya boshidagi yurgan yo'li, km	Moyning dvigatelda ishlagan muddati, km	Dvigatel turi
1	01M008609	2019	136475	3272	Dizel
2	01M008163	2019	143227	5272	Dizel
3	01M008639	2019	170657	9272	Dizel
4	01M009944	2019	940060	8602	Dizel
5	01M009960	2019	108614	6747	Dizel
6	01M009945	2019	114476	7344	Dizel

"SHACMAN" yuk avtomobillari dvigatellaridan olingan motor moylari namunalari laborator tahlil qilindi va kinematik qovushqoqligi 13,3 mm²/s dan 15,8 mm²/s gacha o'zgarishi kuzatildi. Moy sifat ko'rsatkichining o'zgarish chegarasi 15,5 mm²/s deb qabul qilingan.

Motor moylarining ifloslanishi dvigatel detallarining tez yeyilishi, kuyindi va lak hosil bo'lishi, porshen halqalari kokslanishi, moy o'tkazgich tur va trubkalari tiqilib qolishiga sabab bo'ladi.

Motor moylari ifloslanishiga, shuningdek, organik (smolali-asfalt birikmalar, uglerod zarrachalari hamda oksidlangan uglevodorodlar) va noorganik (dvigatel detallari yeyilishidan hosil bo'lgan zarrachalar, ishlash muddati tugagan prisadka qoldiqlari, moyga tushuvchi chang, qum, suvlar) moddalar ham kiradi. 2-jadvalda tanlab olingan 6 birlikdagi avtomobillar kesimida ishlatilgan motor moyining kinematik qovushqoqligi ko'rsatkichlari keltirilgan. Ekspluatatsiya sharoitida motor moylari sifat ko'rsatkichlarining chegaraviy qiymatlari 3-jadvalda berilgan.

2-jadval

Ishlatilgan moyning kinematik qovushqoqligi (100 °C, mm²/c)

T/R	Davlat raqami	Avtomobil ishlab chiqarilgan yil	Avtomobilning ekspluatatsiya boshidagi yurgan yo'li, km	Moyning dvigatelda ishlagan muddati, km.	Yangi moyning kinematik qovushqoqligi, 100 °C mm ² /s	Ishlatilgan moyning kinematik qovushqoqligi, 100 °C mm ² /s
1	01M008609	2019	136475	3272	13,3	13,6
2	01M008163	2019	143227	5272	13,3	13,7
3	01M008639	2019	170657	9272	13,3	15,7
4	01M009944	2019	940060	8602	13,3	15,3
5	01M009960	2019	108614	6747	13,3	14,7
6	01M009945	2019	114476	7344	13,3	15,8

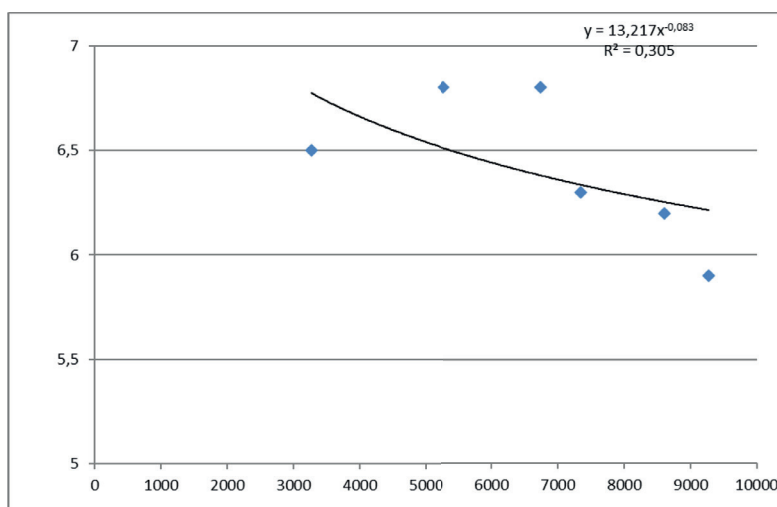
3-jadval

Ekspluatatsiya sharoitida motor moylari sifat ko'rsatkichlarining chegaraviy qiymatlari

№	Ko'rsatkichlar	Chegaraviy qiymatlar
1	Ochiq tigelda moyning alanganish harorati (°C)	20 °C
2	Qovushqoqlik	11,5-15,5
3	Ishqorlar soni, mg KON, 1 g moyda	0,2-0,4
4	Vodorod ko'ratkichi, pH	5 dan kam
5	Moyning zichligi (20 °C)	890 dan yuqori emas

Tadqiqot natijalari tahlili

Natijalarga ko'ra, moyning zichligi, ishqorlar soni va moyning o't olish haroratining transport vositalari bosib o'tgan masofalarga bog'liqlik grafiklari olindi. 2-rasmda avtomobil bosib o'tgan masofaning moydagi ishqorlar soniga nisbatan o'zgarish grafigi berilgan.

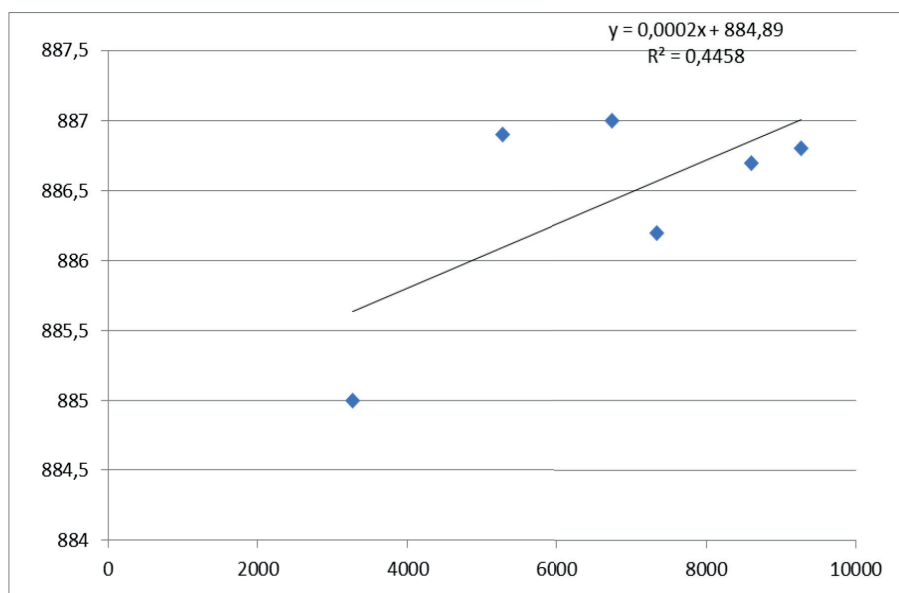


2-rasm. Avtomobil bosib o'tgan masofaning moydagi ishqorlar soniga nisbatan o'zgarish grafigi

2-rasmdan ko'rinib turibdiki, moydagi ishqorlar sonining bosib o'tilgan masofa ortgan sayin kamayishi kuzatildi. Ishqorlar soni 6,5 dan 6,2 gacha o'zgarib, bu 5 500 km va 9 000 km gacha bo'lgan masofalarga to'g'ri keladi. Ishlatilgan motor moyi ishqor sonining kamayishi tabiiy holatdir. Bunga yonish jarayonida hosil bo'lgan sulfat va nitrat kislotalari sabab bo'ladi. Ular moyning ishqoriy komponentini kamaytiradi. Boshqa ilmiy tadqiqotlar ham shunga o'xshash natijalar ko'rsatgan.

Motor moyidagi ishqorlar soni yengil avtomobillarga nisbatan og'ir yuk tashiydigan avtomobillarda yuqori bo'ladi, chunki dizel yonish jarayonida kislotalar ko'proq ishlab chiqiladi. Standart talablarga ko'ra, yangi moyning TBN qiymati 50 %dan tushganda, ushbu motor moylarini almashtirish tavsiya etiladi. Chunki moydagi ishqor sonining kamayishi motorda quyidagi nuqsonlarga olib kelishi mumkin: 1) korroziya: moy kislotalarni neytrallay olmay qolganda, dvigatel qismlarida korroziya paydo bo'ladi; 2) dvigatelning ishdan chiqishi: ishqor zaxirasi tugagan moy dvigatelning uzoq muddat ishlashini ta'minlay olmaydi, bu esa qimmat ta'mirga olib kelishi mumkin.

3-rasmda moy (20 °C) zichligining bosib o'tgan yo'lga bog'liqligi grafigi tasvirlangan.

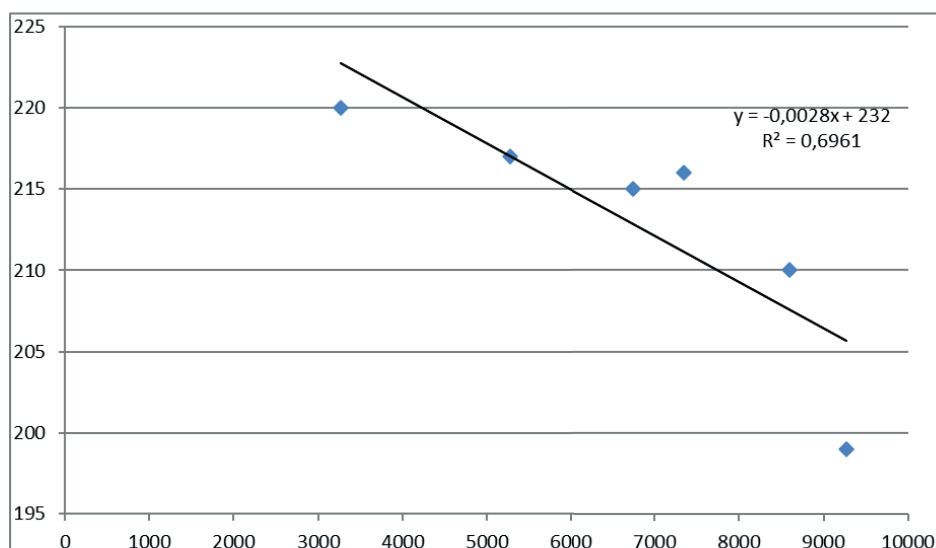


**3-rasm. Moy zichligining bosib o'tgan yo'lga bog'liqligi grafigi
(zichligi 20 °C, kg/m³)**

3-rasmdan ko'rinib turibdiki, moy zichligi 4 000 km da 885 kg/m³, 9 000 km da 887 kg/m³ gacha o'zgargan. Bunda zichlik oshishi moydagi har xil abrazib zarrachalarning ta'siri natijasi hisoblanadi.

O't olish harorati moyning fraksion tarkibi va asosiy komponentlar molekularining tuzilishi bilan bog'liq bo'lib, bir necha sabablarga ko'ra muhimdir. Moy qovushqoqligi pasaygani sari yonish nuqtasining pasayishi yonilg'i ta'minoti tizimidagi muammolarni bartaraf etish uchun oldindan belgi bo'lib xizmat qiladi. O't olish harorati o'zgarishi 210 °C dan pastga tushganda, moyning sifat ko'rsatkichlari talab darajasidan pastga tushadi.

4-rasmda o't olish haroratining bosib o'tilgan yo'lga bog'liqligi keltirilgan. Grafikda moyning o't olish harorati 4 000 km masofa bosib o'tilganidan keyin jadal kamayib borganligi ko'rsatilgan. 8 000 km ga kelib, o't olish harorati 210 °C dan pastga tushadi va natijada moyning sifat ko'rsatkichlari talab darajasida bo'lmaydi.



4-rasm. O't olish haroratining bosib o'tilgan yo'lga bog'liqligi grafigi

Xulosalar

Tadqiqot davomida transport vositalarining ish unumdorligi texnik xizmat ko'rsatish jarayonida amalga oshiriladigan moylash ishlari sifatiga bog'liqligi aniqlandi. Transport vositalari uchun ishlatiladigan motor moylari xususiyatlari dvigatelning samarali ishlashini ta'minlovchi asosiy omillardan biridir. Moyning eskirish tavsifi iqlim sharoitiga bog'liq.

Motor moyining sifat ko'rsatkichlari me'yorlardan chetga chiqqan holatlarda uni almashtirish muddatlari bosib o'tilgan masofaga bog'liq ravishda belgilandi. Ushbu tadqiqot natijalariga ko'ra, ekspluatatsiya sharoitida foydalaniladigan yuk avtomobillari uchun motor moyini almashtirish muddatini 7 500 km qilib belgilash ilmiy jihatdan asoslandi.

REFERENCES

1. Abashkin, R. I., & Alekhin, A. V. (2022). Motor oil change in the process of operation in internal cognition motors. (In Russian). *Science and Education*, 5 (2), 257. <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-motornogo-masla-v-protsesse-ekspluatatsii-v-dvigatelyah-vnutrennego-sgoraniya>
2. Agocs, A., Nagy, A. L., Tabakov, Z., Perger, J., Rohde-Brandenburger, J., Schandl, M., & Dörr, N. (2021). Comprehensive assessment of oil degradation patterns in petrol and diesel engines observed in a field test with passenger cars–Conventional oil analysis and fuel dilution. *Tribology International*, 161, 107079. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107079>
3. Alimova, Z. X., Kholikova, N. A., Kholova, S. O., & Karimova, K. G. (2021). Influence of the antioxidant properties of lubricants on the wear of agricultural machinery parts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 868 (1), 012037. IOP Publ. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/868/1/012037>
4. Alimova, Z., Makhamajanov, M. I., & Magdiev, K. (2022). The effect of changes in the viscosity parameters of engine oils on the operation of engine parts. *Eurasian Journal of Academic Research*, 2 (10), 151-154. https://www.researchgate.net/publication/366918869_CAUSES_OF_CHANGES_IN_THE_VISCOSITY_PARAMETERS_OF_MOTOR_OILS_DURING_OPERATION

5. Baskov, V., Ignatov, A., & Polotnyanshikov, V. (2020). Assessing the influence of operating factors on the properties of engine oil and the environmental safety of internal combustion engine. *Transportation Research Procedia*, 50, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.005>
6. Bekana, D., Antoniev, A., Zach, M., & Mareček, J. (2015). Monitoring of agricultural machines with used engine oil analysis. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63 (1), 15-22. <https://doi.org/10.11118/actaun201563010015>
7. Hasannuddin, A. K., Wira, J. Y., Sarah, S., Wan Syaidatul Aqma, W. M. N., Abdul Hadi, A. R., Hirofumi, N., Aizam, S. A., Aiman, M. A. B., Watanabe, S., Ahmad, M. I., & Azrin, M. A. (2016). Performance, emissions and lubricant oil analysis of diesel engine running on emulsion fuel. *Energy Conversion and Management*, 117, 548-557. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.057>
8. Holland, T., Abdul-Munaim, A. M., Watson, D. G., & Sivakumar, P. (2019). Influence of sample mixing techniques on engine oil contamination analysis by infrared Spectroscopy. *Lubricants*, 7 (1), 4. <https://doi.org/10.3390/lubricants7010004>
9. Jakoby, B., Scherer, M., Buskies, M., & Eisenschmid, H. (2003). An automotive engine oil viscosity sensor. *IEEE Sensors Journal*, 3 (5), 562-568.
10. Karimov, A. A., & Kichkinaev, M. A. (2023). Additive for motor oils. (In Russian). *Educational Research in Universal Sciences*, 2 (3), 1021-1024.
11. Kim, Y., Kim, N. Y., Park, S. Y., Lee, D. K., & Lee, J. H. (2013). Classification and individualization of used engine oils using elemental composition and discriminant analysis. *Forensic Science International*, 230 (1-3), 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.01.013>
12. Kolesnikov, K. A. (2024). An overview of modern engine oil additives and their effect on engine performance. *Cifra. Mechanical Engineering*, 2 (3). <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2024.3.5>
13. Korneev, S. V., Jigadlo, A. P., Bakulina, V. D., & Pashukevich, S. V. (2023). Evaluation of the service life of engine oils contaminated with fuel during vehicle operation. *AIP Conference Proceedings* (vol. 2784 (1)). AIP Publ. <https://doi.org/10.1063/5.0140203>
14. Korneev, S. V., Yarmovich, Y. V., Saveliev, S. V., Poteryaev, I. K., Buravkin, R. V., & Machekhin, N. Y. (2018). The influence of the KAMAZ diesel engines design on changing engine oil performance. *AIP Conference Proceedings* (vol. 2007 (1)). AIP Publ. <https://doi.org/10.1063/1.5051856>
15. Kumar, S., Mukherjee, P. S., & Mishra, N. M. (2005). Online condition monitoring of engine oil. *Industrial Lubrication and Tribology*, 57 (6), 260-267. <https://doi.org/10.1108/00368790510622362>
16. Kumbár, V., & Dostál, P. (2013). Oil additive and its effect. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61 (3), 691-697. <https://doi.org/10.11118/actaun201361030691>
17. Landowski, B., & Baran, M. (2019). Analysis of selected results of engine oil tests. *Proceedings of the MATEC Web of Conferences* (vol. 302, p. 01010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201930201010>
18. Longwic, R., & Sander, P. (2018). The course of combustion process under real conditions of work of a traction diesel engine supplied by mixtures of canola oil containing n-hexane. *IOP Conference Series: Science and Engineering*, 421 (4), 42050. IOP Publ. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/421/4/042050>
19. Lützenkirchen-Hecht, D., Müller, L., Hoffmann, L., & Wagner, R. (2014). Analysis of engine motor oils by X-ray absorption and X-ray fluorescence spectroscopies. *X-Ray Spectrometry*, 43 (4), 221-227. <https://doi.org/10.1002/xrs.2543>
20. Magaril, E., & Magaril, R. (2016). Improving the environmental and performance characteristics of vehicles by introducing the surfactant additive into gasoline. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 17049-17057. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6900-1>
21. Nagy, A. L., Knaup, J. C., & Zsoldos, I. (2019). Investigation of used engine oil lubricating performance through oil analysis and friction and wear measurements. *Acta Technica Jaurinensis*, 12 (3), 237-251. <https://doi.org/10.14513/actatechjaur.v12.n3.495>
22. Perić, S., Nedić, B., & Grkić, A. (2014). Applicative monitoring of vehicles engine oil. *Tribology in Industry*, 36 (3), 308. <http://www.tribology.fink.rs/journals/2014/2014-3/10.pdf>

23. Raposo, H., Farinha, J. T., Fonseca, I., & Ferreira, L. A. (2019). Condition monitoring with prediction based on diesel engine oil analysis: A case study for urban buses. *Actuators*, 8 (1), 14. MDPI. <https://doi.org/10.3390/act8010014>
24. Schumacher, L. G., Peterson, C. L., & Van Gerpen, J. (2005). Engine oil analysis of biodiesel-fueled engines. *Applied Engineering in Agriculture*, 21 (2), 153-158. <https://doi.org/10.13031/2013.18146>
25. Syundyukov, I. S., Ivanov, E. K., Skotnikova, M. A., Qian, J. D., Medvedeva, V. V., & Krylov, N. A. (2019). Tribotechnical diagnostics of an internal combustion engine according to the condition of the oil. *Key Engineering Materials*, 822, 649-655. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.822.649>
26. Zaharia, C., Niculescu, R., Năstase, M., Clenci, A., & Iorga-Simăn, V. (2022). Engine oil analysis to evaluate the degree of its wear during the period of operation of the vehicle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-1220 (1), 012037. IOP Publ. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1220/1/012037>

UDC: 532.546+621.65.03(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/zuudzr>

VERTIKAL DRENAJ TIZIMLARIDA ENERGIYA TEJAMKOR TEKNOLOGIYA

¹doktorant

ORCID:0000-0001-8992-7010

e-mail: r_sultonov@tiame.uz
²texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD), dotsent
ORCID: 0009-0000-8762-1405
e-mail: qrakhimov.2019@mail.ru
³texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD), dotsent
ORCID: 0000-0003-3969-4436
e-mail: maksud.otakhonov@bk.ru
⁴texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD)
ORCID: 0000-0002-3401-1889
e-mail:
sarverbekmelikuziyev@gmail.com
^{1,3,4}"Toshkent irrigatsiya
va qishloq xo'jaligini
mexanizatsiyalash
muhandislar instituti" Milliy
tadqiqot universiteti

²Toshkent davlat transport
universiteti

Sultonov Rustamjon Subhonali o'g'li¹, Raximov Qudratjon Tashbotirovich²,
Otaxonov Maqsud Yusufovich³, Melikuziyev Sarvarbek Maxmud o'g'li⁴

Annotatsiya. Maqolada oqim energiyasidan foydalanadigan oqimchali nasosning sug'orish va melioratsiya tizimidagi vertikal drenajlarning energiya samaradorligini oshirish maqsadida amaliyotda qo'llanishi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalari bayon etilgan. Bugungi kunda elektr energiyasiga bo'lgan talabning ortib borishi va narxining oshishi melioratsiya hamda sug'orishda ishlatilayotgan nasoslarning energiya sarfini kamaytirish uchun energiya tejamkor mexanizmlardan foydalanish zaruratini taqozo etmoqda. Oqimchali nasosni amaliyotda qo'llash ishlari Sirdaryo viloyati Guliston shahar hududidagi vertikal drenajda amalga oshirilib, tabiiy dala sharoitida gidravlik parametrlar suv sarfining 0,8–1,6 l/s gacha va quvurdagi bosimi 0,5–1,0 atm gacha oralig'ida sinov ishlari olib borildi. Dala va laboratoriya tadqiqot natijalari o'zaro qiyosiy baholanib, nisbiy sarf va nisbiy napor orasidagi bog'lanishlar olingan. Ularning aniqlilik darajasi korelyatsiya koeffitsiyenti ($R^2 = 0,91$) orqali asoslangan. Oqimchali nasoslarni vertikal drenajlarda qo'llash bo'yicha shartlar va tavsiyalar qayd etilgan.

Kalit so'zlar: vertikal drenaj quduq, sizot suvlar sathi, oqim energiyasi, oqimchali nasos, energiya tejamkor, injeksiya koeffitsiyenti, nisbiy sarf.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМАХ

Султонов Рустамжон Субхонали угли¹, Рахимов Кудратжон Ташботирович²,
Отаханов Максуд Юсуфович³, Меликузиев Сарварбек Махмуд угли⁴

¹докторант

²доктор философии по
техническим наукам (PhD),
доцент

³доктор философии по
техническим наукам (PhD),
доцент

⁴доктор философии по
техническим наукам (PhD)

^{1,3,4}Национальный
исследовательский
университет «Ташкентский
институт инженеров
иригации и механизации
сельского хозяйства»

²Ташкентский
государственный
транспортный
университет

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по практическому применению струйного насоса, использующего энергию потока, в целях повышения энергоэффективности вертикальных водостоков в ирригационно-мелиоративных системах. Сегодня растущий спрос на электроэнергию и рост её стоимости диктуют необходимость использования энергоэффективных механизмов для снижения энергопотребления насосов, используемых для мелиорации земель и орошения. Работы по практическому применению струйного насоса проводились на вертикальном дренаже в районе города Гулистана Сырдарьинской области, испытательные работы проводились в естественных полевых условиях в диапазоне гидравлических параметров расхода воды 0,8–1,6 л/с и давления в трубопроводе 0,5–1,0 атм. Результаты полевых и лабораторных исследований были сравнительно оценены, и были получены связи между относительным расходом и относительным напором. Уровень их точности основан на коэффициенте корреляции ($R^2 = 0,91$). Отмечены условия и рекомендации по применению струйных насосов в вертикальных водостоках.

Ключевые слова: вертикальная дренажная скважина, уровень грунтовых вод, энергия потока, струйный насос, энергоэффективность, коэффициент инъекции, относительный расход.

¹Doctoral Student²Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor³Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor⁴Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)^{1,3,4}National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanisation Engineers"
²Tashkent State Transport University**Kelib tushgan/ Получено/**
Received: 28.10.2024**Qabul qilingan/Принято/**
Accepted: 20.11.2024**Nashr etilgan/ Опубликовано/**
Published: 14.12.2024

ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY IN VERTICAL DRAINAGE SYSTEMS

Sultonov Rustamjon Subkhonali ugli¹, Rakhimov Kudratjon Tashbotirovich², Otakhanov Maksud Yusufovich³, Melikuziev Sarvarbek Mahmud ugli⁴

Abstract. The article presents findings from research into practical application of a jet pump utilizing flow energy in view to improve energy efficiency of vertical drains in irrigation and reclamation systems. Increasing demand for electricity and its rising cost nowadays dictate the need for energy efficient mechanisms to reduce the energy consumption of pumps used for land reclamation and irrigation. Works on practical application of the jet pump were carried out on vertical drainage in the area of Gulistan city of Syrdarya province, test works were implemented in field conditions in the range of hydraulic parameters of water flow rate 0,8-1,6 l/s and the pipeline pressure of 0,5-1,0 atm. Comparative evaluation of results from the field and laboratory tests retrieved relationships between relative flow rate and relative head. Their level of accuracy is based on the correlation coefficient ($R^2 = 0.91$). The paper provides conditions and recommendations for the use of jet pumps in vertical drains.

Keywords: vertical drainage well, groundwater level, flow energy, jet pump, energy efficient, coefficient injection, relative efficiency.

Kirish

Dunyoning ko'pgina mamlakatlarida vertikal drenaj quduqlardan yer osti suvlari olish va melioratsiyada sizot suvlari sathini pasaytirishda keng foydalaniladi. Qishloq xo'jaligi yerlarida suv sathi va tuproq sho'rlanishini kamaytirish gorizonttal va vertikal drenaj tizimlari bilan amalga oshirilishi mumkin (Akhmedov & Mirkhasilova, 2021; Rakhimov & Sultanov, 2023; Boehmer & Boonstra, 1994).

Markaziy Osiyo mamlakatlarining asosiy yer maydonlari sug'oriladigan hududlardan iborat bo'lib, yerlarning meliorativ holatini yaxshilash va qishloq xo'jaligi ekinlaridan barqaror va yuqori hosildorlikka erishish uchun yer osti sizot suvlari sathini pasaytirishning eng samarali usullaridan biri vertikal drenaj quduqlaridan keng foydalanishdir.

Aholi va iqtisodiyotning barcha tarmoqlarini suv bilan barqaror ta'minlash, sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash, suv xo'jaligiga bozor tamoyillari va mexanizmlari hamda raqamli texnologiyalarni keng joriy etish, suv xo'jaligi obyektlarining ishonchli ishlashini ta'minlash, yer va suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish maqsadida O'zbekiston Respublikasi Prezidenti farmoni bilan O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini 2020–2030-yillarda rivojlantirish konsepsiyasi ishlab chiqildi.

Konsepsiyaning asosiy maqsadlaridan biri qishloq va suv xo'jaligi tarmoqlarida suv tejaydigan texnologiyalarni keng joriy etish, mavjud suv resurslaridan oqilona va tejimli foydalanish hamda sohada axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va avtomatlashtirilgan tizimlardan keng foydalanishdir. Shu bilan birga, global iqlim o'zgarishi, aholi soni va suvga bo'lgan talabning oshib borishi tufayli yildan yilga suv resurslari taqchilligining kuchayishi mamlakatning istiqboldagi rivojlanishini cheklovchi omillardan biri bo'lib qolmoqda.

O'zbekiston Respublikasining 2024-yil 7-avgustdagi "Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risida"gi O'RQ-940-sonli qonunida qishloq va suv xo'jaligida energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish uchun ilmiy tadqiqotlar o'tkazish hamda takomillashtirilgan texnologiyalarni qo'llash belgilandi.

So'nggi yillarda yer va suv resurslaridan samarali foydalanish, suv resurslarini boshqarish tizimini takomillashtirish, suv xo'jaligi obyektlarini modernizatsiya qilish va rivojlantirish bo'yicha izchil islohotlar amalga oshirilmogda.

Keyingi yillarda respublikamiz qishloq va suv xo'jaligida iqtisodiy islohotlarni chuqurlashtirishda ishlab chiqarish resurslaridan maqsadli va oqilona foydalanishga e'tibor kuchaytirildi. Bugungi kunda elektr energiyasiga bo'lgan talabning ortib borishi va narxining oshishi melioratsiya hamda sug'orish tizimlarida ishlatilayotgan nasoslarning energiya sarfini kamaytirish uchun turli mexanizmlardan foydalanishni talab etmoqda. Bu esa, o'z navbatida, xarajatlar (mablag'lar) sarfi kamayishiga olib keladi. Ushbu yo'nalishdagi ishlarni yanada takomillashtirish energiya tejamkor texnologiyalarni ishlab chiqarishga joriy etishni taqozo qiladi. Hozirgi kunda yer osti sizot suvlari sathini pasaytirishda vertikal drenaj va nasoslardan foydalaniladi. Bu esa juda katta miqdorda energiya talab etadi. Vertikal drenaj quduqlar ishini yanada takomillashtirish uchun oqim energiyasidan foydalanish zarurati tug'iladi (Rakhimov & Sultanov, 2023; Gasanov, 2012; Rakhimov et al., 2024a).

Suv oqimchali nasos quduqlar va kanallardan suv ko'tarib olish uchun oqim energiyasidan foydalanishga asoslangan. Ya'ni mavjud qurilmadan foydalanishda tashqaridan qo'shimcha energiya talab etilmaydi. Qurilma gidrotexnika sohasi, aniqrog'i, oqimchali texnikaga aloqador va suv ko'tarishda keng foydalanilishi mumkin. Mazkur qurilmadan vertikal drenaj quduqlar samaradorligini oshirish uchun qo'shimcha nasos sifatida foydalaniladi va u oqimchali nasos deb nomlanadi (Arifjanov et al., 2017; Rakhimov & Sultanov, 2023; Rakhimov et al., 2024b).

Oqimchali nasos 1852-yilda birinchi marta Jeyms Tompson tomonidan ishlatilgan. Uning nazariy asosi, ya'ni ikki oqim aralashishi birinchi marta 1853-yilda Zayner tadqiqotlarida keltirilgan. Ushbu davrda oqimchali nasosdan, asosan, kimyoviy, fizik va boshqa laboratoriyalarda suv yoki havoni so'rib olish uchun ishlatiladigan qurilma sifatida foydalanilgan edi. 1866-yildan boshlab Negal uni sanoatda kondan suv chiqarish maqsadida qo'llagan (Rakhimov et al., 2024b; An & Liang, 2015).

Oqimlarni aralashtirish jarayonini ifodalash uchun Rankine (1870) tenglamasidan foydalanilgan. Bundan tashqari, oqimchali nasoslardagi oqimlarning aralashish jarayonini tahlil qilish maqsadida Grave (1882), Zeyner (1890), Hesse (1904), Lorenz (1910), Gibson (1924), La Konte (1926), Bergeron (1928) va boshqalar tomonidan tadqiqotlar olib borilib, bir qator tenglamalar ishlab chiqilgan (An & Liang, 2015; Zhu et al., 2018; Song et al., 2013). O'sha davrda oqimchali nasoslarning samaradorligi past bo'lgani sababli ular faqat kichik sanoatlar va laboratoriya qurilmalarida qo'llandi. Bu esa oqimchali nasoslarga bo'lgan e'tibor kamayishiga olib keldi. Ularning ishlashini o'rganish uchun nazariy tamoyillar ishlab chiqilmadi va tadqiqotlar deyarli olib borilmadi.

Faqat keyingi yillarda, ya'ni 1932-yilda Klene, 1934-yilda esa Jeyms Goslin va Morro Obrayenlar ko'plab tajribalardan so'ng asosiy ishlash tenglamalarini ishlab chiqdi. 1952-yilda Maconaghy unumdorlikni hisoblash usulini taqdim etdi. 1956-yilda esa R.Vogel oqimchali nasosning asosiy ishlash parametrlarini optimallashtirish orqali uning ish samaradorligini 40 %ga oshirdi (Zhang & Yang, 2000; An & Liang, 2015; Rakhimov et al., 2022).

Respublikamizda oqimchali nasoslardan suv havzalarini tozalashda foydalanish bo'yicha Arifjanov et al. (2017), Fatxullayev, Raximov et al. (2020) va Raximov & Abduraimova (2020) lar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan. Oqimchali nasos gidravlik hisobi va so'ruvchi quvurning sarf koeffitsiyentini aniqlash bo'yicha ma'lum bir ijobiy natijalarga erishilgan. Bundan tashqari, ushbu olimlar tomonidan oqimchali nasoslardan past bosimli suv ko'tarishda foydalanish orqali energiya tejamkor texnologiya taklif etilgan.

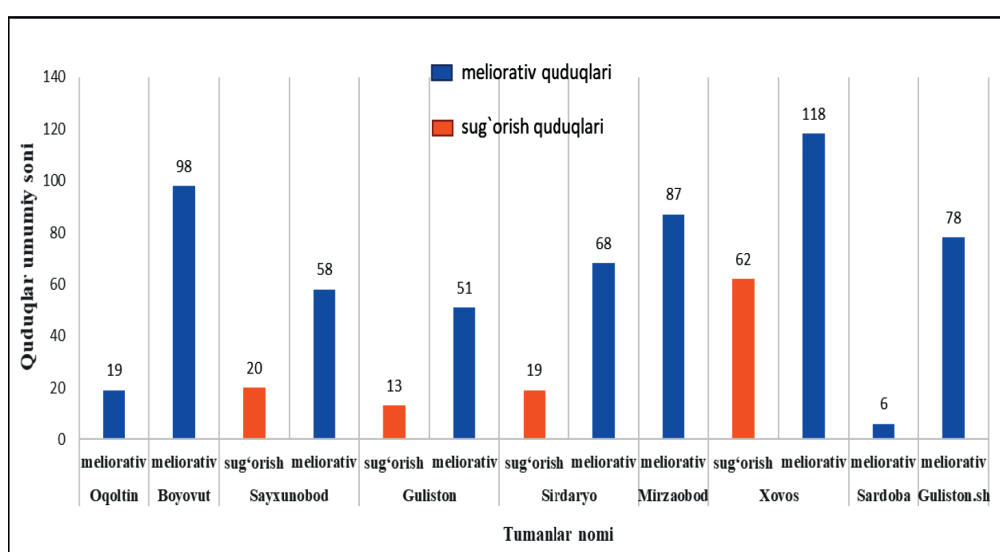
O'tkazilgan tadqiqotlar va olib borilgan ishlar oqimchali nasoslarni hisoblashning samarali metodologiyasini yaratish va qurish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Oqim energiyasidan foydalanish texnologiyalarini tadqiq etish va uni amaliyotda qo'llash bo'yicha yechimini kutayotgan ko'plab muammolar mavjud. Zamonaviy va energiya tejamkor texnologiyalarni ishlab chiqish esa davr talabiga aylanib bormoqda. Vertikal drenaj quduqlari

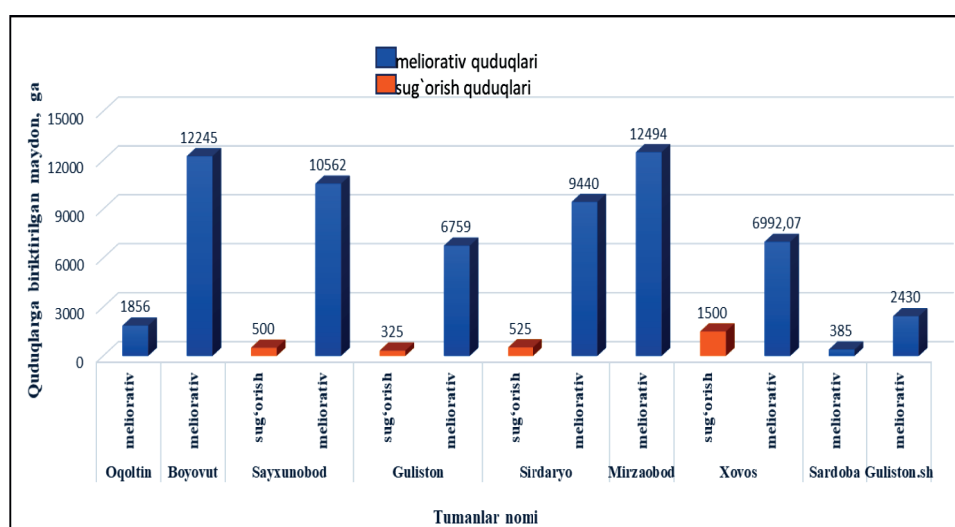
shaharsozlik, qishloq va suv xo'jaligi, suv ta'minoti va boshqa ko'plab sohalarda samarali vosita sifatida keng qo'llanmoqda. Ammo ularning qurilishi va xizmat ko'rsatish xarajatlari, shuningdek, energiya sarfi yuqori bo'lib, bu yashil energetika davriga mos kelmaydi. Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish hamda maqbul yechimlar ustida ko'plab ilmiy izlanishlar olib borilgan va davom etib kelmoqda.

Material va metodlar

Sirdaryo viloyatining Guliston shahri va Mirzaobod tumanlari tadqiqot obyekti sifatida tanlab olindi. Vertikal drenaj quduqlari Sirdaryo havzasida, asosan, sho'r suvni haydab chiqarish uchun foydalaniladi. Viloyatda jami 700 ga yaqin sug'orish va meliorativ quduqlar mavjud bo'lib, ularning 114 tasi sug'orish, 583 tasi esa meliorativ quduqlardir. Meliorativ quduqlarning ko'p qismi Xovos (118), Boyovut (98), Mirzaobod (87) tumanlari va Guliston (78) shahrida joylashgan. Sug'orish quduqlari faqat Sayxunobod (20), Guliston (13), Sirdaryo (19) va Xovos (62) tumanlaridagina mavjud (1-rasm).



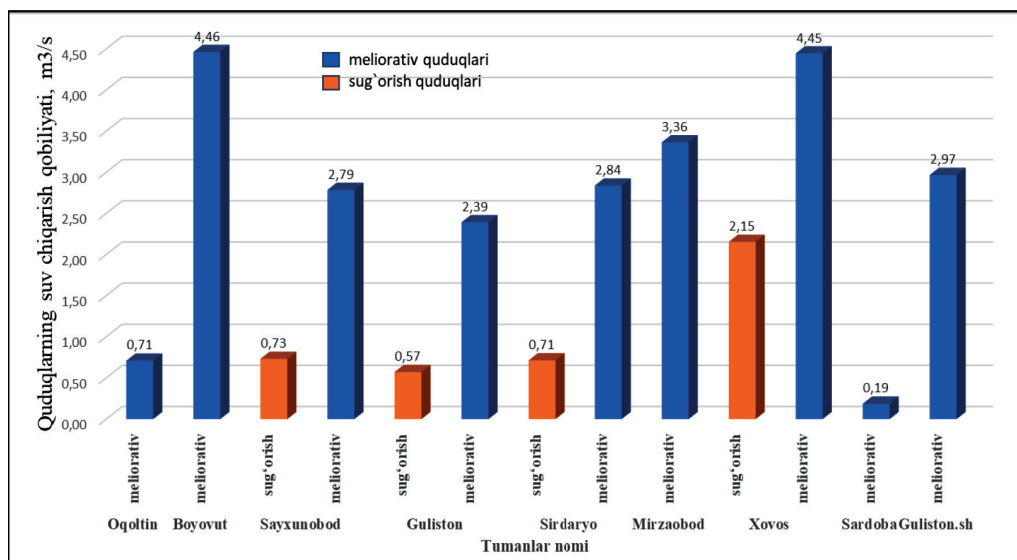
1-rasm. Sirdaryo viloyatidagi umumiy quduqlar soni tumanlar kesimida



2-rasm. Sirdaryo viloyatidagi vertikal quduqlarga umumiy biriktirilgan maydon tumanlar kesimida

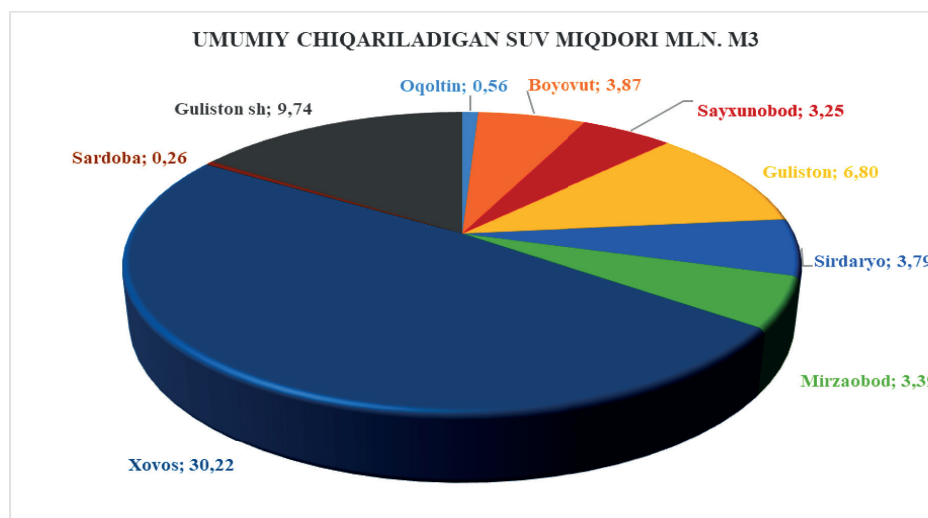
Vertikal quduqlar uchun ajratilgan umumiy maydon 66 ming gektardan ko'proqni tashkil qiladi. Quduqlari soniga mutanosib tarzda Mirzaobod (12 494 ga), Boyovut (12 245 ga), Sayxunobod (10 562 ga) va Sirdaryo (9 440 ga) tumanlariga eng katta maydon biriktirilgan (2-rasm).

Har bir quduq o'z suv chiqarish hajmiga ega bo'lib, bu quduq qurilgan joyning tuproq sharoiti, chuqurligi, yer osti suvlari sathi va boshqa omillarga bog'liq. Umumiy suv chiqarish hajmi bo'yicha Boyovut (4,46 m³/s), Xovos (4,45 m³/s), Mirzaobod (3,36 m³/s) tumanlari va Guliston (2,97 m³/s) shahri yuqori o'rinda turadi (3-rasm). Sirdaryo viloyatidagi quduqlarning umumiy suv chiqarish hajmi 28,3 m³/s ni tashkil qiladi.

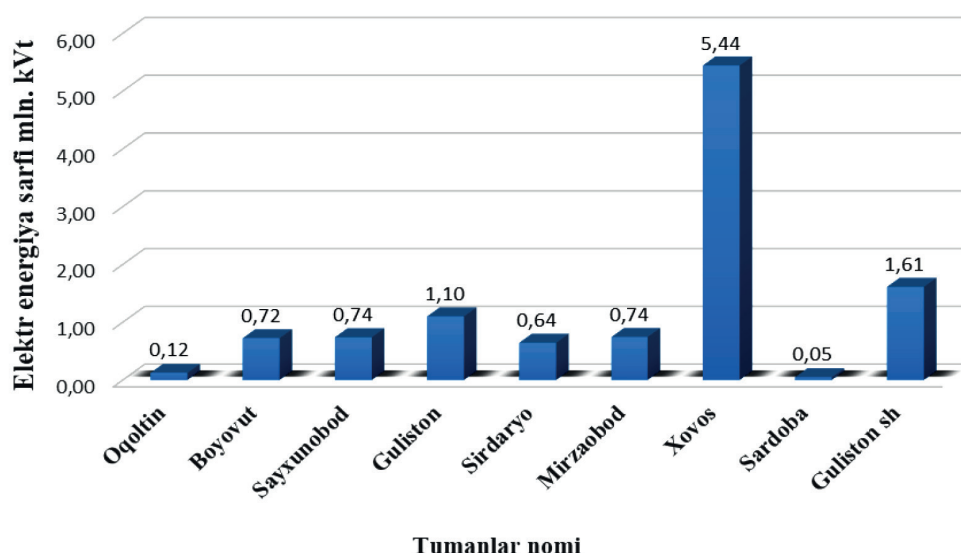


3-rasm. Sirdaryo viloyatidagi quduqlarning suv chiqarish hajmi tumanlar kesimida

Tadqiqotlar davomida sizot suvlari sathiga ta'sir etuvchi meliorativ quduqlarga alohida e'tibor qaratildi. Ular chiqaradigan suv va energiya sarfini tahlil qilgan holda, 1 m³ suvga qancha miqdorda elektr energiyasi sarf bo'lishi o'rganildi. Viloyat bo'yicha 583 ta meliorativ quduqlar mavjud. Ularning yillik chiqaradigan suv sarfi 2023-yil bo'yicha umumiy 61,9 mln m³ ni tashkil qilgan. Chiqariladigan suv sarfi eng ko'p Xovos (30,22 mln m³) va eng kam Sardoba (0,26 mln m³) tumanlari hissasiga to'g'ri keldi (4-rasm).



4-rasm. Sirdaryo viloyatidagi meliorativ quduqlardan chiqariladigan suv miqdori



5-rasm. Sirdaryo viloyatidagi meliorativ quduqlarning elektr energiya sarfi

Chiqariladigan suv sarfi uchun talab etiladigan elektr energiya sarfi 2023-yilda 11,2 mln kVt ni tashkil qilgan (5-rasm). Keltirilgan umumiy chiqarilgan suv va energiya sarfidan 1 m³ ga qancha energiya ketishi hisoblanadigan bo'lsa, bu qiymat 0,187 kVt elektr energiyasiga teng bo'ldi.

Sirdaryo viloyatining dala va shahar hududlarida filtratsiya jarayoni sekinlashgan maydonlar mavjud. Ushbu hududlarda yog'ingarchilik paytida ko'lmak suvlar hosil bo'lib, botqoqlanish jarayonlari yuzaga keladi. Bu muammolarni hal etishda oqim energiyasidan foydalanish, xususan, suv chiqaruvchi oqimchali nasosdan foydalanish samarali va maqsadga muvofiqdir.

Oqimchali qurilma quduqlar va kanallardan suv ko'tarish uchun oqim energiyasidan foydalanishga asoslangan. Ya'ni mavjud qurilmani qo'llashda tashqaridan qo'shimcha energiya talab etilmaydi. Mazkur qurilma vertikal drenaj quduqlar samaradorligini oshirish uchun qo'shimcha nasos sifatida ishlatiladi (Rakhimov & Sultanov, 2023; Rakhimov et al., 2024b; Raximov et al., 2020).

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar sug'oriladigan maydonlarning meliorativ holatini yaxshilashda energiya tejankor texnologiyalarni qo'llash va vertikal drenaj quduqlarning energiya sarfini kamaytirish masalasining naqadar dolzarb ekanligini ko'rsatadi. Ushbu texnologiya vertikal drenaj quduqlarning elektr energiya sarfini o'zgartirmasdan, ish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Bunga erishish uchun oqim energiyasidan foydalanish ustuvor vazifalardan biridir.

Oqimchali nasos o'rnatish maqsadida Guliston shahar hududida joylashgan 08-09-14MK sonli vertikal drenaj tanlab olindi va o'rnatish ishlari olib borildi. Ushbu drenaj qudug'i tanlab olinishining asosiy sabablaridan biri quduq atrofidagi hududda filtratsiya jarayonining juda sekin kechishi natijasida ko'lmaklar va botqoqlashish holatlari kuzatilishidir. Bu muammolarni bartaraf etishda vertikal drenajning samarali natija bermasligi tufayli ushbu quduq tadqiqot obyekti sifatida tanlandi.

Oqimchali nasos o'rnatish ishlari qazish ishlaridan boshlanadi. Chuqurligi 2,5 m va diametri 200 mm bo'lgan kichik quduq qazilib, uning atrofi filtr material (sheben) bilan to'ldiriladi. Bundan tashqari, yotqiziladigan quvurlar uchun transheyalar qaziladi va quvurlarni payvandlash ishlari olib boriladi. Oqimchali nasosning so'rish quvuri diametri 20 mm va chuqurligi 2 m bo'lishi belgilangan. Vertikal drenaj quvuriga kranidan oldin 50 mm

diametrli politelin quvuri ulanadi, bu esa oqimchali nasosga ulangan holda ishlaydi. Keyin esa oqim energiya hisobiga tortib olingan suv 76 mm diametrli quvur orqali olib ketuvchi kanalga tashlanadi.

Oqimchali nasosda so'rish jarayoni sodir bo'lishi uchun ishchi oqimning nabori 0,4 atm dan kam bo'lmashligi tavsiya etiladi. Agar drenaj qudug'ining asosiy quvuridagi krani ma'lum darajada yopilsa, suvning oqimchali nasos orqali chiqishi ishchi oqim naborini oshiradi va nasosning yuklanishini kamaytiradi.

Oqimchali nasosga uzatiladigan suv sarfi 0,8–1,6 l/s gacha, quvurdagi bosim esa 0,5–1,0 atm gacha oraliqda sinov ishlari o'tkazildi. Kichik quduqning filtratsiya sarfi, quduq ichi suvga to'ldirilgan holatda uning sath o'zgarishi hamda sathlar farqi o'rganildi. Bunda quduq diametri ma'lum bo'lib, sathlar farqidan filtratsiya jadalligi aniqlandi. Oqimchali nasos sarfini aniqlashda filtratsiya sarfi muhim ahamiyat kasb etadi (1).

Oqimchali nasos sarfi quyidagicha topiladi:

$$Q_{so'r} = Q_q - Q_f \quad (1)$$

bu yerda Q_q – kichik quduq sarfi;

$Q_{so'r}$ – oqimchali nasos so'rish quvuri so'rib olayotgan sarf;

Q_f – filtratsiya sarfi.

Oqimchali nasosning gidravlik hisob ishlari bajarildi. Bunda uning asosiy hisob kattaliklari nisbiy sarf (ijeksiya koefitsienti) va nisbiy nabori aniqlandi.

Jarayonni o'rganishdagi asosiy parametrlar o'lchov birliklarsiz shaklga keltirish orqali quyidagicha ifodalanadi:

Nisbiy sarf (ijeksiya koefitsiyenti) (Raximov et al., 2020):

$$q = \frac{Q_{so'r}}{Q_N} \quad (2)$$

Nisbiy nabor:

$$H_{nis} = \frac{h}{H} \quad (3)$$

bu yerda h – oqimchali nasos so'rish balandligi;

H – nasosdan kelayotgan nabor;

Q_N – nasosdan kelayotgan sarf.

Tadqiqot natijalari

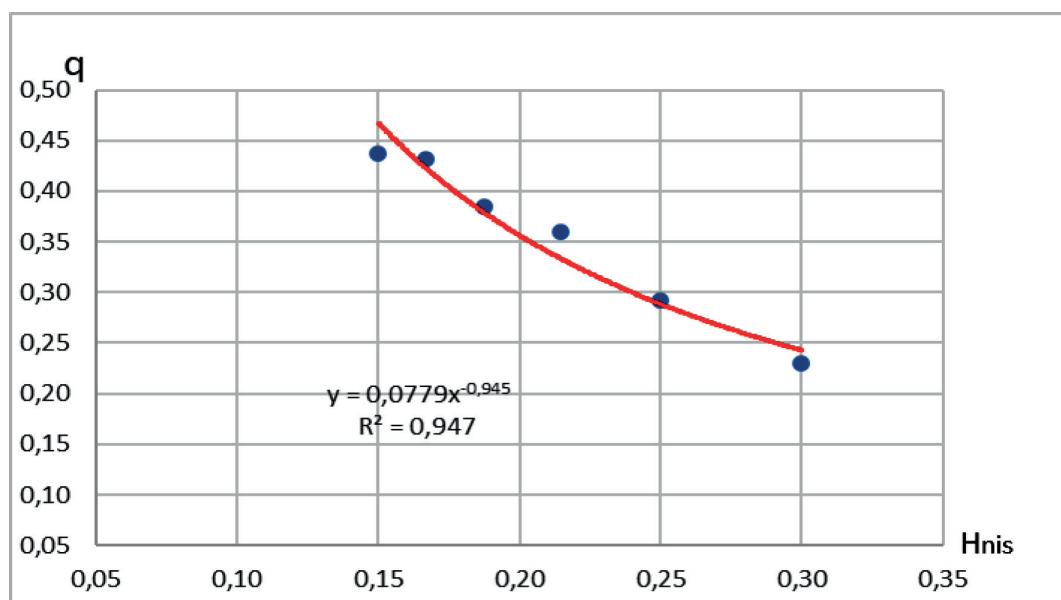
Oqimchali nasosning gidravlik parametrlarini aniqlash maqsadida tadqiqotlar olib borildi. Tadqiqot davomida nasosning asosiy hisob kattaliklari, ya'ni nisbiy sarf (ijeksiya koefitsiyenti) va nisbiy naborlari o'rganildi. Buning uchun nasosdan olinayotgan nabor jo'mrak yordamida o'zgartirilib, har bir qiymatda bir necha martadan o'lchandi. Olingan natijalarning o'rtacha qiymatlari aniqlandi (1-jadval).

Oqimchali nasosdan olingan natijalar aniqligi uning nisbiy nabor va ijeksiya koefitsiyentlari o'rtasidagi korellatsiya koefitsiyenti orqali izohlanadi (6-rasm).

Bundan tashqari, statistik tahlillar asosida oqimchali va quduq nasoslari o'rtasidagi bog'lanishlar o'rganildi. Ushbu bog'lanishlar quduq nasosidan oqimchali nasoslarga kerakli nabor, sarf, ko'tarish balandligi va so'rish chuqurligini aniqlashga imkon beradi:

Oqimchali nasosning gidravlik hisob natijalari

№	H, sm	$Q_N, l/s$	h, sm	$Q_{so'r}, l/s$	H_{nis}	$Q_{um}, l/s$	q
1	500	1,1	150	0,25	0,30	1,35	0,23
2	600	1,2	150	0,35	0,25	1,55	0,29
3	700	1,25	150	0,45	0,21	1,7	0,36
4	800	1,3	150	0,5	0,19	1,8	0,38
5	900	1,39	150	0,6	0,17	1,99	0,43
6	1000	1,6	150	0,7	0,15	2,3	0,44



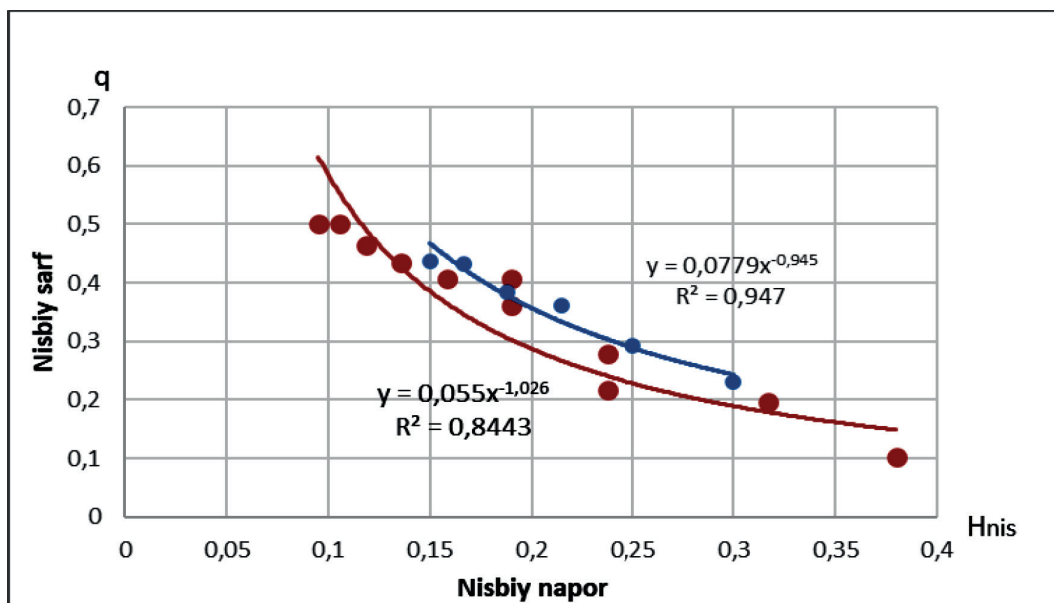
6-rasm. Drenaj qudug'iga o'rnatilgan oqimchali nasos nisbiy naporning ijeksiya koeffitsiyentiga bog'liqlik grafigi

$$y = 0,779 \cdot x^{-0,945}. \quad (4)$$

(4) bog'lanishni ifodalovchi kattaliklar o'rniga qo'yish orqali quyidagicha ifoda hosil qilinadi:

$$\frac{Q_{so'r}}{Q_N} = 0,779 \left(\frac{h}{H} \right)^{-0,945} \quad (5)$$

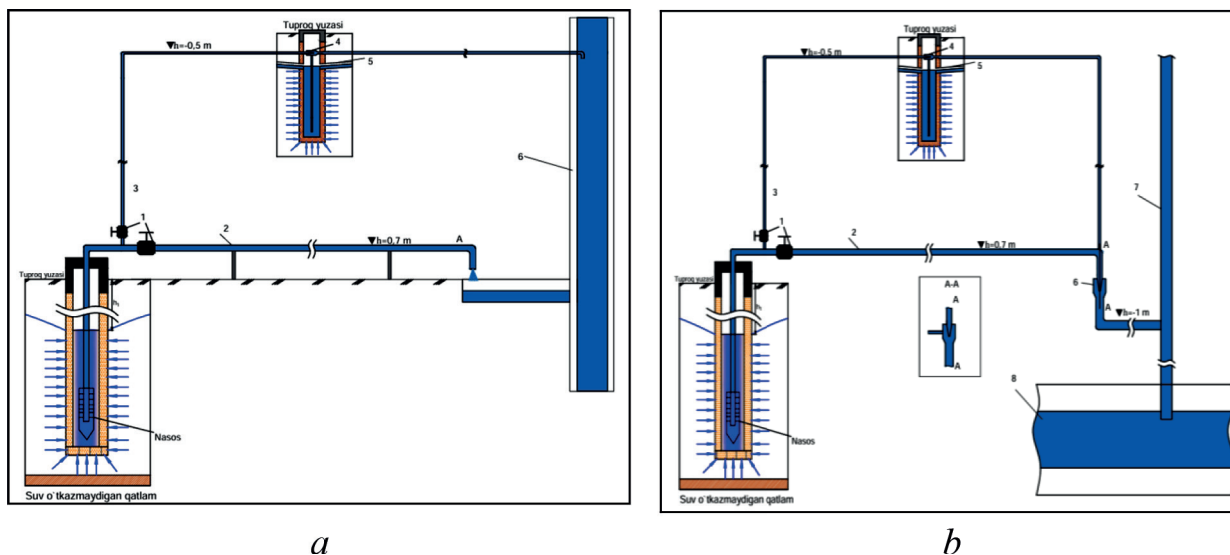
Dala tadqiqotlari natijalari va laboratoriya modelida o'tkazilgan tajriba natijalari o'zaro taqqoslandi (7-rasm) (Rakhimov et al., 2024b).



7-rasm. Dala va laboratoriya tadqiqotlaridagi nisbiy naporning ijeksiya koeffitsiyentiga bog'liqlik grafigi

Tadqiqot natijalari tahlili

O'tkazilgan tadqiqot natijalari tahlil qilinib, vertikal drenaj quduqlarining energiya tejamkorligini oshirish, yerlarning meliorativ holatini yaxshilash va sizot suvlarining atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish maqsadida oqimchali nasosdan foydalanish bo'yicha quyidagi o'rnatish sxemalari taklif etiladi. Ushbu sxemalar drenaj qudug'i joylashgan hudud, suvni chiqarib tashlash usuli va tashlama lotok, ariq, kanal yoki zovurning yaqinligi kabi omillarni hisobga olgan holda ko'rib chiqilgan.



- 1 – zadeshkalar; 2 – drenaj suvini tashlash quvuri; 3 – oqimchali nasos bosim quvuri;
4 – oqimchali nasos (gorizontal); 5 – oqimchali nasos qudug'iga suv yig'uvchi gorizontall drenaj quvuri;
6 – oqimchali nasos (vertikal); 7 – drenaj suvlarini chiqarish quvuri; 8 – tashlama kanal

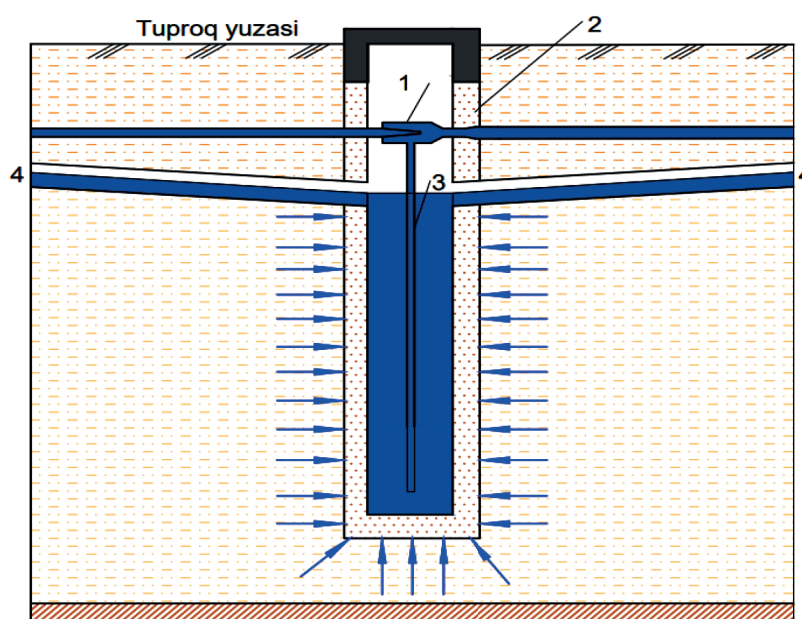
8-rasm. Vertikal drenaj tizimiga oqimchali nasosni o'rnatish sxemasi:

a) ochiq tashlamga suv chiqaruvchi drenaj tizimiga o'rnatish;

b) yopiq tizimga suv chiqaruvchi drenaj tizimiga ketma-ket o'rnatish

Yuqoridagi 8-rasmda, (a) vertikal drenaj tashlama suvini yaqindagi lotok ariqqa yoki tashlama zovurga chiqarib yuboradigan holatlar uchun oqimchali nasosdan foydalanish taklif etilgan. Bu sxemada oqimchali nasos tashlamaga qarab nishablikda o'rnatiladi va bu ish samaradorligini oshiradi.

Oqimchali nasosni ketma-ket o'rnatish sxemasi 8-rasm, (b) drenaj quduq suvining yer osti quvurlari orqali tashlama zovurga oqib chiqariladigan holatlar uchun taklif etiladi. Ushbu sxema yuqoridagi (a) sxemadan farqli ravishda tizimga qo'shimcha yana bitta oqimchali nasos vertikal (6) holatda quduq drenajining suv tashlash quvurining yer ostiga kirgan qismiga o'rnatiladi. Gorizontal oqimchali nasosning bosimli quvuri vertikal oqimchali nasosga ulanadi. Vertikal oqimchali nasos gorizontal oqimchali nasosga qo'shimcha sifatida tizimdagi napor yo'qolishini kamaytirishga xizmat qiladi.



1 – oqimchali nasos; 2 – filtr material; 3 – so'rish quvuri; 4 – gorizontal drenaj quvuri

9-rasm. Oqimchali nasos qudug'ining ko'ndalang kesimi ko'rinishi

Oqimchali nasos qudug'i chuqurligi kichik bo'lgani sababli quduq ta'sir radiusi va sarfi ham kichik bo'ladi. Quduq sarfini oshirish va ta'sir radiusini kengaytirish maqsadida quduqqa gorizontal drenaj quvurlarini tutashtirish ishlari olib boriladi (3-rasm). Bu orqali oqimchali nasosning samarali ishlashi va uning ta'sir radiusi kengayishi ta'minlanadi.

Xulosalar

Vertikal drenajning energiya samaradorligini oshirish va yerlarning meliorativ holatini yaxshilash maqsadida oqim energiyasidan foydalanish bo'yicha dala tadqiqotlari o'tkazilgan. Oqim energiyasidan foylanish uchun konstruksiyasi sodda bo'lgan oqimchali nasos tanlangan. O'tkazilgan dala tadqiqotlari natijalari tahlil qilinib, oqimchali nasosning suv chiqarib tashlash holatiga qarab samaradorligini oshiruvchi sxema va konstruksiyalar taklif etilgan. Bundan tashqari, oqimchali nasosni vertikal drenajlarda qo'llash bo'yicha quyidagi shartlar belgilandi:

- vertikal drenaj tizimlarida oqimchali nasos uchun kerakli napor 0,5–1,0 atm gacha bo'lishi zarur;
- drenaj quduqlari joylashgan hududlarda filtratsiya jarayoni sekin kechishi hamda sizot suvlar sathi 3 m dan yaqin bo'lgan holatlarda;
- oqimchali nasos tashlama suvlarini olib chiqib ketish uchun naporsiz quvur tizimi mavjudligini ta'minlash;

- oqimchali nasos bosimli quvur diametri ishchi oqim quvur diametridan kamida ikki barobar katta o'lchamda bo'lishi kerak.

Yuqoridagi shartlar asosida oqimchali nasos ekspulatatsiya qilinsa, yuqori ish samaradorligiga erishiladi.

Minnatdorchilik

Sirdaryo nasos stansiyalari va energetika boshqarmasi boshlig'i D. Abdullayev va boshliqi o'rinbosari G'. Sulaymonov hamda boshqarmaning barcha ishchi xodimlariga tadqiqot ishlarida moddiy texnika, kerakli materiallar va boshqa xizmatlar bilan o'z yordamlarini ayamaganliklari uchun minnatdorchilik bildiramiz.

REFERENCES

1. Akhmedov, I., & Mirkhasilova, Z. (2021). Construction of vertical drainage wells using corrosion resistant materials. *E3S Web of Conferences (CONMECHYDRO-2021)*, 264, 04016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20212640401>
2. An, Zh., & Liang, W. (2015). Research on Status and Development of Jet Pump. *Proceedings of the International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering (MEIC-2015)*. <https://doi.org/10.2991/meic-15.2015.348>
3. Arifjanov, A. M., Rahimov, Q. T., & Abduraimova, D. A. (2017). Hydrotransport of exceptional flow in pipelines with various pulls. *European Science Review*, 124-126. Austria, Vienna.
4. Boehmer, W. K., & Boonstra, J. (1994). *Tubewell Drainage Systems* (Chapter 22, pp. 931-964.). In: H. P. Ritzema (ed.). *Drainage Principles and Applications* (16th ed.), Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
5. El-Sawaf, A., Halawa, M. A., Younes, M. A., & Teaima, I. R. (2011). Study of the different parameters that influence on the performance of water jet pump. *Proceedings of the 15th International Water Technology Conference (IWTC-15)*. Alexandria, Egypt.
6. Gasanov, S. T. (2012). Vacuum wells and their calculation. (In Russian). *Science Perspectives*, 7 (4).
7. Hassan, A. H., Eissa, M. Sh., & Aissa, W. A. (2021). Parametric Study of Water Jet Pump Performance. *International Journal of Applied Energy Systems*, 3 (2), 35-41. <http://dx.doi.org/10.21608/ijaes.2021.80330.1003>
8. Li, Ch. Shi, W. & Cao, W. (2006). The principle and design of waste gas jet self-priming device. *Pump Technology*, 1, 13-14.
9. Long, X., Zhang, J., Wang, Q., Xiao, L., Xu, M., Lyu, Q., & Ji, B. (2016). Experimental investigation on the performance of jet pump cavitation reactor at different area ratios. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 78, 309-321. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.06.018>
10. Rakhimov, K., Otakhonov, M., & Sultonov, R. (2024a). Importance of vertical drainage wells in irrigated fields. *Proceedings of the International Conference on Thermal Engineering (ICTEA)*, 1 (1). <https://journals.library.torontomu.ca/index.php/ictea/article/view/2285/1920>
11. Rakhimov, K. T., Otakhonov, M. Yu., & Sultonov, R. S. (2024b). Technology of 100 jet pump application to improve efficiency of vertical drainage. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 7 (3), 100-109. <https://cyberleninka.ru/article/n/vertikal-drenaj-samaradorligini-oshirishda-oqimchali-nasos-qo-llash-texnologiyasi>
12. Rakhimov, K., & Sultanov, R. (2023). Use of jet pump in vertical drainage systems. *E3S Web of Conferences (CONMECHYDRO-2023)*, 401, 03074. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101048>
13. Rakhimov, Q., Ahmedkhodjaeva, I., Rakhimov, A., Abduraimova, D., & Latipov, N. (2022). Influence of kinematic flow parameters on vacuum in jetters. *AIP Conf. Proc.*, 2432, 030068. <https://doi.org/10.1063/5.0089505>

14. Raximov Q., & Abduraimova D. (2020). Determination of water consumption of a jet device taking into account turbidity. (In Uzbek). *Irrigation and Land Reclamation*, 1 (19), 41-44.
15. Raximov, Q., Otaxonov, M., Xudoyshukurov, Q., Abduraimova, D., & Ataqulov, D. (2020). Determination of water consumption in the suction pipe of a jet apparatus. (In Uzbek). *Agriculture and Water Management of Uzbekistan*, 9, 44-45.
16. Song, X., Park, J., Kim, S., & Park, Y. (2013). Performance comparison and erosion prediction of jet pumps by using a numerical method. *Mathematical and Computer Modelling*, 57 (1-2), 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.06.040>
17. Teamia, I. R., Younes, M. A., El-Sawaf, I. A., & Halawa, M.A. (2012). Experimental study of the effect of mixing chamber length and diffuser angle on the performance of dredging jet pump. *Proceedings of the 16th International Water Technology Conference (IWTC-16)*. Istanbul, Turkey. https://www.semanticscholar.org/paper/EXPERIMENTAL-STUDY-OF-THE-EFFECT-OF-MIXING-CHAMBER-Teamia-Younes/1b1db0722929e19a571bc503d67fabaa851c62cf?utm_source=direct_link
18. Winoto, S. H., Li, H., & Shah, D. A. (2000). Efficiency of Jet Pumps. *Journal of Hydraulic Engineering*, 126 (2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2000\)126:2\(150\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2000)126:2(150))
19. Zhang, F., & Yang, J. (2000). Concrete jet pump device theory design. *Fluid Machinery*, 28 (2), 26-28.
20. Zhu, X., Wang, D., Xu, C., Zhu, Y., Zhou, W., & He, F. (2018). Structure influence on jet pump operating limits. *Chemical Engineering Science*, 192, 143-160. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2018.05.054>



ILM-FAN VA INNOVATSION RIVOJLANISH

НАУКА И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT

Volume 7 | Issue 6 | November – December 2024

"Ilm-fan va innovatsion rivojlanish" jurnali tahririyati

Manzil: 100174, Toshkent sh., Universitet ko'chasi, 7-uy.

Veb-sayt: <https://ilm.mininnovation.uz>

Telegram: t.me/Ilmfanjournali

Telefonlar: (+998) 99-373-90-35,
(+998) 99-920-90-35

E-mail: ilm.fan@inbox.ru

Obuna indeksi: 1318.

Bosishga ruxsat etildi: 2024-yil 14-dekabr.
Bichimi 60 x 84 ¹/₈. Shartli bosma tabog'i 14,9.
Adadi 500 nusxa.

"Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi" davlat unitar korxonasi bosmaxonasida ofset qog'ozda chop etildi.

Редакция журнала «Наука и инновационное развитие»

Адрес: 100174, г. Ташкент,
ул. Университетская, 7.

Веб-сайт: <https://ilm.mininnovation.uz>

Телеграм: t.me/Ilmfanjournali

Телефоны: (+998) 99-373-90-35,
(+998) 99-920-90-35

E-mail: ilm.fan@inbox.ru

Подписной индекс: 1318.

Подписано в печать: 14 декабря 2024 г.
Формат 60 x 84 ¹/₈. Усл. печ. л. 14,9.

Тираж 500 экз.

Отпечатано на офсетной бумаге в типографии ГУП «Издательско-полиграфический дом инновационного развития».

Editorial Board of the journal "Science and Innovative Development"

Address: 100174, Tashkent city,
st. Universitetskaya, 7.

Website: <https://ilm.mininnovation.uz>

Telegram: t.me/Ilmfanjournali

Phones: (+998) 99-373-90-35,
(+998) 99-920-90-35

E-mail: ilm.fan@inbox.ru

Subscription index: 1318.

Signed for publication: December 14, 2024.

Format 60 x 84 ¹/₈. Conditional printed
sheet 14.9. Circulation 500 copies.

Printed on offset paper in the Printing House
of the State Unitary Enterprise "Publishing
and Printing House of Innovative Develop-
ment".