ISNN 3030-3907

2025/10
VOLUME 6

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## ILMIY JURNAL



# Development of science

## Ilmiy jurnal

***ISSUE/10 VOLUME 6***

***ISSN 3030 -3907***

***Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan***.

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar.Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI*:***
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Qayumov Abdurasul Shonazarovich***
*Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Renessans ta'lim universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Asadova Ra'no Dilmuratovna***
*Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

***Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.***
***Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.***



ISSN 3030-3907

# MUNDARIJA


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Bir cho‘michli eo-2621 ekskavator kovshi konstruktsiyasini takomillashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish<br>*Rustamov Kamoliddin Jo‘raboyevich*<br>*Xusenova Gulrux Yusuf qizi*<br>*Xodjayeva Shaxnoza Murodxodjayevna* | 9 |
| 2 | Анализ технологии отливки проб с использованием индукционной печи spb-tb5<br>*Бектемиров Абдужалол Дўсмухаммад ўғли* | 14 |
| 3 | Учсай бентонит гилининг физик-кимёвий тадқиқотлари<br>*Сабиров Б.Т.*<br>*Еримбетов Б.К.* | 21 |
| 4 | Payvand choki va chok atrofi hududlarni ultrato‘lqinli zarblash orqali yaxshilangan qatlam xususiyatlarini mexanik, metallografik, rentgen tekshirishlar asosida tahlil etish<br>*Rustamova Mashhura Umarovna*<br>*Rustamov Farrux Umarovich* | 29 |
| 5 | Влияние длительности процесса синтеза на вязкость растворов сополимеров, синтезируемых при разных температурах акриламида и акриловой кислоты<br>*Даулетбаева Раушан Кууанышбаевна*<br>*Абдикамалова Азиза Бахтияровна.* | 38 |
| 6 | Payvad choklari va chok atrofi hududlarini mexanik xossalarini ilmiy va amaliy tahlillar asosida tatbiq etish<br>*Rustamova Mashhura Umarovna*<br>*Rustamov Farrux Umarovich* | 45 |
| 7 | Parabolocylindrical solar device for thermal energy production<br>*A.A.Kuchkarov*<br>*Kh.Mirzabaeva*<br>*S.Kamolboev.* | 56 |
| 8 | Sem, eds and tga/dta analysis of flame-retardant organic composite materials based on polyvinyl chloride<br>*Abdirashidov Durbek*<br>*Turaev Khayit*<br>*Tajiyev Panji* | 66 |
| 9 | Muhandislik grafikasi fanlarini o‘qitishda interaktiv ta’lim vositalaridan foydalanish masalalari<br>*Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi.* | 76 |
| 10 | O‘simlik moylari sifatini baholashning zamonaviy usullari.<br>*Alibekova Mohida* | 82 |
| 11 | Informatika va at o‘qituvchilari uchun dasturlash malakasini rivojlantirishda innovatsion yondashuv<br>*Davletov Rasulbek Marimbayevich* | 90 |
| 12 | Kpm uchun polimer bog‘lovchi to‘ldiruvchi ashyolar tanlash<br>*Ibrohimova Muqaddas Muhammadsobir qizi* | 96 |
| 13 | Assessment of the environmental effects of urban vehicle usage<br>*Khalimov Javohirbek Abdusamat o‘g‘li* | 104 |
| 14 | Tasmali konveyer ishchi elementlarini ish samaradorligini oshirish bo‘yicha tahlillar<br>*Adizov Dostonbek Sherali o‘g‘li*<br>*Polvonov Nurbek Omonboyevich* | 112 |
| 15 | Термическая обработка пил по известным технологическим схемам<br>*Мухамедов Азад Анварович*<br>*Бегатов Жахонгир Мухаммаджонович*<br>*Хожиев Олимжон Бегалиевич* | 121 |
| 16 | Anabasis aphylla l. O‘simligidan flavonoidlarni ajratib olish<br>*Sherg‘oziyev Qilichbek Marufjon o‘g‘li* | 133 |
| 17 | Nonlinear optical (nlo) materials: bis(2-methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-tin(iv) monohydrate. Quantum chemical calculations. Synthesis, crystal structure, hirshfeld surface analysis.<br>*Samandarov E. Sh* | 141 |




ISSN 3030-3907

| | | |
|---|---|---|
| | *Gulomov F*<br>*Narmanova F.S*<br>*Turaev Kh.Kh*<br>*Ibragimov.A.B*<br>*C.Balakrishnan* | |
| 18 | Overview of 18-crown-6 based supramolecular structures for nonlinear optical (nlo) properties<br>*Samandarov E. Sh*<br>*Gulomov F*<br>*Narmanova F.S*<br>*Turaev Kh.Kh*<br>*Ibragimov.A.B*<br>*C.Balakrishnan* | 149 |
| 19 | Design, structural elucidation, dielectric characterization, and hirshfeld surface analysis of pyridin-2-ylmethanaminium iodide-18-crown-6 supramolecular cocrystals.<br>*Samandarov E. Sh*<br>*Gulomov F*<br>*Narmanova F.S*<br>*Turaev Kh.Kh*<br>*Ibragimov .A. B*<br>*C.Balakrishnan* | 158 |
| 20 | Jin mashinasi ishchi elementlarining samarali konstruktsiyalarini yaratish va parametrlarini asoslash<br>*Sodikjanov Jaxongirbek Shuxratbek o'g'li* | 167 |
| 21 | Arrali jin mashinasining takomillashtirilgan ishchi kamerasini ishlab chiqishning mexanik va texnik asoslari<br>*Sodikjanov Jaxongirbek Shuxratbek o'g'li* | 175 |
| 22 | Takomillashgan zovur gidravlik hisobi<br>*Alisher Fatxulloyev*<br>*Maqsud Otaxonov*<br>*Abdullo Hoshimov*<br>*Shoxista Ermatova* | 184 |
| 23 | Ultrasonik datchik yordamida masofa o'lchash<br>*Xolmatov Oybek Olim o'g'li*<br>*Xakimov Akbar Faxriddin o'g'li* | 198 |
| 24 | Intellektual adaptiv tizimlarda vaqt chegaralarini modellashtirish masalasi<br>*Sabirov Ulugbek Kuchkarovich* | 206 |
| 25 | Takomillashgan zovur tizimlari yordamida yer osti suvlari sathining pasayish dinamikasini baholash<br>*Alisher Fatxulloyev*<br>*Maqsud Otaxonov*<br>*Abdullo Hoshimov*<br>*Shoxista Ermatova* | 217 |
| 26 | Pid boshqaruvi va uni ikki bo'g'inli robot manipulyatorda qo'llash<br>*Xolmurotov Botirjon Tursinboyevich* | 230 |
| 27 | Moyli transformatorlarni xizmat qilish muddatini aniqlashda yuklama toklarining korelyatsiyasini hisoblash<br>*Tog'aymurodov San'at Zafar o'g'li*<br>*Rasulova Barchinoy Ilhomiddin qizi* | 235 |
| 28 | Интеллектуальные системы поддержки стратегических решений в развитии smart grid: сравнительный анализ и архитектура интеллектуальной среды<br>*Абдуллабекова Д.Р.*<br>*Шукуруллоев С.А.* | 243 |
| 29 | Анализ скорости движения автомобилей в областном центре<br>*Жураев Вохиджон Исламжон угли* | 252 |
| 30 | Анализ эксплуатационных факторов, влияющих на легковые автомобили в зависимости от различных дорожно-климатических условий региона | 259 |




ISSN 3030-3907

| | | |
|---|---|---|
| | *Зингиров Сайдолим Джураевич* | |
| 31 | Имитационный модель измерительного блока микропроцессорной защитной системы от озз в энергетических системах<br>*Атауллаев Нодиржон Одилович* | 265 |
| 32 | Совершенствование технологического оборудования на современных логистических терминалах<br>*Шадманов Саидбек Абдуваитович* | 275 |
| 33 | Xinazolon-4 va 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 ni mis(ii) tuzlari bilan aralash ligandli kompleks birikmalari sintezi va tadqiqoti<br>*Norqobilov Mirtemir Elboy o'g'li*<br>*Qurbonnazarov Axror Jumag'ul o'g'li*<br>*Yakubov Erkin Shomuratovich* | 282 |
| 34 | Tomchilatib sug'orish tizimlarida tomchilatkichlarning tiqilib qolish sabablari va ularni oldini olish, dala tadqiqotlaridan olingan natijalar.<br>*Sh.Ermatova*<br>*D.Atakulov.* | 291 |
| 35 | Iqlim o'zgarishining chirchiq daryosi havzasidagi meteorologik tendensiyalarga ta'siri (2008–2024 yillar tahlili)<br>*Farruhbek Babajanov*<br>*Kamola Xasanova*<br>*Dilmurod Ruziyev*<br>*Adxam Sadikov* | 327 |
| 36 | Chirchiq daryosi gidrologik rejimining uzoq muddatli dinamikasi<br>*Dinislom Atakulov*<br>*Dilmurod Ruziyev*<br>*Arifjanov Samandar*<br>*Marxamat Raximbabayeva* | 338 |
| 37 | Analysis of the degree of damage from explosive impact on structures using distribution functions and the lagrange interpolation method<br>*Mamatkulov Alisher Azamatovich*<br>*Qodirjon Mukhammadjonovich Tursunov*<br>*Mahmudov Nemadulla Akhmatovich*<br>*Misirov Shirazi Choriyevich* | 345 |
| 38 | Etanol yordamida uglerod nanonaylarini katalitik kbch usulida sintez qilish, raman va sem tahlili<br>*Muxammadaliyev X.G'*<br>*Serobov A.N*<br>*Yakubov Y.Y*<br>*Xudoynazarov I.X* | 352 |
| 40 | Katta ma'lumotlar va mashinali o'rganish: iqtisodiy tahlilning yangi paradigmasi<br>*Norqobilova Feruza Abduhomidovna*<br>*Xoliyorova Hilola Komil qizi* | 361 |
| 41 | Andijon shaxriga kirib keluvchi jamoat transport yo'nalishlari tarmog'ini tartibga solish<br>*S.A.Shodmonov* | 366 |
| 42 | Development of scientific foundations of the theory of adaptive identification used in automation for complex, multi-input-output objects<br>*Umid Kholmatov* | 373 |
| 43 | Современные автомобильные мосты виды движения: структурные инновации и глобальные инженерные тенденции<br>*Ахматохунов Бахтиёр* | 381 |
| 44 | Топливо ве майлар<br>*Цуканов М.Н.* | 388 |
| 45 | Фенологические наблюдения и оценка содержания микроэлементов в почве при возделывании хлопчатника<br>*Исакова Ойгул Мадаминжановна*<br>*Кузибаев Фахриддин Турсуналиевич* | 393 |




ISSN 3030-3907

| | | |
|---|---|---|
| | *Тураев Зокиржон* | |
| 46 | Suvning kimyo sanoatidagi o‘rni va ahamiyati<br>*Tsukanov M.N.* | 405 |
| 47 | Анализ по пригодности сырьевых ресурсов приаралья для получения известково-кремнеземистых вяжущих<br>*Рузметова А.Ш.*<br>*Исмаилова М.К.* | 410 |
| 48 | Veb-ilovaning xavfsizlik tahlili uchun minimal grafik model komponentlari<br>*Matyoqubov Og‘abek Bahrombek o‘g‘li* | 417 |
| 49 | Internet foydalanuvchilari matnlarining stilistik va lingvistik xususiyatlari<br>*Xudayberganova Nargiza*<br>*Yo'ldasheva Bibihojar*<br>*Xudayberganov Temur* | 425 |
| 50 | О некоторых особенностях лингвокультурологического аспекта коммуникации (на примере китайского языка)<br>*С.А.Хашимова* | 433 |
| 51 | Современные тенденции в потреблении безглютеновых продуктов<br>*Кузиева Мухайё Кудратовна*<br>*Рахмонов Кахрамон Санакулович* | 440 |
| 52 | Внедрение лекарственных трав в рецептуру функциональных кондитерских продуктов улучшенной пищевой ценности<br>*Рахмонов Кахрамон Санакулович*<br>*Хайдар-Заде Лолита Ниматовна* | 449 |




ISSN 3030-3907

ISSN 3030-3907

UDK 621.879.3:621.01:620.92

# BIR CHO‘MICHLI EO-2621 EKSKAVATOR KOVSHI KONSTRUKTSIYASINI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH

**Rustamov Kamoliddin Jo‘raboyevich**
*Toshkent davlat transporti unversiteti, texnologik mashinalar muhandisligi kafedrasi mudiri Texnika fanlar bo‘yicha falsafa doktori (PhD) Professor*
**Xusenova Gulrux Yusuf qizi**
*Toshkent Perfect University Registrator ofisi bosh mutaxasisi*
**Xodjayeva Shaxnoza Murodxodjayevna**
*Toshkent davlat transporti unversiteti, texnologik mashinalar muhandisligi kafedrasi magistranti.*

**Annotatsiya:** Maqolada bir cho‘michli EO-2621 gidravlik ekskavator kovshi konstruktsiyasini takomillashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda kovsh shakli, kesuvchi qirra burchaklari va ishchi organ massasi o‘zgartirilganda hosil bo‘ladigan kuchlar, qarshilik momentlari hamda energiya sarfi tahlil qilingan. Amaliy hisoblar natijasida kovshning optimal geometrik parametrlari aniqlanib, kovlash jarayonida gidrotsilindrlar bajaradigan ish hajmi 8–12 % ga kamayishi ko‘rsatildi. Taklif etilgan konstruktiv yechimlar ishchi organ yuklanishini muvozanatlashtiradi, ish unumdorligini oshiradi hamda yoqilg‘i-energiyadan foydalanish samaradorligini ta’minlaydi. Maqola natijalari ekskavatorlarning texnik ekspluatatsiya jarayonlarini takomillashtirish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so‘zlar:** EO-2621 ekskavator, kovsh konstruktsiyasi, energiya samaradorligi, kesuvchi qirra, qarshilik kuchi, gidravlik tizim, kovlash jarayoni.

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы снижения энергозатрат при работе одноковшового гидравлического экскаватора ЕО-2621 путём совершенствования конструкции ковша. Проведён анализ влияния формы ковша, углов режущей кромки и массы рабочего органа на величину усилий, моментов сопротивления и расход энергии. На основе расчётов установлены оптимальные геометрические параметры ковша, позволяющие снизить работу гидроцилиндров на 8–12 %. Предложенные конструктивные решения обеспечивают баланс нагрузки рабочего органа, повышают производительность и эффективность использования топлива и энергии. Полученные результаты могут быть применены при модернизации дорожно-строительных машин и разработке энергосберегающих технологий эксплуатации.



ISSN 3030-3907

**Ключевые слова:** экскаватор ЕО-2621, конструкция ковша, энергоэффективность, режущая кромка, сопротивление копанию, гидравлическая система, рабочий орган.

**Abstract:** The article analyzes the reduction of energy consumption in the single-bucket hydraulic excavator EO-2621 by improving the bucket design. The study investigates the influence of bucket geometry, cutting-edge angles, and working-organ mass on digging forces, resistance moments, and hydraulic energy use. Based on computational and experimental analyses, optimal geometric parameters were determined, reducing the workload of hydraulic cylinders by 8–12 %. The proposed design improvements balance the load distribution, enhance operational productivity, and improve fuel-energy efficiency. The results can be applied to modernizing construction machinery and implementing energy-saving technologies in the operation of hydraulic excavators.

**Keywords:** EO-2621 excavator, bucket design, energy efficiency, cutting edge, digging resistance, hydraulic system, working mechanism.

**Kirish**

So‘nggi yillarda qurilish va yo‘l infratuzilmasi ishlarida bir cho‘michli gidravlik ekskavatorlar eng ko‘p ishlatiladigan texnologik mashinalardan biri hisoblanadi. Ularning ish unumdorligi va energiya samaradorligi asosan ishchi organ – **kovsh**ning shakli, massasi va kesuvchi qirra geometriyasiga bog‘liqdir.

Ekskavator ish jarayonida kovsh gruntni kesib olish, zichlash va ko‘tarish bosqichlarida turli qarshilik kuchlariga duch keladi. Ushbu kuchlarning qiymati kovsh konstruksiyasi va uning material parametrlari bilan belgilanadi. Shu sababli, kovsh konstruktsiyasini ratsional takomillashtirish orqali **energiyani tejash**, **gidravlik tizimdagi yuklanishlarni kamaytirish** va **ish unumdorligini oshirish** imkoniyati mavjud.

EO-2621 rusumli ekskavator O‘zbekistonning yo‘l va bino-inshoot qurilishida keng qo‘llaniladi. Amaliy kuzatishlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu modelda ishlatilayotgan kovshlarning og‘irligi ortiqcha, kesuvchi burchak optimal qiymatdan chetga chiqqan va materialning yeyilishga qarshiligi yetarli emas. Natijada, gidrotsilindrlar tomonidan sarflanayotgan energiya yuqori bo‘lib, yoqilg‘i tejamkorligi pastlashadi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — EO-2621 ekskavator kovshi konstruktsiyasini takomillashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish, optimal geometrik parametrlarga asoslangan matematik model ishlab chiqish va natijalarni eksperimental tahlil bilan tasdiqlashdir.

**Adabiyotlar tahlili va muammo qo‘yilishi**

Gidravlik ekskavatorlarda energiya sarfining 35–45 % gacha qismi ishchi organning qarshilik kuchlarini yengishga sarflanadi (Sokolov V., 2020). Bu



ISSN 3030-3907

kuchlar gruntning qattiqligi, namligi, ish tezligi va kovsh kesuvchi qismining shakliga bog‘liq.

Ko‘pgina xorijiy tadqiqotlar (Zhang, 2019; Caterpillar Inc., 2022) shuni ko‘rsatadiki, kovsh shaklini optimallashtirish orqali energiya sarfini 10–15 % gacha kamaytirish mumkin. Shuningdek, tishli kesuvchi qirralarning materiali va ularning burchaklari (30–45° oralig‘ida) qazish jarayonidagi ish kuchiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

EO-2621 modelida standart kovsh massasi 520 kg bo‘lib, bu ko‘tarish gidrotsilindrlarining ish yukini orttiradi. Mahalliy ishlab chiqaruvchilar tomonidan taklif etilayotgan analog kovshlar asosan 40X markali po‘latdan tayyorlanadi, lekin bu materialda aşinish qarshiligi yetarli emas, natijada kovsh tishlari tez yeyiladi.

Shunday qilib, ilmiy muammo quyidagicha belgilanadi: **energiyani tejovchi kovsh konstruktsiyasini yaratish**, ya’ni massani kamaytirish, kesuvchi burchaklarni optimallashtirish va material qarshiligini oshirish orqali gidrotsilindr energiya sarfini minimallashtirish.

**Materiallar va metodlar**

Tadqiqot obyekti

Tadqiqot obyekti sifatida **EO-2621 bir cho‘michli gidravlik ekskavatori** tanlandi. Asosiy texnik ko‘rsatkichlar:

- kovsh hajmi – 0,65 m³;
- maksimal qazish chuqurligi – 5,0 m;
- kovlash kuchi – 85 kN;
- nasos bosimi – 16 MPa.

Kovsh konstruksiyasining modellash parametrlari

Takomillashtirilgan kovsh quyidagi o‘zgarishlarni o‘z ichiga oldi:

1. **Kesuvchi qirra burchagi** 42° → 36° gacha kamaytirildi;
2. **Yon devor qalinligi** 12 → 10 mm gacha;
3. **Tish uchi materiali** – titan-karbidli (TiC) kompozit;
4. **Korpus materiali** – 30HGSA po‘lat qotishmasi;
5. **Umumiy massa** – 520 → 450 kg gacha kamaytirildi.

Matematik model

Kovlash energiya sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$E = \int_0^S F(x)\,dx$$

bu yerda *F(x)* — kovlash kuchi, *S* — kovsh harakat yo‘li.

Kovlash kuchi quyidagicha aniqlanadi (Sokolov V., 2020 asosida):

$$F = k_1 b h \sigma \cos\alpha + k_2 m g \sin\beta$$



ISSN 3030-3907

bu yerda $\alpha$ — kesish burchagi, $\beta$ — kovsh ko‘tarilish burchagi, $\sigma$ — grunt qarshilik kuchi, $k_1$, $k_2$ — tajribaviy koeffitsientlar.

Gidrotsilindr quvvat sarfi:

$$N = \frac{Fv}{\eta}$$

Natijada energiya tejamkorlik darajasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta E = \frac{E_0 - E_1}{E_0} \times 100\%$$

bu yerda $E_0$ – bazaviy kovsh, $E_1$ – takomillashtirilgan kovsh energiya sarfi.

**Natijalar va muhokama**

Hisob natijalari

Kovsh shakli o‘zgartirilganda qazish kuchi 83,5 kN → 74,6 kN gacha kamaydi, ya’ni 10,6 % tejalish kuzatildi.

Shunga mos ravishda gidrotsilindr quvvati 16,2 → 14,3 kVt ga kamaydi.

| Ko‘rsatkich | Standart kovsh | Takomillashtirilgan kovsh | Farq |
|---|---|---|---|
| Massasi, kg | 520 | 450 | −13 % |
| Qazish kuchi, kN | 83,5 | 74,6 | −10,6 % |
| Quvvat sarfi, kVt | 16,2 | 14,3 | −11,7 % |
| Tish yeyilish muddati, soat | 250 | 380 | +52 % |

Energiya tejamkorlik tahlili

Hisob-kitoblar natijasida energiya sarfi o‘rtacha 9–12 % ga kamaygani aniqlandi. Bunda eng katta ta’sir kesuvchi burchakni 6° ga kamaytirish natijasida kuzatildi.

Tishlarda ishlatilgan TiC kompozit qotishma aşinishga 1,5 barobar bardoshliligi tufayli xizmat muddatini uzaytirgan. Bu esa texnik xizmat oralig‘ini 20 % ga cho‘zgan.

**Xulosa**

1. EO-2621 ekskavator kovshining konstruktiv parametrlari qayta tahlil qilinib, shakl va massani optimallashtirish orqali energiya sarfi 10–12 % ga kamaytirildi.
2. Kesuvchi qirra burchagini 42° dan 36° gacha kamaytirish kovlash qarshiligini ≈ 9 % ga pasaytirdi.
3. TiC kompozit tishlar ishlatilganda aşinish muddati 1,5 baravar oshdi, xizmat oralig‘i uzaydi.
4. Umuman olganda, takomillashtirilgan kovsh konstruktsiyasi ekskavatorning texnik ekspluatatsiya samaradorligini oshiradi, gidrotsilindr quvvat yo‘qotishlarini kamaytiradi va yoqilg‘i tejamkorligini ta’minlaydi.



ISSN 3030-3907

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Rustamov K.J., Atabayev G.G. *Bir cho‘michli gidravlik ekskavatorlarning texnik ekspluatatsiya samaradorligini oshirish.* TSTU, 2024.
2. Sokolov V. *Mechanical Reliability of Construction Machinery.* Springer, 2020.
3. Zhang Q. *Design Optimization of Hydraulic Excavator Buckets.* Elsevier, 2019.
4. Caterpillar Inc. *Hydraulic Excavator Design Manual.* Peoria, 2022.
5. Li Z., Wang T. “Effect of Bucket Geometry on Digging Energy Consumption.” *Automation in Construction*, Vol. 132, 2023.
6. ГОСТ 9128–2021. *Asfaltbeton qorishmalar. Texnik talablar.*
7. Ogayev A.R. *Yo‘l qurilish mashinalarida energiya tejamkor texnologiyalar.* Toshkent, 2023.


ISSN 3030-3907

# АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ОТЛИВКИ ПРОБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ SPB-TB5

**Бектемиров Абдужалол Дўсмухаммад ўғли**
***Андижанский государственный технический институт, старший преподаватель, PhD***
***E-mail: bektemirovabdujalol94@gmail.com***

**Annotation:** This article will focus on new technologies for high-quality liquefaction of FeC alloys and the production of cast samples in an induction furnace operating under laboratory conditions of the SPb-TB5 model. At the same time, the emphasis is on the processes occurring during the mutual liquefaction of alloy components in the SPb-TB5 model, based on the principles of operation of an induction furnace. Also in this article we will talk about other equipment used in the alloy melting sequence.

**Keywords:** induction furnace, SPB-TB5, pirometr, PMA Explorer, 65Г FeMn95, FeSi65.

**Аннотация:** В данной статье речь пойдет о новых технологиях качественного разжижения сплавов FeC и получения литых образцов в индукционной печи, работающей в лабораторных условиях модели СПб-ТБ5. При этом упор делается на процессы, протекающие при взаимном сжижении компонентов сплавов в модели СПб-ТБ5, основанной на принципах работы индукционной печи. Также в этой статье речь пойдет о другом оборудовании, используемом в последовательности плавки сплавов.

**Ключевые слова:** индукционная печь, SPB-TB5, пирометр, PMA Explorer, 65Г FeMn95, FeSi65.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada SPB-TB5 modeldagi laboratoriya sharoitlarida ishlovchi induksion pechida FeC qotishmalarini yuqori sifatda suyuqlantirish va quyma na’munalar olishning yangi texnologiyalari haqida so‘z boradi. Bunda SPB-TB5 modeldagi induksion pechning ishlash prinsiplariga asoslangan holda unda qotishmalar komponentlarini o‘zaro suyuqlantirishda kechuvchi jarayonlarga urg‘u beriladi. Shuningdek ushbu maqolada qotishmalarni eritish ketma-ketligida foydalaniluvchi boshqa jihozlar haqida ham so‘z boradi.

**Kalit so‘zlar:** induksion pech, SPB-TB5, pirometer, PMA Explorer, 65Г FeMn95, FeSi65.

## Введение

В настоящее время в странах мира намечены конкретные мероприятия по налаживанию производства новых видов инновационной продукции отраслями крупных секторов экономики. В этой связи особое внимание уделяется научно-исследовательской работе, в том числе по изготовлению изделий из литой стали в твердом, съедобном и ковком состоянии. В мире


ISSN 3030-3907

ведется крупномасштабная научно-исследовательская работа, направленная на достижение высокой эффективности при получении литейной продукции за счет использования современных технологий. В этом направлении приоритетным является получение высококачественных отливок из вторичной штукатурки с помощью электрических печей, в том числе на основе режижения. В то же время, обеспечивая энергоэффективность и ресурсосбережение, в число актуальных задач входит дальнейшее совершенствование технологических процессов повышения съедобности литейных изделий из высокоуглеродистых стальных сплавов в индукционных печах.

Исследовательская работа с использованием передовых технологий начинается, прежде всего, с разжижения и отбора проб стальных сплавов с помощью печи для выплавки стали, работающей в лабораторных условиях. Формирование и расчет состава шихты для разжижения металлов и сплавов имеет решающее значение в процессах подготовки проб для исследовательского анализа в литейном производстве. [1,2].

**АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ**

Российские исследователи С.Рооссийские икие исследователи С.I. Герцык и Я.А. Минеев сосредоточил свое исследование 2020 года на получении качественных литейных изделий из высокоуглеродистых и легированных стальных сплавов в индукционных печах. Помимо определения состава и фракции шихты для получения отливок в индукционной печи, в данной исследовательской работе представлен анализ степени окисления элементов в печи, их восстановления и обогащения сплава легирующими веществами.

По усовершенствованной в нем технологии при плавке сплава 12Х18Н10Т в индукционной печи использовались вторичные промышленные металлы, не содержащие алюминия, азота, ниобия и бора (Al, N, Ni, B). Показано, что при содержании серы в образце, полученном в процессе разжижения, s ≤ 0,020-0,025% сплав можно очищать с высокой скоростью.о усовершенствованной в нем технологии при плавке сплава 12Х18Н10Т в индукционной печи использовались вторичные промышленные металлы, не содержащие алюминия, азота, ниобия и бора (Al, N, Ni, B). Показано, что при содержании серы в образце, полученном в процессе разжижения, s ≤ 0,020-0,025% сплав можно очищать с высокой скоростью. Кроме того, получение не менее 60% жидкого чистого сплава из плавящейся штукатурки печь сохраняет коэффициент полезного действия. [3].



ISSN 3030-3907

Известный металлург из Великобритании Р.В.Беббингтон изучал влияние и добавление некоторых феррокатионов, в частности ферроборина и ферротитана, на сталь, продвигая своего последователя, известного металлурга из Великобритании. Р.В. Беббингтон изучал влияние и добавление некоторых феррокатионов, в частности ферроборина и ферротитана, к сталям, продвигая следующие предложения по улучшению пищевых свойств. Пищевая сталь обладает высокой реакционной способностью при получении отливок с такими элементами, как углерод (c), кислород (O), азот (N) и сера (S), при самостоятельном введении титана, и не создает проблем с обогащением состава сплава при введении в состоянии термической обработки (FeTi). Первоначально ферротитан был преобразован в эвтектический сплав, состоящий из FeTi40 (40% титана) и FeTi70 (70% титана), полученных в результате алюминотермических процессов, и было изучено влияние содержания титана в FeTi на литье. [4].

**TADQIQOT METODOLOGIYASI**

Для сплава стали 65Г в целях достижения качественного химического состава по ГОСТ 14959-2016 применены:

- вторичная шихта;
- ферросплавы;

а) Ферромарганы размером 10-15 мм Фемн95 (ГОСТ 6008-90)Для сплава стали 65Г в целях достижения качественного химического состава по ГОСТ 14959-2016 применены:

- вторичная шихта;
- ферросплая сплава стали 65Г в целях достижения качественного химического состава по ГОСТ 14959-2016 применены:
- вторчная шихта;
- ферросплавы;

а) Ферромарганы размером 10-15 мм Фемн95 ГОСТ 6008-90)

б) ферросилиций FeSi65 размером 10-15 мм (ГОСТ 1415-93)

в) Силикокальциевые СК размером 10-15 мм (ГОСТ 4762-84)

- модификатор и рафинер;

а) нитрид титана (TiN)в порошкообразном виде (температура плавления 2 930 с, плотность 5,4 г/см3)

б) алюминий (al)в качестве Рафинатора (температура плавления 660 с, плотность 2,7 г/см3)

- флюс;

а)CaF2 (температура плавления 1418 с, плотность 3,18 г/см3)

б)CaCO3 (температура сжижения 825 с, плотность 2,74 г/см3)



ISSN 3030-3907

Работы по отбору проб литьем проводились на установке мини индукционной печи SPB-TB5рис.1.



**Рисунок 1: в индукционной печи SPB-tb5 получен стальной сплав 65Г жидким.**

Мини индукционная печь SPB-TB5агрегат позволяет разжижать до 5 кг сплавов железа (сталь, чугун), а также соответственно другие металлы, в частности золото (Ау), серебро а(г), медь (Cu), алюминий (Al) и их сплавы. Эта мини-индукционная печь работает на 15 кВт, 3-фазном напряжении 380 В, а также на электрической частоте 50-60 Гц.ини индукционная печь SPB-TB5агрегат позволяет разжижать до 5 кг сплавов железа (сталь, чугун), а также соответственно другие металлы, в частности золото (Ау), серебро Таблица 1. [5].

**Таблица 1.**

**Технические параметры индукционной печи СПБ-ТБ5:**

| **Параметр** | **Индикатори** |
|---|---|
| Максимальная мощность плавления | 5 кг / 12 кг |
| Время оттаивания | 5 – 8 мин |
| Максимальная температура | 1800˚ C |
| Габаритные размеры | 740x500x1360 мм |
| Вес | 95 кг |
| Технология отопления | Индукционный нагрев IGBT |
| Система охлаждения | С использованием воды |

С помощью этой печи была разработана технология предварительного разжижения сплава и многократного разжижения сплавов различного химического состава.



ISSN 3030-3907

Чтобы начать процесс разжижения, шихтовые изделия были количественно измерены и подготовлены с помощью электронных весов.



**Рисунок 2: измерение массы штукатурных материалов с помощью электронных весов**

Шлифовальные изделия, отмеренные с помощью аналитических Весов, загружались в тигель печи.

Тигель является рабочей деталью плавки сплава в индукционной печи. Рисунок 3.



**Рисунок 3: тигли на основе графита и корунда и разжижение в них сплава**

Для контроля температуры жидкого сплава в период разжижения в индукционной печи использовался пирометр современной модели Кельвин PLS 3000 Рисунок 4.[6]



**Рисунок 4: пирометр дистанционного управления модели Кельвин ПЛЦ 3000**

## MUHOKAMA VA NATIJALAR

Образцы, сжиженные по усовершенствованной технологии в индукционной мини-печи модели SPB-tb5, затем подвергались различным



ISSN 3030-3907

анализам и испытаниям и сравнивались с образцами, сжиженными традиционным способом.зцы, сжиженные по усовершенствованной технологии в индукционной мини-печи модели SPB-tb5, затем подвергались различным анализам и испытаниям и сравнивались с образцами, сжиженными традиционным способом.

При этом для изучения и количественного анализа изменений, внесенных в химический состав в ходе исследований, при определении Рисунок 5. [7].

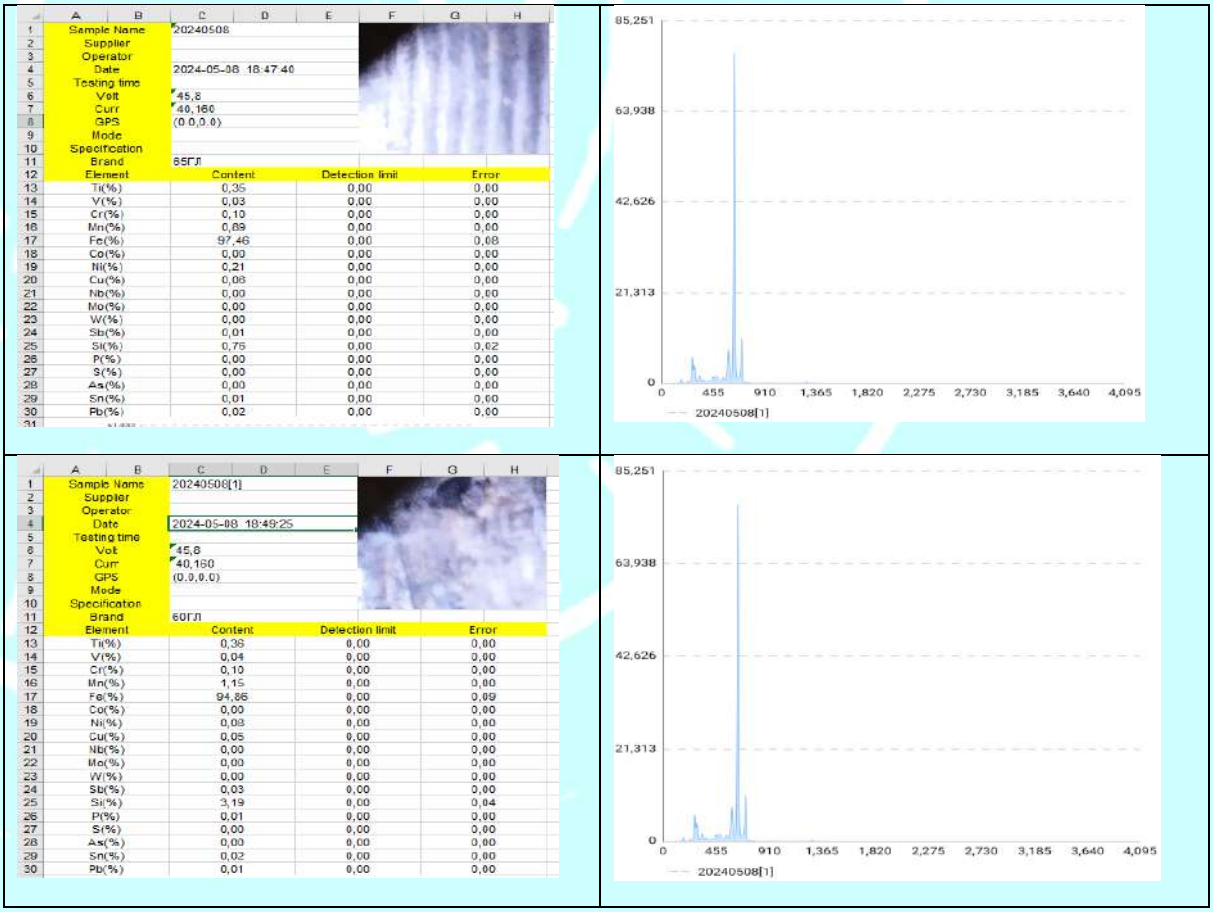



**Рисунок 5. Определение химического состава в PMA EXPLORER 5000 XRF**

Таким образом, в мини-индукционной печи модели SPB-tb5 мы можем наблюдать, как химический компонент сжиженных образцов сохраняется в чистоте на основе усовершенствованной технологии. Из этого видно, что мини-индукционная печь SPB-TB5вполне подходит для первых надежных лабораторных анализов промышленного производства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. O‘zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ – 307 – sonli qarori.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 24-yanvardagi “Respublikada ishlab chiqarishni rivojlantirish va sanoat kooperatsiyasini kengaytirishning samarali tizimini yaratish chora – tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ – 99 – sonli qarori.



ISSN 3030-3907

3. Technology of Melting of a 12Kh18N10T Alloyin Induction Furnaces / S. I. Gertsyka and Ya. A. Mineev / ISSN 0036-0295, Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2021, No. 13, pp. 1645–1649. © Pleiades Publishing, Ltd., 2021.
4. BEBBINGTON R.W. "The role of ferroboron and ferrotitanium in steels" Production methods, quality aspects, and addition techniques, *INFACON* 6. *Town.* Volume 2 Johannesburg. SAIMM. 1992. pp. 263-267
5. https://www.firstfurnace.com
6. https://www.ispatguru.com
7. https://www.kovintrade.cz



ISSN 3030-3907

# УЧСАЙ БЕНТОНИТ ГИЛИНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ТАДҚИҚОТЛАРИ

**Сабиров Б.Т.**
*Жиззах политехника институти*
**Еримбетов Б.К.**
*Қорақалпоқ давлат университети*

**Аннотация.** Ушбу тадқиқот ишида Учсай бентонит гилининг физик-кимёвий ва минералогик такриблари ҳамда физик-кимёвий хусусиятлари замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари ёрдамида тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Тадқиқотнинг асосий мақсади маҳаллий хом ашё ҳисобланган бентонит гилининг минералогик, кимёвий ва физик-механик таркибини таҳлил қилиш ҳамда унинг керамик қурилиш материаллари ишлаб чиқаришда қўлланиш имкониятларини аниқлашдан иборат. Ўтказилган физик-кимёвий таҳлил натижаларига кўра, Учсай бентонит гили кальцийли бентонит гиллари турига мансуб бўлиб, монтмориллонит жинс ҳосил қилувчи асосий минерал эканлиги, $SiO_2$, $AI_2O_3$,$Fe_2O_3$ ҳамда ишқорий ва ишқорий ер металларининг оксидларининг миқдори, шунингдек гранулометрик таркиби, зичлик ва қовушқоқлиги бўйича бўйича керамзит ишлаб чиқариш учун гилли хом ашёларга қўйиладиган меъёрий талабларга мос келиши аниқланди.

**Калит сўзлар:** бентонит гили, Учсай кони, кимёвий таркиб, минерал, минералогик таркиб, физик-кимёвий таҳлил, монтмориллонит, кварц, хлорит иссиқлиқ изоляцион материал, керамзит

**Аннотация.** В данной научной работе представлены результаты изучения физико-химических и минералогических свойств учсайской бентонитовой глины с использованием современных физико-химических методов анализа. Основной целью исследования является анализ минералогического, химического и физико-механического состава учсайской бентонитовой глины, являющейся местным сырьем, и определение возможностей ее применения в производстве керамических строительных материалов. Согласно результатам физико-химического анализа, учсайская бентонитовая глина относится к типу кальциевых бентонитовых глин, основным минералом, образующим породу, является монтмориллонит, а содержание SiO2, AI2O3, Fe2O3 и оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, а также гранулометрический состав, плотность и вязкость соответствуют нормативным требованиям к глинистому сырью для производства керамзита.

**Ключевые слова:** бентонитовая глина, месторождение Учсай, химический состав, минерал, минералогический состав, физико-химический анализ,



ISSN 3030-3907

монтмориллонит, кварц, хлоритовый теплоизоляционный материал, керамзит

**Abstract.** This research paper presents the results of studying the physicochemical and mineralogical properties and physicochemical properties of Uchsai bentonite clay using modern physicochemical analysis methods. The main purpose of the study is to analyze the mineralogical, chemical and physicomechanical composition of bentonite clay, which is a local raw material, and to determine the possibilities of its application in the production of ceramic building materials. According to the results of the physicochemical analysis, Uchsai bentonite clay belongs to the type of calcium bentonite clays, and montmorillonite is the main mineral forming the rock, and the content of $SiO_2$, $AI_2O_3$, $Fe_2O_3$ and oxides of alkali and alkaline earth metals, as well as granulometric composition, density and viscosity, meet the regulatory requirements for clay raw materials for the production of expanded clay.

***Key words:*** *bentonite clay, Uchsay mine, chemical composition, mineral, mineralogical composition, physicochemical analysis, montmorillonite, quartz, chlorite heat insulating material, expanded clay*

**Кириш.**

Ҳозирги кунда қурилиш материаллари ишлаб чиқариш жараёнида маҳаллий хом ашёлардан самарали фойдаланиш масаласи тадқиқотчилар олдида турган муҳим ва долзарб вазифалардан бири сифатида эътироф этилади.

Иссиқлик изолацион қурилиш материалларини ишлаб чиқаришда маҳаллий хом ашёлардан бентонит гили ўзининг юқори физик-механик хоссалари, экология жиҳатдан атроф муҳитга зарар келтирмасги ҳамда арзонлиги билан бошқа хом ашё турларидан афзалликларга эгадир. Ушбу бентонит гили асосида турли энергиятежамкор ва доимий структурага эга изоляцион материаллар олиш имконияти мавжуд. Шу сабабдан, иссиқлик изоляцион қурилиш материалларини ишлаб чиқаришда бентонит гилидан фойдаланиш нафақат иқтисодий самарадорликни оширади, балки маҳаллий ресурслардан кенг фойдаланиш орқали импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришга ҳам хизмат қилади.

Геологлар томонидан Ўзбекистон ҳудудида 200 ортиқ бентонит ва бентонитсимон гилларнинг табиий заҳира конлари мавжуд. Шу жумладан Қорақалпоғистон ҳудудининг Ходжакул, Кусканатау, Шимолий Жамансай, Бештюбе, Учсай ва бошқа конлари аниқланган. Бир қатор тадқиқотчи олимлар томонидан ўтказилган тадқиқотлар натижасида ушбу конлардан олинган бентонит намуналари ўз кимёвий элемент таркиби, минералогик фазавий тузилиши ва физик-механик кўрсаткичлари жиҳатидан ҳам бир-



ISSN 3030-3907

биридан маълум даражада фарқланиши қайд этилган. Бундай фарқланиш бентонит гилларининг технологик жиҳатдан турли технологик параметрларни танлаш, шунингдек, уларни турли саноатнинг турли соҳаларида қўллаш имкониятларини белгилаб беради [1-3].

**Тадқиқот усуллари ва материаллар.** Учсай конидаги бентонит намуналарининг кимёвий-минералогик таркиби ва физик-механик хусусиятларини аниқлаш мақсадида қуйидаги таҳлил ва тадқиқот усуллари қўлланилди. Бентонит намунасининг таркибини аниқлаш учун классик силикат кимёвий таҳлил усулидан фойдаланилди. Кимёвий таҳлил усулидан фойдаланиб $SiO_2$, $Al_2O_3$, $FeO+Fe_2O_3$, $CO_3$, $CaO$, $MgO$, $Na_2O$, $K_2O$, $SO_3$, $TiO_2$, $P_2O_5$, $MgO_2$ ва бошқа оксидларнинг миқдорини аниқлаш муҳим вазифа ҳисобланади. Бундан ташқари, хом ашё намунасининг таркибидаги турли шаклдаги сув, турли учувчан бирикмалар ҳамда ёниб кетадиган органик моддаларнинг миқдорини билиш ҳам катта аҳамиятга эгадир. Ўрганилаётган хомашё таркибидаги кимёвий микроэлементлар миқдорини юқори аниқликда аниқлаш учун махсус ускуналардан фойдаланилади.

Рентгенфазали таҳлил СуКα-нурланишига асосланган Shimadzu рентген дифрактометрида кукунли усул ёрдамида ўтказилди. Рентгенограммалар 0,05 қадам билан олиниб, трубканинг ток ва кучланиш режими 30 мА ва 40 кВ ни, рентген нурларининг қуввати 2 кВт ни ташкил этди.

Ўрганилаётган намуналарнинг ИҚ-спектрлари «Pelkin Elmer» компаниясининг “Specord 75I” русумли спектрометрида аниқланди [4-5].

**Тадқиқот натижалари ва уларнинг муҳокамаси.** Бентонит гилининг кимёвий таркиби бўйича олинган натижаларга кўра керамзит ишлаб чиқариш учун хом ашёларга қуйилган талабларга мос келиши аниқланган. Учсай бентонит гилининг кимёвий таркиб натижалари 1-жадвалда келтирилган.

Керамзит ишлаб чиқариш учун гилли хом ашёларга қўйиладиган меъёрий хужжат- ГОСТ 32026-2012 талабларига асосан таркибида монтмориллонит минерали бўлган гил хом ашёси таркибида $SiO_2$ нинг миқдори 70 % дан ошмаслиги, $AI_2O_3$ -12% дан кам бўлмаслиги, $Fe_2O_3+FeO$ - 10% гача, органик қўшимчалар эса 1-2% оралиқда бўлиши лозим. Учсай бентонити намуналарининг рентгенфазали таҳлил натижаларига асосан керамзит ишлаб чиқариш учун. Учсай бентонит гили намунасининг аниқланган кимёвий таркиби бўйича ушбу белгиланган кўрсаткичларга тўлиқ мос келади (1-жадвал).

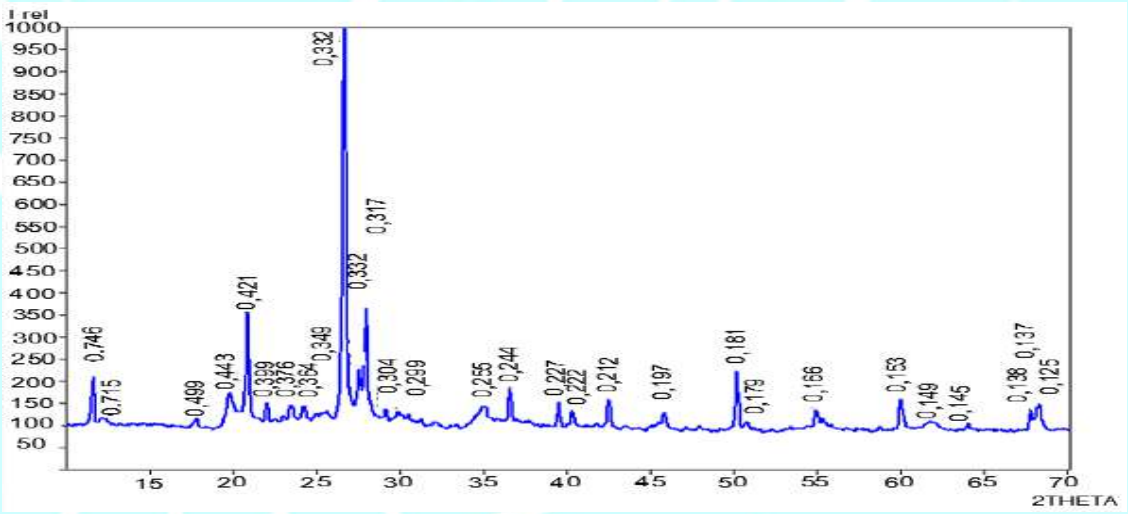

ISSN 3030-3907

**1-Жадвал**

**Учсай бентонит гили намунасининг кимёвий таркиби**

| Намуна | Оксидлар миқдори ,% | | | | | | | | | | КЙ, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $SO_3$ | $P_2O_5$ | |
| Уч $_{ўрт}$ | 60,34 | 14,60 | 4,88 | 0,68 | 1,60 | 2,02 | 3,00 | 1,50 | 0,95 | 0,28 | 10,15 |

Бундан ташқари, Учсай кони бентонит намуналарнинг минералогик таркиби ҳам ўрганилган. Учсай бентонит гилининг рентгенографик таҳлил натижалари 1-расмда келтирилган.

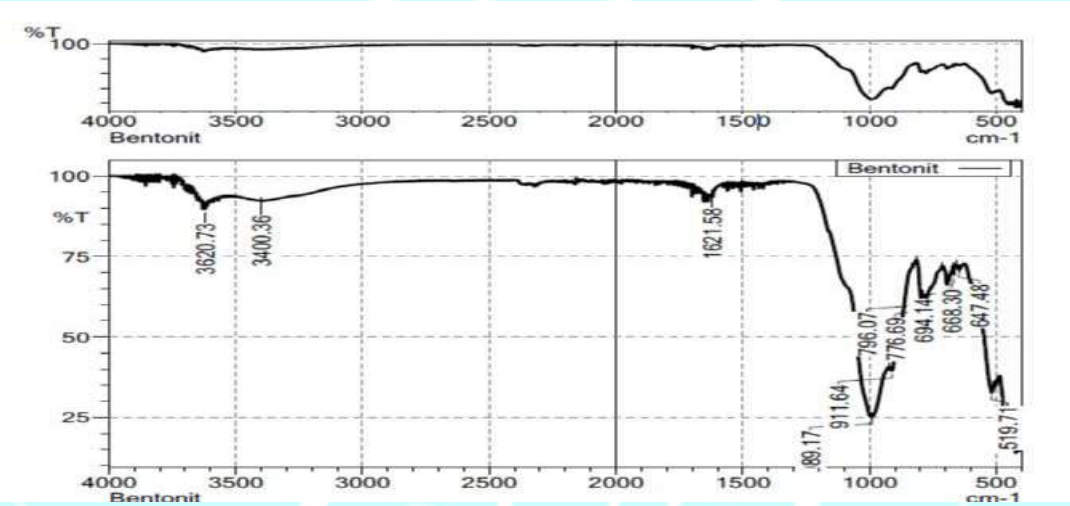



**1-Расм. Учсай бентонит гил намунасининг рентгенограммаси**

Учсай бентонит гилининг рентгенограммасида (1-расм) кварц (d=0,421; 0,332; 0,244; 0,227; 0,222; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,153; 0,145; 0,138; 0,137 нм), мусковит (d=0,499; 0,443; 0,399; 0,376; 0,364; 0,322; 0,299; 0,255, нм), альбит (d=0,364; 0,317; 0,294; 0,150 нм), монтмориллонит (d=0,750; 0,500; 0,448; 0,304; 0,255; 0,244), хлорит –(d=0,715; 0,443; 0,349 нм) минералларига тегишли бўлган дифракция максимумлари борлиги аниқланган.

Тадқиқотлар давомида шунингдек, ИҚ-спектроскопик таҳлил усули ёрдамида Учсай бетонит гилининг қатламли силикатлар туркумига мансублиги аниқланди. Олинган ИҚ-ютилиш спектрлари шунга мос маълум қатламли алюмосиликат минералларининг спектрларига ўхшашдир (2-расм).


ISSN 3030-3907




**2-Расм. Учсай бентонит кони гил намуналарининг ИҚ-спектрограммаси**

Ушбу гилларнинг ИҚ-спектрларида энг юқори частотали ва интенсив чизиқлар 519,71; 647,48; 668,30; 694,14; 776,69; 796,07; 911,64; 989,17; 1621,58; 3400,36; 3620,73см$^{-1}$ соҳаларда аниқланиб, уларнинг интенсивлиги 32,79; 70,84; 69,30; 66,25; 60,50; 62,02; 39,45; 25,21; 94,52; 92,35; 89,80 см$^{-1}$ ни ташкил қилади. Таҳлил натижаларига кўра 3620 va 3400 см$^{-1}$ да кузатилган кенг чўққилар бентонитда гидроксил (OH) гуруҳларининг мавжудлигини ва кимёвий боғланмаган (ютилган) сув молекулаларини тасдиқлайди. Бу хусусият бентонитнинг намликни ютиш (адсорбция) қобилиятини кўрсатади. 1620 см$^{-1}$ да сув молекулаларининг деформацион тебраниши мавжуд бўлиши, бентонит таркибида интерлайер сув (қатламлар оралиғидаги сув) мавжудлигидан далолат беради. 911 см$^{-1}$ да Al–Al–OH чизиғининг мавжудлиги бентонитнинг алуминосиликатли табиатини ва монтмориллонит фазасининг мавжудлигини кўрсатади. 700–800 см$^{-1}$ оралиғидаги чизиқлар Si–O–Si va Si–O–Al тебранишларига тегишли бўлиб, бу силикат бирикма структурасининг яхлитлигини кўрсатади. 519–480 см$^{-1}$ диапазонидаги паст частотали чизиқлар Si–O–Al va Si–O–Si тебранишларини билдиради, бу эса бентонитнинг қатламли силикат тузилмасини яна бир бор тасдиқлайди

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) таҳлил натижасига кўра, келтирилган бентонит намунаси таркибида қуйидаги компонентлар мавжудлиги аниқланди: сув молекулалари (физик ва интерлайер $H_2O$); гидроксил (-OH) гуруҳлари –Al-Al-OH ва Al–Mg–OH боғлари шаклида; силикат структураси (Si–O–Si ва Si-O-Al) бентонитнинг қатламли структурасини шакллантирувчи асосий элемент ҳисобланади. Бу натижалар бентонитнинг монтмориллонитли фазага хос типик спектрал хусусиятларини кўрсатади. Шунингдек, юқоридаги чўққилар бентонитнинг яхши кристалланган, аммо намликка сезгир эканлигини билдиради [6-9].


ISSN 3030-3907

2-жадвалда Учсай бентонит гилининг физик-механик хоссалари келтирилган.

**2-Жадвал**

**Учсай бентонит гилининг физик-механик хоссалари**

| Физик-техник кўрсаткичлар | Минимал кўрсаткич | Максимал кўрсаткич | Ўртача кўрсаткич |
|---|---|---|---|
| **Табиий намлик, %** | 3,29 | 3,70 | 3,49 |
| **Ҳажмий масса, г/см$^3$** | 1,75 | 2,35 | 2,05 |
| **Қовушқоқлик сони** | 24,8 | 45,9 | 35,3 |
| **Ўтга чидамлилик, °С** | 1205 | 1290 | 1247 |
| **Эриш ҳарорати, °С** | 1106 ± 10 | 1138 ± 10 | 1122± 10 |
| **Кўпчиш коэффициенти** | 1,14 | 4,24 | 2,69 |
| **Куйдиришдан кейинги ҳажмий масса, г/см$^3$** | 0,32 | 1,39 | 0,85 |

Учсай бентонит гилининг кимёвий-минералогик хоссаларини ўрганилгандан кейинги босқичдаги тадқиқотларда ушбу бентонитнинг физик-механик хусусиятларини ҳам тадқиқ этиш талаб этилади. Чунки, гил ва иккиламчи чиқиндиларнинг физик-механик хусусиятлари керамзит ишлаб чиқаришда катта аҳамиятга эгадир ва якуний маҳсулотнинг барча физик-техник кўрсаткичларига бевосита таъсир кўрсатади. Учсай бентонит гилининг донадорлик таркиби 3-жадвалда аниқланган.

**3-Жадвал**

**Учсай бентонит гилининг донадорлик таркиби, %**

| Фракция ўлчамлари, мм | Намуналар белгиланиши ва кўрсаткичлари | | | |
|---|---|---|---|---|
| | УчК-1 | УчК-2 | УчК-3 | УчК $_{ўрт}$ |
| **1,0÷0,063** | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,6 |
| **0,063÷0,01** | 28,1 | 30,1 | 29,9 | 29,36 |
| **0,01÷0,005** | 15,1 | 15,0 | 15,4 | 15,16 |
| **0,005÷0,001** | 21,0 | 19,0 | 19,0 | 19,67 |
| **0,001 дан кам** | 33,3 | 33,3 | 33,0 | 33,2 |

Учсай бентонит гили наманаларининг майда донадорлик таркибидан ташқари, ушбу гилнинг таркибидаги йирик донали қўшимчаларнинг миқдори аниқланди (4-жадвал).



ISSN 3030-3907

**4-Жадвал**

**Учсай бентонит гилининг йирик донали қўшимчаларнинг миқдори, %**

| Фракция ўлчамлари, мм | Намуналар | | | |
|---|---|---|---|---|
| | УчК-1 | УчК-2 | УчК-3 | УчК ўрт |
| **0,5-1,0** | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,11 |
| **1,0-2,0** | 0,011 | 0,012 | 0,018 | 0,013 |
| **2,0-5,0** | 0,014 | 0,13 | 0,17 | 0,10 |
| **5,0** | 0,35 | 0,38 | 0,42 | 0,38 |
| **0,5-5,0** | 0,05 | 0,85 | 0,90 | 0,6 |

Меъёрий хужжатларда белгилданган талабларга асосан керамзит ишлаб чиқаришда фойдаланиладиган хом ашёлар майда дисперс таркибга эга бўлиши, 0,005мм заррачаларнинг 20% миқдорда бўлиши, нисбатан кам қумланган бўлиши керак. Бундан ташқари керамзит ишлаб чикаришда ишлатиладиган хом ашёнинг оловга чидамлиги 1250 °С дан ошмаслиги, КЙЙ эса 6-11% бўлиши керак. Бундан ташқари карбонат жинсларнинг йирик ўлчамдаги қўшимчалари бўлмаслиги лозим [10-12].

Шундай қилиб, ўтказилган физик-механик, кимёвий-минералогик, рентгенфазали, ИҚ спектроскопик таҳлил усуллари билан олиб борилган экспериментал тадқиқотлар натижасида ўрганилган Учсай бентонит намуналари керамзит олиш учун асосий хомашё сифатида қўлланилиши мумкин. Бу эса Қорақалпоғистон ҳудудида қурлиш индустрияси эҳтиёжлари учун керамзит ишлаб чиқаришда фойдаланиладиган хомашё базасини кенгайтириш ва унинг ресурс салоҳиятини ошириш имконини яратади.

## ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Ахмедов К.С. Бентониты Узбекистана. – Ташкент .-1974.-273 с

2. Курбаниязов К.К., Закиров М.З. Бентониты Каракалпакстана // Фан. 1979. - 173 с

3. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K., Aytjanov O.D., Kalbaev B.A., Reymov B.Q. Study of the chemical-mineralogical composition and properties of the Ushsay bentonite-like clay of Karakalpakstan for obtaining ceramic heat-insulating materials // Science and Education in Karakalpakstan. 2023 №2/2. ISSN 2181-9203 P.105-108.

4. Kutsevol M.L. X-ray method of diagnostics and qualitative phase analysis of minerals. Practical guide to laboratory work in the discipline “Laboratory methods for studying minerals.” Dnepropetrovsk 2012. P. 35p.



ISSN 3030-3907

5. Newbury D., Echlin P., Joy D., Fiori C., Lifshin E. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. M., 1984. P. 303.
6. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K., Aytjanov O.D., Kalbaev B.A., Reymov B.Q. Study of the chemical-mineralogical composition and properties of the Ushsay bentonite-like clay of Karakalpakstan for obtaining ceramic heat-insulating materials // Science and Education in Karakalpakstan. 2023 №2/2. ISSN 2181-9203 P.105-108.
7. ГОСТ 32026-2012. Сырьё глинистое для производства керамзитовых гравия, щебня и песка. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
8. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K., Aitzhanov O.D. Исследование и анализ местного глинистого сырья для производства керамзита // Выпуск журнала «Universum: технические науки» 1(130). DOI - 10.32743/UniTech. 2025.130.1, С.20-25.
9. Erimbetov B.K., Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Xojabergenov B.M. Technology for producing lightweight concrete from clay obtained from Uchsay bentonite clay // AIP Conference Proceedings, 11 September 2025, Vol. 3347, Pp. 020065-1-6.
10. Еримбетов Б.К., Пурханатдинов А.П., Keramzit ishlab chiqarishda ikkilamchi resurslarni tadqiq etish // “JizPI XABARNOMASI” 2025 yil №3 son. ISSN: 3060-4966. 188-193 b.
11. Purxanatdinov A. P., Erimbetov B. K., "Uchsay bentoniti tiykarinda ekologiyaliq taza qurilis materialin aliw: https://doi. org/10.5281/zenodo. 11221185." International Journal of scientific and Applied Research 1, no. 2 (2024): 46-49.
12. Пурханатдинов А. П., Еримбетов Б. К. Энергия тежамкор материаллар учун учсой бентонити тадқиқ қилиш //Endless light in science. – 2024. – №. 31 декабрь 8. – С. 45-48.


ISSN 3030-3907

# PAYVAND CHOKI VA CHOK ATROFI HUDUDLARNI ULTRATO‘LQINLI ZARBLASH ORQALI YAXSHILANGAN QATLAM XUSUSIYATLARINI MEXANIK, METALLOGRAFIK, RENTGEN TEKSHIRISHLAR ASOSIDA TAHLIL ETISH

**Rustamova Mashhura Umarovna**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi*
**Rustamov Farrux Umarovich**
*Navoiy mashinasozlik zavodi muxandisi*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada metallarning elastiklik xossalarini nazariy va ilmiy tahlil qilish asosida, maxsus laboratoriyalarda past legirlangan metallarning mexanik, metallografik, rentgen tekshirishlar ilmiy xulosalar asosida tahlil qulindi. Payvand choklari uchun namunalar GOST 5640-2020, RD 24.200.04-90 va GOST R 57180-2016 talablari asosida laboratoriyada metallografik tahlillar olib borildi.

**Kalit so‘zlar:** Elastiklik, payvand choki, ichki zo‘riqish, ichki nuqsonlar, quvur termik ishlov berish.

**Аннотация.** В данной статье проведен анализ упругих свойств металлов на основе теоретического и научного анализа, а также результатов механических, металлографических и рентгеновских исследований низколегированных металлов в специализированных лабораториях. Металлографические исследования образцов сварных соединений проводились в лабораторных условиях в соответствии с требованиями ГОСТ 5640-2020, РД 24.200.04-90 и ГОСТ Р 57180-2016.

**Ключевые слова:** Эластичность, сварной шов, внутреннее напряжение, внутренние дефекты, труба, термическая обработка.

**Abstract.** This article analyzes the elastic properties of metals based on theoretical and scientific analysis, as well as the results of mechanical, metallographic, and X-ray studies of low-alloy metals in specialized laboratories. Metallographic studies of welded joint samples were conducted under laboratory conditions in accordance with the requirements of GOST 5640-2020, RD 24.200.04-90, and GOST R 57180-2016.

**Keywords:** Elasticity, weld seam, internal stress, internal defects, pipe, heat treatment.

## Kirish

Sanoatda quvur va uning detallarini tarmoqlarga o‘rnatish uchun yuqori talablar joriy etilgan, quvur tarmog‘ining ulanish sifati, payvand choklarining sifati va mexanik xossalar, tok kuchini tanlash, payvand simlarini tanlash, tashiluvchi mahsulot yoki gazsimon muhitning loyiha bo‘yicha xarakteri, ishchi holatidagi doimiy turg‘un bosimi, minimal va maksimal o‘zgaruvchan bosimi, loyiha bo‘yicha ishchi holatidagi harorati, minimal va maksimal o‘zgaruvchan harorati VSN 2-124-80 va VSN 171-84 yo‘riqnomasining normativ hujjutlarida qayd


ISSN 3030-3907

etilgan. VSN 2-124-80 va VSN 171-84 Respublikamizda faoliyat olib boruvchi yoki loyiha asosida qurilayotgan magistral tarmoqlar yoki shunga o‘xshash bitta tarmoqda ulangan saqlash uchun qurilgan statsionar sig‘imbardosh idishlar va sisternyalar uchun tavsiya etilgan va ushbu yo‘riqnomadan chetlangan holatda magistral tarmoqlar unga ulangan sanoat jihozlarini qurish, payvandlash qatiyan taqiqlanadi.

GOST R 52910—2008 va GOST 5264-80 talablari buyicha S17 payvand choki mustahkamligini aniqlash uchun birinchi navbatda namunaning ko‘ndalang kesim yuzasini hisoblab topishimiz talab etiladi. Namunaning ko‘ndalang kesim yuzasini topish uchun namuna balandligi *h*, namuna uzunligi *L* ga ko‘paytirilganda namunaning ko‘ndalang kesim yuzasining o‘lchami kelib chiqadi.

GOST R 52910—2008 katta sig‘imli sanoat idishlari, sisternyalar, rezervuarlar va shularga tenglashtirilgan sanoat jihozlarini payvandlab yig‘ishda ushbu standart orqali payvandlab yig‘ish ishlari amalga oshiriladi.



**1-rasm. Payvand chokini mexanik xossalarini aniqlash.**

Nazariy tahlillar va o‘tkazilgan amaliy tajribalardan bizga ma’lumki, payvandlangan choklardan tayyorlangan namunalarda (1 va 2-rasm) o‘tkazilayotgan mexanik sinovlar jarayonida, namuna qanchalik tez uzilsa demak bundan xulosa shuki, sinalalayotgan namunaning nisbiy cho‘zilish chegarasi shunchalik past deb baholanadi va sanoat jihozlaridagi payvandlangan chokning kuchga va yuqori bosimga chidamlilik chegarasi ham past hisoblanib, ushbu chok loyihada belgilangan yuklama va bosimga bardoshsiz deb baholanadi. Bunda qattiqlik darajasi yuqori bolib, mortlik darajasi ham yuqori bo‘ladi.



ISSN 3030-3907



**a) b) c)**

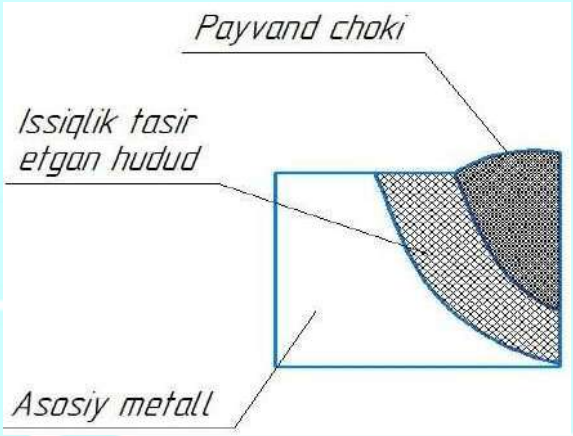
**2-rasm. Metallografik izlanishlar olib borish uchun namumalar jamlammasi: a) termik ishlov berilmagan namuna; b) termik ishlov berilgan namuna; c) ultra to‘lqinli zarblar bilan ishlov berilgan namuna**

**1-jadval**

**Taqdim etilgan namunalarni nisbiy cho‘zilish chegarasi**

| Nisbiy cho‘zilish chegarasini aniqlash uchun tayyorlangan namunalar soni | Tajribadan so‘ngi erishilgan natijalar qiymati | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Termik ishlov berilmagan namunaning nisbiy cho‘zilish chegarasi, $\sigma_v$, MRa | | | Termik ishlov berilgan namunaning nisbiy cho‘zilish chegarasi, $\sigma_v$, MRa | | | Ultra to‘lqin zarbasi bilan ishlov berilgan namunaning nisbiy cho‘zilish chegarasi, $\sigma_v$, MRa | | |
| 3 | 419 | 415 | 418 | 430 | 427 | 430 | 443 | 441 | 443 |

O‘tkazilgan amaliy tajribalar natijasi shuni ko‘rsatdiki, payvand chokining oxirgi chegarasidan so‘ng ikki tomondan uzunligi 30mm bo‘lgan hududda, issiqlik ta’sirida metal strukturasining o‘zgargan holati kuzatildi va Brinellning HB shkalasi bo‘yicha qattiqlikni ko‘rsatuvchi qiymatlar aniqlandi.




**3-rasm. Payvandlashdan so‘ng issiqlikni tasir etish sxemasi**



ISSN 3030-3907

Magistral quvur tarmoqlarida payvandlash ishlari yakuniga yetkazilganidan so‘ng VSN 2-124-80 va VSN171-84 bo‘yicha buzmasdan turib ichki nuqsonlarni aniqlash jarayoni olib borilishi shart ko‘rsatilgan va ushbu jarayon quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- ranglar yordamida payvand choklarini tekshirish (svetnoy kontrol) agar payvand chokining asosiy metali yuqori legirlangan po‘lat bo‘lsa;
- ultratovush yordamida payvand chokining ichki nuqsonlarini aniqlash (UZK);
- rengen nurlari yordamida payvand chokining ichki nuqsonlarini aniqlash turlariga bo‘linadi (RK).

Olib boriluvchi nazoratlar, magistral quvur tarmoqlarida hosil qilingan payvand choklarini sifatli bo‘lishini ta’minlaydi, ikki quvur chokini birlashtirib elektr yoyli payvand bilan payvandlash jarayonida, yuqori haroratda payvand simlari asosiy metall bilan brikib chok sifatini oshirish imkonini beradi. Payvand choklari va uning atrofida harorat sovishi bilan sovish haroratini to‘g‘ri tanlanmasligi natijasida turli uzunlikdagi yoriqlar va bo‘shliqlar paydo bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ham sanoat jihozlarida pavandlash ishlari tugatilgandan so‘ng, payvan choki va uning atrofi ya’ni issiqlik ta’sir etgan hududlarda sovish tezligi belgilangan tartibda, belgilangan tezlikda olib borilishi shart. Talab va javobgarligi yuqori bo‘lgan sanoat jihozlarida payvand simi(elektrod)ni noto‘g‘ri tanlashga yo‘l qo‘yilmaydi. Payvand simini noto‘g‘ri tanlanishi, ikki payvand chok bilan payvand simi o‘rtasida sifatli brikishni keltirib chiqarmaydi, bu holat payvand chokida turli ko‘rinishdagi ichki nuqsonlarni paydo bo‘lishiga olib keladi va bu nuqsonlar (UZK), (RK) orqali aniqlash imkonini beradi.

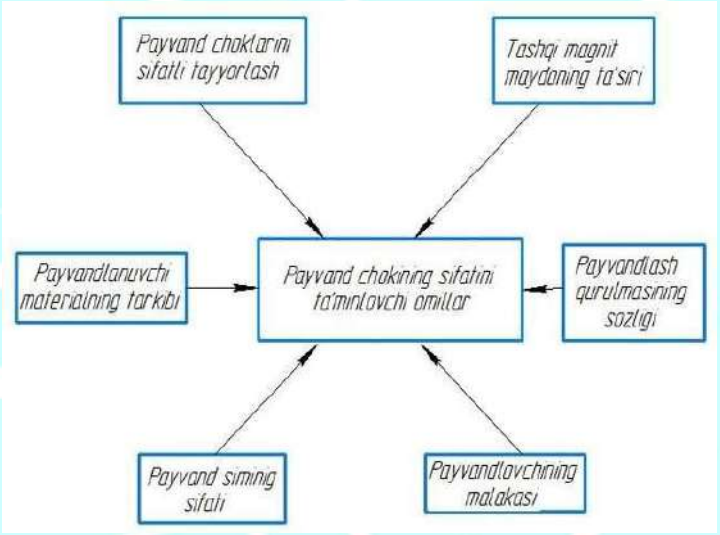
Payvand quyimlarini asosiy metall bilan (yopishish) brikishi lupa yordamida nazorat qilinadi. Ultra to‘lqinli tebranishlar zarbi bilan ishlov berilgan na’munalarni ham nomlari yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan nazoratlar orqali tahlil qilganimizda ustunlik, termik ishlov berilmagan va termik ishlov berilgan na’munalarning mexanik xossalariga nisbatan yuqori ekanligi aniqlandi. Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy laboratoriyasida buzmasdan turib nazorat qilish ishlari barcha namunalar uchun amalga oshirildi. Maxsus lupa yordamida chok brikmalari va issiqlik ta’sir etgan hududlar sirti nazorat qilinib 09G2S metalidan tayyorlangan barcha na’munalar uchun ijobiy xulosalar olindi.

Payvand choklari ultra to‘lqinli tebranishlar zarbi bilan ishlov berilgan namunalar Rossiya Federatsiyasining Sankt-Peterburg shaxridagi Voenmex D. I. Ustinov nomidagi Boltiq davlat texnika universitetining markaziy laboratoriyasida tayyorlandi va rengen nazoratini olib borish uchun Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy laboratoriyasi tanlandi. Ushbu laboratoriyada namunani rengen qilish orqali payvand choki va chok atrofida issiqlik ta’sir etgan hududlarni


ISSN 3030-3907

ichki strukturasidagi nuqsonlarning mavjudligi GOST 5264-80 bo‘yicha ilmiy-nazariy tahlil qilinib o‘rganildi.

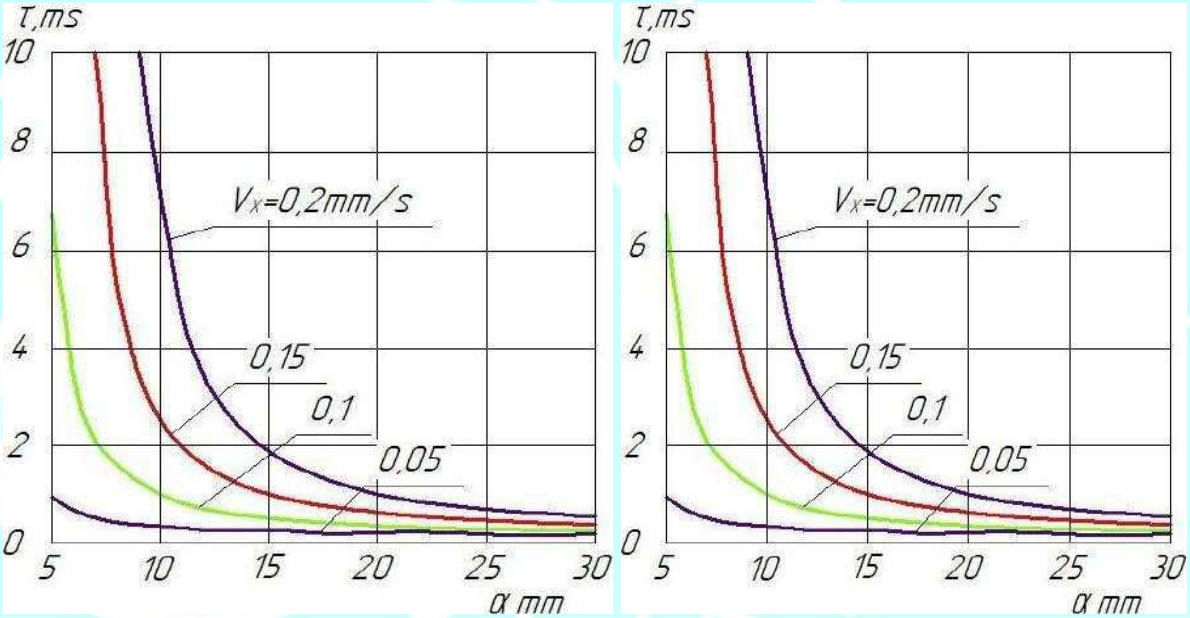
Ichki nuqsonlar mavjud emasligi, davlat standartlari miyorlariga mos kelishi va termik ishlov berilgan namunaga nisbatan, ultra to‘lqinli tebranishlar zarbi bilan ishlov berilgan namunaning payvand choklari uchun Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy laboratoriyasi mutaxasislari tomonidan ijobiy xulosalar olindi.



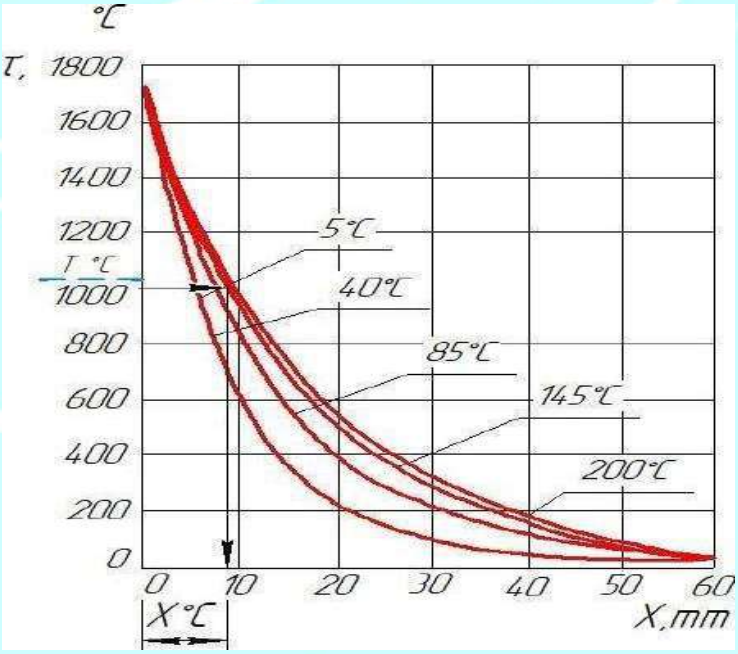

**4-rasm. Payvand choklarni sifatli bo‘lishini ta’minlovchi omillarning sxematik shakli**

Payvandlab ulash ishlari dala sharoitida olib borilganda, chok va chok atrofi hududlari issiqligini miyoriy hujjatlarda belgilangan tartibda sekin sovitishni iloji yo‘q, bundan xulosamiz shundan iboratki sovish haroratining nomutanosib sovishi natijasida payvand choki va chok atrofi hududlarida ichki zo‘riqish kuchlarining meyoriy hujjatlarda ko‘rsatilgan meyordan oshishi kuzatiladi. Ushbu xolatni dala sharoitida bartaraf etish uchun chok va chok atrofi hududlari Shmel-2 pribori yordamida ultra to‘lqinli tebranish zarblari bilan ishlov berilganda payvand choki va uning atrofi hududlarida ichki zo‘riqish kuchlarining bartaraf etilganligi Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy laboratoriyasida o‘tkazilgan amaliy tajribalarda o‘z tasdiqini topdi (1-jadval). VSN171-84 va GOST 5264-80 talablari asosida payvand choklarini hosil qilish, payvandlashga tayyorlash, magistral quvurlar, katta sig‘imli idishlar va sisternyalarni ishchi chizmalarida konstruktorlar tomonidan ko‘rsatiladi.


ISSN 3030-3907



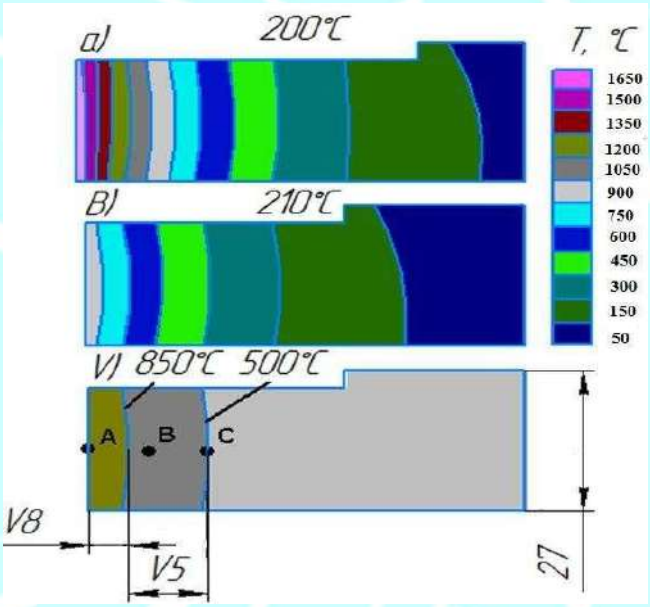

**5-rasm. Payvandlash jarayonida chokni erish harorati, $\alpha$ burchak chokni qizdirish vaqti $\tau$ ga bog‘liq bo‘lib, $v_x$ qizish tezligining turli qiymatlarda ozgarishini korsatuvchi grafik**




**6-rasm. Payvand choki chuqurligi bo‘yicha haroratning taqsimlanish grafigi**



ISSN 3030-3907




**7-rasm. Harorat tasir etishi natijasida payvand choki atrofi hudularini ranglarga ajralish grafigi**

Namunalarga metallografik ilmiy tahlillar va izlanishlar olib borish uchun “NERIS” dastgohida yakuniy jilvirlash ishlari olib borildi, payvand choki va chok atrofida issiqlik tasir etgan metal strukturasi *METAM PB-23* mikroskopida 100 barobargacha kattalashtirilgan holatda ilmiy asoslar asosida o‘rganildi va quyidagi natijalarga erishildi.



**a) b) c)**

**8-rasm. Termik ishlov berilmagan namunaning metallografik tahlillar uchun ko‘rinishi: a) asosiy metall, b) payvan chokining atrofi issiqlik tasir etgan hudud, c) payvand choki.**



**a) b)**

**9-rasm. Termik ishlov berilgan namuna**



ISSN 3030-3907



**a) b) c)**

**10-rasm. Termik ishlov berilgan namunaning metallografik tahlillar uchun ko‘rinishi: a) asosiy metall issiqlik tasir etmagan hudud, b) payvand chokining atrofi issiqlik tasir etgan hudud, c) payvand choki**



**a) b)**

**11-rasm. Ultra to‘lqinli zarblar bilan ishlov berilgan namuna payvand choki va chok atrofi issiqlik ta’sir etgan hududning ko‘rinishi**



**a) b) c)**

**12-rasm. Ultra to‘lqinli zarblar bilan ishlov berilgan namuna payvand choki va chok atrofi issiqlik ta’sir etgan hududning metallografik tahlillar uchun ko‘rinishi: a) asosiy metall issiqlik tasir etmagan hudud, b) payvand chokining atrofi issiqlik tasir etgan hudud, c) payvand choki**

GOST 5640-2020, RD 24.200.04-90 va GOST R 57180-2016 talablarida keltirilgan normativ hujjatlar bo‘yicha metallografik tahlillarning natijalari ilmiy va nazariy o‘rganib chiqilganda, olingan natijalar quyidagi talablarga javob berishi shart kerakligi ko‘rsatib o‘tilgan.

**Metallografik mikrotahlillar** - payvand choklari va chok atrofi hududlarini mikrostrukturasi METAM PB-23 mikroskopida 100 barobargacha kattalashtirilib ilmiy taraflama tahliliy kuzatuv ishlari olib borildi. Mikroskop ostidagi payvand choki 100 barobarga kattalashtirilishi natijasida termik ishlov berilmagan namunadagi payvand chokining strukturasi, termik ishlov berilgan va ultra to‘lqinli tebranishlar zarbi bilan ishlov berilgan namunalarning payvand choki



ISSN 3030-3907

hududlarining donalari mayda va teng taqsimlangan donali struktura ekanligi ko‘rsatdi (10, 12 - rasm)lar.

**Xulosa.** Respublikamiz sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarida bevosida sutkalik ishtirok etuvchi oddiy tarmoqlardagi quvurlar, magisrral quvurlar va ushbu quvurlarga ulangan katta hajmli hajmbardosh idishlar, sisternyalar, rezervuarlardagi payvand choklari ShMEL-1 va ShMEL-2 rusumli ultra to‘lqinli zarblar hosil quluvchi uskunalar bilan zarb berib ishlansa, mahalliy termik ishlov kabi eskirgan texnologik jarayonlarni olib borilishini bartaraf etishga xizmat qiladi. Sanoat korxonalari uchun ishchi kuchi, elektro-energiyani ortiqcha sarflanishini oldini olib, tejalishiga olib keladi, tebranishlarga bardoshli qovushqoq va elastik payvand choklarini yaralishini ta’minlaydi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Васильев А.А. Возникновение колебаний глубины парогазового канала при лучевых способах сварки / А.А. Васильев, В.А. Ерофеев, В.А. Судник // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 7. – С. 130-141.
2. Судник В.А. Численная модель процесса электронно-лучевой сварки с экспериментальной проверкой / В.А. Судник, В.А. Ерофеев, К.Г. Рихтер, К.У. Хайнс // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2008. – № 2. – С. 233-243.
3. Терентьев Е.В. Влияние скорости сварки на формирование шва при ЭЛС со сквозным проплавлением / Е.В. Терентьев, В.К. Драгунов, А.П. Слива, А.В. Щербаков // Сварочное производство. – 2014. – № 2. – С. 25-29.
4. Драгунов В.К. Прогнозирование режимов ЭЛС при изготовлении многошовных конструкций / В.К. Драгунов, М.С. Грибков, В.Н. Мартынов, А.Г. Сысоев // Сварочное производство. – 2015. – № 1. – С. 20-22.


ISSN 3030-3907

# ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НА ВЯЗКОСТЬ РАСТВОРОВ СОПОЛИМЕРОВ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ АКРИЛАМИДА И АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

**Даулетбаева Раушан Кууанышбаевна**
***Институт общей и неорганической химии АН РУз, докторант***
**Абдикамалова Азиза Бахтияровна.**
***Институт общей и неорганической химии, АН РУз, главный научный сотрудник***

**Аннотация:** В данной статье рассмотрено влияние сроков синтеза мономеров на вязкостные свойства растворов сополимеров акриламида с акриловой кислотой при различных температурах, что позволяет определить оптимальные условия получения сополимеров с высокими структурными свойствами.

**Ключевые слова:** акриламид, акриловая кислота, сополимер, вязкость, синтез, молекулярная масса, время полимеризации.

**Abstract:** This article examines the effect of synthesis time on the viscosity properties of solutions of acrylamide's acrylic acid sopolimers at low temperatures of monomers, which makes it possible to determine the optimal conditions for obtaining sopolimers with high structure-forming properties.

**Keywords:** acrylamide, acrylic acid, sopolimer, viscosity, synthesis, molecular mass, polymerization time.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada monomerlarning tu’rli haroratlarda akrilamidning akril kislotasi bilan sopolimerlari eritmalarining qovushqoqlik xususiyatlariga sintez vaqtining ta’siri ko‘rib chiqilgan, bu esa yuqori struktura hosil qiluvchi xususiyatlarga ega sopolimerlar olishning maqbul sharoitlarini aniqlash imkonini beradi.

**Kalit so‘zlar:** akrilamid, akril kislota, sopolimer, qovushqoqlik, sintez**,** molekulyar massa, polimerlanish vaqti.

**Введение.**

Продолжительность процесса синтеза оказывает значительное влияние на молекулярную массу, полидисперсность и структурные свойства образующихся сополимеров, что, в свою очередь, определяет их реологические свойства в водных растворах[1]. С увеличением времени полимеризации увеличивается вероятность образования более длинных макромолекул и образования разветвленной цепной структуры, что способствует увеличению вязкости растворов [2,3]. Но дополнительные процессы, вызванные чрезмерным удлинением времени реакции, то есть


ISSN 3030-3907

разрывом цепей или их связыванием, отрицательно сказываются на реологических свойствах [4].

**Раздел опыта.** Мономеры АА: Ак получали в соотношении (10: 1) и проводили реакцию сополимеризации. Процесс синтеза проводился при четырех разных температурах (45, 50, 55, 60oC). Полученные сополимеры гидролизовали при температуре 50oC в течение 2 часов. Вязкость образующихся растворов полиэлектролитов различной концентрации измеряли в лабораторных условиях при температуре 25oC с помощью вискозиметра Ubbelode. Эксперименты показывают, что сополимеры АА-АК образуют статистические обертки, в которых частичная ионизация карбоксильных групп приводит к расширению цепей (полиэлектролитный эффект). Чем выше молекулярная масса и заряд цепей, тем больше их гидродинамический объем и вклад в вязкость.

**Результаты и обсуждение.** Вязкость водного раствора полимера резко увеличивается с увеличением молекулярной массы (молекулярной массы цепей) [5]. Действительно, полимер с более высокой молекулярной массой при тех же условиях демонстрирует гораздо более высокую вязкость раствора, чем полимер с меньшей молекулярной массой.

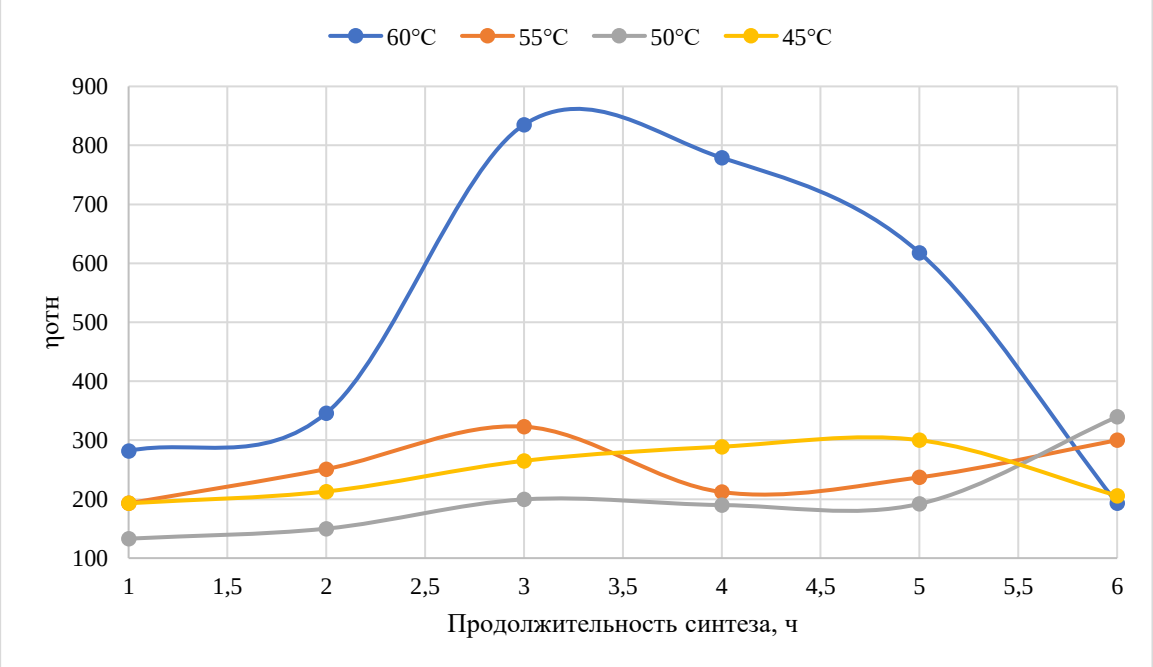



**Рис. 1.Зависимость вязкости 0,5% растворов сополимеров АА:АК (10:1) в зависимости от продолжительности синтеза.**


ISSN 3030-3907

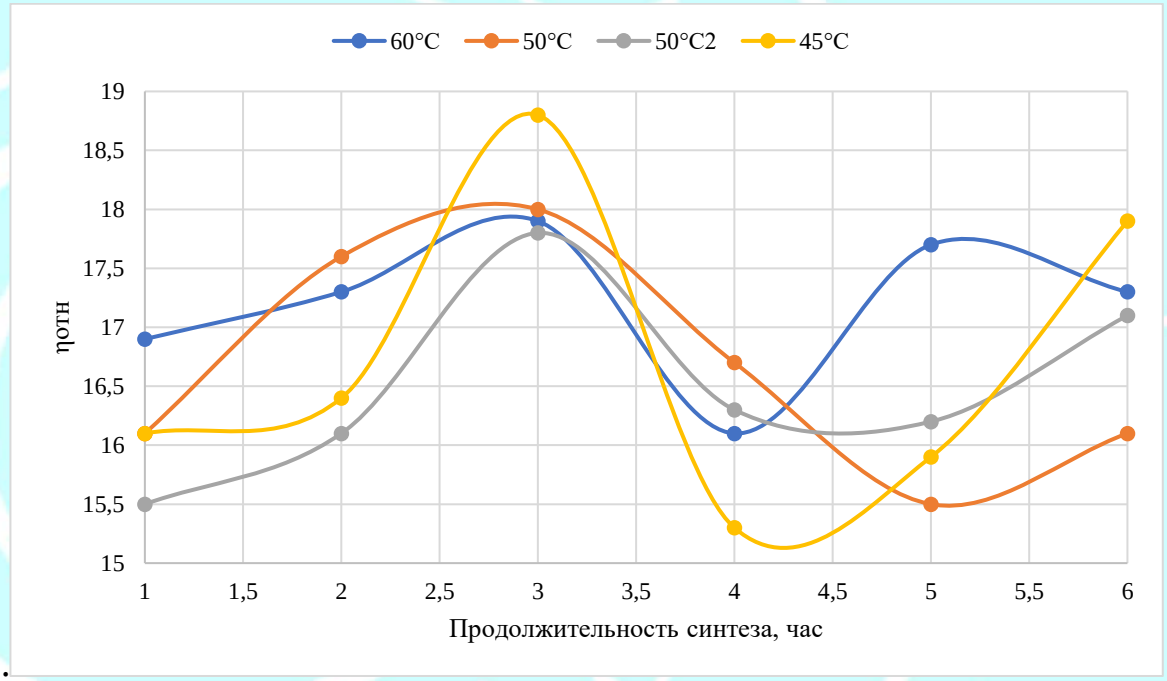



**Рис. 2. Зависимость вязкости 0,0125% растворов сополимеров АА:АК (10:1) в зависимости от продолжительности синтеза.**

При синтезе сополимера АА и АК с мольным соотношением мономеров 10:1 (АА:АК) длительность реакции и температура полимеризации оказывают существенное влияние на молекулярные свойства полимера и, следовательно, вязкость его растворов. Общая тенденция заключается в том, что с увеличением времени полимеризации (от 1 до 6 часов) вязкость получаемого полимера увеличивается, особенно при достаточно низких или умеренных температурах синтеза. Эта реакция все больше связана с увеличением средней молекулярной массы и степени полимеризации - цепи успевают становиться длиннее, а превращение мономера в полимер увеличивается. Как видно из рисунков 1 и 2, температура синтеза имеет двойной эффект. С одной стороны, повышение температуры увеличивает скорость инициации и полимеризации, позволяя мономерам достигать более высоких уровней превращений за меньшее время. Следовательно, при более высоких температурах (например, 60 °C) за 1 час может образоваться больше полимера, чем при 45 °C (большее преобразование). Однако, с другой стороны, высокие температуры усиливают процессы разрыва цепей (радикальная терминация и возможная деградация), что приводит к образованию полимеров с небольшой средней длиной цепи. При других равных условиях более высокая скорость образования радикалов при 60 °C означает большее количество одновременно растущих цепей, конкурирующих за мономер, и более частые акты терминации-в результате средняя молекулярная масса может быть ниже, чем при синтезе при 45-50 °C. Например, при 45 °C образец,


ISSN 3030-3907

синтезированный в течение 6 часов, может образовывать сверхвысокомолекулярные цепи, тогда как при 60 ° С короткие цепи могут образовываться в течение 6 часов (несмотря на высокое преобразование). Кроме того, экстремальные условия синтеза (длительное время и высокие температуры) могут привести к дополнительным процессам, таким как частичная деградация или разветвление полимерных цепей. Когда реакционная смесь нагревается в течение длительного времени после завершения мономера, оставшиеся активные радикалы могут рекомбинировать или атаковать образовавшиеся цепи. Кроме того, высокие температуры в присутствии следов кислорода могут вызвать окислительное удлинение макромолекул и их деградацию. В литературе отмечается, что стабильность паа при высоких температурах снижается за счет гидролиза амидных групп и, что наиболее важно, разрыва основных цепей, что приводит к уменьшению молекулярной массы. Разрыв цепей (деградация полимера) приводит к уменьшению молекулярной массы и, как следствие, к снижению вязкости раствора. Так, например, для образцов, синтезированных в течение 6 часов при 60 ° С, может наблюдаться снижение вязкости из-за начала деструкции или образования укороченных/разветвленных цепей по сравнению с образцом, синтезированным в течение 4-5 часов.

Разветвление цепей-еще один фактор, влияющий на вязкость. При радикальной полимеризации АА и Ак разветвление может происходить посредством аддитивных реакций перехода цепи в полимер. При высоких температурах вероятность таких реакций возрастает. Разветвленные макромолекулы будут иметь другую (более компактную) конформацию по сравнению с линейными цепями с аналогичной молекулярной массой. Для той же молекулярной массы разветвленный полимер имеет значительно меньшую внутреннюю вязкость и гидродинамический объем, чем линейный аналог. Другими словами, наличие разветвлений снижает эффективный размер обертки макромолекулы в растворе, что снижает вклад каждой цепи в вязкость. Следовательно, если разветвление происходит в жестких условиях синтеза (например, при высоком Т и длительном τ), вязкость полученного полимерного раствора может быть ниже, чем можно было бы ожидать, исходя только из концентрации или конверсии.

Экспериментальные данные показывают, что различия в вязкости между образцами сополимеров наиболее заметны при концентрации 0,5% раствора и значительно сглаживаются при концентрации 0,0125%. Потому что, когда 0,5% раствор наполовину разбавлен (семь разбавленных) или даже близок к концентрированным растворам, полимерные цепи начинают взаимодействовать.Напротив, 0,0125%-это чрезвычайно разбавленный


ISSN 3030-3907

раствор, в котором каждая макромолекула будет почти изолирована друг от друга в среде растворителя.

При концентрации около 0,5% растворы сополимеров АА-Ак находятся выше критической концентрации покрытия (с*), что приводит к образованию временной сетчатой структуры за счет перекрытия и запутывания макромолекул. Для полиакриламидов с молекулярной массой порядка 106-107 da значение с* составляет около 0,3-0,4%, поэтому даже небольшие различия в молекулярной массе полимера в этих условиях оказывают существенное влияние на вязкость раствора. Высокомолекулярные образцы образуют более темные и вязкие растворы за счет развитой сети межмолекулярных контактов, в то время как полимерные растворы с меньшей молекулярной массой остаются текучими.

При концентрации 0,0125% растворы находятся в области истинных разбавленных растворов, в которых макромолекулы не взаимодействуют друг с другом и имеют вид отдельных статистических ключей. Вязкость таких растворов немногим превышает вязкость чистого растворителя, а влияние молекулярной массы полимера на вязкость выражено слабо. При этой концентрации также не проявляются существенные различия в молекулярной массе и структуре полимера, поскольку вязкость прямо пропорциональна концентрации и характеристической вязкости ([N] S). Только при превышении концентрации покрытия начинают проявляться коллективные эффекты, приводящие к резкому увеличению адгезии. С точки зрения коллоидной химии вязкостные свойства растворов сополимеров АА-АК определяются молекулярной массой, конформацией макромолекул и их взаимодействием в растворе[6]. С увеличением времени синтеза DP и молекулярная масса увеличиваются, что оказывает значительное влияние на вязкость, особенно в области покрытия цепей (0,5% раствор). Здесь вязкость чрезвычайно линейно увеличивается с увеличением массы за счет увеличения скручивания цепей. В разбавленных растворах (0,0125%) влияние молекулярной массы минимально и выражается уравнением Марка-ховинка.

При концентрации 0,5% запутывание цепей приводит к образованию трехмерной сетки, которая резко увеличивает вязкость. Кроме того, могут проявляться водородные и ионные взаимодействия между амидной и карбоксильной группами. В сильно разбавленных растворах (0,0125%) такие взаимодействия отсутствуют, и макромолекулы ведут себя независимо. При концентрациях ниже критической (с*) вязкость линейна за счет образования сетки из макромолекул, а при концентрациях выше с * увеличивается в геометрической прогрессии. В нашем случае 0,5% растворов находятся в


ISSN 3030-3907

области уже развитых межмолекулярных взаимодействий, а 0,0125%-в области индивидуального поведения цепей.

**Вывод.** Таким образом, изменение условий синтеза с мягких (короткое время,низкий T) на более жесткие (долгое время, высокий T) может первоначально привести к увеличению молекулярной массы и вязкости (за счет удлинения цепей), но в очень жестких условиях приведет к небольшому снижению молекулярной массы или эффективности макромолекул (из-за деструкции или разветвления), это проявляется в небольшом снижении вязкости. Таким образом, экспериментально можно ожидать, что вязкость растворов (при неизменной концентрации) будет максимальной в образцах, синтезированных в течение достаточно длительного периода времени, но не при экстремально высоких температурах, в то время как образцы, полученные при самой высокой температуре или в течение самого короткого периода времени, будут наименее вязкими (низкомолекулярный полимер).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Muratov M.M., Tanatarov O.R., Abdikamalova A.B., Dauletbayeva R.K., Dauletova J.K., Eshmetov I.D., Begjanova G.B. Development of compositions of mineral and polymer structureforming agents to protect soils from wind and water erosion. PPOR, Vol. 26, No. 3, 2025, pp. 899-916

2. Sh.A.Kuldasheva, A.B.Abdikamalova, D.X.Abduraximov, R.K.Dauletbayeva, G.M.Karimova /Mahalliy PAA va uning asosidagi polielektrolitlarning husisuyatlarini o‘rganishning ahamiyati / Namangan Muhandislik-texnologiya instituti “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalxaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami.Namangan – 2024.

3. Dauletova J.K., Dauletbayeva R.K., Abdikamalova A.B./Gidrolizlangan poliakrilamidlarning strukturaviy xususiyatlari./Международная научно-техническаяконференци 7-8 февраля 2025 года город Термез

4. Dauletbayeva R.K., Abdikamalova A.B./Akrilamidning akril kislotasi bilan sopolimerlari eritmalarining qovushqoqlik xususiyatlariga monomerlar nisbati va sintez haroratining ta’sirini o‘rganish **Development Of Science 2025 / 10 Issue 10. Volume 3.**

5. Shakhnoza Kuldasheva., Aziza Abdikamalova., Izzat Eshmetov., DilmurodAbdurahimov., Aysha Sharipova., Gulbahor Nortojiyeva. Investigation of changes in the viscosity properties of acrylamide (co)polymer and their hydrolyzed forms depending on the conditions oftheir preparation // Polymer Bulletin https://doi.org/10.1007/s00289-023-04875-6, Accepted: 28 May 2023 © The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2023 (Scopus, IF 3.2)



ISSN 3030-3907

6. Aziza Abdikamalova, Shakhnoza Kuldasheva, Izzat Eshmetov, Dilmurad
7. Abdurakhimov, Ilxomjon Akhmadjanov, Sanjarbek Mamayusupov. Polymers as soil structure–forming agents (overview). annals of forest research // Jornal of Forestry and Environmental Sciences Ann. For. Res. 65(1): 2797-2810 p, 2022 y. https://www.e-afr.org. (Scopus, IF).



ISSN 3030-3907

# PAYVAD CHOKLARI VA CHOK ATROFI HUDUDLARINI MEXANIK XOSSALARINI ILMIY VA AMALIY TAHLILLAR ASOSIDA TATBIQ ETISH

**Rustamova Mashhura Umarovna**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi*
**Rustamov Farrux Umarovich**
*Navoiy mashinasozlik zavodi muxandisi*

**Annotatsiya.** Mazkur ilmiy ishda payvand choklari va ularning atrofidagi hududlarning mexanik xossalari ilmiy hamda amaliy tahlillar asosida o‘rganilgan. Tadqiqotda payvand birikmalarining mikrostruktura o‘zgarishlari, ichki kuchlanishlarning taqsimlanishi, hamda issiqlik ta’sir zonasidagi metallning mexanik mustahkamlik ko‘rsatkichlari tahlil qilingan. Eksperimental tadqiqotlar natijasida payvand choklarining qattiqlik, cho‘zilish mustahkamligi va plastiklik darajalari o‘lchab chiqilgan, shuningdek, ularning metall tarkibi va payvandlash rejimlariga bog‘liqligi aniqlangan.

**Kalit so‘zlar:** payvand choklari, issiqlik ta’sir zonasi, mexanik xossalar, qattiqlik, ichki kuchlanish, mikrostruktura, cho‘zilish mustahkamligi.

**Аннотация.** В данной научной работе на основе научно-практического анализа изучены механические свойства сварных швов и прилегающих к ним зон. Проведен анализ микроструктурных изменений сварных соединений, распределения внутренних напряжений и показателей механической прочности металла в зоне термического влияния. В результате экспериментальных исследований измерены твердость, предел прочности и пластичность сварных швов, а также установлена их зависимость от химического состава металла и режимов сварки.

**Ключевые слова:** сварные швы, зона термического влияния, механические свойства, твердость, внутренние напряжения, микроструктура, предел прочности.

**Abstract.** In this scientific work, the mechanical properties of welds and their surrounding areas were studied based on scientific and practical analyses. The study analyzed the microstructural changes of weld joints, the distribution of internal stresses, and the mechanical strength indicators of the metal in the heat-affected zone. As a result of experimental studies, the hardness, tensile strength, and plasticity levels of welds were measured, and their dependence on metal composition and welding modes was determined.

**Keywords:** welds, heat-affected zone, mechanical properties, hardness, internal stresses, microstructure, tensile strength.

## Kirish



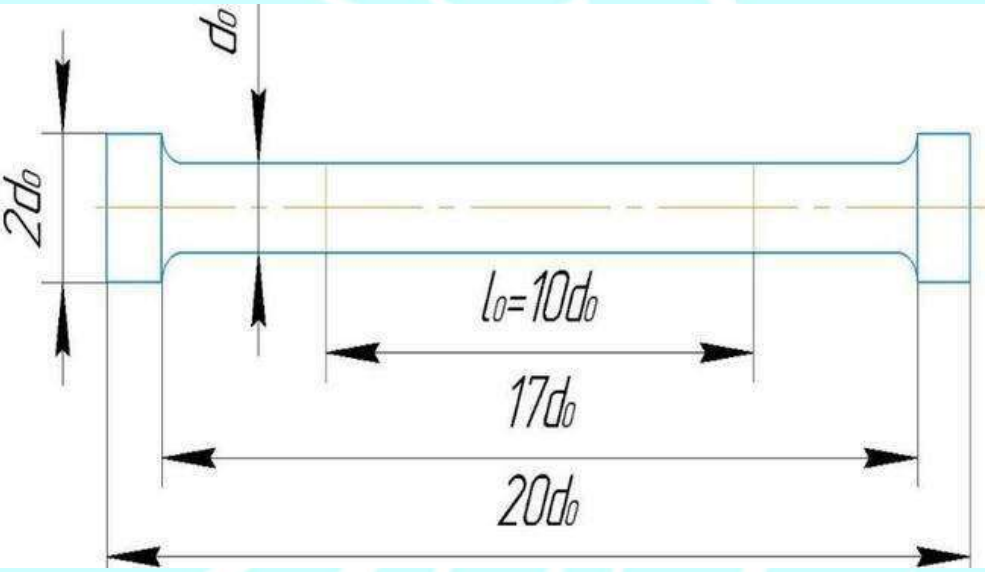
ISSN 3030-3907

Sanoat jihozlari texnologik jarayonlar borishi natijasida turli tebranishlar va tashqi kuchlar ta’sirida tebranishga uchraydi yoki deformatsiyalanadi ya’ni payvand choki yoki uning qismlariga texnologik jarayon borishi davrida ruxsat etilgan yuklamaga nisbataan ortiqcha kuch bilan ta’sir etganda, chok va chok atrofi hududlari cho‘zilishga uchraydi. Ayrim sanoat jihozlarining payvand choki va chok atrofi hududlari buralishga uchraydi, deformatsiyalanish natijasida cho‘zilin, egilish va buralish hodisalari yuz beradi. Shuning uchun ham payvand choki va chok atrofi hududlarining yuklama bardoshlilik chegarasi, sinov laboratoriyalarda na’munalarga mexanik sinov ishlarini olib borganda aniq nazariy hisoblashlar asosida nisbiy cho‘zilish chegarasining maksimal darajalari aniqlanishi shart.

Shuning uchun ham payvand choki va chok atrofi hududlari ya’ni issiqlik tasir etgan hududlarga nisbatan odatda kuchlarning ta’siri quvurlar, katta hajmdagi hajmbardosh idishlarni payvandlab tayyorlash davrida e’tiborga olinishi tavsiya etiladi. Aks holda texnologik jarayolarning borishi vaqtida payvand choki va chok atrofi hududlarining issiqlik ta’sir etgan hududlarida, jihozlar devoriga bosim yoki ta’sir etuvchi kuchning texnologik reglament miyoridan oshib ketishi kuzatilganda, payvan choki quymasida yoki chokning asosiy metall bilan bog‘langan hududlari atrofida turli shakldagi yoriqlar paydo bo‘lishiga olib keladi. Ayniqsa kimyo sanoati, nefte-gaz sanoatining turli yo‘nalishlarida ishlovchi korxonalarida endotermik yoki ekzotermik reaksiyalarni borishi natijasida sanoat jihozlari(magistral quvurlar, sisternyalar, katta hajmdagi hajmbardosh idishlar)ning payvand choklaridagi ichki zo‘riqishlar kuchlari vujudga kelishi natijasida chok qovushqoqligini pasayishi, payvand chokining aynan chok atrofi bo‘ylab butunlay yorilib ketishiga olib keladi.

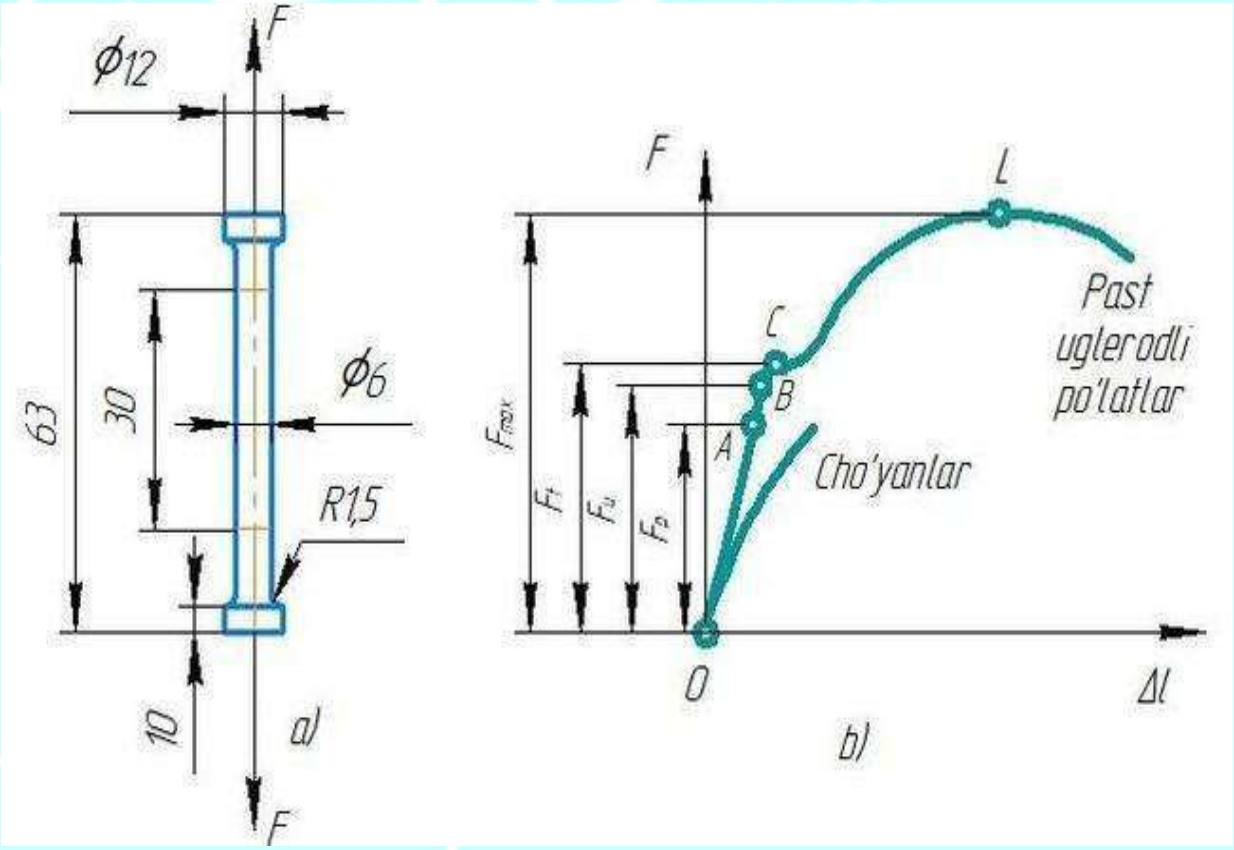
Sanoat jihozlari metallaridan, Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy laboratoriyasida mexanik xossalarini aniqlash uchun namunalar tayyorlanib, parametrlari GOST 1497-84 asosida tayyorlandi. Mashina mexanizmlarning ishlash muhitiga qarab metallar loyihalovchilar tomonidan tanlab olinadi va mexanik xossalari nazariy va amaliy tajribalar asosida tahlil qilinadi. Tanlab olingan materiallar nazariy tahlillar asosida laboratoriyada sinab ko‘rish orqali mexanik xossalari aniqlanadi, bu jarayon bir necha bosqichdan iborat bo‘lib, ushbu bosqichlar nimalarni o‘z ichiga olishini quyida ko‘rsatib o‘tamiz: 1) zarbiy qovushqoqlikni aniqlash, 2) nisbiy cho‘zilishni aniqlash, 3) nisbiy egilishni aniqlash bo‘lib, biz ham ushbu sinovlar asosida teshik ochish qurilmasi detallarining materiallarini o‘rganilgan tahlillar asosida sinovdan o‘tkazib mexanik xossalarini aniqladik. Nisbiy cho‘zilishning tajriba natijalari, boshqa o‘tkazilishi kerak bo‘lgan tajribalar uchun asosiy manba hisoblanadi va shu asosda o‘rganilib xulosalar olib boriladi.


ISSN 3030-3907




**1-rasm. Nisbiy cho‘zilishga mustahkamlikni aniqlash uchun namuna etaloni**

Sinov na’munalari Respublikamizning barcha mexanik laboratoriyalari mavjud korxonalarda GOST1497-84ning normativ hujjatlarida keltirilgan parametrlarning №3 – tipi bo‘yicha tayyorlanadi. GOST1497-84ning normativ hujjatlarida keltirilgan parametrlarning №3 – tipi bo‘yicha tayyorlangan na’munalarda asosiy e’tibor $d_0$ ga qaratiladi. Na’munaning $d_0$ o‘lchami (2-rasm)da ko‘rsatilgan ruxsat etilgan o‘lcham bo‘yicha $\emptyset 6\ h7^{-(0,02)}$ aniqlikda tayyorlanadi.




**2-rasm. Past uglerodli po‘latlar va cho‘yanlarni cho‘zilishga sinash diagrammasi**



ISSN 3030-3907

**1-jadval**

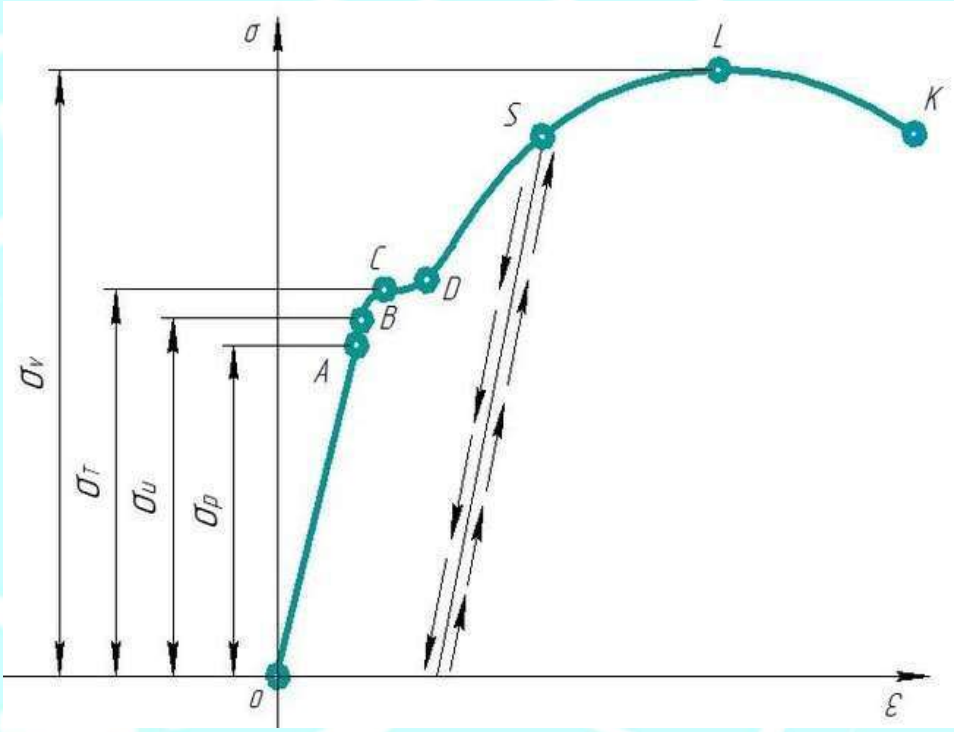
**GOST 1497-84. Tip №3. Proportsional slindrsimon namunalar o‘lchamlari**

| Na’muna raqami № | $d_0$ | $l_0 = 5d_0$ | $l_0 = 10d_0$ | $l$ | $D$ | $h_1$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25 | 125 | 250 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 4 | 30 | 5 |
| 2 | 20 | 100 | 200 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 3 | 25 | 5 |
| 3 | 15 | 75 | 150 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 2 | 20 | 3 |
| 4 | 10 | 50 | 100 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 1 | 10 | 3 |
| 5 | 8 | 40 | 80 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 1 | 10 | 2 |
| 6 | 6 | 30 | 60 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 1 | 10 | 1,5 |
| 7 | 5 | 25 | 50 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 1 | 10 | 1,5 |
| 8 | 4 | 20 | 40 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 9 | 8 | 1,5 |
| 9 | 3 | 10 | 30 | $l_0$+(0,5-2)$d_0$ | 7 | 7 | 1,5 |

Nisbiy cho‘zilishga mexanik sinovlarni o‘tkazish uchun (2-rasm)da keltirilgan cho‘zilish diagrammasi asosida, past uglerodli va cho‘yanlarni (plastiklik va mo‘rtlik) mexanik xossalarini ko‘rsatuvchi diagramma diagramma orqali ko‘rib o‘tamiz. Nisbiy cho‘zilish va nisbiy oquvchanlik chegarasini aniqlash uchun tajriba sinovlarini (3.2.1- jadval)da keltirilgan qiymatlardan foydalanib namuna tayyorladik va shu asosda mexanik sinov ishlarini olib bordik. Diagrammaning (3-rasm)da keltirilgan ko‘rsatkichlar, sinov olib borish uchun tayyorlangan namunaning $d_0$ o‘lchami va tanlab olingan matallning mexanik xossalariga uzviy bog‘liq.



ISSN 3030-3907




**3-rasm. Materiallarning mexanik xossalarini aniqlashda materialning xarakterli nuqtalari ko‘rsatilgan**

Na’munalarning natijalarini o‘lchamlarga bog‘liqligini bartaraf etish uchun cho‘zilish diagrammasi koordinata o‘qlariga quriladi va ichki kuchlanishni ($\sigma$) harfi bilan belgilaymiz, deformatsiyalanish (cho‘zilish) holatini ($\varepsilon$) harfi bilan belgilaymiz. Ichki kuchlanish (ichki zo‘riqishkuchi) va deformatsiyalanish darajasini quyidagi (1) va (2) formulalar orqali tahlil qilib chiqamiz. Biz tavsiya etayotgan ultra to‘lqinli tebranishning zarblari orqali ishlov beriladigan payvand choklari GOST380-2015, GOST1050-2013 va GOST 5520-79 ning normativ talablari bo‘yicha oddiy sifatli (St3, St10, St15, St20 va St25) po‘latlaridan tayyorlanganligi sababli ($\sigma_v$) nisbiy cho‘zilish va nisbiy uzayishning qiymatlari quyidagi formulalar orqali aniqlab o‘tamiz.

$$\sigma = \frac{P_N}{F_0} = \frac{12740}{30{,}19} = 421{,}99 \text{ MPa} \qquad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% = \frac{37{,}85 \cdot 30}{30} = 26{,}18\% \qquad (2)$$

$P_N$- na’munaga tushuvchi kuch *(N)*;
$F_0$- na’munaning ko‘ndalang kesim yuzasi;
$l_0$- sinovgacha bo‘lgan na’munaning uzunligi;
$l_k$- sinovdan so‘ngi na’munaning uzunligi

Nomlari yuqorida keltirilgan diagramma, barcha past uglerodli po‘latlarni mustahkamligini aniqlashda eng samarali diagramma hisoblaymiz, (3-rasm)da


ISSN 3030-3907

keltirilgan diagrammadagi matallarning nisbiy cho‘zilish (mustahkamlik) chegarasi asosan to‘rtda hududga bo‘lib o‘rganiladi.

*Birinchi hudud (OB)* - **e***lastik deformatsiyalanuvchi hudud*, tayyorlangan na’munadan yuk olinganda, ushbu hududda deformatsiya natijasida namuna boshlang‘ich holatiga qaytadi, *A* nuqta $\sigma$ o‘qiga nisbatan proporsionallik chegarasida yotadi va uni quyidagicha yozamiz:

$$\sigma_p \cdot \sigma_p = \frac{F_p}{A_m}; \qquad (3)$$

bu holatda namuna materialida ko‘proq ichki zo‘riqishlar vujudga kelib, Guk qonuniga asosan o‘rganiladi, bunda asosan materialda deformatsiyalanish holati kuzatiladi ($\sigma = E \cdot \varepsilon$).

Bunday holatda *B* nuqta nisbiy elastiklikning chegara maydonida yotadi.

$$\sigma_u \cdot \sigma_u = \frac{P_u}{A_0}; \qquad (4)$$

Bu holatda namuna materiali yuqori kuchlanish (zo‘riqish) holatida bo‘lib, materialda qoldiq deformatsiya shakillanmaydi.

*Ikkinchi hudud (BD)* – umumiy qovushqoq **(**plastik) hudud hisoblanadi, bu hududning xarakterli holati shundaki, sezilarsiz ichki kuchlanish (ichki zo‘riqish) oshadi ya’ni namuna materialining hajmi bo‘ylab metall kristal panjarasining siljishi kuzatiladi, diagrammadagi *S* nuqta oquvchanlik chegarasini bildiradi va quyidagicha yoziladi.

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0} = \frac{7940}{30{,}19} = 263 \text{ MPa}; \qquad (5)$$

Bunda, tajribada sinalayotgan namuna materialida sezilarsiz ichki zo‘riqish paydo bo‘ladi, ammo material sirtida sezilarli deformasiyani keltirib chiqaradi. Diagrammada ko‘rsatilgan *B, D* nuqtalar orasidagi hudud oquvchanlik chegarasi bo‘lib ichki kuchlanish (ichki zo‘riqish) deb aytiladi, standart talablardagi ko‘rsatkichni beradi $\varepsilon = 0{,}02 - 0{,}2\%$. Oquvchanlik chegarasi metallar uchun asosiy xarakterga ega bo‘lib, metallarni mustahkamligini xarakterlaydi ya’ni plastik materiallarning chegaraviy ichki zo‘riqishini bildiradi.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T}; \qquad (6)$$

$n_T$ – zahira koeffitsenti bo‘lib, bunda maksimal ruxsat etilgan kuchlanish konstruksiya uchun qanchalik yuqori bo‘lishidan qat’iy nazar, oquvchanlik chegarasining qiymatidan kichik bo‘lishi talab etiladi.

*Uchinchi hudud (DL)* – mustahkamlanish hududi bo‘lib, mustahkamlanish hududi deganda ichki kuchlanish miqdorining oshishi tushiniladi ya’ni material qayishqoq deformasyalangan holatda bo‘ladi. Agar namuna holatini o‘z holatidan *S* nuqtagacha tushirsak, kelasi yuklanishda qayishqoqlik nuqtasi (*S)* nuqtagacha deformatsiyalanadi, ichki kuchlanish qayishqoqlik chegarasidan yuqori bo‘ladi. Bunday holat material qayishqoqligining yuqori chegarasi bo‘lib, bunda plastik


ISSN 3030-3907

deformatsiya “Naklep” nomi bilan yuritiladi va mashinasozlik sohalarida detallar tayyorlashda keng miqiyosda qo‘llaniladi. Naklep materialga termik ishlov berishning “kuydirish” (otjig) texnologik jarayoni orqali bartaraf etiladi.

*To‘rtinchi hudud (LK)* – mahalliy oquvchanlik hududi deb ataladi, bu hududda barcha past kuchlanishlar namunaning keyingi deformasiyalanish jarayoni uchun talab etiladi. Bu holat shunday tushiniladiki, sinalayotgan namunaning eng kuchsiz kesimida (bo‘ynida) mahalliy qisqarish yuz beradi yani vujudga keladi va keyingi deformasiyalanish, shu hududdagi ko‘ndalang bo‘yin kesimining qisqarishi bilan izohlanadi. Ayrim hollarda shunday materiallar borki, kerakli materiallardan tayyorlangan namunalar, bo‘yin qismi (ko‘ndalang kesim yuzasi)ning tashqi ko‘rinishi o‘zgarmasdan turib uzilish holati yuz beradi.

Namuna belgilangan maksimal yuklanishga bardosh bersa (*L)* nuqtada (3-rasm) materialining mustahkamlik darajasi deb aytiladi va quyidagi formula orqali ifodalanadi.

$$[\sigma_v] = \frac{P_{max}}{F_0} = \frac{12740}{30{,}19} = 421{,}99\ MPa; \qquad (7)$$

Mo‘rt materiallar uchun ruxsat etiladigan mustahkamlik chegarasini quyidagi ko‘rinishda yozamiz.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_v}{n_v}; \qquad (8)$$

$n_v$ – zaxira koeffitsenti.

*Siljish* – buni shunday yuklama deb qaraymiz, bunda sterjenning ko‘ndalang kesimida kesuvchi kuch $(Q_y)$ va $(Q_z)$ oqi bo‘ylab tasir etadi, qolgan tasir etuvchi kuch faktorlarining qiymati esa nolga teng bo‘ladi.

Ichki kuchlarni aniqlash maqsadida *(x)* uzunlikdagi namunani fikran kesib, so‘ng hosil bo‘ladigan kesik sterjenning kesim yuzasida hosil bo‘ladigan kuchlar aniqlanadi, shuning uchun ichki kuch $(Q_y)$ teng *(F)* ga va kesim yuzasiga yotuvchi teng tasir etuvchi urinma kuchlanish $(\tau_y)$ parallel holda *(F)* ga yo‘naltirilgan.

Siljishda kuchlanish kesim yuzasi bo‘yicha teng taqsimlanishini quyidagi formula orqali hisoblaymiz.

$$\tau_y = \frac{Q_y}{A}; \qquad (9)$$

$A$ – sterjenning ko‘ndalang kesim yuzasi;

$Q_y$ – ichki kuch.

Mustahkamlik darajasini siljishi uchun quyidagi ko‘rinishdagi formula orqali hisoblab topamiz.

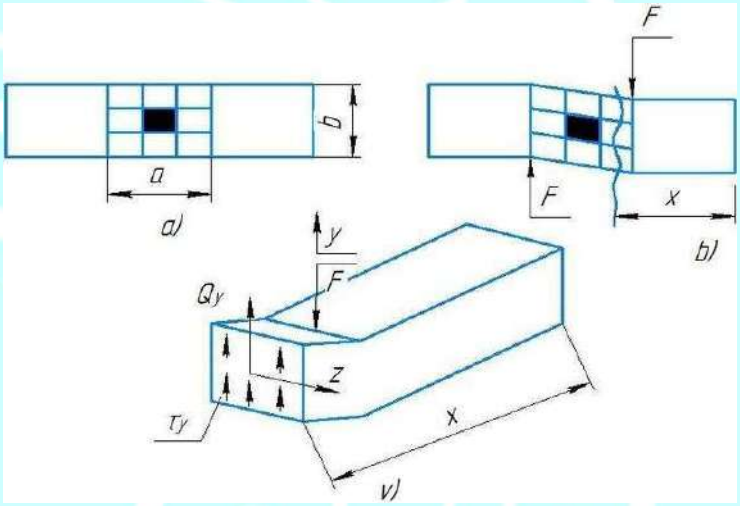
$$\tau_{max} = \frac{Q_{rast}}{A} \leq [\tau]; \qquad (10)$$

$Q_{rast}$ – sterjen qalinligiga tasir e’tuvchi ichki kesish kuchi;

$[\tau]$ – sterjenni kesish uchun ruxsat etiluvchi kuchlanish.



ISSN 3030-3907




**4-rasm. Namunani uzilishga sinash sxemasi**

*Mustahkamlik sharti* – Aniq berilgan materiallarga yuklama tasir etganda valning $\tau_{max}$ ko‘ndalang kesimi yuzasiga tushuvchi maksimal kuchlanishni $[\tau]$ quyidagi formula bilan ifodalaymiz.

$$\tau_{max} = \frac{M_{rast}}{W_p} \leq [\tau]; \qquad (11)$$

$M_{rast}$ – hisoblangan ichki moment;

$W_p$ – qarshilikning qutub momenti.

$$[\sigma] = \frac{\tau_{pridel}}{n}; \qquad (12)$$

$\tau_{pridel}$ – aniq berilgan material uchun chegaraviy kuchlanish bo‘lib, plastik materiallar uchun oquvchanlik chegarasi, mo‘rt materiallar uchun mustahkamlik chegarasi hisoblanadi. Bu natijalar o‘tkazilgan eksprimental tajribalar natijasida o‘z tasdig‘ini topdi.

$n$ – mustahkamlikning zahira koeffitsenti.

*Zarbiy qovushqoqlik* - zarbiy qovushqoqlik GOST 9454-78 davlat standarti asosida korxonalarda sinov ishlari olib boriladi. Zarbiy qovushqoqlikka namunani sinash uchun, namuna uchun ajratilgan zagatovkadan termik ishlov berilgandan so‘ng namuna tayyorlanib zarbiy qovushqoqlikka sinash jarayonlari olib boriladi. GOST9454-78 qora va rangli metallar qotishmalarini zarbiy qovushqoqlikka sinash uchun qo‘llaniladi, tajribalar qo‘yilgan talabga asosan -100 $^0$C sovuqlikdan +1200 $^0$C issiqlikkacha bo‘lgan intervalda olib boriladi. Tajribani o‘tkazish uchun GOST 9454-78 bo‘yicha loyihada ko‘rsatilgan materiallardan “V” ko‘rinishdagi namunalarni tayyorlab sinov jarayonlari olib borildi.


ISSN 3030-3907

**2-jadval**

**GOST 9454-78. Zarbiy qovushqoqlik uchun namuna tayorlash jadvali**

| Konsentrator shakli | Konsentrator radiusi R | Tip | Namuna uzunligi L (±0,6) | Namuna kengligi B | Namuna balandligi H (±0,1) | Namunadagi kesim chuqurligi $h_1$ (±0,1) | Konsentrator chuqurligi h (±0,6) | Kesimdan so‘ngi balandlik $H_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 0,25±0,025 | 11 | 55 | 10±0,1 | 10 | - | - | 8±0,1 |
| | | 12 | | 7,5±0,1 | | | | |
| | | 13 | | 5±0,05 | 8 | | | |
| | | 14 | | 2±0,05 | | | | 6±0,1 |

Zarbiy qovushqoqlikni hisoblab topish uchun namunalarda o‘tkaziluvchi quyidagi hisoblash ishlarini olib boramiz, dastgohda o‘rnatilgan koperning massasini aniqlab olamiz. Tajriba amaliyoti Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy labaratoriyasida olib borildi. Labaratoriyada o‘rnatilgan koper mayatnik dastgohining koper massasi $Q_{massa} = 30kg$. Tajribani o‘tkazish uchun oldindan tayyorlangan namunaning ko‘ndalang kesim yuzasini *S* ni topamiz, buning uchun konsentrator chuqurligi $H_1$ ni namunaning umumiy balandligi *H* dan ayirish orqali (12) formuladagi qiymatni keltirib chiqaramiz va undan foydalangan holda *B=0,97*, *H=0,74* deb qabul qildik (o‘lchamlar, namunani o‘lchash orqali aniqlandi) va namunaning ko‘ndalang kesim yuzasini topdik.

$$S_0 = H - H_1 \cdot B = 10 - 2{,}6 \cdot B = 0{,}72\ mm^2 \qquad (13)$$

*H*- namunaning umumiy balandligi, mm;

$H_1$-konsentrator chuqurligi, mm;

*B* – berilgan namunaning eni, mm.

$$KC = \frac{K}{S_0} = \frac{12{,}80}{0{,}7178} = 17{,}83\,\frac{kgf}{mm^2}; \qquad (14)$$

*K*-koper massasi, (kgf).

$S_0$-namuna ko‘ndalang kesimining boshlang‘ich yuzasi.

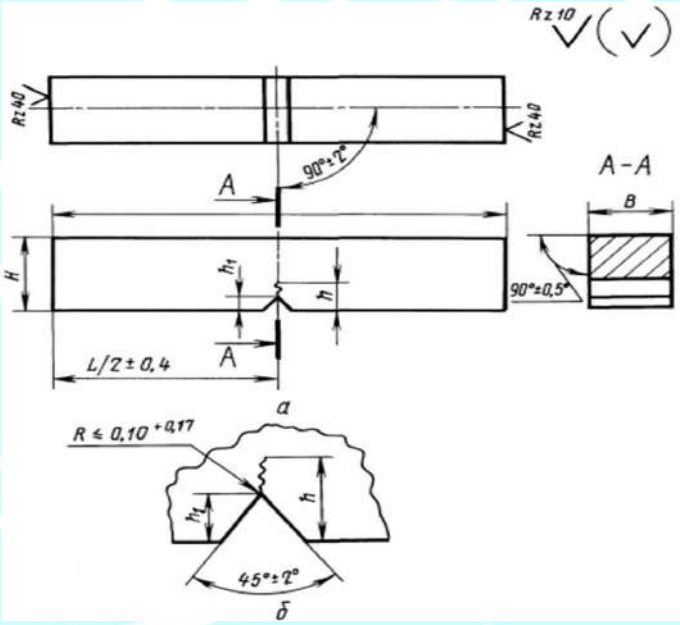
Namunani zarb bilan uriluvchi koperning massasi 30kg, sinalayotgan namunaga koper bilan zarb berilgandan so‘ng, koper mayatnik dastgohining ko‘rsatgichi Ct3 materiali uchun 17,20 kgf qiymatni ko‘rsatdi, demak bundan xulosamiz shuki, 17,20 kgf. ko‘rsatgich qiymatni koper massasi 30 kilogramdan



ISSN 3030-3907

ayirganimizda 12,80 kg qiymat qoldiq son qoldi. Demak, (13) formula bo‘yicha olingan natija oddiy sifatli po‘lat St3 ning zarbiy qovushqoqlik qiymati deb xulosa chiqaramiz. St3 po‘lat oddiy sifatli po‘latlar turkumiga kiradi va sanoatda keng qo‘llaniladi, ushbu po‘latlar fosforning miqdori 0,040%, oltingugurtning miqdori 0,050% bo‘lishi bilan, GOST 1050-88ga kiruvchi po‘latlardan ajralib turadi.

Sifatli po‘latlarni nazorat qilishni GOST 1050-88 o‘z ichiga oladi, metall tarkibiga nometall brikmalar sifatida kiruvchi fosfor 0,030% va oltingugurtning 0,035% bo‘lishi, yuqori bosim va yuqori haroratlarda ishlovchi quvurlar va boshqa metalokonstruksiya mahsulotlarini ishlab chiqarishda foydalanilmaydi.




**5-rasm. Zarbiy qovushqoqlikni aniqlan uchun na’munaning umumiy ko‘rinishi**

**Xulosa.** Tadqiqotda payvand birikmalarining mikrostruktura o‘zgarishlari, ichki kuchlanishlarning taqsimlanishi, hamda issiqlik ta’sir zonasidagi metallning mexanik mustahkamlik ko‘rsatkichlari ko‘rsatildi. Metallarning elastiklik xossalari asosida deformatsiyalanish xususiyayatlari tebranishlar chastotasini keltirib chiqaradi, ushbu holatlarni nazariy va ilmiy tahlil qilish asosida, maxsus laboratoriyalarda past legirlangan metallarning nisbiy cho‘zilish chegarasi va nisbiy egilish darajasi tahlil qulindi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:**

1. Трушников Д.Н. Модель формирования вторично-эмиссионного сигнала при электронно-лучевой сварке с осцилляцией электронного пучка / Д.Н. Трушников, В.Я. Беленький, В.Е. Щавлев, А.Л. Пискунов, А.Н. Лялин // Сварка и диагностика. – 2013. – № 1. – С. 39-42.

2. Глазов, С.И. Основы технологии электронно-лучевой и диффузионной сварки / С.И. Глазов, А.В. Люшинский. – ОАО«Рыбинский дом печати», 2001. - 123-233 с.



ISSN 3030-3907

3. Литвинов, В.В. Многопараметрическое адаптивное управление технологическим процессом электронно-лучевой сварки / В.В. Литвинов, А.В. Ярмилко. – Киев, Математичні машини і системи. – 2013. – № 2 – С. 130-138.
4. Masny H. Multi-Beam Technology in Electron Beam Welding / H. Masny // ISFF—Welding and Joining Institute. – 2006. – Vol. 34. – pp. 1-4.
5. Peng-Fei Fua Temperature field modeling and microstructure analysis of EBW with multi-beam for near a titanium alloy/ Peng-Fei Fua, Zhi-Yong Mao//Huazhong University of Science and Technology. – 2013. – Vol.102. – pp.54-62.
6. Zenker R. Characteristics and Prospects of Process Integrated Thermal Field Heat Treatment for Electron Beam Welding of Cast Iron/ R. Zenker// La metallurgia italiana


ISSN 3030-3907

# PARABOLOCYLINDRICAL SOLAR DEVICE FOR THERMAL ENERGY PRODUCTION

**A.A.Kuchkarov**
*Fergana State Technical University, 150107, Fergana street, 86*
**Kh.Mirzabaeva**
*Fergana State Technical University, 150107, Fergana street, 86*
**S.Kamolboev.**
*Fergana State Technical University, 150107, Fergana street, 86*
*E-mail: ims-79@mail.ru*

**Annotatsiya:** Mazkur tadqiqotda parabolosilindrik quyosh kollektorlarining geometrik parametrlarini hisoblash, ishlash samaradorligini baholash va ularning sanoat hamda xususiy sektorda qo‘llanish imkoniyatlari o‘rganilgan. Farg‘ona viloyati sharoitida o‘tkazilgan tajribaviy sinovlar asosida suv oqimi tezli gi va harorat o‘zgarishlarining ta’siri tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, bunday quyosh kollektorlari suvni yuqori haroratgacha isitish va uni samarali saqlash imkoniyatiga ega bo‘lib, sanoatda texnologik jarayonlar uchun samarali issiqlik manbai vazifasini o‘taydi. Tadqiqot natijalari quyosh issiqlik tizimlarini rivojlantirish va ularni keng qo‘llash istiqbollariga hissa qo‘shadi.

**Kalit so‘zlar**: quyosh energiyasi, parabolosilindrik kollektor, issiqlik samaradorligi, optik parametrlar, suv oqimi tezligi, harorat tahlili, sanoat qo‘llanishi, qayta tiklanadigan energiya, termal energiya saqlash.

**Аннотация:** В данной работе исследованы расчет геометрических параметров параболоцилиндрических солнечных коллекторов, оценка их эффективности и возможности их применения в промышленности и частном секторе. На основе экспериментальных испытаний, проведенных в Ферганской области, проанализировано влияние быстрых перепадов расхода и температуры воды. Результаты показали, что такие солнечные коллекторы способны нагревать воду до высоких температур и эффективно ее аккумулировать, служа эффективным источником тепла для технологических процессов в промышленности. Результаты исследования способствуют перспективам развития солнечных тепловых систем и их широкому применению.

**Ключевые слова**: солнечная энергия, параболоцилиндрический коллектор, тепловая эффективность, оптические параметры, расход воды, анализ температуры, промышленное применение, возобновляемая энергия, хранение тепловой энергии.

**Annotation:** This paper examines the calculation of the geometric parameters of parabolic trough solar collectors, assessing their efficiency and potential for use in both industry and the private sector. Based on experimental tests conducted in the



ISSN 3030-3907

Fergana region, the impact of rapid fluctuations in water flow and temperature was analyzed. The results demonstrated that these solar collectors are capable of heating water to high temperatures and efficiently accumulating heat, as well as serving as effective heaters for industrial and process applications. The results of the study contribute to the development of solar thermal systems and their widespread use.

**Keywords**: Solar energy, parabolic trough collector, thermal efficiency, optical parameters, water flow, temperature analysis, industrial application, renewable energy, thermal energy storage.

## Introduction

Energy is one of the most important means of human life and economic development. Energy can be obtained from both fossil and renewable sources. Today, the world's need for energy is growing rapidly. At the same time, oil has gained political and strategic importance and has taken its place in social life. In recent years, natural gas has become one of the most important factors determining the economy, politics and development of a country [1].

The world's energy consumption is mainly derived from oil (39%), coal (27%), natural gas (21%), and hydroelectricity and other renewable energy sources (13%) [2]. It is also expected that 87% of the world's energy consumption will come from fossil fuels. According to energy experts, fossil fuels are expected to last for 40 years, while natural gas is expected to last for 62 years [3].

The use of fossil fuels has a negative impact on global warming, environmental pollution and human health. The reasons for this are carbon, hydrogen, sulfur and other elements contained in fossil fuels. An analysis of the current political and economic map of the world shows that energy, resource and environmental problems are going beyond the boundaries of local character and are becoming global in nature. Maintaining the current level of development of human society and its further development requires the intellectual consciousness of the advanced masses of society to develop new approaches to solving this problem [4]. Therefore, it is necessary to create modern technologies that are so integrated that, through their implementation, the above-mentioned problems will find their solutions to some extent.

In recent years, a number of works have been carried out in our Republic to improve the energy sector, including increasing production based on renewable energy sources (which can reduce dependence on fossil fuels and improve the environmental situation), increasing the efficiency of energy systems, reducing energy consumption, and forming a culture of energy saving among the population [5-6].



ISSN 3030-3907

Currently, solar energy is one of the most promising renewable energy sources. Flat-plate and focusing solar collectors are used to convert solar energy into other types of energy [7-8].

Today, parabolic trough solar collectors are widely used to obtain thermal energy. This is a type of solar heat collector, which heats the heat carrier to a high temperature by concentrated solar radiation passing through focused light-receiving tubes. In addition, thermal energy can be used to obtain process water in industrial enterprises and private sectors. Also, this type of device can be described by the classifier in Figure 1 according to its application areas [9-10].

**Materials and methods**.

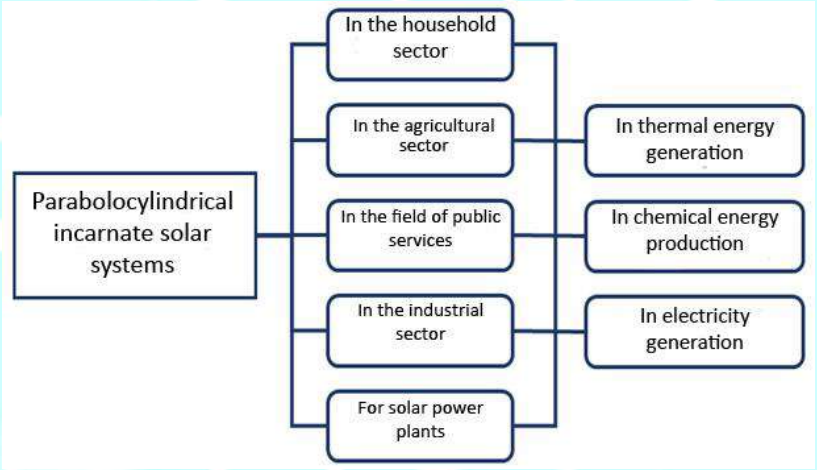



**Figure-1. Description of parabolic trough solar systems by application.**

Parabolic trough systems for solar radiation are equipped with a single light-collecting optical surface and separate flat collector elements, as well as a tubular heat sink arranged and installed in the focal zone. Such a module can be used to obtain thermal, mechanical or electrical energy from autonomous solar installations of a specific purpose. On the basis of such modules, it is possible to create energy systems with a capacity of hundreds of MW. The module under consideration is a modification of previously developed experimental solar parabolic trough installations [11]. A general view of the developed parabolic trough module is shown in Figure 2.1.

The calculation of the geometric parameters of a parabolic cylindrical solar collector is carried out as follows. The main working surface of the collector is calculated as follows:

$$S_{mid}=B\times L=1{,}4m\times 3{,}0m = 4{,}2m^2$$

A typical parabolic trough solar collector has a focal-line receiver (a tubular receiver). If its effective diameter is d, then its effective area $A_{receiv}$ is given by the length L:

$$A_{receiv}=d\times L=0{,}44\times 3{,}0m=0{,}12m^2$$



ISSN 3030-3907

Based on the above, the average solar radiation flux integration level of the device is the ratio of the total light area falling on the parabolic cylindrical collector to the light-receiving surface:

$$C=\frac{A_{mid}}{A_{receiv}}=\frac{4,2m^2}{0,12m^2}\approx 35.$$

Under standard conditions, the energy falling on a parabolic cylindrical solar collector is:

$$Q_{in}=1000\ W/m^2 \times 4,2\ m^2 = 4200\ W.$$

The collector system has the following main optical parameters:

-reflectance coefficient $R_z$ - this is the ability of mirrors or flat elements used in a solar collector to reflect sunlight. This coefficient is usually from 0.85 to 0.95. For example, if the reflection coefficient $R_z = 0.9$, this means that 90% of the light falling on the surface of a parabolic-cylindrical solar collector is reflected.

- the light absorption capacity of the light receiver ($A_s$) - this indicator indicates how effectively the sunlight directed to the focal line is captured by the receiver. This value is usually around 0.95, which means that 95% of the incident light is absorbed by the receiver.

-cosine loss (cos θ) – expresses the angle at which the sun's rays fall on the parabolic-cylindrical solar collector. If the sun's rays fall on the collector directly, that is, at an angle of 90°, cos θ = 1 and losses are minimal. If the rays fall obliquely, this indicator decreases, and as a result, the efficiency of using solar energy decreases.

The product of the above three parameters determines the overall optical efficiency of the collector:

$$\eta_{opt} = R_z \cdot A_s \cdot \cos\ \theta$$

For example, if $R_z = 0.9$, $A_s = 0.95$ and $\cos\theta = 1$:

$$\eta_{opt} = 0,9 \times 0,95 \times 1 \approx 0,855$$

Therefore, the optical efficiency of the system is 85.5%.

Assuming the collector input power $Q_{in}$ = 4200 W, the useful energy reaching the light receiver is determined as follows:

$$Q_s = Q_{in} \cdot \eta_{opt} = 4200 \times 0,855 \approx 3591\ W$$

This result shows that the collector provides high efficiency even when taking into account optical losses under real operating conditions.

A heat accumulator is used to temporarily store the heat generated after optical losses and use it later. In this system, a tank with dimensions of 40 × 40 × 60 cm is used. Its total volume is determined as follows:

$$V = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,6 = 0,096\ m^3$$



ISSN 3030-3907

This volume is selected according to the power ratings of the collector module, taking into account the heat exchange rate, insulation qualities, and external heat losses.

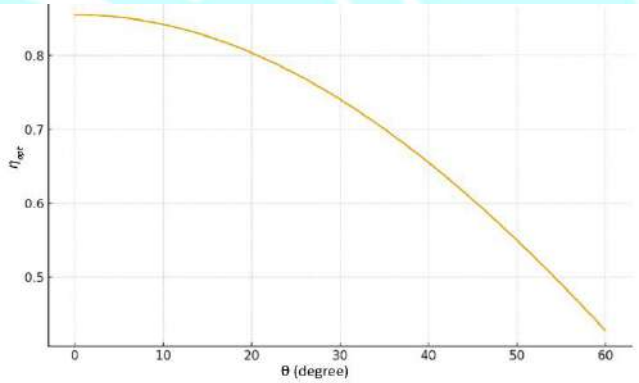



**Figure 2. Optical efficiency $\eta_{opt}$ divided by the angle of incidence cosθ.**

Figure 2 shows that the optical efficiency $\eta_{opt}$ decreases with increasing angle of incidence of sunlight on the collector surface. At θ = 0° (perpendicular incidence), $\eta_{opt}$≈0.855 is the maximum value. When θ = 60° is reached, the efficiency decreases by about 40% and reaches $\eta_{opt}$≈0.43. Thus, the installation angle and tracking systems play an important role in maintaining the collector efficiency at a high level.

A hydraulic system based on a parabolic-cylindrical solar collector was assembled as an experimental object in the study. The experimental complex consists of the following main elements:

– parabolic trough solar collector;
– heat storage tank;
– water pump;
– connecting hoses and control fittings.

The geometric dimensions of the parabolic trough solar collector are 1.4 × 3.0 m, which generates thermal energy by focusing sunlight onto the focal line. A water tank measuring 40 × 40 × 60 cm was used as a heat accumulator, which temporarily stores the thermal energy transferred through the collector. A centrifugal water pump with a power of 0.375 kW was selected as a pumping unit. Its nominal flow rate was 10 l/min, and the flow rate of the transferred liquid was adjusted using a special valve. The pump continuously supplied water to the collector from the storage tank.

During the experimental studies, water was heated in a solar collector and returned to the heat storage chambers. The system was configured to operate in a continuous flow mode, which allowed for stable monitoring and measurement of heat exchange processes.


ISSN 3030-3907

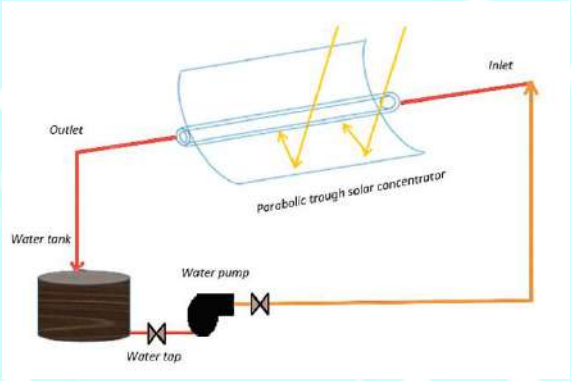



**Figure 2.1. Schematic diagram of a parabolic trough solar collector system.**



**Figure 2.2. General view of the experimental parabolic trough solar collector.**

**Results and discussion**

The sunlight falling on the reflecting surface of the parabolic trough solar collectors is directed to the heat transfer fluid passing through the light receiving tube. For the experimental data, the tube inlet ($T_{h,i}$) and tube outlet ($T_{h,o}$) temperatures are measured simultaneously to estimate the energy transferred to the water. In addition, the water temperature in the storage tank ($T_{bak}$) is also measured to model the heat transfer.

**Table-1.**

**Experimental data obtained in Fergana on June 10**

| Time | $T_{inlet}$(°C) | $T_{outlet}$(°C) | $T_{bak}$(°C) | Flow($l/min$) | $\Delta T$(°C) |
|---|---|---|---|---|---|
| 11:00 | 35,5 | 42,5 | 25,6 | 0,4 | 7 |
| 11:10 | 37,4 | 51,2 | 27 | 0,4 | 13,8 |
| 11:20 | 37,5 | 54 | 30 | 0,4 | 16,5 |
| 11:30 | 38,7 | 57 | 32 | 0,4 | 18,3 |
| 11:40 | 38,7 | 57 | 32 | 0,4 | 18,3 |
| 11:50 | 40 | 58 | 35 | 0,4 | 18 |
| 12:10 | 45,7 | 63,5 | 35 | 0,4 | 17,8 |
| 12:20 | 46,7 | 65 | 37 | 0,4 | 18,3 |
| 12:30 | 47,5 | 68 | 38 | 0,4 | 20,5 |
| 12:45 | 48,3 | 71,2 | 39 | 0,4 | 22,9 |
| 13:15 | 50 | 70,6 | 40 | 0,4 | 20,6 |
| 13:30 | 54,2 | 74,6 | 42 | 0,4 | 20,4 |
| 13:40 | 56,5 | 75 | 43 | 0,4 | 18,5 |
| 13:50 | 58 | 75,2 | 44 | 0,4 | 17,2 |

As can be seen from Table 1, the outlet temperature ($T_{h,o}$) was around 42.5 °C at 11:00 at the beginning of the experiment, and gradually increased over time, approaching 75 °C at 13:50. This indicates that the parabolo-cylindrical concentrator is highly optically and thermally efficient. The inlet temperature ($T_{h,i}$)



ISSN 3030-3907

was initially 35.5 °C, and had a slight tendency to increase over time (up to 58 °C). This is a result of the water entering the collector after being additionally heated in the heat storage tank during circulation. The tank temperature ($T_{bak}$) increased steadily during the study and increased from 25.6 °C to 44 °C. This indicator confirms that the thermal energy transferred through the system is successfully accumulated in the water.

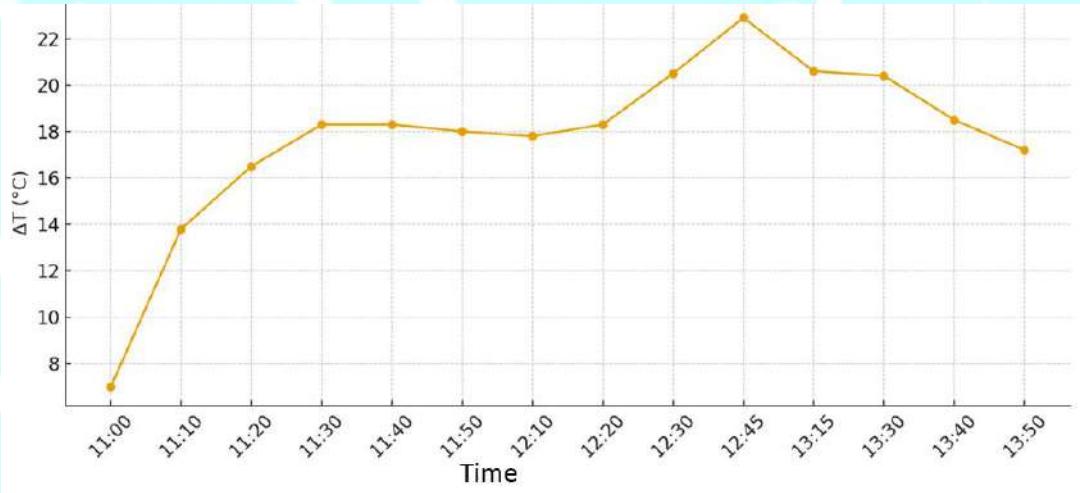



**Figure 3. Variation of ΔT (difference between outlet and inlet temperatures) over time.**

The graph shows the change in ΔT (the difference between the outlet and inlet temperatures) over time. Initially, ΔT at 11:00 was only 7 °C, but it rose sharply with the increase in solar radiation for a short time and stabilized at around 18 °C at 11:30. Between 11:40 and 12:10, ΔT was maintained at around 18 °C, indicating that the collector had reached a balance between heat output and heat loss. Starting from 12:20, ΔT increased again as the solar intensity increased, reaching its highest value of approximately 23 °C at 12:45. In the next stage, ΔT gradually decreased and stabilized at around 17 °C by 13:50.

These changes show that the efficiency of the collector is directly dependent on the intensity of solar radiation over time: during the maximum solar period, ΔT is also the highest, while when radiation decreases, ΔT decreases. At the same time, as the heat accumulation in the system increases, the temperature difference decreases, which is a natural consequence of the heat balance.


ISSN 3030-3907

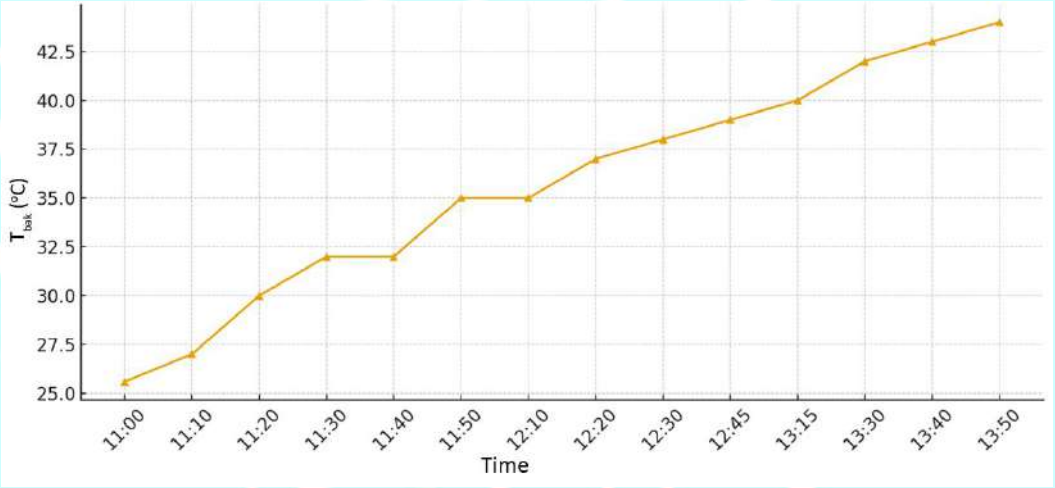



**Figure 4. Temperature variation of the storage compartment ($T_{bak}$) over time.**

Figure 4 clearly shows the time-dependent change in the temperature of the storage compartment in the experiment. Initially, at 11:00, the initial water temperature was 25.6 °C, and the temperature in the tank increased steadily due to the increase in solar radiation and the increase in collector outlet temperature. By 11:20, it reached 30 °C, and the heating was rapid due to the high heat input during this period. In the following period, between 11:30 and 12:10, the temperature was around 32–35 °C, and the heat input and loss in the system were balanced, and the growth rate slowed down slightly. From 12:20, coinciding with the maximum period of solar radiation, the temperature rose again rapidly and reached 38–40 °C. In the final stage, between 1:15 PM and 1:50 PM, the temperature of the water in the tank continued to increase steadily, reaching a peak of 44 °C. The results show that the temperature of the water in the tank increased by about 18 °C during the experiment, indicating the efficient operation of the collector and the high energy storage capacity of the heat accumulator.

**Table-2**

**Solar radiation values obtained in Fergana on June 1 [12].**

| Time | Total hours | Direct radiation ($W/m^2$) | Total hourly global radiation | Total global radiation average ($W/m^2$) | Direct rad/total rad. |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 21912,4 | 365,21 | 12740,2 | 212,34 | 1,73 |
| 8 | 38103,5 | 635,06 | 22930,9 | 382,18 | 1,66 |
| 9 | 42862,1 | 714,37 | 34290,5 | 571,51 | 1,25 |
| 10 | 47643,2 | 794,05 | 44917,5 | 748,62 | 1,06 |
| 11 | 47876,5 | 797,94 | 51923 | 865,38 | 0,92 |
| 12 | 45194,9 | 753,25 | 53000,5 | 883,34 | 0,85 |
| 13 | 47150,1 | 785,84 | 59046,4 | 984,11 | 0,80 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 38666,1 | 644,44 | 54621,9 | 910,36 | 0,72 |
| 15 | 44314,3 | 738,57 | 43199,2 | 719,99 | 1,025 |
| 16 | 33630,7 | 560,51 | 33788,8 | 563,15 | 0,99 |
| 17 | 31220,3 | 520,34 | 29778,8 | 496,31 | 1,05 |
| 18 | 8234,8 | 137,25 | 19108,2 | 318,47 | 0, |

As shown in Figure 4, the ratio of direct solar radiation to total radiation varies from 0.7 to 1. In June, the ratio of direct radiation to total radiation in Fergana region is 0.6.

**Conclusion**

The results of the study showed that the use of parabolic trough solar collectors is one of the effective methods for heating water. According to the results of the experiments, the difference between the inlet and outlet water temperatures reached a maximum of 22.9°C, which confirms the high efficiency of the system. Also, the study found that the change in sunlight during the day is an important factor affecting the efficiency of the collector.

The advantages of parabolic trough solar collectors include their high focusing ability, low optical losses, and the ability to obtain high-temperature heat carriers. At the same time, measures should be taken to reduce optical and thermal losses to increase the efficiency of the system. The results of the study show that the production and implementation of parabolic trough solar collectors can be economically viable for industrial enterprises and private households. Such systems can be widely used in agriculture, the food industry, and other industries that require thermal energy.

**LITERATURE**

1. International Energy Agency (IEA). World Energy Consumption Statistics – 2023.
2. BP Energy Outlook 2023 – World energy resources and prospects.
3. International Union for Conservation of Nature (IUCN). Climate Change and Energy Resources Report – 2022.
4. Europe Renewable Energy Report – Solar Thermal Applications, 2023.
5. Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan. National Program on Renewable Energy Sources – 2023.
6. Uzbekhydroenergo State Enterprise – Annual Report on Renewable Energy, 2022.
7. Sayfutdinov, N., & Yusupov, B. “Solar collectors and their practical applications”. Fergana, 2019.
8. Ghasemi, A., & Pahlavani, M. (2021). “Solar Thermal Systems: Design, Performance, and Applications”. Springer.


ISSN 3030-3907

9. Kalogirou, S. A. (2014). “Solar Energy Engineering: Processes and Systems”. Academic Press.
10. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). “Solar Engineering of Thermal Processes”. John Wiley & Sons.
11. SolarPACES Annual Report – Parabolic Trough Collector Technology. 2023.
12. Avezova N.R., Rakhimov E.Y., Frid S.E. et al. Assessment of the Technical Potential of Photovoltaic Convertors: The Case of the Fergana Valley Part I: Dynamics of Climate Data Changes in the Region. Appl. Sol. Energy 58, 697–707 (2022).


ISSN 3030-3907

# SEM, EDS AND TGA/DTA ANALYSIS OF FLAME-RETARDANT ORGANIC COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYVINYL CHLORIDE

**Abdirashidov Durbek**
*Doctoral Student, Termiz State University, Termiz, Uzbekistan*
*Tel: (+9989) 686-4321*
*E-mail: durbek.abdirashidov95@mail.ru*
**Turaev Khayit**
*Professor, Termiz State University, Termiz, Uzbekistan*
*Tel: (+9989) 579-0633*
*E-mail: khturaev@rambler.ru*
**Tajiyev Panji**
*Professor, Termiz State Pedagogical Institute, Termiz, Uzbekistan*
*Tel: (+9989) 591-6045,*
*E-mail: panjitajiyev74@gmail.com*

**Abstract.** In this study, the scientific and practical foundations for obtaining flame-retardant organic composite materials based on polyvinyl chloride (PVC) were developed. The synthesized samples were analyzed using Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), Thermogravimetric and Differential Thermal Analysis (TGA/DTA/DTG), as well as mechanical testing. These analytical methods were employed to evaluate the dispersion degree of the additives, the integrity of the interfacial structure, the thermal stability of the material, the stress–strain behavior, and smoke emission characteristics.The obtained results demonstrated that the combined use of talc and melamine cyanurate produces a synergistic effect in PVC composites, enhancing flame resistance, heat stability, and overall thermal durability. Moreover, mechanical tests confirmed that the PVC–melamine cyanurate–talc composition exhibited the highest strength and deformation resistance. The findings open new prospects for the practical application of PVC-based composites and provide a pathway for improving the technology of creating efficient flame-retardant organic materials.

**Keywords:** PVC composites, flame retardancy, melamine cyanurate, talc, SEM/EDS analysis, thermal behavior

**Аннотация.** В данной работе разработаны научные и практические основы получения огнестойких органических композиционных материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ). Синтезированные образцы исследовались с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС), термогравиметрического и дифференциально-термического анализа


ISSN 3030-3907

(ТГА/ДТА/ДТГ), а также механических испытаний. С помощью этих методов анализа оценены дисперсность добавок, целостность структуры межфазной границы, термическая стабильность материала, его деформационное поведение и характеристики дымовыделения. Полученные результаты показали, что совместное применение талька и цианурата меламина оказывает синергетический эффект в ПВХ-композициях, повышая огнестойкость, термостойкость и общую термостойкость. Более того, механические испытания подтвердили, что композиция ПВХ–цианурат меламина–тальк обладает наибольшей прочностью и деформационной устойчивостью. Полученные результаты открывают новые перспективы практического применения композитов на основе ПВХ и позволяют совершенствовать технологию создания эффективных огнестойких органических материалов.

**Ключевые слова:** ПВХ-композиты, огнестойкость, цианурат меламина, тальк, анализ SEM/EDS, термические свойства

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda polivinilxlorid (PVX) asosida olovga chidamli organik kompozit materiallarni olishning ilmiy va amaliy asoslari ishlab chiqildi. Sintezlangan namunalar skanerlash elektron mikroskopiyasi (SEM), energiya dispersiyasi rentgen spektroskopiyasi (EDS), termogravimetrik va differentsial termik tahlil (TGA/DTA/DTG), shuningdek, mexanik sinov yordamida tahlil qilindi. Ushbu analitik usullar qo‘shimchalarning dispersiya darajasini, sirt tuzilishining yaxlitligini, materialning termal barqarorligini, kuchlanish-deformatsiya xususiyatini va tutun chiqarish xususiyatlarini baholash uchun qo‘llanildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, talk va melamin siyanuratni birgalikda qo‘llash PVX kompozitlarida sinergetik ta'sir ko‘rsatadi, bu esa olovga chidamlilik, issiqlik barqarorligi va umumiy termal chidamlilikni oshiradi. Bundan tashqari, mexanik sinovlar PVX-melamin siyanurat-talk tarkibi eng yuqori mustahkamlik va deformatsiyaga chidamlilikni namoyish etishini tasdiqladi. Tadqiqot natijalari PVX asosidagi kompozitlarni amaliy qo‘llash uchun yangi istiqbollarni ochadi va samarali olovga chidamli organik materiallarni yaratish texnologiyasini takomillashtirish yo‘lini taqdim etadi.

**Kalit so‘zlar:** PVX kompozitlari, olovga chidamlilik, melamin siyanurat, talk, SEM/EDS tahlili, issiqlik xususiyatlari

## Introduction

Polymer materials used in modern construction and industrial applications are distinguished by their high mechanical strength, low weight, chemical stability, and ease of processing. However, most polymers, particularly polyvinyl chloride (PVC), exhibit low resistance to heat and fire, which limits their practical



ISSN 3030-3907

applications. Therefore, enhancing the flame resistance of polymers has become one of the key scientific and technical challenges in modern materials research.

The main strategies for improving the fire resistance of polymer materials include the use of flame-retardant additives (antipyrenes), optimization of stabilizer and plasticizer ratios, and the creation of synergistic mixtures with mineral fillers. In particular, incorporating halogen-free flame retardants such as melamine and melamine cyanurate, along with lamellar mineral fillers like talc, significantly increases the fire-retardant efficiency of PVC-based composites.

The relevance of this research lies in the need to develop PVC-based flame-retardant materials that are not only resistant to fire but also environmentally safe, mechanically stable, and suitable for long-term operation. Therefore, it is essential to thoroughly study the interaction mechanisms among plasticizers, stabilizers, and fillers in polymer-composite systems.

In this work, the synergistic effects of the plasticizer DOF, stabilizers melamine and melamine cyanurate, and the mineral filler talc in PVC-based composite materials were investigated. Based on the obtained results, new scientific approaches were developed to enhance the flame-retardant properties of polymer-composite materials.

**Materials and Methods**

In this study, the experimental analyses were carried out using several advanced instruments. The microstructural characteristics of the obtained samples were examined by a scanning electron microscope (SEM, JEOL JSM-6460LA, Japan), while the elemental composition of the composite surfaces was determined using energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). Thermal stability and decomposition behavior were investigated by thermogravimetric and differential thermal analysis (TGA/DTA/DTG). These instrumental methods provided comprehensive information on the dispersion of additives, interfacial integrity, and the thermal behavior of the synthesized PVC-based flame-retardant composite materials.

**Results and Discussion**

In addition to the fire-resistant characteristics of the developed composites, it is important to evaluate how the physical and mechanical properties of intumescent flame-retardant polymer composite materials change over time. It is well known that in construction applications, when intumescent flame-retardant polymer composites are applied to metal structures, various issues may arise due to reduced adhesion over time. These observations indicate that, beyond proper application techniques and adherence to operating conditions, it is also essential to assess the long-term changes in the physicomechanical and chemical properties of such flame-retardant polymer composites. In this research, the interrelation


ISSN 3030-3907

between the components enhancing flame resistance—namely, the plasticizer dioctyl phthalate (DOF), the stabilizers melamine and melamine cyanurate, and the local mineral filler talc—was systematically investigated. Initially, the behavior of polyvinyl chloride (PVC) with the addition of DOF plasticizer was analyzed, revealing that an increase in flame resistance can be achieved not only through the use of plasticizers but also by incorporating stabilizers and fillers to create a synergistic effect. Specifically, Figure 3.1 presents the SEM and EDS analyses of the PVC + DOF composite. In the EDS spectrum, the "Energy [kV]" axis represents the radiation energy emitted by the detected elements, while the "Counts/eV" axis reflects the number of detected signals, corresponding to intensity. The higher the peak, the greater the concentration of that element. According to the analysis, the sample primarily contains carbon (C), oxygen (O), and chlorine (Cl). The pronounced chlorine peaks confirm that PVC constitutes the main component of the material, whereas the presence of carbon and oxygen originates from the DOF plasticizer incorporated into the matrix.

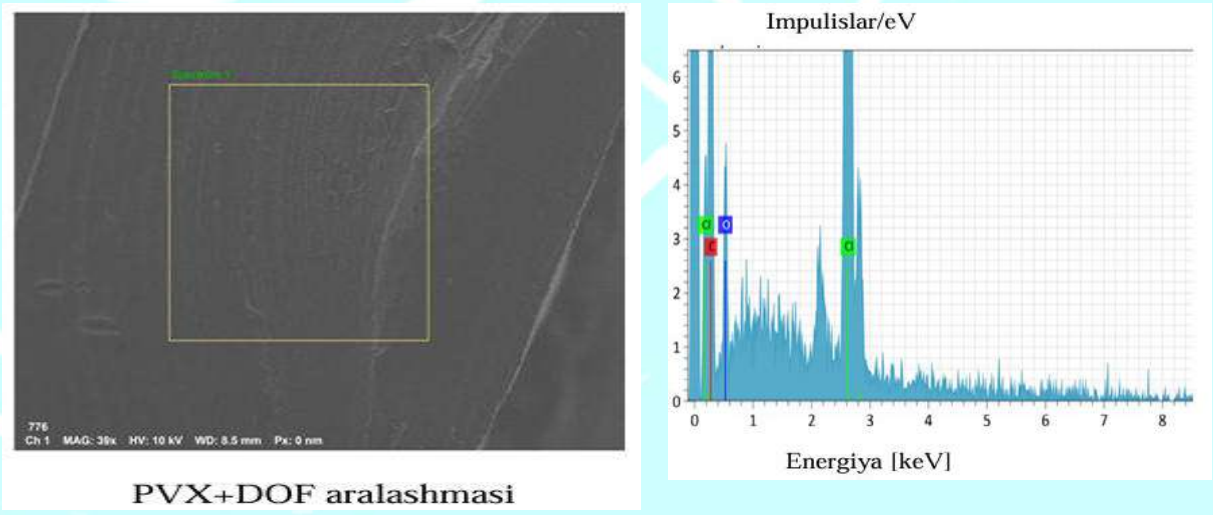



**Figure 1. SEM and EDS analysis of the material obtained from the PVC + DOF composite mixture.**

According to the data presented in Table 3.1, carbon (C) constitutes about 62 % of the total composition, confirming the presence of organic polymeric material in the sample.

**Table 1.**

**SEM microstructural analysis of the material sample obtained from the polyvinyl chloride–dioctyl phthalate (PVC–DOF) composite mixture.**

| Element | Atomic Number | Mass [%] | Absolute Error [%] (1 sigma) |
|---|---|---|---|
| Carbon (C) | 6 | 62,32 | 3,9 |
| Chlorine (Cl) | 17 | 32,23 | 3,48 |
| Oxygen (O) | 8 | 5,45 | 0,51 |
| Total | | 100.00 | |



ISSN 3030-3907

According to the purpose of this research, it is considered appropriate to enrich the composition of polyvinyl chloride (PVC) with fillers, plasticizers, and various stabilizers in order to obtain flame-retardant organic materials. In this study, samples were prepared using halogen-free flame retardant melamine and dioctyl phthalate (DOF) to develop fire-resistant organic materials based on PVC. The relationship between the stabilizer melamine and its contribution to flame resistance was examined. The process was conducted using a twin-screw extruder-granulator, where measured quantities of materials (3,187.5 g of PVC, 750 g of melamine, and 1,062.5 g of DOF) were gradually added in stages. In the first stage, the mixture was maintained at 70 °C under continuous stirring to achieve a homogeneous phase. In the second stage, the extruder screw was heated to 180 °C, and the obtained mixture was converted into a composite form and granulated. The analysis of the resulting samples was performed using a scanning electron microscope (JEOL JSM-6460LA, JEOL Interactive Corporation, Japan). Through electron microscopy and elemental analysis, the morphology and dispersion of melamine particles in the PVC matrix were examined, as well as the synergistic effects that improve flame retardancy. The resulting flame-retardant polymer materials consisted primarily of polyvinyl chloride, dioctyl phthalate, and melamine. By introducing 5–30 wt % of the selected halogen-free flame retardant melamine, the flame resistance of the material was significantly improved. Furthermore, SEM and EDS analyses confirmed the homogeneous distribution of melamine particles over the polymer surface and their contribution to enhanced fire performance.

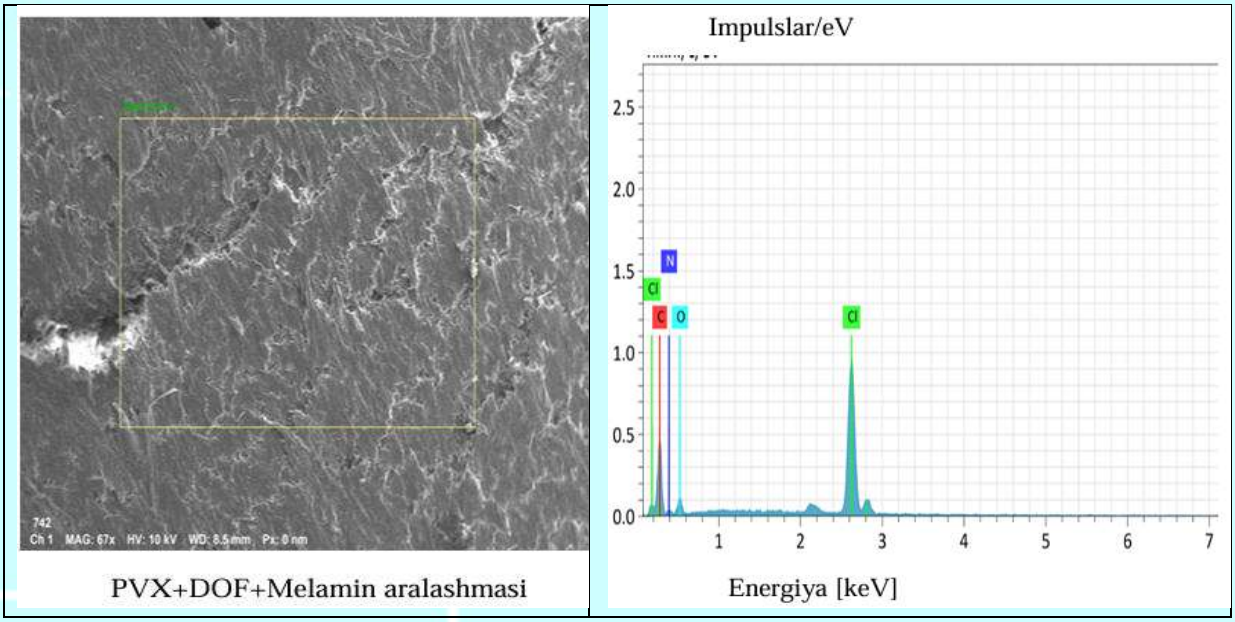



**Figure 2. (a) SEM microstructure of the surface of the material sample obtained from the PVC–melamine composite (67×, 10 kV, 200 µm). (b) EDS spectrum of the surface of the PVC–melamine composite sample.**



ISSN 3030-3907

According to Figure 2, an EDS analysis was performed on the selected "Spectrum 1" region. The results revealed that the surface of the material exhibited a lamellar structure with localized microvoids and fine cracks formed as a result of internal stresses. This morphology reflects the interaction between the polymer matrix and the flame-retardant additive melamine. Analysis of the SEM images and EDS spectra indicated that the melamine particles incorporated into the PVC-SG3-based composites were well dispersed within the matrix, although some regions contained minor microvoids. Overall, the combined SEM and EDS results confirmed the successful incorporation of the additives into the composite material; however, they also suggest that additional dispersion methods—such as high-shear mixing or the use of coupling agents—may be required to improve interfacial integrity. The compositional analysis of the obtained sample is presented in Table 2. The spectrum shown in the figure was obtained using the Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) method, which enables the identification of chemical elements present in the sample. The high peak intensity of chlorine (Cl) indicates its significant content in the material. The presence of carbon (C), nitrogen (N), and oxygen (O) further confirms the organic nature of the composite. Thus, the analyzed sample represents a flame-retardant organic material that demonstrates superior fire resistance compared with the PVC + DOF composition.

**Table 2.**

**SEM microstructural analysis of the material sample obtained from the polyvinyl chloride–melamine composite.**

| Element | Atomic Number | Mass Normal [%] | Absolute Error [%] (1 σ) |
|---|---|---|---|
| Carbon (C) | 6 | 56.22 | 2.64 |
| Chlorine (Cl) | 17 | 33.39 | 1.82 |
| Oxygen (O) | 8 | 6.43 | 0.35 |
| Nitrogen (N) | 7 | 3.96 | 0.44 |
| Total | | 100.00 | |

Specifically, Figure 2 presents the SEM and EDS analyses of the material obtained from the polyvinyl chloride–di(2-ethylhexyl) phthalate–melamine mixture. The elemental composition of the sample consists of 56.22% carbon (C), 33.39% chlorine (Cl), 6.43% oxygen (O), and 3.96% nitrogen (N).

The differential thermogravimetric (DTG) analysis of the obtained samples was further examined. As is well known, DTG is one of the thermal analysis



ISSN 3030-3907

methods that measures the rate of change in a substance's mass as a function of time or temperature. In other words, this technique records how the sample's mass changes as its temperature increases. The DTG curve expresses the rate of mass loss (dm/dt) as a function of temperature.

This method is commonly used for the following purposes:

– studying the thermal degradation processes of polymers,

– determining the thermal stability of materials,

– quantifying volatile components within a sample, and

– investigating the kinetics of chemical reactions.

DTG analysis is often performed in conjunction with Thermogravimetric Analysis (TGA). While the TGA curve displays the dependence of a sample's mass on temperature, the Differential Thermal Analysis (DTA) curve determines the rate of mass change and more clearly identifies the peaks corresponding to decomposition processes (Figure 3).

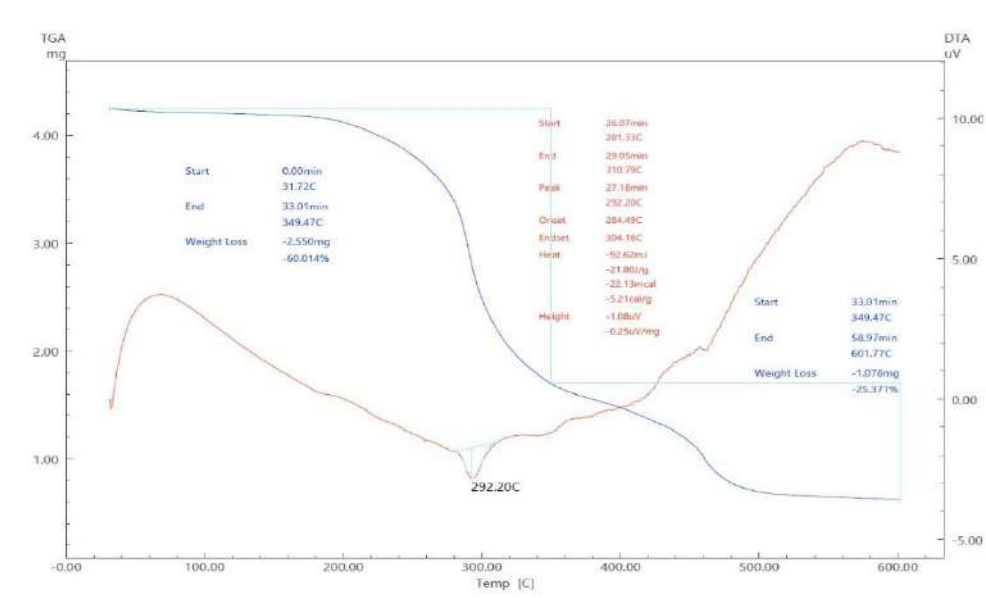



**Figure 3. DTG and TGA analysis of the sample obtained from the polyvinyl chloride–melamine composite.**

From the graph, it can be observed that the sample undergoes a two-stage thermal decomposition process. The first major weight loss occurs in the temperature range of 31.72–349.47 °C (−60.01%), with an endothermic peak recorded at 292.20 °C. The second stage takes place between 349.47 °C and 601.77 °C, resulting in an additional weight loss of −25.37%. The remaining mass fraction (~15%) represents the thermally stable residue.

Thus, the TGA/DTA results confirm the presence of phases that maintain a certain degree of thermal stability even at elevated temperatures, and indicate that the main decomposition process occurs around 292 °C. However, in our experiments, the thermal analysis of the sample containing polyvinyl chloride



ISSN 3030-3907

combined with the mineral filler talc and the flame retardant melamine cyanurate demonstrated significantly improved performance (Figure 4).

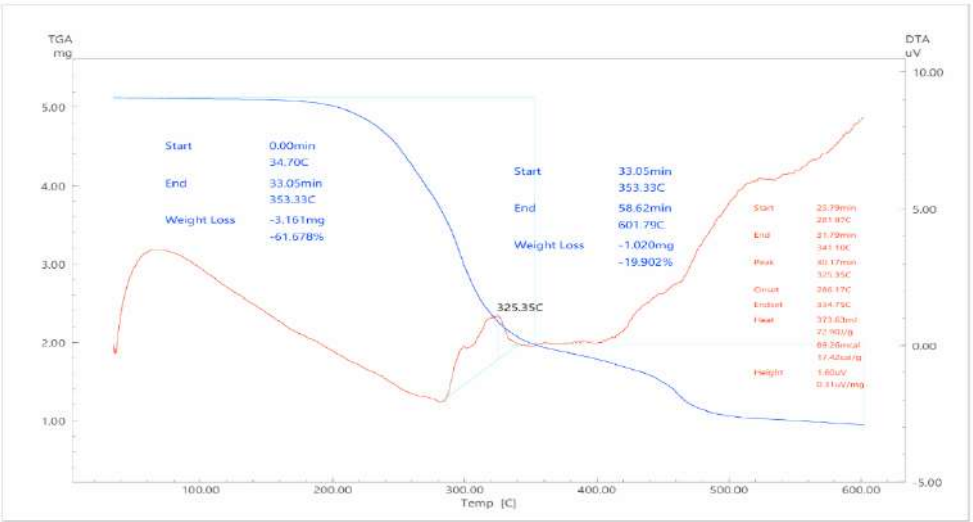



**Figure 4. DTA and TGA analysis of the sample obtained from the polyvinyl chloride–melamine cyanurate–talc composite.**

In the first stage of analysis, the temperature range of 34.7 °C to 353.3 °C was examined. Within this interval, the sample exhibited a weight loss of 3.161 mg (≈ 61.68%), which corresponds to the release of moisture, adsorbed water, and certain volatile organic components. The DTA curve showed a distinct endothermic peak at 325 °C, indicating the onset of the primary thermal decomposition process.

In the second stage, within the temperature range of 353.3 °C to 601.8 °C, the sample experienced an additional weight loss of 1.020 mg (≈ 19.9%). This phase corresponds to the decomposition of the main polymer backbone or the combustion of the polymer chains. Throughout the overall degradation process, carbonization and oxidation reactions were observed. The total weight loss reached approximately 81.65% (61.68% + 19.97%), while the remaining ~18.35% of the mass represents a thermally stable residue.

A strong endothermic effect was recorded at 323.35 °C on the DTA curve, marking the beginning of the main decomposition event. In the subsequent 400–600 °C range, exothermic processes such as oxidation or combustion may occur. These results confirm that the sample undergoes a two-step thermal degradation: the first around 300 °C with the elimination of unstable polymer segments, and the second at higher temperatures associated with the deeper decomposition and oxidation of carbonaceous residues. The presence of residual mass indicates the existence of inorganic components—such as fillers, catalysts, or oxides—within the material.

The combined TGA/DTA results thus demonstrate that the composite exhibits a two-stage thermal degradation pattern. The first stage (34.7–353.3 °C)


ISSN 3030-3907

corresponds to approximately 61.68% weight loss due to volatile release and matrix decomposition, with a pronounced endothermic peak at 353.3 °C indicating the start of major thermal transformation. The second stage (353.3–601.8 °C) accounts for an additional 19.9% loss, reflecting deeper chain degradation and carbonization. Overall, the material lost roughly 81.65% of its total mass, leaving about 18.35% residue that remained stable even at high temperatures, confirming the presence of thermally resistant inorganic phases such as fillers or oxides.

Hence, the TGA/DTA results confirm that certain thermally stable phases persist at elevated temperatures, and that the principal decomposition occurs around 353 °C. The findings further verify the synergistic effect of talc and melamine cyanurate, which enhances the fire-retardant efficiency of the organic composite material.

**Conclusion**

The synergistic interaction of DOF plasticizer, melamine, melamine cyanurate, and talc within the PVC matrix enabled the development of an efficient fire-retardant composite material. SEM/EDS analyses confirmed the successful incorporation and uniform dispersion of flame-retardant additives in the PVC matrix. Thermal analyses (TGA/DTA) revealed that the PVC–melamine cyanurate–talc composite exhibited the highest thermal stability among all formulations. These composite materials demonstrate strong potential for application in the construction and electrical industries as fire-resistant coatings or insulating materials.

## REFERENCES

1. Narzullaeva, A. M., Umarov, B. N. U., & Vokhidov, E. A. (2024). *Synthesis of an environmentally friendly plasticizer for PVC compositions based on plant raw materials. Universum: Technical Sciences*, 6(3 (120)), 9–12.

2. Chen, Y., Li, Y., & Zhang, R. (2023). The flame retardancy and smoke suppression performance of polyvinyl chloride composites with talc and melamine cyanurate. *Coatings*, 13(10), 1814.

3. Sałasińska, K., Łukomska, A., & Celińska, M. (2021). Plasticized poly(vinyl chloride) modified with developed flame-retardant additives: Mechanical, thermal and fire properties. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 27(4), 935–945.

4. Wang, L., Song, L., & Hu, Y. (2022). Recent advances in halogen-free flame retardants for poly(vinyl chloride). *Polymers*, 14(14), 2876.

5. Boraei, S., et al. (2024). Clay-reinforced PVC composites and nanocomposites: Morphology and fire retardancy. *Heliyon*, 10(5), e24955.

6. Chen, W., Wang, D., & Zhao, H. (2019). Flame-retardancy mechanisms of melamine cyanurate in polymer matrices. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(47), 47223.



ISSN 3030-3907

7. Khaleghi, M., & Tavakoli, H. (2025). Comparative study on fire properties and HCl capture of PVC–melamine cyanurate composite through experiment and DFT calculation. *Journal of Polymer Research*, 32(2), 112–125.
8. Li, X., Zhang, H., & Yang, D. (2021). Recyclable flame-retardant epoxy composites based on disulfide bonds. *Polymer Degradation and Stability*, 188, 109563.
9. Lei, Y., Chen, J., & Liu, S. (2024). Natural flame-retardant minerals for advanced epoxy and PVC systems. *Minerals*, 7(9), 308.
10. Zhang, R., Hu, Y., & Song, L. (2017). Synergistic effect of melamine cyanurate and talc on the flame retardancy of PVC composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(8), 44475.


ISSN 3030-3907

# MUHANDISLIK GRAFIKASI FANLARINI O‘QITISHDA INTERAKTIV TA’LIM VOSITALARIDAN FOYDALANISH MASALALARI

**Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi.**
***Toshkent viloyati, Chirchiq shahri 18-umumiy o‘rta ta’lim maktabi o‘qituvchisi***

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda interaktiv ta’lim vositalaridan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari yoritilgan. Tadqiqotda nazariy tahlil, demonstrativ yondashuv va tajriba-sinov ishlari metodlaridan foydalanilgan. AR/VR texnologiyalari, web-CAD tizimlari, gamifikatsiya, 3D modellashtirish va sun’iy intellekt asosidagi adaptiv o‘quv platformalarining ta’lim jarayoniga ta’siri tahlil qilingan. Natijalar interaktiv vositalar o‘quvchilarning fazoviy fikrlashini, motivatsiyasini hamda amaliy ko‘nikmalarini sezilarli darajada oshirganini ko‘rsatdi. Maqolada, shuningdek, interfaol texnologiyalarni ta’lim jarayoniga joriy etishda uchraydigan muammolar va ularni bartaraf etish bo‘yicha tavsiyalar keltirilgan.

**Kalit so‘zlar:** muhandislik grafikasi, interfaol ta’lim, AR/VR texnologiyalar, web-CAD, gamifikatsiya, 3D modellashtirish, raqamli pedagogika.

**Аннотация:** В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты применения интерактивных образовательных технологий при преподавании инженерной графики. В исследовании использованы методы теоретического анализа, демонстративного подхода и экспериментально-испытательных работ. Проведен анализ влияния технологий AR/VR, web-CAD систем, геймификации, 3D моделирования и адаптивных обучающих платформ на основе искусственного интеллекта на процесс обучения. Результаты показали, что использование интерактивных средств значительно повышает пространственное мышление, мотивацию и практические навыки студентов. Также даны рекомендации по внедрению интерактивных технологий в образовательный процесс и устранению существующих барьеров.

**Ключевые слова:** инженерная графика, интерактивное обучение, AR/VR технологии, web-CAD, геймификация, 3D моделирование, цифровая педагогика**.**

**Abstract:** This article explores the theoretical and practical aspects of using interactive educational tools in teaching engineering graphics. The study employed methods of theoretical analysis, demonstrative approach, and experimental testing. The impact of AR/VR technologies, web-based CAD systems, gamification, 3D modeling, and AI-driven adaptive learning platforms on the learning process was analyzed. The results indicate that the use of interactive tools significantly improves students’ spatial thinking, motivation, and practical skills. The paper also

provides recommendations for integrating interactive technologies into the educational process and overcoming existing challenges.

**Keywords:** engineering graphics, interactive learning, AR/VR technologies, web-CAD, gamification, 3D modeling, digital pedagogy.

**Kirish.**

Muhandislik grafikasi — bu talabalardan nafaqat nazariy bilimlarni, balki amaliy ko‘nikmalarni ham talab qiladigan muhim fan hisoblanadi. An’anaviy o‘qitish usullari, masalan, ma’ruzalar va amaliy mashg‘ulotlar, ko‘pincha murakkab tushunchalarni chuqur o‘zlashtirish uchun yetarli bo‘lmaydi, bu esa o‘qitish jarayonida muammolarga olib keladi. Talabalar grafik obyektlarni tasavvur qilish va tushunishda qiyinchiliklarga duch keladilar, bu esa ularning kelajakdagi kasbiy faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Ushbu ishning maqsadi — muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda interfaol ta’lim texnologiyalarini qo‘llashni o‘rganish hamda ularning o‘quv jarayoniga ta’sirini baholashdan iborat. Bu yo‘nalishda muhim rolni nafaqat o‘qituvchilar, balki ta’lim texnologiyalarini ishlab chiquvchilar ham o‘ynaydi. Ularning barchasi ta’lim sifatini oshirish va uni zamonaviy talablarga moslashtirishga intiladilar.

Mavzuning dolzarbligi shundan iboratki, hozirgi kunda zamonaviy texnologiyalarni ta’lim jarayoniga integratsiya qilish zarurati nafaqat O‘zbekistonda, balki butun dunyo miqyosida ham dolzarb masalaga aylangan. Texnologiyalar tez sur’atlarda rivojlanayotgan va mutaxassislarga qo‘yilayotgan talablar o‘zgarayotgan sharoitda, interfaol o‘qitish usullaridan foydalanish ta’lim amaliyotining ajralmas qismiga aylanmoqda. Bu nafaqat talabalar qiziqishini oshiradi, balki ularning grafik vositalar bilan ishlash ko‘nikmalarini ham yaxshilaydi. Mazkur mavzu doirasida quyidagi masalalarni ko‘rib chiqish mumkin: mavjud interfaol vositalarni tahlil qilish, ularning samaradorligini baholash, shuningdek, bu texnologiyalarni o‘quv jarayoniga joriy etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish. Muhandislik grafikasini o‘qitishda qaysi interfaol usullar eng samarali bo‘lishi mumkin? Bunday texnologiyalarni ta’lim muassasalariga joriy etishda qanday to‘siqlar mavjud? Interfaol usullarning talabalar o‘zlashtirish darajasiga ta’sirini qanday baholash mumkin?

Shunday qilib, ishning asosiy qismida muhandislik grafikasini o‘qitishda zamonaviy interfaol texnologiyalar tahlil qilinadi, ularning afzallik va kamchiliklari ko‘rib chiqiladi hamda ta’lim amaliyotida muvaffaqiyatli qo‘llanilishining misollari keltiriladi.

**Adabiyotlar tahlili.** Bugungi kunda ta’lim jarayonida raqamli texnologiyalar, multimedia vositalari va interaktiv metodlardan foydalanish o‘quv samaradorligini oshirishning eng muhim omillaridan biridir. Muhandislik grafikasi fani texnik tafakkurni shakllantiruvchi asosiy yo‘nalishlardan bo‘lib, uni o‘qitishda



ISSN 3030-3907

vizual vositalar, kompyuter grafikasi, 3D-modellashtirish dasturlaridan foydalanish o‘quvchilarning fazoviy tasavvurlarini kengaytiradi [1]. Interaktiv ta’lim vositalari yordamida o‘quvchilar mustaqil fikrlash, grafik topshiriqlarni yechish va muammoli vaziyatlarni tahlil qilish ko‘nikmalarini egallaydilar [2].

So‘nggi yillarda muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda innovatsion metodlardan foydalanish masalasiga ko‘plab olimlar e’tibor qaratmoqda. Bularga Nasija S., Zied B., Vian A., Tiwari A.Sh., Bhagat K.K., Lampropoulos G., Sola – Guirado R.R., Guerrero V.G., Alabanda O.R., Elizabeth D., Consell R., Gryguc A. Koenig C., O‘zbekistonlik olimlardan Haqberdiyev B.R., Ro‘ziyev E., Ashirboyev A., Kuchkarov D.F., Achilova D.A., Ismatov B.S., Maxmudov A.A., va Chuliyeva G.X. o‘zlarining olib brogan tadqiqotlarida muhandislik graafikasi fanlarini o‘qitishda grafik ta’lim jarayonini bosqichma-bosqich takomillashtirish, didaktik materiallarni interaktiv shaklga keltirish zarurligini ta’kidlaydilar. Haqberdiyev B. R. ta’lim jarayonida integrativ va sinergetik yondashuvlar o‘qitish samaradorligini oshiradi, deb ta’kidlaydi [1]. Zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida interfaol metodlarni qo‘llash muhandislik ta’limining sifatini belgilovchi asosiy omil sifatida e’tirof etiladi.

**Tadqiqot metodologiyasi.**

*Nazariy tahlil metodi.*Mavjud ilmiy adabiyotlar, ilg‘or pedagogik tajribalar, uslubiy qo‘llanmalar va xorijiy manbalar tahlil qilinib, muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda interfaol texnologiyalarni qo‘llashning nazariy asoslari aniqlab olindi. Ushbu tahlil interfaol vositalarning mohiyatini, ularning afzallik va cheklovlarini aniqlash imkonini berdi.

*Taqdim etuvchi (demonstrativ) yondashuv.* Interfaol texnologiyalarning o‘quv jarayoniga ta’siri amaliy misollar orqali tahlil qilindi. Xususan, AR/VR texnologiyalari, web-CAD tizimlari va gamifikatsiya elementlaridan foydalanish jarayonlari o‘rganildi hamda ularning talabalarning o‘quv faolligi va motivatsiyasiga ta’siri kuzatildi.

*Tajriba-sinov ishlari.* Grafik topshiriqlarni 3D dasturlar (masalan, AutoCAD, SolidWorks, Fusion 360) yordamida bajarish orqali o‘quvchilarning o‘zlashtirish ko‘rsatkichlari kuzatildi. Sinov jarayonida interfaol yondashuv qo‘llanilgan guruh bilan an’anaviy usulda o‘qitilgan guruh natijalari taqqoslandi. Olingan ma’lumotlar tahlili interfaol texnologiyalar o‘quv samaradorligini oshirishini ko‘rsatdi.

**Muhokama va natijalar.** Interfaol o‘quv vositalari — talaba bilan ikki tomonlama munosabatga kirishuvchi, 3D vizualizatsiya, AR/VR, veb-asosli CAD muhitlari, simulyatsiyalar, gamifikatsiya, taqsir (tangible) modellar va adaptiv («AI-driven») o‘quv platformalarini o‘z ichiga oladi. Ushbu vositalarning umumiy


ISSN 3030-3907

maqsadi — talabalar orasida fazoviy fikrlash, chizmalar va 3D-obyektlarni tushunish hamda amaliy CAD ko‘nikmalarini oshirishdir [4].

Interfaol vositalar kategoriyalari, afzalliklari va ilmiy dalillari quyidagilardan iborat:

**-Augmented Reality (AR) va Virtual Reality (VR)**

AR ekran orqali haqiqiy dunyo bilan 3D modellarning ustma-ust qo‘yilishini, VR esa to‘liq immersiv 3D muhitni beradi.

*Afzalliklari:* fazoviy tasavvurni oshiradi, murakkab geometriya va montajlarni real vaqtda atroflicha ko‘rsatadi, talabalarni qiziqtiradi va motivatsiyasini oshiradi.

*Ilmiy dalil:* AR/VR integratsiyasi muhandislik chizmasi va grafika kurslarida talabalarning fazoviy qobiliyatlari va motivatsiyasini yaxshilagani haqida bir qator tadqiqotlar bor (EDINAR AR talimi, sistematik ko‘rib chiqishlar va eksperimental ishlanmalar) [3,4].

*Kamchiliklari:* uskuna xarajatlari, kontent ishlab chiqish qiyinligi, pedagogik integratsiya va o‘qituvchilarni o‘qitish zarurati [4].

**-Veb-asosli va kompyuter-yordamli CAD muhitlari (web-CAD, SolidWorks/AutoCAD ta’lim modullari)**

Brauzerda yoki litsenziyada ishlaydigan interfaol CAD topshiriqlari, mashqlar va avtomatik tekshirishlar.

*Afzalliklari:* talabalar amaliy ko‘nikmalarni o‘z vaqtida takrorlashi, loyiha-yo‘nalishli o‘qitish (PBL) orqali real-dunyo muammolarini hal qilishi mumkin. Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, loyiha-asosida CAD o‘qitish samaradorlikni oshiradi [6].

*Kamchiliklari:* litsenziya va kompyuter resurslari, o‘qituvchining metodik tayyorgarligi [8].

**- Gamifikatsiya va o‘yinlar (Game-Based Learning, GBL)**

Ballar, reytinglar, mini-o‘yinlar va mantiqiy vazifalar orqali o‘quv jarayonini interaktivlashtirish.

*Afzalliklari:* motivatsiya va ishtirokni oshirish, imtihon natijalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi kuzatilgan. Bir nechta olib borilgan tadqiqotlari bu samarani tasdiqlaydi [5].

*Kamchiliklari:* pedagogik maqsad bilan muvofiqlashtirish, haddan tashqari o‘yin elementlari o‘rgatuvchi maqsadni chalg‘itadi [7].

**- Simulyatsiyalar, virtual laboratoriyalar va 3D-vizualizatsiya mashqlari**

Interaktiv mashqlar, parametrik modellar, qadam-baqadam amaliy mashg‘ulotlar.

*Afzalliklari:* nazariy bilimlarni amaliy ko‘nikmaga aylantirish, talabalarga xatoliklardan xavfsiz o‘rganish imkoniyati beradi. Tadqiqotlar virtual mashqlar



ISSN 3030-3907

motivatsiyani oshirganini va ba’zi hollarda o‘quv natijasini yaxshilaganini ko‘rsatadi [7].

**-Taqdim etiluvchi (sensor organlari orqali his qilish) modellar va 3D-bosma materiallar**

Fizik 3D modellari va AR bilan birgalikda ishlatiladigan sensor organlari orqali his qilish hususiyatlari.

*Afzalliklari:* sensor tajriba orqali fazoviy tushunchalar yaxshilanadi; muhandislik konseptlarini «qo‘l bilan» tushunishga yordam beradi. ASCE va boshqa jurnallar bunday yondoshuvning foydasini ko‘rsatgan [10].

**-AI / adaptiv o‘quv tizimlari va feedback (masalan PALS, adaptive e-learning)**

Talabalar faoliyatiga asoslangan avtomatik qayta aloqa, personalizatsiyalashgan mashqlar.

*Afzalliklari:* o‘qish yo‘lini individualizatsiyalash, o‘qituvchiga nazorat va progress monitoring imkoniyati. So‘nggi ishlar CAD ta’limini AI bilan boyitish haqida fikr bildiradi [9].

*Ta’lim natijalariga ta’sirlar quyidagicha:*

-AR/VR va 3D-vizualizatsiya talabalarning fazoviy qobiliyatlarini va tushunishini oshirishda ko‘p hollarda ijobiy natija ko‘rsatgan. (sistematik ko‘rib chiqishlar va eksperimentlar) [4].

-Gamifikatsiyalashgan kurslar talabalar motivatsiyasini va imtihon natijalarini sezilarli darajada yaxshilashi haqida bir qancha institut tadqiqotlari mavjud [5].

-Loyihaga asoslangan va veb-CAD mashg‘ulotlari talabalar amaliy ko‘nikmalarini oshirishda samarali (pilot va case-study tadqiqotlari) [6].

Amalga oshirishdagi asosiy to‘siqlar (barrierlar) bir nechta sabablardan tashkil topgan. Ularga **Moliyaviy***:* (AR/VR qurilmalar, litsenziyalar va kontent ishlab chiqish xarajatlari), **Pedagogik***:* o‘qituvchilarning texnik va metodik tayyorgarligi yetishmasligi, **Infrastrukturaviy***:* laboratoriyalar, o‘quv xonalar, kompyuterlar va texnologiyalar,

**Baholash va standartlar***:* interfaol vositalar ta’lim natijalarini aniq va ishonchli baholashni talab qiladi; universal baholash metodologiyasi kam [4,7,8].

Samaradorligini baholash mumkin amaliy metodlar quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

-Pre-test / post-test dizayni (fazoviy qobiliyat, chizma topish vazifalari);

-Kontrolli eksperimentlar: an’anaviy usul vs interfaol vosita;

Uzun muddatli kuzatuv: amaliy ko‘nikma saqlanishi va kasbiy dastlabki natijalar;

-Talaba va o‘qituvchi fikr-mulohazalari (surveys, fokus-guruhlar) ham muhim [3,4,5].

**Xulosa.** Interaktiv ta’lim vositalaridan foydalanish muhandislik grafikasi fanining samaradorligini oshirishning eng muhim yo‘nalishlaridan biridir. Bu jarayon nafaqat o‘quvchilarning fazoviy tafakkurini rivojlantiradi, balki ularni



ISSN 3030-3907

zamonaviy axborot texnologiyalaridan samarali foydalanishga o‘rgatadi. Shu bois o‘qituvchilar o‘z pedagogik faoliyatida doimiy ravishda raqamli kompetensiyalarini oshirib borishlari zarur

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Haqberdiyev B.R. va boshqalar. *O‘quv faoliyati tamoyillarida integrativ va sinergetik yondashuvlar*. – 2025.
2. Ro‘ziyev E., Ashirboyev A. *Muhandislik grafikasini o‘qitish metodikasi*. – Ziyouz.com, 2019.
3. Tiwari A. S. et al., **“Designing and evaluating an augmented reality system for an engineering drawing course (EDINAR)”**, Smart Learning Environments, 2024
4. Suhail N. et al., **“Augmented reality in engineering education: enhancing visualisation”**, Frontiers in Virtual Reality, 2024
5. Sun L., **“Enhancing learning of engineering graphics through gamification”**, ASEE konfrensiya materiali (2020)
6. Sola-Guirado R. R. et al., **“Teaching CAD/CAM/CAE tools with project-based learning in virtual distance education”**
7. Triviño-Tarradas P. et al., **“Preliminary results of the impact of 3D-visualization”**, Virtual Reality journal / Springer, 2022
8. Pando Cerra P. & compañeros, **“Interactive Web-Based Training Tool for CAD in a Virtual Environment”**, (2013)
9. Kravchenko O. et al., **“Future proofing CAD education through AI-driven e-learning (PALS)”**, Design Society / 2024
10. ASCE / tangible models paper: **“Use of Tangible and Augmented Reality Models in …”**


ISSN 3030-3907

# O‘SIMLIK MOYLARI SIFATINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY USULLARI.

**Alibekova Mohida**

***Qo‘qon unversiteti Andijan filiali, Kampyuter injiniringi va raqamli texnologiyalar kafedrasi o‘qituvchisi.***

***E-mail: alibekovamokhida93@gmail.com***

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada o‘simlik moylarini ishlab chiqarish va ularning sifatini baholashda zamonaviy tahlil usullarini qo‘llash masalalari yoritilgan. O‘zbekistonning asosiy yog‘-moy xomashyo bazasini tashkil etuvchi kungaboqar, paxta, zig‘ir, raps va boshqa yog‘li ekinlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari (zichlik, pH, sinish koeffitsienti, yopishqoqlik, sirt tarangligi va b.) tahlil qilinadi. Tadqiqotda FTIR, NIR, Raman, floresans spektroskopiya, GC-MS, HPLC va refraktometriya kabi zamonaviy analitik usullar qo‘llanilgan. Bu usullar o‘simlik moylarining tarkibi, sifati, to‘yinmagan yog‘ kislotalari miqdori hamda oksidlanish darajasini tezkor va aniq aniqlash imkonini beradi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, turli usullarni kombinatsiyalash – masalan, FTIR va Raman yoki FTIR va refraktometriyani birgalikda qo‘llash – diagnostika jarayonini tezlashtiradi, energiya sarfini kamaytiradi va mahsulot sifatining barqarorligini ta’minlaydi. Shu bois, o‘simlik moylari sifatini baholashda avtomatlashtirilgan va kombinatsiyalashgan yondashuvlar eng istiqbolli yo‘nalish sifatida tavsiya etiladi.

**Kalit so‘zlar:** o‘simlik moyi, sifat nazorati, FTIR, NIR, Raman, spektroskopiya, GC-MS, HPLC, refraktometriya, avtomatlashtirish, kombinatsiyalashgan usul.

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы применения современных методов анализа при производстве и оценке качества растительных масел. Анализируются физико-химические свойства основных масличных культур, составляющих сырьевую базу Узбекистана, таких как подсолнечник, хлопок, лен, рапс и другие (плотность, pH, коэффициент преломления, вязкость, поверхностное натяжение и др.). В исследовании использованы современные аналитические методы, включая FTIR, NIR, Raman, флуоресцентную спектроскопию, GC-MS, HPLC и рефрактометрию. Эти методы позволяют быстро и точно определить состав, качество, содержание ненасыщенных жирных кислот и степень окисления растительных масел. Результаты показывают, что комбинирование различных методов — например, FTIR и Raman или FTIR и рефрактометрии — ускоряет процесс диагностики, снижает энергозатраты и обеспечивает стабильность качества продукции. Поэтому автоматизированные и комбинированные подходы к оценке качества растительных масел рекомендуется считать наиболее перспективным направлением.



ISSN 3030-3907

**Ключевые слова:** растительное масло, контроль качества, FTIR, NIR, Raman, спектроскопия, GC-MS, HPLC, рефрактометрия, автоматизация, комбинированный метод.

**Abstract.** This article discusses the application of modern analytical methods in the production and quality assessment of vegetable oils. The study analyzes the physicochemical properties of major oilseed crops that form the raw material base of Uzbekistan—such as sunflower, cotton, flax, rapeseed, and others (density, pH, refractive index, viscosity, surface tension, etc.). Modern analytical techniques including FTIR, NIR, Raman, fluorescence spectroscopy, GC-MS, HPLC, and refractometry were employed in the research. These methods enable rapid and accurate determination of the composition, quality, unsaturated fatty acid content, and oxidation level of vegetable oils. The results show that combining different methods—such as FTIR with Raman or FTIR with refractometry—accelerates the diagnostic process, reduces energy consumption, and ensures product quality stability. Therefore, automated and combined approaches to assessing vegetable oil quality are recommended as the most promising direction.

**Keywords:** vegetable oil, quality control, FTIR, NIR, Raman, spectroscopy, GC-MS, HPLC, refractometry, automation, combined method.

**Kirish**

Bozor iqtisodiyoti rivojlanishining hozirgi bosqichida o‘simlik yog‘larini ishlab chiqarish va qayta ishlash mamlakatimiz qishloq xo‘jaligiga bog‘liq oziq-ovqat sanoatining muhim va strategik tarmoqlaridan biriga aylangan bo‘lib, ushbu sohada qayta ishlash quvvatlarini kengaytirish, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va eksportbop mahsulotlar ishlab chiqarishga katta e’tibor qaratilmoqda . O‘zbekistonda eng yirik yog‘-moy xomashyosi yetishtiriladigan hududlar sifatida Farg‘ona, Andijon, Samarqand, Toshkent, Buxoro va Xorazm viloyatlari ajralib turadi . Ushbu hududlarda kungaboqar, paxta urug‘i, zig‘ir, raps, soya kabi yog‘li ekinlar yetishtiriladi. Hozirda har yili mamlakatimizda o‘rtacha 250–300 ming tonna o‘simlik yog‘i ishlab chiqariladi, 500–600 ming gektar yer maydonida yog‘li ekinlar yetishtiriladi, shuningdek, 60–70 ming tonna zig‘ir va kungaboqar urug‘lari eksport qilinmoqda . O‘simlik yog‘lari nafaqat oziq-ovqatda, balki bioyoqilg‘i, kosmetika, dorivor vositalar va lak-bo‘yoq mahsulotlari ishlab chiqarishda ham keng foydalanilmoqda. Jahondagi tendensiyalarga mos ravishda O‘zbekistonda ham raps va zig‘ir yog‘ini biodizel yoqilg‘isi sifatida ishlatish bo‘yicha tadqiqotlar amalga oshirilmoqda . Hududlarning iqlim sharoiti va yer-suv resurslaridan kelib chiqib, zig‘ir, kungaboqar va raps ekinlari qishloq xo‘jaligida almashlab ekish tizimiga joriy etilmoqda. Bu esa nafaqat xomashyoni ko‘paytirishga, balki o‘simliklarning tuproq unumdorligiga ijobiy ta’siri orqali ekologik barqarorlikni ta’minlashga xizmat qilmoqda [5].Yuqori qo‘shilgan qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish –



ISSN 3030-3907

xususan, rafinatsiyalangan, organik va diyetik yog‘lar, shuningdek o‘simlik moylaridan olinadigan kimyoviy komponentlar (tokofyerol, fitosterin va b.) eksport salohiyatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda [1].

**Metodologiya.**

Tahlillarda ko‘rsatiladiki, hozirgi kunda talab katta bo‘lgan o‘simlik moylariga ikki yillik onagra urug‘lari moyi *(Oenothera paradoxa),* Mariyina cherepitsa moyi *(Silybum marianum),* Qovoq urug‘i moyi *(Cucurbita oleo),* Kungaboqar yog‘i, Zaytun moyi, Makkajo‘xori yog‘i, Kastor yog‘i, Hindiston yong‘og‘i yog‘i va Kanola yog‘i, Zig‘ir urug‘i moyi *(Linum usitatissimum L.),* Raps urug‘i moyi *(Camelina silvestris),* Qora sedana urug‘i moyi *(Nigella sativa)misol qilib aytishimiz mumkin. Bu o* ‘simlik moylari bir va ko‘p to‘yinmagan yog‘ kislotalari (MUFA va PUFA) ning tanilgan manbaidir. So‘nggi yillarda to‘yinmagan yog‘ kislotalariga boy bo‘lgan o‘simlik moylariga bo‘lgan talab oshib bormoqda. Bu esa yangi moyli o‘simlik turlarining yetishtirilish va o‘zlashtirilishiga olib kelmoqda. Ushbu ishda quyidagi fizik-kimyoviy xususiyatlar o‘rganildi: zichlik, pH, yorug‘lik sinish koeffitsienti, dinamik qovushqoqlik, ho‘llanish burchagi, sirt tarangligi, rang, hamda antioksidant xossalari. Ushbu parametrlar oddiy va keng foydalaniladigan analitik usullar orqali aniqlanib, moylarning asosiy xususiyatlari va sifatini baholashda muhim indikator bo‘lib xizmat qildi [2,3]. O‘simlik moylarining fizik-kimyoviy asosiy hususiyatlari 1-jadvalda keltirilgan.

**1- jadval**

**O‘simlik moylarining fizik-kimyoviy asosiy hususiyatlari**

| *O‘simlik moyi* | *Zichlik [g/cm³]* | *pH* | *Yorug‘lik sinishi* | *Yopishqoqlik [mPa·s]* | *Ho‘llanish burchagi [°]* | *Yuzaki taranglik [N/m]* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Primula (OW) | 0.925 | 7.52 | 1.476 | 46.8 | 38.2 | 40.1 |
| Mari silyum (OO) | 0.918 | 6.34 | 1.4715 | 57.1 | 40.8 | 39.6 |
| Qovoq (OD) | 0.921 | 6.11 | 1.475 | 57.4 | 32.0 | 36.0 |
| Zig‘ir (OL) | 0.923 | 7.51 | 1.4755 | 50.6 | 34.2 | 36.3 |
| Kamalina (OR) | 0.921 | 6.4 | 1.475 | 48.8 | 30.6 | 33.7 |
| Qora sedana (OCZ) | 0.92 | 5.63 | 1.4725 | 57.2 | 35.4 | 38.0 |
| Makkajo‘xori | 0.92 | 6.8 | 1.4712 | 47.0 | 33.5 | 37.5 |
| Kungaboqar | 0.922 | 6.6 | 1.474 | 45.5 | 35.1 | 38.5 |
| Paxta | 0.924 | 6.2 | 1.4728 | 50.0 | 31.0 | 35.8 |
| Yeryong‘oq | 0.914 | 6.5 | 1.469 | 44.0 | 36.2 | 39.0 |
| Xantal | 0.915 | 6.4 | 1.4705 | 46.0 | 34.5 | 37.2 |
| Zaytun | 0.91 | 5.8 | 1.468 | 42.0 | 32.8 | 35.0 |
| Raps | 0.916 | 6.5 | 1.47 | 47.5 | 33.0 | 36.5 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kokos | 0.92 | 7.0 | 1.448 | 38.0 | 28.5 | 32.0 |
| Palma | 0.891 | 6.9 | 1.455 | 39.0 | 29.0 | 33.0 |
| Kakao | 0.893 | 6.0 | 1.456 | 41.0 | 31.5 | 34.2 |

O‘simlik moylarining fizik-kimyoviy xossalari moyning sifat va iste’molga yaroqlilikning asosiy mezoni bo‘lib, mazkur ko‘rsatkichlarning barqaror va ishonchli nazorati uchun zamonaviy o‘lchash uskunalari va avtomatlashtirilgan tizimlar zarur bo‘lmoqda. Aynan shuning uchun keyingi bo‘limda o‘simlik moylari sifatini baholashda avtomatlashtirish tamoyillarining ilmiy-nazariy asoslari tahlil qilinadi.

**Natija**

Oziq - ovqat sanoatida o‘simlik moylarini sifatini baholash samaradorligini oshirishning dolzarb vazifasini hal qilish uchun **tezkor** yoki **chuqur** diagnostika tahlillarini o‘tkazish kerak bo‘ladi. O‘simlik moylarini sifat nazoratidan o‘tkazishda ikkita asosiy laboratoriya va tezkor diagnostika yondashuvini o‘rganish zarur.

Tezkor diagnostika tahlilida qo‘llaniladigan laboratoriya jarayonlarining asosiy qonuniyatlariga ta’sir qiluvchi tarkibiy tahlilning holati o‘simlik moy sifatining asosiy harakteristikasini belgilaydi.

Har bir usul moy sifatini aniqlash tehnalogiyasiga qarab bir-biridan farq qiladi. Usullar ichida Fourier transform infraqizil (FTIR) spektroskopiya usuli eng ko‘p tarqalgan usul hisoblanib, mazkur usulda namunani fizikaviy o‘zgartirmasdan tahlil qilish imkonini beruvchi o‘simlik moylarining tarkibi va sifatini aniqlashda keng qo‘llaniladi. Ushbu usul infraqizil nurlanish va molekulalarning tebranish harakatlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikka asoslangan [4]. FTIR spektroskopiyasi jarayonida 4000–400 $sm^{-1}$ oralig‘idagi infraqizil nurlar moy namunasi bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi . Molekuladagi kimyoviy bog‘lar nurlanishni o‘ziga xos chastotalarda yutadi, moy tarkibidagi moddalarning mavjudligi, va ularning nisbati aniqlaydi. FTIR usulida tahlil qilish uchun moy namunasi ATR (Attenuated Total Reflectance) texnikasi yordamida to‘g‘ridan-to‘g‘ri kristall sirtiga qo‘yiladi. Infraqizil nur namunaga yuboriladi va undan qaytgan nurlar interferogramma shaklida qayd qilinadi. So‘ngra, ushbu signal matematik ravishda Fourier transformatsiyasiga uchratilib, absorbsiya spektri olinadi. Bu spektrda hosil bo‘lgan cho‘qqilar kimyoviy bog‘larning mavjudligini ko‘rsatadi. Har bir yog‘ turi, uning kimyoviy tarkibi va to‘yinmaganlik darajasiga qarab o‘ziga xos “spektral iz”ga ega bo‘ladi. FTIR yordamida olingan spektrlar asosida moydagi yod soni, to‘yinmagan yog‘ kislotalari ulushi, oksidlanish darajasi, erkin yog‘ kislotalari va boshqa parametrlar aniqlanishi mumkin. Bunday tahlil ko‘pincha **kimyometrik modellash** orqali amalga oshiriladi. Asosiy komponentlar tahlili (PCA), qisman eng kichik kvadratlar regressiyasi (PLS) va


ISSN 3030-3907

diskriminant tahlil (DA) kabi statistik usullar yordamida FTIR spektrlari asosida moy turlari farqlanadi, soxtalashtirish aniqlanadi va sifat baholanadi [5].

NIR (Near-infrared) Raman NIR spektroskopiyasi — bu nurli (kontakt-siz) tahlil usuli bo‘lib, unda o‘simlik moyi namunasiga yaqin infraqizil (700–2500 nm) to‘lqin uzunligidagi nur yo‘naltiriladi. Bu nur moy tarkibidagi molekulalar (C–H, O–H, N–H kabi) bilan o‘zaro ta’sirga kirishib, ma’lum qismini yutadi. Moy o‘z holatida yoki shisha, kvarts yoki plastik idishda to‘g‘ridan-to‘g‘ri tahlil qilinadi [6]. Na’muna yuzasiga nur yo‘naltiriladi va qaytgan yoki yutilgan nurlar spektrometrga yuboriladi. Qurilma maxsus detektor yordamida bu nurlarning intensivligi va to‘lqin uzunligini o‘lchaydi hamda NIR spektrini hosil qiladi. Har bir moy turi, uning kimyoviy tarkibi, namlik darajasi va to‘yinmaganlik xususiyatiga qarab o‘ziga xos spektrga ega bo‘ladi. Tezkor, buzilmaydigan, ekologik xavfsiz va bir vaqtning o‘zida bir nechta parametrni aniqlash imkonini beradi. Moy mahsulotlari sifatini real vaqtda (on-line) nazorat qilishda juda muhimdir Bu hususiyat ushbu usulning afzalligi hisoblanadi. Lekin, ushbu usulda spektrlar ko‘pincha ustma-ust tushadi va ularni aniq tahlil qilish uchun statistik va matematik modellardan foydalanish zarur. Shu sababli, modelni dastlab to‘g‘ri kalibrlash va uni mustahkam validatsiya qilish muhim ahamiyatga ega [7].

Floresan spektroskopiyasi – bu moddalarning molekulalari yorug‘lik nurlanishi ta’sirida qo‘zg‘alib, so‘ngra yana past energiyali holatga qaytayotganda chiqaradigan nurlanishni o‘lchashga asoslangan zamonaviy optik-analitik usuldir. Bu texnologiya yuqori sezuvchanlikka ega bo‘lib, o‘simlik moylari tarkibida mavjud bo‘lgan bioaktiv komponentlarni aniqlash va ularning o‘zgarishini monitoring qilish imkonini beradi. O‘simlik moylari tarkibida mavjud bo‘lgan tokoferollar, polifenollar, karotenoidlar va xlorofill moddalari kuchli floresans xususiyatga ega. Shu bois bu usul aynan ushbu komponentlar miqdorini aniqlashda juda samarali hisoblanadi [8]. Floresans spektridagi chiziqlar intensivligi va ularning joylashuvi orqali o‘simlik moyining oksidlanish darajasi, saqlash muddati davomida yuzaga keladigan degradatsion o‘zgarishlar va aralashmalar aniqlanishi mumkin. Ushbu usul oddiy va tezkor o‘simlik moylarining bioaktiv komponentlarini baholashda samarali usul bo‘lsa-da, u **faqat ma’lum moddalargagina sezgir,** spektrlari **murakkab** va **fotoxavfli,** hamda **modelga bog‘liq** bo‘lishi tufayli har doim ham **mustaqil tahlil vositasi sifatida** yetarli bo‘lmasligi mumkin. Shuning uchun ko‘pincha u **FTIR, NIR yoki Raman** spektroskopiyasi kabi boshqa usullar bilan **kombinatsiyada** qo‘llaniladi [9].

GC-MS — bu gaz xromatografiyasi va mass-spektrometriya asosida ishlovchi tahlil usuli bo‘lib, moddalar tarkibidagi organik birikmalarni aniqlash va tahlil qilishda qo‘llaniladi. Ushbu usulda namuna avval gaz xromatografiyasi orqali ajratiladi, so‘ngra har bir komponent mass-spektrometr orqali tekshiriladi. Usul


ISSN 3030-3907

juda aniq natija beradi, biroq yuqori texnologiyali uskunalar, malakali mutaxassis va katta moliyaviy xarajat talab etiladi. Shunga qaramasdan, GC-MS turli xil oziq-ovqat, dori va atir mahsulotlarining tarkibini tahlil qilishda eng ishonchli va keng qo‘llaniladigan usul hisoblanadi [10].

HPLC bu moddalarning kimyoviy tarkibini aniqlash va ularni ajratish uchun mo‘ljallangan xromatografik usul bo‘lib, u yuqori bosim ostida suyuqlik tashuvchi faza orqali namunani maxsus kolonnadan o‘tkazishga asoslangan. Kolonnadagi adsorbent modda namunadagi komponentlarni ularning fizik-kimyoviy xossalariga ko‘ra ajratadi. Bu usul odatda o‘simlik ekstraktlari, dorivor moddalar, oziq-ovqat va atirlar tarkibini chuqur tahlil qilishda qo‘llaniladi. HPLC usulida yuqori aniqlik, qayta aniqlash imkoniyati va avtomatlashtirish mavjud bo‘lishiga qaramay, u murakkab qurilma, yuqori xarajat va tajribali mutaxassis talab qilishi bilan ajralib turadi [11].

Refraktometriya bu suyuqliklarning yoki eritmalarning optik zichligini aniqlashga asoslangan analitik usul bo‘lib, moddaning yorug‘lik sindirish (sinish) ko‘rsatkichini (refraksiya indeksini) o‘lchash orqali amalga oshiriladi. Yorug‘lik modda sirtidan o‘tganda sinadi, va bu sindirish burchagi moddaning konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘ladi. Refraktometr yordamida o‘lchov tez, oddiy va noinvaziv tarzda bajariladi. Ushbu usul shakar eritmalari, yog‘lar, ichimliklar va boshqa suyuqlik mahsulotlarining sifatini baholashda keng qo‘llaniladi. Biroq, refraktometriya faqat optik jihatdan tiniq va bir jinsli namunalar uchun mos bo‘lib, tarkibida qattiq zarrachalar yoki ko‘p komponentli aralashmalar bo‘lsa, aniqlik pasayishi mumkin [12].

## Muhokama

**FTIR, Raman va NIR spektroskopiyalari** moddalarning molekulyar tuzilmasi va kimyoviy bog‘larini tahlil qilib, tezkor, kontaktsiz va ekologik xavfsiz bo‘lib, yuqori aniqlikka ega natijalar berishi uchun to‘g‘ri statistik modellashtirish va kalibrlash muhimdir. **GC-MS va HPLC xromatografik usullari** murakkab aralashmalardagi komponentlarni ajratish va aniqlashda eng ishonchli texnologiyalar hisoblanib, molekulyar darajada aniqlik , suyuqlik fazasida komponentlarni bosim ostida ajratadi, yuqori aniqlikda ishlay oladi, ammo murakkab qurilmalar va malakali mutaxassis talab qiladi. **Refraktometriya usuli** moddaning yorug‘lik sindirish koeffitsientiga asoslanib, suyuqliklarning tozaligi va sifatini aniqlaydi. Bu usul oddiy, arzon va tezkor bo‘lib, ishlab chiqarish jarayonida operativ nazorat uchun qulay.

## Xulosa

Yuqorida keltirilgan sifat nazorati usullari o‘zining qator afzalliklariga qaramasdan ma’lum kamchiliklarga ega bo‘lmoqda. Shuni inobatga olib hozirgi vaqtda turli sifat nazorati usullarini o‘zida birlashtirgan kombinatsiyalashgan


ISSN 3030-3907

nazorat usullari ishlab chiqilmoqda va rivojlanmoqda. Masalan, **FTIR usuli** va **Raman spektroskopiyasi, FTIR va** Refraktometriya **yordamida sifat nazorat usullari bilan birgalikda qo‘llash mumkin. Kombinatsiyalashgan usullarni qo‘llash** diagnostika jarayonini sezilarli tezlashtirib beradi, istemol qilayotgan energiyani tejaydi, jarayon boshqarishni yanada moslashuvchan ko‘rinishiga ega bo‘linadi, maxsulotning ahamiyatli xususiyatlari juda yaxshi saqlanib qoladi.

## FOYDALANGAN ADABIYOTLAR.

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risidagi» Farmoni.

2. Wiktoria Kamińska, GrażYna Neunert, Maciej JarzęBski. Analiza właściwości fizykochemicznych i charakterystyka spektrofotometryczna wybranych olejów roślinnych. Żywność. Nauka. Technologia. JAKOŚĆ, 2024, 31, 1 (138), 113 – 133. https://doi.org/10.15193/zntj/2024/138/490 .

3. N. M. Essien, O. E. Ofem andS. C.Bassey. Comparative Physical Characterization, Physio-Chemical and Fatty Acid Composition of Some Edible Vegetable Oils. Journal of Advances in Biology & Biotechnology1(1): 30-39, 2014; https://doi.org/10.9734/JABB/2014/12489 .

4. Leandro S. Herculano , Gustavo V.B. Lukasievicz a, Elizandra Sehn a, Alex S. Torquato b, Marcos P. Belançon c, Elton Savi d, Newller M. Kimura d, Luis C. Malacarne d, Mauro L. Baesso d, Nelson G.C. Astrath d The correlation of physicochemical properties of edible vegetable oils by chemometric analysis of spectroscopic data. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Volume 245, 15 January 2021, 118877. https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118877 .

5. Shyju Bhaskar, K. Spandana, K. K. Mahato, N. Mazumder. Purity Analysis of Adulterated Vegetable Oils by Raman and FTIR Spectroscopy. OSA Technical Digest (Optica Publishing Group, 2018),paper JW4A.121. https://doi.org/10.1364/FIO.2018.JW4A.121 .

6. C. Jiménez-Sanchidrián, J. Ruiz. Use of Raman spectroscopy for analyzing edible vegetable oils. Applied Spectroscopy Reviews Volume 51, 2016 - Issue 5. https://doi.org/10.1080/05704928.2016.1141292 .

7. Rohman, Y. Che Man. Application of FTIR Spectroscopy for Monitoring the Stabilities of Selected Vegetable Oils During Thermal Oxidation. International Journal of Food Properties Volume 16, 2013 - Issue 7. https://doi.org/10.1080/10942912.2011.603874 .

8. X. Li, Liangxiao Zhang, Yong Zhang, Du Wang, Xuefang Wang, Li Yu, Wen Zhang, Peiwu Li. Review of NIR spectroscopy methods for nondestructive quality



ISSN 3030-3907

analysis of oilseeds and edible oils.Trends in Food Science & Technology Volume 101, July 2020, Pages 172-181 https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.002 .
9. Bunaciu, H. Aboul-Enein, V. D. Hoang. Edible oil analysis. Vibrational Spectroscopy Applications in Biomedical, Pharmaceutical and Food Sciences. 2020, Pages 167-187 https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818827-9.00009-3 .
10. Y. Gilbert, Mbesse Kongbonga, H. Ghalila, M. Onana, Y. Majdi, Z. B. Lakhdar, H. Mezlini, S. Sevestre-Ghalila. Characterization of Vegetable Oils by Fluorescence Spectroscopy. Food and Nutrition Sciences, 2011, 2, 692-699 https://doi.org/10.4236/FNS.2011.27095 .
11. Yueming Zheng, F. Feng, Wei Guo, X. Chu, Jiarong Pan, W. Jia Determination of fatty acids in vegetable oils using comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to quadropole mass spectrometry. Chinese journal of chromatography 18 September 2013 https://doi.org/10.3724/SP.J.1123.2012.06041
12. Supriya Rayudu. An exploration of high-performance liquid chromatography. International journal of scientific research. Volume - 12 Issue - 08 August - 2023 PRINT ISSN No. 2277 - 8179 https://doi.org/10.36106/ijsr/0908831

# INFORMATIKA VA AT O‘QITUVCHILARI UCHUN DASTURLASH MALAKASINI RIVOJLANTIRISHDA INNOVATSION YONDASHUV

**Davletov Rasulbek Marimbayevich**

***Xorazm viloyati PMM “Aniq va tabiiy fanlar metodikasi” kafedrasi katta o‘qituvchisi***

***E-mail: rasulbek.74@mail.ru tel:975117220***

**Annotatsiya:** Ushbu ilmiy maqolada informatika va axborot texnologiyalari o‘qituvchilarining dasturlash bo‘yicha malakasini oshirishning zamonaviy metodikasi tadqiq etilgan. Malaka oshirish jarayonida nazariy bilimlar, amaliy ko‘nikmalar va pedagogik yondashuvlarning uyg‘unligi asosida samarali ta’lim tizimini tashkil etish usullari ko‘rib chiqilgan. Ishda o‘qituvchilarni dasturlash tillari va texnologiyalari bilan tanishtirish, interaktiv va onlayn ta’lim vositalaridan foydalanish, shuningdek, individual yondashuv asosida doimiy rivojlanishni ta’minlash muhimligi ta’kidlangan. Tahlil natijalari malaka oshirishning samaradorligini oshirish uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga imkon yaratdi. Ushbu metodika zamonaviy ta’lim jarayonida o‘qituvchilarning kasbiy kompetentligini oshirish va ta’lim sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

**Kalit so‘zlar**: Dasturlash, malaka oshirish, metodika, ta’lim texnologiyalari, pedagogik yondashuv

**Аннотация:**В данной научной статье рассматриваются современные методы повышения квалификации учителей информатики и информационных технологий в области программирования. Рассматриваются методы организации эффективной образовательной системы, основанной на сочетании теоретических знаний, практических навыков и педагогических подходов в процессе повышения квалификации. В работе подчеркивается важность ознакомления учителей с языками и технологиями программирования, использования интерактивных и онлайн-образовательных средств, а также обеспечения непрерывного развития на основе индивидуального подхода. Результаты анализа позволили разработать практические рекомендации по повышению эффективности повышения квалификации. Данная методология служит повышению профессиональной компетентности учителей в современном образовательном процессе и улучшению качества образования.

**Ключевые слова:** Программирование, повышение квалификации, методика, образовательные технологии, педагогический подход

**Abstract**: This scientific article studies modern methods of improving the skills of teachers of computer science and information technology in programming. Methods of organizing an effective educational system based on a combination of theoretical knowledge, practical skills and pedagogical approaches in the process

of professional development are considered. The work emphasizes the importance of introducing teachers to programming languages and technologies, using interactive and online educational tools, as well as ensuring continuous development based on an individual approach. The results of the analysis made it possible to develop practical recommendations to increase the effectiveness of professional development. This methodology serves to increase the professional competence of teachers in the modern educational process and improve the quality of education.

**Key words:** Programming, professional development, methodology, educational technologies, pedagogical approach

**Kirish**

Informatika va axborot texnologiyalari (IT) fani o‘qituvchilari uchun dasturlash bo‘yicha chuqur bilim va malakalar talab qilinmoqda. Bugungi kunda dasturlash nafaqat IT mutaxassislari, balki umumiy ta’lim sohasidagi o‘qituvchilar uchun ham zarur ko‘nikmaga aylanmoqda. Shu bois, o‘qituvchilarning dasturlash bo‘yicha malakasini oshirishga doir zamonaviy metodikalar ishlab chiqish va tatbiq etish ta’lim sifatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Informatika va AT o‘qituvchilarining dasturlash bo‘yicha malakasini oshirishning zamonaviy metodikasi tahlil qilinadi, asosiy yondashuvlar va samarali usullar ko‘rib chiqiladi. Dasturlash — bu algoritmik fikrlash va muammolarni hal qilishning muhim vositasi bo‘lib, o‘quvchilarda tizimli va mantiqiy fikrlashni rivojlantirishga yordam beradi. Informatika fanining dasturlash bo‘yicha qismi ko‘plab mamlakatlarda maktab dasturlarining ajralmas qismiga aylangan. Shu sababli, o‘qituvchilarning dasturlash kompetentligi nafaqat fan bo‘yicha, balki butun ta’lim tizimi sifatining ko‘rsatkichi sifatida qaralmoqda. Malaka oshirish dasturlarini individual ehtiyojlar asosida shakllantirish zarur. Har bir o‘qituvchining dasturlash bo‘yicha boshlang‘ich bilim darajasi va kasbiy maqsadlariga moslashtirilgan modul va yo‘nalishlar ishlab chiqilishi ta’lim sifatini oshirishga yordam beradi. **Onlayn va aralash ta’lim platformalaridan keng foydalanish maqsadga muvofiq.** Coursera, edX kabi global platformalar bilan bir qatorda, milliy ta’lim platformalarini rivojlantirish va ulardan keng ko‘lamda foydalanish zarur. Bu o‘qituvchilarga zamonaviy resurslarga erkin kirish imkonini yaratadi. **Interaktiv va amaliy yo‘nalishlarga ustuvorlik quyidagicha amalga oshirish uchun** nazariy bilimlar bilan bir qatorda, kod yozish, loyiha ishlari va muammoga yo‘naltirilgan o‘rganish metodlarini keng qo‘llash kerak. Bu o‘qituvchilarning dasturlash malakasini yanada mustahkamlaydi. **Pedagogik qo‘llab-quvvatlash tizimini kuchaytirish:** Malaka oshirish jarayonida pedagogik konsultatsiyalar, mentorlik dasturlari va doimiy fikr-mulohaza ( feedback) tizimini yo‘lga qo‘yish malaka oshirish sifatini oshiradi. Malaka oshirish markazlari va



ISSN 3030-3907

ta’lim muassasalarida zamonaviy kompyuter jihozlari va yuqori tezlikdagi internet tarmog‘ini ta’minlash muhimdir. Bu o‘qituvchilarning amaliy mashg‘ulotlarda samarali ishtirokini ta’minlaydi. **Doimiy monitoring va baholash mexanizmlarini joriy etish zarur.** Malaka oshirish dasturlarining samaradorligini baholash uchun muntazam testlar, so‘rovnomalar va natijalarni tahlil qilish tizimi ishlab chiqilishi lozim. Bu jarayonni uzluksiz takomillashtirish imkonini beradi. Ta’lim vazirligi, oliy ta’lim muassasalari, IT kompaniyalar va xalqaro tashkilotlar o‘rtasida hamkorlikni kengaytirish orqali malaka oshirish dasturlarining mazmuni va sifatini oshirish mumkin.

**Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili (Literature review).** Qabul qilingan qarorlar va nutqlarda malaka oshirish tizimini takomillashtirish, yangi pedagogik metodlarni joriy etish, xorijiy mutaxassislar bilan hamkorlikni kuchaytirish masalalari yoritilgan. Ta’lim sohasidagi islohotlari doirasida informatika va AT o‘qituvchilarining dasturlash bo‘yicha malakasini oshirishga alohida e’tibor qaratilgan. Zamonaviy metodikalarni joriy etish, malaka oshirish tizimini takomillashtirish va pedagoglarning kasbiy rivojlanishiga ko‘maklashish masalalari davlat rahbarining doimiy e’tiborida bo‘lib, bu yo‘nalishda amalga oshirilayotgan chora-tadbirlar ta’lim sifatini oshirishga xizmat qilmoqda. Prezident Shavkat Mirziyoyev

**Tadqiqot metodologiyasi (Research Methodology).** O‘qituvchilarning dasturlash bo‘yicha malakasini oshirishda quyidagi asosiy yo‘nalishlar va yondashuvlar samarali ekanligi aniqlangan. **Faol o‘rganish,** ya’ni amaliy mashg‘ulotlar orqali bilim olish, o‘qituvchilarning dasturlash ko‘nikmalarini sezilarli darajada yaxshilaydi. **Moslashuvchan o‘qitish** o‘qituvchilarning individual ehtiyojlariga moslashgan o‘quv dasturlari orqali malaka oshirish samaradorligini oshiradi. **Onlayn va aralash ta’lim** shakllari o‘qituvchilarga qulaylik yaratib, ularning malakasini oshirish jarayonini yanada interaktiv va samarali qiladi.

**1-Jadval**

**Tahlil va natijalar (Analysis and results).**

| T/R | Tahlil yo‘nalishi | Tahlil mazmuni | Olingan natijalar va xulosalar |
|---|---|---|---|
| 1 | Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ta’lim tizimiga ta’siri | AKT sohasining jadal rivojlanishi ta’limning barcha bosqichlarida yangi malaka va kompetentlik talablarini shakllantirdi. | Ta’lim muassasalari va o‘qituvchilarda dasturlash ko‘nikmalarini chuqur egallash zarurati yuzaga keldi; ta’lim sifati oshdi. |



ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | Dasturlashning ta’lim jarayonidagi o‘rni | Algoritmik fikrlash va muammolarni tizimli hal etish ko‘nikmalarini shakllantirish vositasi sifatida dasturlashning ahamiyati. | O‘quvchilarda mantiqiy tafakkur rivojlandi, o‘qituvchilarning dasturlash bo‘yicha malakasi ta’lim jarayonining samaradorligini oshirdi. |
| 3 | Kompetentlik va malaka tushunchalarining o‘zaro munosabati | Kompetentlik – bilim, ko‘nikma va shaxsiy fazilatlarning integratsiyasi; malaka esa, asosan, amaliy ko‘nikmalar to‘plami sifatida tushuniladi. | O‘qituvchilarning dasturlash bo‘yicha malakasini oshirish kompetentlik darajasining kengayishiga va mustahkamlanishiga olib keldi |
| 4 | Zamonaviy pedagogik yondashuvlarning samarasi | Faol o‘rganish, moslashuvchan o‘qitish, va onlayn hamda aralash ta’lim usullarining qo‘llanilishi ta’lim jarayonini interaktiv va individualga moslashtirdi. | O‘qituvchilarning ta’lim jarayoniga qiziqishi oshdi, malaka oshirish jarayoni yuqori samaradorlik bilan amalga oshirildi |
| 5 | Malaka oshirish dasturining tarkibi va mazmuni | Nazariy bilimlar (dasturlash tillari, algoritmlar), amaliy mashg‘ulotlar, va pedagogik metodologiyalar to‘liq integratsiyasi. | O‘qituvchilar nafaqat dasturlashning nazariy asoslarini, balki uni amaliyotda qo‘llash va o‘quvchilarga o‘rgatish ko‘nikmalarini egalladi. |
| 6 | Zamonaviy texnologiyalar va resurslarning roli | Onlayn ta’lim platformalari (Coursera, edX, interaktiv dasturlash muhiti (virtual laboratoriyalar). | Texnologiyalarning keng qo‘llanilishi malaka oshirish sifatini yaxshiladi, o‘qituvchilar o‘z bilimlarini doimiy ravishda yangilab bordi |
| 7 | Malaka oshirish jarayonining | O‘qituvchilarning dasturlash bo‘yicha bilimlari va amaliy | Ta’lim sifatining oshishi va o‘quvchilarning mantiqiy |


ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| | samaradorlik ko‘rsatkichlari | ko‘nikmalari sezilarli darajada oshdi; pedagogik jarayon interaktivlikka erishdi | fikrlash ko‘nikmalarining rivojlanishi tasdiqlandi. |

**Xulosa va takliflar**

Zamonaviy ta’lim tizimi o‘z oldiga faqat axborot beruvchi emas, balki fikrlovchi, muammoni yechuvchi, algoritmik yondashuvga ega shaxslarni tayyorlash vazifasini qo‘yadi. Bunda informatika fani o‘qituvchisining kasbiy kompetentligini, xususan, dasturlash bo‘yicha chuqur malakaga ega bo‘lishi ta’lim sifatini belgilovchi asosiy omilga aylanmoqda. **Amaliy mashg‘ulotlarning ustuvorligi d**asturlash o‘qituvchilik faoliyatida faqat nazariy bilim emas, balki **amaliy kod yozish, algoritmlar tuzish, loyihalarni ishlab chiqish** kabi faoliyatlarni ham qamrab oladi. Shu sababli, amaliy mashg‘ulotlar hajmi oshirilishi zarur. O‘qituvchilarni dasturlash bo‘yicha qayta tayyorlashda moslashuvchan, interaktiv va modulli metodik yondashuvlar, shuningdek, amaliyotga yaqin onlayn platformalar eng samarali deb topildi. Shu bilan birga, mavjud resurslar (texnik, metodik, vaqt jihatdan) yetarli darajada bo‘lmagani ta’lim jarayonini to‘liq qamrab olishga to‘sqinlik qilayotgani aniqlandi.

**Bosqichma-bosqich modulli malaka oshirish tizimini joriy etish:** O‘qituvchilarning dasturlash bo‘yicha tayyorgarlik darajasi turlicha ekanini inobatga olib, malaka oshirish dasturlari **boshlang‘ich, o‘rta va ilg‘or** darajalarda modullashtirilgan shaklda tashkil etilishi lozim. Bu individual ehtiyojlarni hisobga olish va samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Informatika va axborot texnologiyalari o‘qituvchilarini dasturlash bo‘yicha malakasini oshirish zamonaviy metodikalari ta’lim sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abdullaev, Sh., & Karimov, O. (2021). *Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va ta’lim: zamonaviy yondashuvlar*. Toshkent: Ilm-ziyo.
2. Islomov, D. (2020). Dasturlash bo‘yicha o‘qituvchilar malakasini oshirish metodikalari. *Ta’lim va Innovatsiyalar* jurnali, 5(2), 45-53.
3. John, M., & Smith, L. (2019). Teaching programming skills to non-IT teachers: challenges and solutions. *International Journal of Educational Technology*, 12(1), 77-89. https://doi.org/10.1234/ijet.v12i1.567
4. Khamidova, N. (2022). Pedagogik yondashuvlar va dasturlashni o‘rgatish samaradorligi. *O‘zbekiston Pedagogik Universiteti Ilmiy Axboroti*, 8(4), 112-120.
5. Latifov, A. (2020). Kompetentlik asosida o‘qituvchilar malakasini oshirish. Toshkent: Fan va Texnologiya.
6. Coursera Platformasi. (2023). *Online courses on programming and IT education*. https://www.coursera.org



ISSN 3030-3907

7. Stepik Platformasi. (2023). *Interactive programming courses for educators*. https://stepik.org



ISSN 3030-3907

# KPM UCHUN POLIMER BOG‘LOVCHI TO‘LDIRUVCHI ASHYOLAR TANLASH

**Ibrohimova Muqaddas Muhammadsobir qizi**
*Andijon davlat texnika instituti tadqiqotchisi*
*E-mail: ibrohimovamuqaddas9@gmail.com*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada kompozit polimer materiallar (KPM) uchun polimer bog‘lovchi va to‘ldiruvchi ashyo turlarini tanlash hamda ularning optimal tarkibini shakllantirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda epoksid smolasi ED-20 asosida yaratilgan kompozitsion qoplamalar, ularning mexanik va tribotexnik xususiyatlariga mahalliy to‘ldiruvchilar – kaolin, grafit, ipak chiqindisi hamda xlorlangan polietilenning ta’siri o‘rganilgan. Eksperimental natijalar asosida KPM strukturasini modifikatsiyalashning samarali yo‘llari aniqlanib, yuqori mustahkam, eskirishbardosh va energiya tejamkor qoplamalar olish imkoniyatlari tahlil qilingan.

**Kalit so‘zlar**: KPM, epoksid smola, to‘ldiruvchi, grafit, kaolin, xlorlangan polietilen, mexanik xossalar, modifikatsiya.

**Abstract:** This article covers the selection of types of polymer binders and fillers for composite polymer materials (CPM) and the formation of their optimal composition. In the study, the influence of local fillers - kaolin, graphite, silk waste, and chlorinated polyethylene - on the mechanical and tribotechnical properties of composite coatings based on epoxy resin ED-20 was studied. Based on the experimental results, effective ways of modifying the KPM structure were determined, and the possibilities of obtaining high-strength, wear-resistant, and energy-saving coatings were analyzed.

**Keywords:** KPM, epoxy resin, filler, graphite, kaolin, chlorinated polyethylene, mechanical properties, modification.

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются вопросы выбора типов полимерных связующих и наполнителей для композиционных полимерных материалов (КПМ) и формирования их оптимального состава. В исследовании изучено влияние местных наполнителей - каолина, графита, шелковых отходов и хлорированного полиэтилена на механические и триботехнические свойства композиционных покрытий, созданных на основе эпоксидной смолы ЭД-20. На основе экспериментальных результатов определены эффективные пути модификации структуры КПМ и проанализированы возможности получения высокопрочных, износостойких и энергосберегающих покрытий.

**Ключевые слова:** КПМ, эпоксидная смола, наполнитель, графит, каолин, хлорированный полиэтилен, механические свойства, модификация.

**Kirish**



ISSN 3030-3907

So‘nggi yillarda mashinasozlikda yuqori mustahkamlikka, aşinishbardoshlikka va yengil vaznga ega kompozit polimer materiallardan keng foydalanilmoqda. Bunday materiallar an’anaviy metall asosli konstruksion materiallarga nisbatan yuqori tribotexnik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarga ega. Kompozit polimer materiallarning asosiy afzalligi shundaki, ularning tarkibini — bog‘lovchi va to‘ldiruvchi komponentlarni — tanlash orqali xossalarini oldindan boshqarish mumkin. Shu sababli, KPM uchun epoksid bog‘lovchilar, grafit, kaolin, xlorlangan polietilen va ipak chiqindisi kabi mahalliy to‘ldiruvchilardan foydalanish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Mazkur tadqiqotda ana shunday materiallardan tayyorlangan qoplamalarning mexanik, adgezion va tribologik xossalari tahlil qilinadi [1].

Kompozit polimer materiallarni modifikatsiyalashning samarali turi sifatida mahalliy ashyo va energetik resurslardan ratsional foydalanish imkonini beradigan strukturalashtirish usullarining maqsadga muvofiqligi asoslangan. Tadqiqot ob’ekti sifatidagi qoplamalar uchun termoreaktiv bog‘lovchi epoksid smolasi ED-20 asosidagi kompozitlar va to‘ldiruvchilar: mahalliy ashyolardan kaolin, grafit, xlorlangan polietilen hamda ipakni qayta ishlash chiqindisi (IQICH) olindi (1-jadval) [2,3].

**1-jadval**

**Qoplama uchun tanlangan materiallar**

| № | Materialarning nomlanishi | GOST yoki TSH | Izoh |
|---|---|---|---|
| **1** | Epoksid smolasi (ED-20) | GOST 10587-72 | Termoreaktiv bog‘lovchi[1] |
| **2** | Dibutilftalat (DBF) | GOST 8728-76 | Plastifikator |
| **3** | Polietilenpoliamin (PEPA) | TSH 6-02-594-70 | Qotirgich |
| **4** | Grafit (uvalanuvchan) | GOST 44404-88 | To‘ldiruvchi (d≤20 mkm) |
| **5** | Angren kaolini | GOST 6138-61 | To‘ldiruvchi (d≤20 mkm) |
| **6** | Ipakni qayta ishlash chiqindisi (IQICH), sinchlovchi | O‘zDSt 993-2011 | To‘ldiruvchi (d≤2 mm) |
| **7** | Modifikator xlorlangan polietilen (XPE) | O‘zDSt | Strukturalovchi |

1.Bog‘lovchi epoktsid kompoundi -$ED_k$=ED-20(100 masa.q)+DBF(18 masa.q)+PEPA(12 masa.q)

Model va nazorat namunasi sifatida paxtani qayta ishlash bo‘yicha yirik o‘lchamli texnologik mashinalar ishchi organlarida keng qo‘llaniladigan namuna konstruktsion material – po‘lat (St3) olindi.



ISSN 3030-3907

**Metodologiya.** Dissertatsiya ishini bajarishda Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti rektori, professor S.M.Turabdjanov va Andijon shaxridagi “Uz Dong Ju Paint Co” QK direktori U.I.Azimovlar o‘rtasida 05.01.2018 yilda №145-sonli 5 yil muddatga tuzilgan o‘zaro hamkorlik shartnomasining 1.4, 2.2, 3.2 bandlariga va OT-F 2-41 sonli fundamental loyiha rejasiga muvofiq ilmiy tadqiqot ishlari olib borildi. Namunalarning mexanik xususiyatlari korxonaning ISO/MEK 17025:2005 Xalqaro va O‘zDST ISO/IEC 17025:2007 Respublika standartlari asosida faoliyat olib borayotgan akkreditatsiyalangan sinov laboratoriyasida quyidagi ko‘rsatkichlar olindi:

- HB-mikroqattiqlik (tvyordomerlar №3635 ser. №3389/06 01.05.2019-01.05.2020) va ToshDTUning PMT-3 jihozlarida [4];
- $\sigma_{уд}$ – zarbiy mustahkamlik IMPAST TESTER J-020 №5512 ser. №10-951 28.11.2018-28.11.2019 [5];
- $\sigma_{эг}$ – egilishga mustahkamlik Bending Tester №5750 ser. №10-954 28.11.2018-28.11.2019;
- adgezion mustahkamlik №315 ser 2236 28.03.2019-28.03.2020 adgeziomer;
- qoplama geometrik o‘lchamlarini putirsiz baholash usuliga asoslangan №434817 ser. 3374 01.05.2019-01.05.2020 bo‘yicha sinov laboratoriyasi jihozlarida standartlashgan usul.

Qoplamalar uchun muhim hisoblanadigan adgezion mustahkamlikni o‘lchash vositalari va usuli 1-rasmda tasvirlangan.



**1-rasm. GKP qoplamalarning adgezion mustahkamligini o‘lchash vosita va usullari**

Eksperimentlarda konditsion namligi 8-12% va ifloslanganligi 3-12% bo‘lgan Andijon-36 va S-65-24 navli chigitli paxtalardan foydalanildi.

Nazoratlanadigan parametrlar sifatida qoplama sirtining barqarorlashgan notekisligi balandligi ($R_z$), ishqalanish sirti harorati ($T_{tr}$), asosiy triboparametrlar sifatidagi ishqalanish koeffitsienti (f) metall sirtga nisbatan paxta xomashyosining nisbiy mexanik jarohatlanishi ($\delta_0$) va qoplama chiziqli eyilishining jadalligi ($I_l$) tanlab olindi.

Tadqiq qilingan GKPM komponenti tarkiblari va ekspluatatsion hossalari optimallashtirish va tadqiqot natijalarini qayta ishlashda Lagranj interpolyatsiya formulasi hamda maxsus ishlab chiqilgan DGU 06066, 06067-sonli dasturdan foydalanildi [6].



ISSN 3030-3907

Ko‘p funktsional GK polimer qoplamalarning ekspluatatsion, ya’ni tribotexnik xususiyatlari hamda paxtaning nisbiy mexanik jarohatlanishi professor U.A.Ziyamuhamedova rahbarligida ilk bor ishlab chiqilgan davlat standarti (O‘zDST 2822-2014)ga muvofiq. Professor A.B.Djumabaev rahbarligida ishlab chiqilgan dunyoda analogi yo‘q tribometr yordamida aniqlandi.

**Natija va muhokama.**

**Kompozitsion materiallar** an’anaviy konstruksion materiallarga nisbatan aloxida xossalarga ega. Bu narsa ijobiy xususiyatli materiallarni va konstruksiyalarni yaratishga olib keldi. Kompozitsion materiallar (k.m.) ikki va undan ortiq tashkil etuvchilardan-komponentlardan tuzilgan murakkab material bo‘lib, xar xil usullar bilan bog‘langan va o‘ziga xos xossalari bor.

Birinchi kompozitsion material 1867-yilda patentlangan: xovli gul tuvaklari, sim va sementdan yasalgan: bog‘bon fransuz J.Mone.



**2-rasm. kompozitsion kukun matallaridan tayyorlangan detallar**

Kompozitsion materiallar mashinasozlik apparati konstruksiyalariga qo‘yilgan talablarga javob beradi: yengil bo‘lishligi; maksimal mustaxkamlik va bikirlik; ishlash davrida maksimal ishlash resursi. Shular uchun k.m. samolyotsozlikda ko‘p qo‘llanilgan. SSSR ning “Ruslan” samolyotida 5,5 t. og‘irlikdagi konstruksion kompozitsion materiallardan yasalgan va 15 t. og‘irlik iqtisod qilingan.

Xozirgi zamon transport samolyotlari konstruksiyalarining 15-20%; xarbiy samolyotlarning 25-30%; xarbiy vertolyotlarning 45-55%; strategik raketalarning 75-80% kompozitsion materiallardan yasalgan.

Kompozitsion materiallarga quyidagi xususiyatlar yig‘indisi xos:

a) Komponentlarning tarkibi, formasi va taqsimlanishi oldindan aniqlangan;

b) Ikki va undan ortiq ximiyaviy xar xil materiallardan tarkib topgan va bir-birlari bilan ajralib turadilar;

v) Kompozitsion materialning xossalari xar bir tashkil etuvchining xossalari bilan aniqlanadi;

g) Kompozitsion materialning xossalari, tashkil etuvchilarning xossalaridan farq

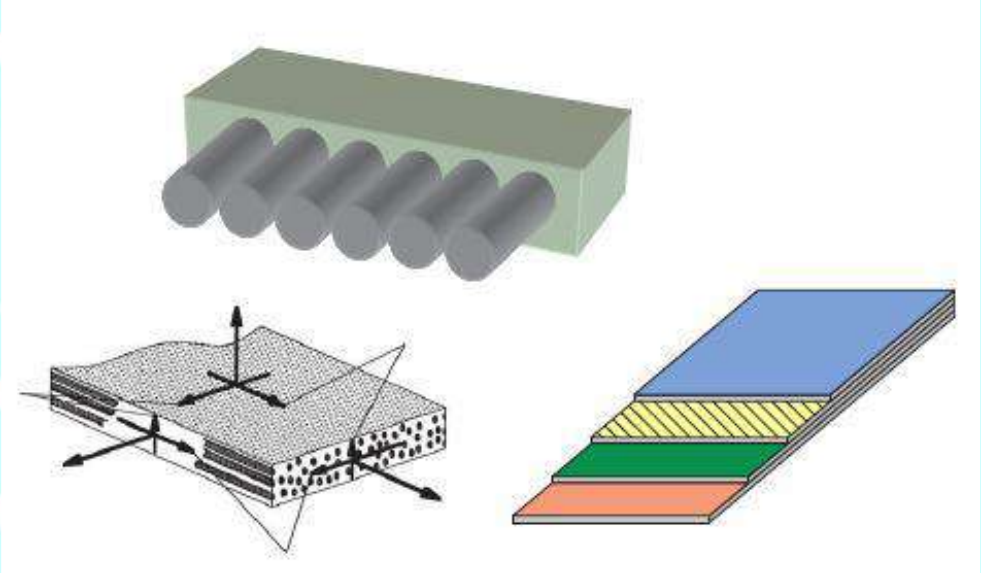


ISSN 3030-3907

qiladi;

d) Kompozitsion material makromasshtab miqyosida birtanli, mikromasshtabda bir tanli emas;

e) Bu material tabiyatda uchramaydi va odamzodning ixtirosidir.



**3-rasm.Kompozitsion materiallarning sxematik tuzilishi**

*Geometrik ko‘rsatkichl*ariga qarab tashkil etuvchilar xar xil bo‘ladi. Butun xajm bo‘yicha uzluksiz-to‘xtovsiz tarqalgan komponent-**matritsa** deyiladi. Uzlukli, bo‘lak-bo‘lakli materiallar **sinchlovchi yoki puxtalovchi** tashkil etuvchilar deb ataladi.

Matritsa materiali sifatida metall va uning qotishmalari; organik va noorganik polimerlar; keramika, uglerod va boshka materiallar ishlatiladi. Matritsa materiali xossalari kompozitsion materialni olish texnologik jarayonini ifodalaydi. Uning zichligini, mustaxkamligini, ishlash xaroratini, charchab buzilishga qarshiligini, tashqi agressiv muxitga qarshiligini ifodalaydi.

Sinchlovchi yoki puxtalovchilar matritsa bo‘ylab bir tekisda joylashadi. Bular yuqori puxtalikka, kattiklikka, elastiklik moduliga ega. Bu ko‘rsatkichlar matritsa ko‘rsatkichlarinikidan ancha yuqori. “To‘ldirgichlar” puxtalikni oshirib qolmay, kompozitsion materialning boshqa xossalariga xam ta’sir qiladi.



ISSN 3030-3907



**4-rasm.Kompozitsion va bimetal materiallardan tayyorlangan detallar**

To‘ldirgichlarning geometriyasiga qarab, ularni matritsada joylashishiga qarab, kompozitsion materiallar quyidagicha klassifikatsiya qilinadi.

To‘ldirgichlarning geometriyasiga qarab:

1. **Nol-o‘lchamli to‘ldirgichli:** bularning o‘lchamlari uch tomonlama o‘lchashda bir xil o‘lcham ko‘rsatgichiga ega;
2. **Bir-o‘lchamli to‘ldirgichli:** o‘lchamlardan birining o‘lchamlari kolgan ikkitasinikidan juda katta;
3. **Ikki-o‘lchamli:** ikki o‘lchami qolgan bittasidan juda katta.

To‘ldirgichlarning joylashish sxemasiga qarab kompozitsion materiallar uch guruxga bo‘linadi:

1. To‘ldirgichlarni bir o‘qda-chizig‘iy joylashishi bilan to‘ldirgichlar tola, ip, intevid shaklidagi kristallar formasiga bo‘lib, matritsada bir- biriga parallel bo‘ladi;
2. Ikki o‘qli-yuzali: bularda sinchlovli to‘ldirgichlar tola formasida, intevid kristallarning matolari formasida, matritsada folga formasida parallel tekisliklarda bo‘ladi;
3. Uch o‘qli-xajmiy: bunda sinchlovchi to‘ldirgich xajm bo‘yicha joylashgan; afzal yo‘nalishi yo‘q.

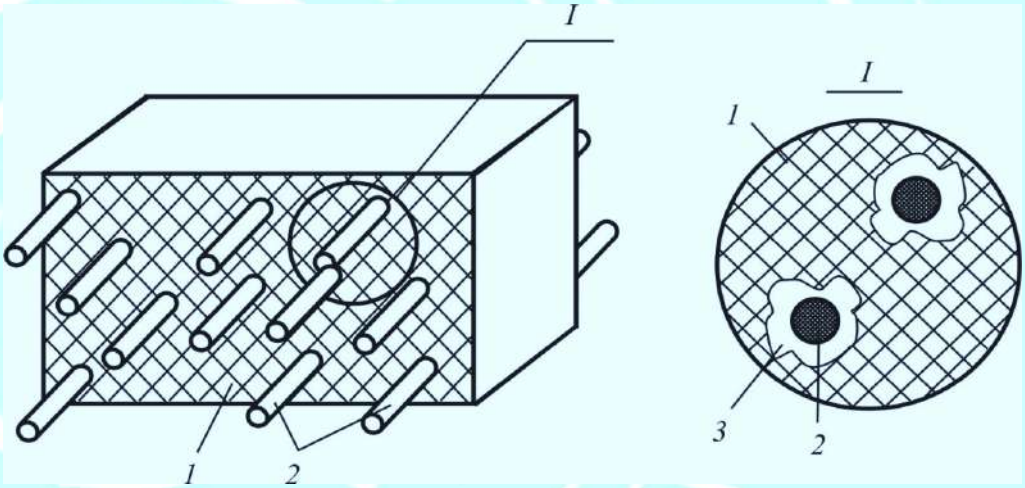
Komponentlarning tabiatiga qarab kompozitsion materiallar quyidagi to‘rt guruxga bo‘linadi:

1. Tarkibida metall yoki metall qotishmasi bor;
2. Tarkibida oksidlar, karbidlar, nitridlarning noorganik birlashmalari borlari;



ISSN 3030-3907

3. Tarkibida metall emas elemantli, uglerodli, borli va x.k li komponent borli;
4. Komponentlari organik moddalar birlashmasidan (epoksidli, poliefirli, fenolli va x.k. smolalar) tashkil topgan.




**5-rasm.Kompozitsion materialning sxematik tuzilishi**
**1- matritsa, 2-sinchlovchi komponentlar. 3-komponent chgarasida o‘zgaruvchan qatlam**

Kompozitsion materiallar xozirgi zamon konstruksion materiallarga nisbatan ancha yukori nisbiy bikirlikka (YE/r) va nisbiy puxtalikka ($\sigma_v$/p) ega.

Kompozitsion materialning elastiklik modulini xoxlagan tomonga ko‘tarish mumkin, o‘sha tomonga sinchlovli qo‘yib.

Kompozitsion materiallarning ishonchliligi xam yuqori. Oddiy qotishmalarda darz ketish va uning o‘sishi ishlash vaqtida tez ketadi. Kompozitsion materialda darz ketish matritsadan boshlanadi. U o‘saolmaydi, chunki yo‘lda puxtalovchi to‘ldirgichga borib taqaladi.

**Xulosa.** Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, epoksid smolasi ED-20 asosida tayyorlangan kompozit polimer qoplamalarning sifat ko‘rsatkichlari ularning to‘ldiruvchi va modifikator komponentlariga bevosita bog‘liq. Mahalliy xomashyolardan — kaolin, grafit, ipak chiqindisi (IQICH) va xlorlangan polietilendan — foydalanish qoplamalarning adgezion mustahkamligini, yeyilishga chidamliligini va mexanik barqarorligini sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, kompozit tarkibdagi komponentlarning optimal nisbatini tanlash materialning energetik samaradorligini ta’minlaydi. Olingan natijalar mashinasozlikda antifriktsion, yeyilishga bardoshli hamda uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun mo‘ljallangan polimer qoplamalar yaratishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Умаров А.В. Физико-химические свойства неорганических композиций и научные основы технологии изготовления резисторов на их основе //Композиционные материалы. –Ташкент, 2004. –№ 3. –С. 16-21.


ISSN 3030-3907

2. Л.YU.Бакиров, У.А.Зиямуҳамедова, З.Н.Мухиддинов. Исследования свойств гетерокомпозитных полимерных материалов наполненных из местного минерала и покрытий из них формированные гелио методом. //Вестник ТашГТУ. –2019. –№2. –С.101-106.

3. У.А.Зиямуҳамедова, Л.YU.Бакиров, З.Н.Мухиддинов, А.Б.Джумабаев. Исследование технологических особенностей разработки гетерокомпозиционных полимеров взоимодействуующих с волокнистыми материалами //Вестник ТашГТУ. – 2016. – №4. – С.101-106.

4. Государственный стандарт РУз O‘zDSt 22.28-2014, Метод определения триботехнических свойств материалов с волокнистой массой (Официальное издание-32 с.).

5. O‘zDST 2822:2014 бўйича № FAP 00782. Дисковый трибометр /Джумабаев А.Б. и др. РА, ИМА, -2015. – С.32.

6. UZ № FAP 01039. 10.08.2015 г. Дисковый трибометр – релаксометр. /Мирзахмедов Б.Х. и др. РА, ИМА, -2015. – С.32.



ISSN 3030-3907

# ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF URBAN VEHICLE USAGE

**Khalimov Javohirbek Abdusamat o‘g‘li**

***Assistant Teacher of the Department of automotive and transport Andijan State Technical Institute***

***Tel: +998972724646***

**Annotation:** Air pollution is a serious problem, since it is not only increases Environmental, but also economic and health risks. Environmental air pollution is a global problem, especially a local one. Released in one country pollutants can travel in the atmosphere of other countries and thus contributes to the deterioration of air quality. A lot of motor vehicles within the city its use leads to an increase in fuel consumption and a negative impact on the environment. This the process is associated with several factors, it is necessary to dig deeper into them.

**Keywords:** car, environment, tires, brake, ecology, road, pollution, harmful waste, rubber, transport, Traffic Light, City, fuel consumption.

**Аннотация**: Загрязнение воздуха является серьезной проблемой, поскольку оно увеличивает не только экологические, но и экономические и медицинские риски. Загрязнение воздуха является как глобальной, так и локальной проблемой. Загрязняющие вещества, выбрасываемые в одной стране, могут перемещаться в атмосферу других стран и, таким образом, способствовать ухудшению качества воздуха. Большое количество автотранспортных средств в городе приводит к увеличению расхода топлива и негативному воздействию на окружающую среду. Этот процесс связан с несколькими факторами, в которые необходимо углубиться.

**Ключевые слова**: автомобиль, окружающая среда, шины, тормоз, экология, дорога, загрязнение, вредные отходы, резина, транспорт, светофор, город, потребление топлива.

**Annotatsiya:** Havo ifloslanishi jiddiy muammo hisoblanadi, chunki u nafaqat ekologik, balki iqtisodiy va sog‘liqqa oid xavflarni ham oshiradi. Atrof-muhit havosining ifloslanishi global muammo bo‘lib, ayniqsa mahalliy miqyosda kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Bir mamlakatda chiqarilgan ifloslantiruvchi moddalar boshqa mamlakatlar atmosferasiga tarqalib, havo sifatining yomonlashishiga hissa qo‘shishi mumkin. Shahar ichida ko‘plab avtotransport vositalaridan foydalanish yonilg‘i sarfining oshishiga va atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatishiga olib keladi. Bu jarayon bir qancha omillar bilan bog‘liq bo‘lib, ularni chuqurroq o‘rganish zarur.

**Kalit so‘zlar**: avtomobil, atrof-muhit, shinalar, tormoz, ekologiya, yo‘l, ifloslanish, zararli chiqindilar, rezina, transport, svetofor, shahar, yoqilg‘i sarfi.

**Introduction.**



*ISSN 3030-3907*

Introduction. Air pollution is a serious problem, since it is not only environmental, but also economic and also increases the risks to health. Environmental air pollution is around the world is a global problem. Pollutants released in one place into the atmosphere of another can move and thus lead to a deterioration in air quality. Man among the pollutants that most affect health are PM particles known solid particles are also present in the atmosphere. These pollutants are human negative impact on health, causing problems in the respiratory system and premature death can lead. In this article, we will talk about a variety of solutions in the field of transport that require we distinguish two types of transport problems [1-3]:

• in intra-city transportation;
• intercity transportation.

Inside the city, which is one of the main factors of pollution in modern urban areas we focus on transportation. In intra-city transportation, we see an increase in fuel consumption, compared to intercity transportation due to tire wear and brake system wear we encounter emissions of environmental contaminants from more vehicles. In the process of acceleration and stocking in cars, brakes and tires are rubbed the process of eating increases.

Transportation to facilitate the transportation of goods and beggars in different areas of the city through the plays a decisive role in the economic hanging of urban centers. In recent years Many major intersections and various junctions of Andijan City face significant traffic jams giving, as a result, the beggars are wasting their precious time. Morning and evening during peak hours, traffic jams reach a high level, resulting in the disappointment of beggars intensifies. Congestion affects the productivity of employees, economic hanging, human health, directly and indirectly affects the environment and other social activities. Road congestion is a constant problem for the stability of traffic development. Traffic jams on roads are huge in most cities around the world, especially in developing regions remains a problem, resulting in large delays, fuel waste and money losses increasing. Traffic congestion is a delay for drivers, inconvenience and economic causes losses, as well as air pollution [4].

Traffic congestion and determining the amount of stability of the overall transport system for decision makers it is essential to start reduction strategies to improve. This traffic jam in most cities of the world, there are great difficulties in creating a stable transport system gives birth. This is due to an increase in travel costs, a longer travel time to reduce comfort and noise, environmental pollution, drivers come to the state of stress various negative, such as leakage, obstruction of economic growth and time pressure for passengers leads to tastes. In addition, traffic jams are associated with an increase in fuel consumption and air leads to


ISSN 3030-3907

environmental problems such as pollution, which is both urban and Rural on a global scale affects their location [5].

**Methodology**

The present study employs a **quantitative–qualitative mixed research methodology** to analyze the environmental impact of vehicles operating within urban areas, particularly focusing on the city of **Andijan**. The research integrates statistical data collection, direct field observations, and analytical modeling to determine how vehicular traffic contributes to air pollution, increased fuel consumption, and degradation of environmental quality. The aim is not only to assess the magnitude of the problem but also to identify the specific factors—such as vehicle type, driving pattern, and road conditions—that intensify its impact.

The methodology is based on three main stages [6-8]:

1. **Data Collection:** Gathering primary data from traffic observations and secondary data from local government and environmental agencies.
2. **Data Analysis:** Applying comparative analysis and fuel consumption modeling.
3. **Interpretation:** Assessing the implications of results on environmental health and proposing strategies for improvement.

This structured approach allows for a detailed evaluation of the direct and indirect effects of vehicle usage on the urban environment.

The research focuses **on Andijan City**, one of the most densely populated industrial centers of the Fergana Valley. The city's increasing population and economic activities have resulted in a sharp rise in the number of private and commercial vehicles. Traffic congestion, especially during morning and evening peak hours, provides an ideal setting for studying the link between vehicular density and environmental degradation.

Primary data were collected through **direct field observations** at 10 selected locations, including major intersections, traffic lights, and congested roads. The criteria for selecting these sites included [9]:

- High traffic density during peak hours
- Mixed vehicle composition (cars, buses, and freight trucks)
- Frequent idling at traffic lights and intersections

At each location, observations were carried out for **five consecutive working days** in both morning (7:00–9:00) and evening (17:00–19:00) hours. The following parameters were recorded:

- Number and types of vehicles passing per hour
- Duration of idling at red lights
- Frequency of acceleration and braking
- Visible exhaust emissions and noise levels


ISSN 3030-3907

Additionally, temperature, humidity, and wind direction were recorded to evaluate the dispersion of pollutants under different atmospheric conditions.
Secondary data were obtained from [10]:

- **Andijan Regional Department of Ecology and Environmental Protection —** for air quality indices ($CO_2$, CO, NOx, $PM_{10}$, and $PM_{2.5}$).
- **State Committee on Statistics of Uzbekistan** — for information on vehicle registration by type and fuel used.
- **Local Transport Authority** — for traffic flow patterns and road infrastructure details.

Emission factors were referenced from the **UK National Atmospheric Emission Inventory (NAEI, 2012)** and adapted to local conditions using correction coefficients that consider fuel quality and vehicle age in Andijan.

To analyze emissions effectively, all observed vehicles were categorized into the following classes:

1. Passenger cars
2. Light commercial vehicles (<3.5 t)
3. Medium trucks (3.5–7 t)
4. Heavy trucks (>7 t)
5. Buses
6. Motorcycles

Each class has different acceleration behavior, idling characteristics, and fuel consumption rates. Table 2 in the previous section provides the acceleration time and distance to reach 50 km/h for each category, which was used to model additional fuel use and emission factors.

Fuel consumption for each vehicle type was calculated using the **distance-based energy method**. The average fuel use during acceleration and idling was estimated according to the following formula:
These calculations were repeated for different traffic conditions—free flow, moderate congestion, and heavy congestion—to assess how traffic density affects fuel consumption.

Emission factors were adjusted for local conditions based on average vehicle age and the proportion of gasoline vs. diesel vehicles. Diesel engines were found to contribute more to particulate matter (PM) and nitrogen oxides (NOx), while gasoline engines emitted higher levels of carbon monoxide (CO).

Apart from fuel combustion, **non-exhaust sources**—including tire wear, brake wear, and road surface abrasion—were evaluated. These processes generate fine particulate matter ($PM_{10}$ and $PM_{2.5}$), which poses serious health risks. Measurements and literature data were used to estimate non-exhaust emission factors (NEEFs) as follows:


ISSN 3030-3907

| Source | Emission Factor (g/km/vehicle) |
|---|---|
| Brake wear | 7.0 |
| Tire wear | 5.0 |
| Road wear | 3.5 |

These factors were multiplied by total vehicle kilometers traveled (VKT) in Andijan to calculate the annual mass of particulates released from non-exhaust sources. Field observations confirmed that braking and tire wear emissions are higher in congested intersections where stop-and-go movement dominates.

In addition to technical parameters, the methodology included the evaluation of **socioeconomic and behavioral factors** influencing vehicular pollution. Structured interviews and questionnaires were conducted among 120 drivers in Andijan to collect information about:

- Daily mileage and fuel consumption
- Vehicle maintenance habits
- Awareness of eco-driving techniques
- Perception of air pollution and noise

Responses were analyzed to identify behavioral patterns contributing to inefficient fuel use, such as excessive idling, poor maintenance, and aggressive driving styles. These findings were later correlated with fuel consumption and emission data.

**Table 1.**

**The main causes of traffic jams in Andijan**

| | Traffic causative factors | Rated reasons |
|---|---|---|
| 1 | Socioeconomic factors | •With the increase in the population of rural cities Migration<br>•Unplanned land use, especially gathering leads to one-way traffic flow during hours<br>Employment to University, College, School and other organizations, to go to study at the same time, a traffic flow is created coming<br>•To cars according to improved standard of living increased ownership |
| 2 | Path factors | •Narrow path with a small number of rows<br>Pedestrian occupation of traffic lanes lack of roads as a result<br>•Leading to a decrease in the speed of movement path of resentment<br>•Uncontrolled traffic intersections |



ISSN 3030-3907

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Car factors | Car size<br>•Age of vehicles |
| 4 | Human factor | Driver perception<br>Infantry perception |
| 5 | Accident | •The weight, number and location of an accident |

**Result and discussion.**

The driver's ability to move in traffic jams is significantly limited and changing the corridor requires caution. As traffic increases in Andijan the speed begins to decrease slightly, and the density begins to exceed at a faster pace. Transport systems widely used for transportation of people and goods. When calculating fuel consumption, we assume that the vehicles are managed according to the rules we guessed-their speed does not exceed 50 km / h.

For each type of vehicle average consumption data was measured or obtained. The table below (see Table 2) shows the acceleration time from 0 to 50 km/h measured for each vehicle type. Consumption for personal vehicles during acceleration from 0 to 50 km/h an increase in fuel consumption was taken into account. Subsequently, further information has been obtained from then, this growth factor in consumption during acceleration also leads to trucks and buses we found that it is possible to apply, but the acceleration time (and as a result, the vehicle distance made by) longer.

**Table 2.**

**Average acceleration times up to 50 km / h are the desired speed and pressing during acceleration distances covered**

| Vehicle type | Average acceleration time from 0 to 50 km/h (SEC) | Distances covered during acceleration (m) |
|---|---|---|
| Automobiles | 10.4 | 72 |
| Light cargo vehicles (< 3.5 t) | 12 | 83 |
| Medium cargo vehicles (3.5 t-7t | 14 | 97 |
| Heavy freight vehicles (More than 7t) | 16 | 111 |
| Trailer vehicles | 18.5 | 128 |
| Bus | 15 | 104 |
| Motorcycles | 8.2 | 57 |

Often in traffic lights and traffic jams, cars accelerate several times and slows down. In such cases, the fuel consumption of cars increases. Of course, brake, tires as a result of the overall shocks of the car due to wear and tear and braking the



ISSN 3030-3907

damage caused must also be taken into account. Direct due to increased fuel consumptionin addition to the correct costs, noise increases and CO2 and PM10 (also, PM2. 5 and PM1) to significantly increased environmental pollution of their particles leads. So, during the acceleration of the car with an average consumption of 8.13 liters/100 km, 21.8 liters / 100 km reach consumption. Speed acceleration of 50 km/h will continue for 10.4 seconds the car walks 72 m. Average consumption is 0.0000813 liters / m, consumption during acceleration 0.0002158 liters/m. fuel due to the frequent parking of cars in traffic jams and traffic lights the amount of waste increased by consumption increases. Carbon and other harmful emissions from cars substances are considered one of the global environmental problems. Vehicles, especially domestic cars running on combustion engines, carbon dioxide ($CO_2$) and other greenhouse gases releases into the atmosphere. It contributes to global warming and environmental cleanup. $CO_2$ in the atmosphere being one of the main heat-retaining gases, it leads to an increase in global temperature and harm human health.

**Conclusion**

In addition to direct costs due to increased fuel consumption, we note the increase in noise and CO2 and PM10 (also includes PM2.5 and PM1) it is also necessary to take into account the pollution that manifests itself in the significant spread of its particles. Thus, we can see ―gray‖ and-black‖ PM particles and the PM caused by braking we distinguish the particles.

Typical of gray particles, they spread much more evenly in the atmosphere, and their moves away from the origin. Black particles burn fuel mainly in internal combustion engines obtained as a result. As for the PM particles formed as byproducts of braking, they are due to its composition, we know for sure that it is especially dangerous for health. Motor transport within the city as a result of the use of the means, the fuel consumption increases and the environment becomes polluted.

## LITERATURES

1. Masodiqov. Q, Xujamqulov. S., & Masodiqov. J. (2022). Avtomobil shinalarini ishlab chiqarish va eskirgan avtomobil shinalarini utilizatsiya qilish bo‘yicha eksperiment o‘tkazish usuli. Academic research in educational sciences, 3(4), 254-259.

2. Meliboyev. A., Khujamqulov. S. & Masodiqov. J. (2021). Univer calculation experimental method of researching the indicators of its toxicity in its management by changing the working capacity of the engine using the characteristics. Экономика и социум, (4-1), 207-210

3. Tojibayev F., Masodiqov. J. Noise generated in the exhaust system of the engine //Open Access Repository. – 2023. – Т. 4. – №. 03. – С. 234-240.



ISSN 3030-3907

4. Q. Masodiqov, S. Khujamqulov, and J. Masodiqov, “Avtomobil shinalarini ishlab chiqarish va eskirgan avtomobil shinalarini utilizatsiya qilish bo‘yicha eksperiment o‘tkazish usuli,” *Academic Research in Educational Sciences*, vol. 3, no. 4, pp. 254–259, 2022.
5. A. Meliboyev, S. Khujamqulov, and J. Masodiqov, “Univer calculation experimental method of researching the indicators of its toxicity in its management by changing the working capacity of the engine using the characteristics,” *Ekonomika i Sotsium*, no. 4–1, pp. 207–210, 2021.
6. F. Tojibayev and J. Masodiqov, “Noise generated in the exhaust system of the engine,” *Open Access Repository*, vol. 4, no. 3, pp. 234–240, 2023.
7. Yu. V. Kuznetsov, *Stsepnye kachestva avtomobilnykh shin i dorozhnykh pokrytii: uchebnoe posobie*, Moscow: MADI, 2022.
8. National Atmospheric Emission Inventory (NAEI), “Road Transport Emission Factors from 2010 NAEI,” 2012. [Online]. Available: http://naei.defra.gov.uk/datawarehouse/3_9_323_136259_roadtransportefs_naei10_v2.xls
9. H. C. Frey and K. Kim, “Quantification of variability and uncertainty in air pollutant emission inventories,” *Atmospheric Environment*, vol. 43, no. 3, pp. 618–629, 2009.
10. Khalimov J. et al. ASSESSMENT OF THE CONDITION OF URBAN ROADS AND STREETS, AS WELL AS TRAFFIC USE INDICATORS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) //Journal of Multidisciplinary Innovation in Science and Education. – 2025. – Т. 1. – №. 1. – С. 5-10.


ISSN 3030-3907

# TASMALI KONVEYER ISHCHI ELEMENTLARINI ISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH BO‘YICHA TAHLILLAR

**Adizov Dostonbek Sherali o‘g‘li**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti talabasi;*
**Polvonov Nurbek Omonboyevich**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti dotsenti, PhD*
*E-mail: asd9010@mail.ru*

**Annotatsiya**: Ushbu maqolada tasmali konveyer ishchi elementlarini ish samaradorligini oshirishning dolzarbligi, ahamiyati va unga ta‘sir qilayotgan kuchlar yo‘nalishlari keltirib o‘tilgan. Konlarda ishlatilayotgan tasmali konveyerlar konstruksiyasi, konveyer roliklari chidamliligi va ishonchliligi turli ortiqcha yuklanishlar, dinamik ta‘sirlar, turli mexanik ta‘sirlar bilan tavsiflanishi bilan keng tahlil qilindi. Natijada rolik o‘qlarining sinishi va podshipniklarning aylanmay qotib qolishi aniqlandi. Shundan kelib chiqqan holda, roliklar va podshipniklarga ta’sir qilayotgan kuchlarni kamaytirish orqali ularning ishlash muddatini uzaytirish ustida izlanishlar olib borildi. Maqolada muallif tomonidan yuklash nuqtasida joylashgan roliklar tayanchlariga tushayotgan kuchlar va ularning yo‘nalishlari hamda ushbu kuchlar ta’sirida yuzaga kelayotgan kamchiliklar atroflicha tahlil qilingan.

**Kalit so‘zlar:** konveyer transporti, konstruksiya, mexanik ta’sirlar, podshipnik, rolik, tayanch, deformatsiya, dinamik zarba, dinamiklik koeffitsienti, yuk tushish nuqtasi.

**Аннотация**: В данной статье приведены актуальность, значение повышения эффективности работы рабочих элементов ленточного конвейера и направления действующих на него сил. Широко проанализирована конструкция ленточных конвейеров, используемых на месторождениях, прочность и надежность конвейерных роликов, характеризующихся различными перегрузками, динамическими воздействиями, различными механическими воздействиями. В результате было обнаружено, что оси роликов были сломаны и подшипники застыли без вращения. Исходя из этого, были проведены исследования по увеличению срока службы роликов и подшипников за счет уменьшения сил, действующих на них. В статье автором подробно проанализированы силы, действующие на опоры роликов, расположенных в точке загрузки, и их направления, а также недостатки, возникающие под действием этих сил.

**Ключевые слова:** конвейерный транспорт, конструкция, механические воздействия, подшипник, ролик, опора, деформация, динамический удар, коэффициент динамики, точка падения груза.



ISSN 3030-3907

**Annotation:** This article presents the relevance and importance of improving the efficiency of the working elements of a belt conveyor and the direction of the forces acting on it. The design of belt conveyors used in deposits, the strength and reliability of conveyor rollers characterized by various overloads, dynamic impacts, and various mechanical impacts were extensively analyzed. As a result, it was found that the roller axes were broken and the bearings froze without rotation. Based on this, research was conducted to increase the service life of rollers and bearings by reducing the forces acting on them. In the article, the author analyzed in detail the forces acting on the supports of the rollers located at the loading point and their directions, as well as the shortcomings arising from the action of these forces.

**Key words:** conveyor transport, structure, mechanical effects, bearing, roller, support, deformation, dynamic impact, dynamic coefficient, load drop point.

**Kirish**

Dunyoda bugungi kunda tasmali konveyerlarning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini oshirish, konchilik ishlari jarayonlarida tashish ishlarini xavfsiz va sifatli olib borish, ularni samarali ishlashini ta’minlash, tasmali konveyerning yuk tushish joylarida roliklar va ularning tayanchlariga tushayotgan yuklamalarning ta’sir kuchini so‘ndirish usullarini ishlab chiqish, konveyer roliklar va tayanchlari konstruksiyasini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada tasmali konveyerlar faoliyatining ishonchliligini, bardoshliligini, samaradorligini oshirish, takomillashtirish, ishchi elementlarining nosozliklarini kamaytirish, texnik xizmat ko‘rsatish va ta’mirlash ishlarini o‘z vaqtida olib borish, xarajatlarni kamaytirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borishga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda qazilayotgan foydali qazilma va tog‘ jinslarini tashishda tasmali konveyer roliklarini bardoshliligi, ishonchliligi, sifatini ta’minlash, ta’mirlashni resurs tejamkor texnologiyalarini ishlab chiqish asosida konveyer rolik va rolik tayanchlari ishchi elementlarini xizmat muddatini oshirish bo‘yicha ilg‘or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, bir qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda.

Biroq, bugungi kunda tasmali konveyer rolik va rolik tayanchlarining ishchi elementlarini takomillashtirish, rolik konstruksiyasini o‘zgartirish, rolik o‘qining markazdan qochishi hamda konveyer yuklash joylarida rolik tayanchlariga tushayotgan og‘irlik kuchlari natijasida yuzaga keladigan to‘xtalishlarni oldini olish bo‘yicha ishlar hozirgi kunga qadar to‘liq o‘rganilmagan. Konchilik korxonalaridagi tasmali konveyerlarni tasmasi va rolik tayanchlarining xizmat muddatini uzaytirish, shu bilan birga ta’mirlash ishlarida sarflanadigan vaqtni



ISSN 3030-3907

kamaytirish zaruriyati yuzaga keladi va bu yo‘nalish bo‘yicha tadqiqotlarni davom ettirish lozim.

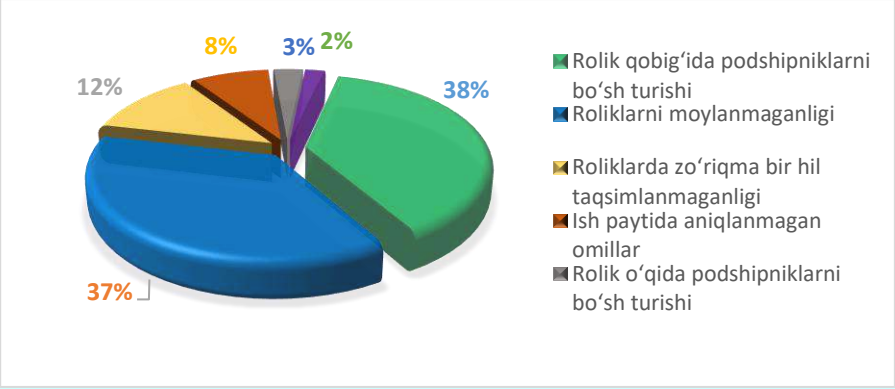
## ADABIYOTLAR TAHLILI

Tasmali konveyerlar rolik va rolik tayanchlari konstruksiyasini o‘zgartirish, podshipniklarni moylash tizimini asoslash, yuklash joylaridagi ta’sir kuchlarni optimallashtirish nazariyasi va amaliyotini rivojlanishiga Ye.Ye. Sheshko, V.I. Brenner, V.I. Galkin, V.N.Getopanov, V.N. Dmitriyev, V.N. Yefimov, L.I. Kantovich, N.G. Kartaviy, V.S. Kvagenidze, Yu.D. Krasnikov, B.N. Kutuzov, V.I. Morozov, R.Yu. Poderni, I.L. Pastoyev, Ya.M. Radkevich, G.S. Raxutin, V.M. Racheka, V.I. Rusixin, G.I.Solod, M.R. Xromoy, J. Antoniak, J.A. Dos Santos, M. Thompson, A.Jennings, F. Langebrake, J. Klein, R. Keerthika, M. Jagadeeswari, K.Dhamodharan, K. Hari Prasad, B. Kamesh Gautham va boshqalar katta hissa qo‘shishgan. Ular tomonidan tasmali konveyerlarni ishonchligini va samaradorligini oshirishda ishlatish tannarxini resurs tejamkor texnologiyalarni qo‘llash asosida kamaytirish bilan bog‘liq katta natijalarga erishganlar.

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tasmali konveyerlarda roliklarning ishdan chiqib aylanmay qolishi oqibatida bir qancha kamchiliklar konveyer unumdorligining tushishi, energiya sarfining oshishi, ishqalanish natijasida tasmaning nosoz holatga kelib qolishi va boshqa o‘zgarishlar yuzaga keladi.

Olimlar tamonidan olib borilgan ilmiy-amaliy izlanishlar va tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki (1-rasm), tasmali konveyer roliklarining ishdan chiqishining asosiy sabablari texnik xizmat ko‘rsatish muddatida yetarli darajada moylanmasligi 37 % ni, chang zarralarining tiqilib qolishi 38 % ni tashkil etadi.




**1-rasm. Roliklarning ishdan chiqish sabablari**

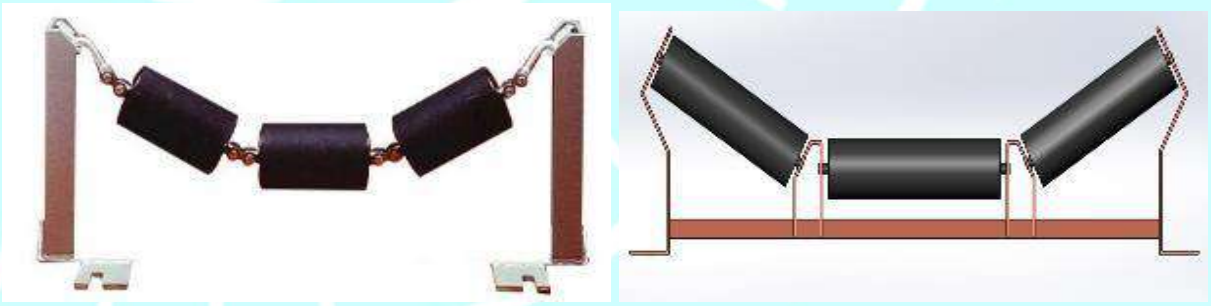
Tasmali konveyer roliklarini tanlash uchun ishlab chiqilgan yagona tartib qoidalar mavjud bo‘lmaganligi, turli xil konstruksiyaga, bir-biridan og‘irligi va o‘lchamlari bilan farqlanishi, roliklarning harakat tezliklarining o‘zgarishi, rolik podshipniklarini almashtirish imkonining mavjud emasligi, notekis yuk oqimidan to‘g‘ri himoyalanmaganligi roliklarni qo‘llashda ba’zi qiyinchiliklarni keltirib


ISSN 3030-3907

chiqaradi. Aytib o‘tilgan kamchiliklar natijasida tasmali konveyer roliklari ishdan chiqadi va konveyerning ish unumdorligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qiladi

Kelib tushayotgan yuk oqimining bir maromda bo‘lmasligi, katta o‘lchamga ega tog‘ jinslarining mavjudligi hisobiga roliklar va ularning tayanchlariga ta’sir qilayotgan og‘irlik kuchlarining salbiy oqibatlari konveyerlarda rejasiz to‘xtalishlarni keltirib chiqaradi. Bunda roliklar tayanchlariga me’yoridan ortiqcha ta’sir qilayotgan kuchlar hisobiga o‘zining tuzilishini qisman o‘zgartirishi, roliklarga o‘rnatilgan podshipniklar xalqalaridagi buzilishlar hamda rolik korpusining yemirilishi nazarda tutiladi.

Tasmali konveyerlarning roliklari qo‘llanilishi hamda ishlatilishiga ko‘ra osma roliklar va qattiq mustahkamlangan roliklar turlari mavjud bo‘lib, ular tog‘ jinsining qattiqligi, tashilayotgan tog‘ jinslarining yillik yuk aylanmasi, konveyerning qiyalik burchagiga qarab tanlanadi. Roliklarning diametrlari ham yuqorida sanab o‘tilgan ko‘rsatkichlar asosida tanlanib konveyer uskunasiga o‘rnatiladi.



a. b.

***a-osma va b-qattiq***

**2 – rasm. Mustahkamlangan rolik tayanchlar**

Tasmali konveyer roliklarini yig‘ish vaqtida yuzga keladigan kamchiliklar hisobiga unga ta’sir qiluvchi dinamik zarblar o‘zgaradi va natijada rolik podshipniklarining ishlash vaqti qisqaradi.

Hozirgi vaqtda roliklar va ularning tayanchlariga tushayotgan zo‘riqma hamda og‘irlik kuchlarini bartaraf etish uchun kelib tushayotgan yuk oqimining zarbini kamaytirish, yuk oqimini konveyer bo‘ylab bir tekisda taqsimlanishini ta’minlash, katta tog‘ jinslari va metall qoldiqlarining kelib tushishining oldini olish kabi ishlar amalga oshirilgan.

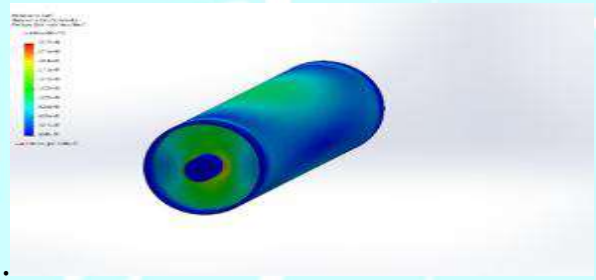
Olib borilgan ilmiy tadqiqot izlanishlarga qaramasdan tasmali konveyer rolik va rolik tayanchlariga ta’sir qiluvchi yuk oqimi ularning ishdan chiqishiga hamda konveyer uskunasining samaradorligi pasayishiga sabab bo‘lmoqda. Qo‘llanilib kelayotgan qattiq mustahkamlangan tayanchlarga o‘rnatilgan roliklarga SolidWorks dasturiy ta’minoti yordamida yuklama berilganda asosiy ta’sir kuchlari ikki chetlarida joylashgan podshipniklarga tushishi 3a-rasmda keltirilib o‘tilgan.



ISSN 3030-3907

Tasmali konveyerlar yuk tushish joyida asosiy zarba rolik va rolik tayanchiga kelib tushadi. Kuchlarning ta'siri shuni ko'rsatadiki, roliklarga zo'riqma ikki joyga tusharkan, rolik o'rta qismiga va rolik o'qida joylashgan podshipniklarga.

3b-rasmdan ko'rinib turibdiki, rolik o'qi atrofida zo'riqma hosil bo'lgan va zo'riqma kuchi $2{,}7 \cdot 10^4$ N ga teng.

a.  b. 

***a-rolik tayanchlari va b-rolik***

**3-rasm. Tayanchga o'rnatilgan rolik**

Yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklarni bartaraf etish uchun rolik va rolik tayanchlari orasidagi konstruksiyani o'zgartirish yoki kelib tushayotgan yuk oqimini nazorat qilish zarur bo'ladi.

Konveyer rolik podshipniklarini ishlash muddati odatda quyida keltirilib o'tilgan 1-ifodadan foydalanamiz:

$$(nh)^{\alpha_n} = C/P \qquad (1)$$

bu yerda: n – podshipnik aylanishlar soni;

h – podshipnik ishlash muddati;

$\alpha_n$ – sharikli podshipniklarni ko'satish darajasi;

C-yukni xarakterlovchi kattalik; P-podshipnikka tushayotgan yuklama.

Tasmali konveyer roliklari podshipniklariga tushayotgan doimiy va o'zgaruvchan yuklamalar ta'sirini hisoblash unchalik qiyinchilik tug'dirmaydi, lekin bo'lakli tog' jinsini tashiydigan konveyerlar podshipniklari va o'qiga tushayotgan dinamik yuklamani hisoblash ko'pgina murakkabliklarni keltirib chiqaradi, sababi ta'sir qilayotgan yuklama tasodifiy hisoblanadi.

Podshipnikka tushayotgan yuklama P doimiy yoki tasodifiy ekanligini hisobga olgan holda roliklarning o'rtacha yuklanganlik darajasi matematik jihatdan quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$P = G_{yuk}/2 + G_t/2 + G_r/2 + G_{yon} sin^2\beta' \qquad (2)$$

bu yerda: $G_{yuk}$, $G_t, G_r$ – yuk, tasma va rolik tomonidan ta'sir qilayotgan yuklama;

$G_{yon}$ – rolikka yon tarafdan ta'sir etuvchi kuch.

Agar ta'sir qilayotgan yuklama vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, ekvivalent yuklama:

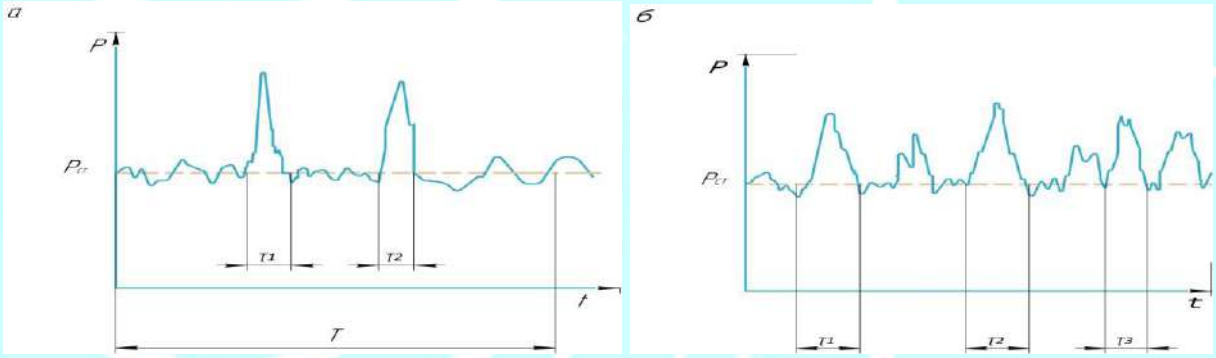
$$P_{ekv} = \sqrt[3]{P_1^3 n_1 + P_2^3 n_2 + \ldots + P_n^3 n_n / n} \qquad (3)$$



ISSN 3030-3907

bu yerda: $P_1, P_2,\ldots, P_n$ – doimiy yuklamalar,
$n_1, n_2,\ldots, n_n$ – aylanishlar vaqtidagi.

Tog‘ jinslarini bir joydan ikkinchi joyga tashish vaqtida podshipniklarga statik va dinamik kuchlardan tashqari ularning ishlash muddatini qisqartiruvchi kuchlar ham ta’sir qiladi.

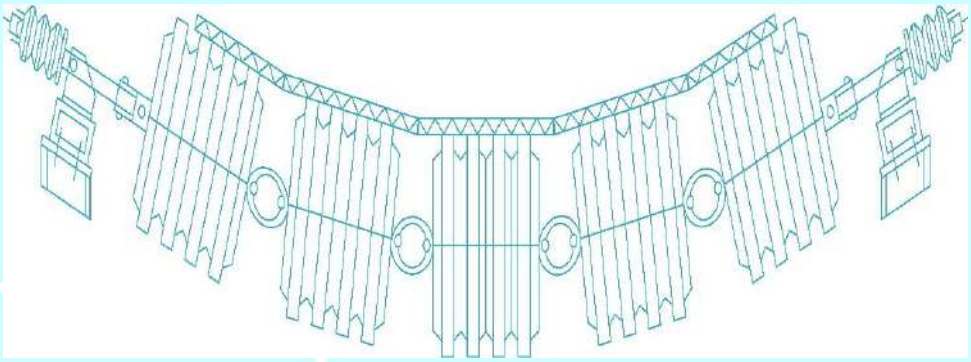



***a-katta bo‘laklarga ega bo‘lgan yumshoq tog‘ jinsi va b-katta bo‘lakli tog‘jinslari***

**4-rasm. Tashish vaqtidagi konveyer rolik podshipniklarining yuklanganlik xarakteristikasi**

Rasmda keltirilib o‘tilgan $t_i$ rolikka ta’sir qiluvchi umumiy vaqt T ning bir qismidir. 4a-rasmda keltirilib o‘tilgan grafikda katta bo‘laklarga ega bo‘lgan yumshoq tog‘ jinslarini tashish jarayonida roliklarga ta’sir qiluvchi kuchlar o‘zining eng yuqori qiymatiga katta bo‘lakli tog‘ jinslari kelib tushgan vaqtda kuzatiladi, 4b-rasmda katta bo‘lakli tog‘ jinslari tashishda rolik podshipniklariga ta’sir kuchining qisqa vaqt ichida yuqori qiymatlari tez-tez sodir bo‘lishi keltirilgan. Demak, yuk tushish nuqtasida joylashgan roliklar va podshipniklariga ta’sir kuchi yuqori bo‘lishi hisobiga ularda ishdan chiqish holatlari tez-tez uchrab turadi.

Katta bo‘laklarga ega bo‘lgan yumshoq tog‘ jinslarini tashuvchi tasmali konveyer yuk tushish nuqtasidagi roliklar podshipniklariga tushayotgan yuklamani kamaytirish uchun qo‘llanilib kelinayotgan osma gofrali amortizatsiyali roliklar konstruksiya quyidagi 5-rasmda keltirilib o‘tilgan.

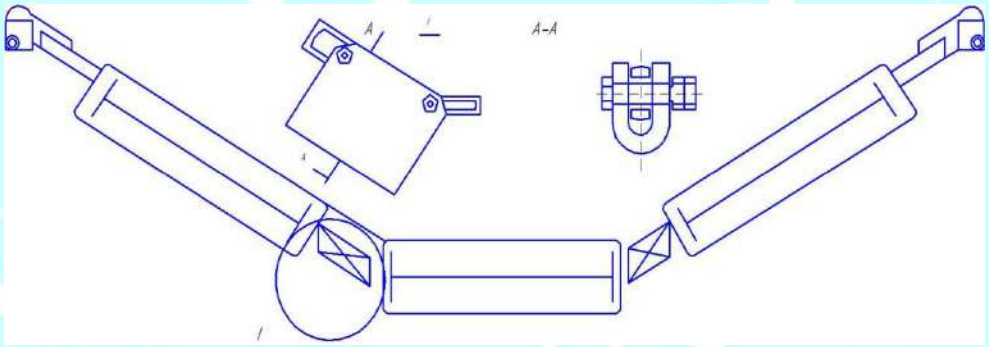


**5-rasm. Gofrali amortizsiyali osma rolik**

Tasmali konveyer roliklari sifatida qo‘llanilib kelinayotgan gofrali amortizatsiyali roliklar podshipnik hamda rolik o‘qiga ta’sir etayogan kuchlar


ISSN 3030-3907

kamaytirishga xizmat qiladi ya’ni ishlash muddatini uzaytiradi. Biroq ta’sir kuchlarini kamaytirish uchun qo‘llanilgan yumshoq rezina gofra kelib tushayotgan tog‘ jinslari va rolikka ishqalanish natijasida qisqa vaqt ichida ishdan chiqishi kuzatilmoqda bundan tashqari ushbu roliklar katta bo‘laklarga ega bo‘lgan tog‘ jinslarini tashishda qo‘llanilmoqda, katta bo‘lakli tog‘ jinslarini tashishda 6-rasmda keltirilib o‘tilgan osma roliklardan foydalanilmoqda.




**6-rasm. Osma roliklar**

Agar rolikning ko‘ndalang kesim yuzasi dS va uzunligini l deb oladigan bo‘lsak unga ta’sir qiluvchi dinamik zarba quyidagicha aniqlanadi:

$$dF = \gamma l w^2 R(\varphi) dS \qquad (6)$$

bu yerda $\gamma$- podshipnik halqasi zichligi, kg/m$^3$

$w$- burchak tezligi, rad/sek;

$R(\varphi)$ −element aylanish og‘irlik markazi radiusi, m;

$l$- rolik uzunligi, m.

Keltirilib o‘tilgan 6-ifoda va roliklar konstruksiyalaridan kelib chiqib ulardagi ta’sir qiluvchi dinamik kuchlar ham turli hil qiymatlarda bo‘ladi hamda ulardagi o‘rtacha dinamiklik koeffitsienti

$$ʃ_{din} = \frac{P_{din.ekv}}{P_{tur.yuk}} \sim \sqrt[3]{\frac{P_{din}}{P_{tur.yuk}}} \qquad (4)$$

$K_{din}$ dinamiklik koeffitsientidan kam bo‘ladi, o‘rtacha dinamiklik koeffisienti $ʃ_{din}$ dinamiklik koeffisienti $K_{din}$ ga bog‘liq:

$$k_{din.} = P_{din.}/P_{tur.} \qquad (5)$$

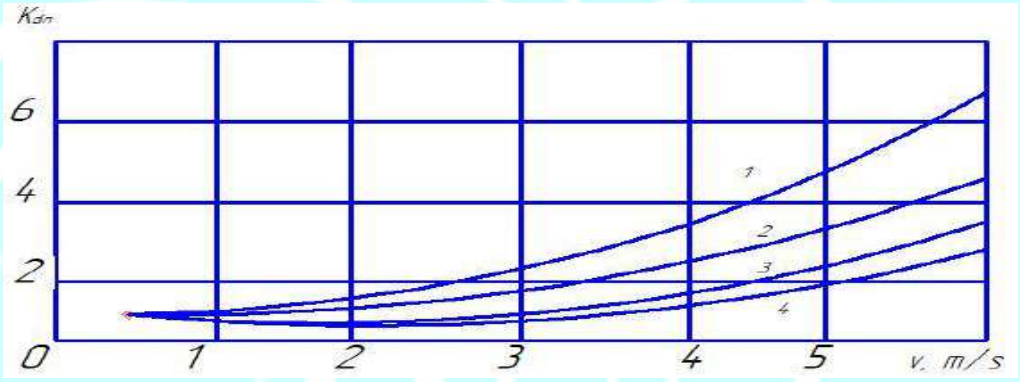
Dinamiklik koeffisienti $K_{din}$ bir qancha omillarga bog‘liq bo‘lib ular quyidagilardan iborat:

- tog‘ jinsining shakli va donadorlik tarkibi;
- roliklar turlari (mahkamlangan yoki osma);
- tasma tezligi va tarangligi;
- roliklar orasidagi masofa va boshqalar.

Tasmali konveyer roliklardagi dinamik koeffitsientni nazariy jihatdan aniqlashda qator noaniqliklar borligi uchun tajriba-sinov ishlarini olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Olib borilgan izlanishlar natijasida mahkamlangan


ISSN 3030-3907

va osma roliklar uchun dinamiklik koeffisienti $K_{din}$ ning tasma tezligiga bog‘liqlik qiymatlari quyidagi 7-rasmda keltirilgan.




***1-donador tog‘ jinslari tashuvchi mahkamlangan roliklar, 2- katta bo‘laklarga ega bo‘lgan yumshoq tog‘ jinslarini tashuvchi mahkamlangan roliklar, 3-donador tog‘ jinslari tashuvchi osma roliklar, 4- katta bo‘laklarga ega bo‘lgan yumshoq tog‘ jinslarini tashuvchi osma roliklar***

**7-rasm. Dinamiklik koeffisienti $K_{din}$ ning tasma tezligiga bog‘liqlik grafigi**

## XULOSA VA TAKLIFLAR

Yuqorida keltirib o‘tilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki tasmali konveyer rolik va podshipniklarini ishlash muddatini oshirish, ularda yuzaga kelayotgan kamchiliklarni bartaraf etish uchun konstruktiv o‘zgarishlarni amalga oshirish zarur. Bunda mamlakatimizda ishlab chiqilayotgan resurslardan foydalanish bilan birga yaroqsiz holga kelgan elementlarni qayta tiklash yoki kerakli vazifalarda ishlatish maqsadga muvofiq. Osma roliklar uchun siqiluvchi konstruksiyaga ega bo‘lgan tayanch konstruksiyasini ishlab chiqish hamda amortizatsiya vazifasini bajaruvchi element sifatida yaroqsiz holatga kelgan tasmalardan foydalanish muammoning yechimi bo‘lishi va iqtisodiy jihatdan samaradorlikni ham ta’minlashi mumkin. Shunday ekan roliklar va podshipniklarga kelib tushayotgan tog‘ jinslari hisobiga yuzaga kelayotgan dinamik zarbalar ta’sirini kamaytirish ustida izlanishlar olib borish zarurdir.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Атакулов Л.Н. Обоснование эксплуатационных параметров крутонаклонного конвейера с прижимной лентой для горних предприятий. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М.: 2007-135 с.

2. Atakulov L.N., Haydarov Sh.B. Distribution Analysis of Conveyor Roller Tension // The American Journal of Engineering and Technology. – Las Vegas (USA), 2021, – pp 81-89.

3. Шаяхметов Е.Я., Мендебаев Т.М., Темиртасов О.Т. Анализ неисправностей роликов ленточных конвейеров в ходе эксплуатации на предприятиях восточного Казахстана // Вестник СГУ. – Семипалатинск, 2015. - №4(72). – С. 58-63.



ISSN 3030-3907

4. Шеметов П.А. Транспортирование горной массы межуступным крутонаклонным перегружателем // М.: Горный журнал, 2007. - №5 – С. 33-35.
5. Дмитриев В.Г., Вержанский А.П. Основы теории ленточных конвейеров // М.: Горная книга, 2017. – С. 448-452.
6. Polvonov N. O., Atakulov L. N. (2021). Method of conveyor belts jointing when using special volcanization compounds. ISJ Theoretical & Applied Science, 08 (100), 17-21.
7. Atakulov L.N., Haydarov Sh.B., Ochilov X.B., Gaffarov A.A. Application of the scheme of effective conveyor transport in the conditions of daugiztau quarry. Technical science and innovation. 2021. №2. -б. 74-86.
8. О.У. Зохидов, М.В. Меркулов. Исследование потенциала и эффективности применения возобновляемой энергии на горных предприятиях Республики Узбекистан. Новые идеи в науках о Земле, 2021г. 57-61 с.
9. O.U. Zokhidov, O.O. Khoshimov, S.S. Khalilov. Experimental analysis of microges installation for existing water flows in industrial plants. E3S Web of Conferences, 2023.
10. О.У. Зохидов, Б.Х. Шомуродов. СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи қурилмаларининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича илмий таҳлил ва техник ечимлар. Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие, 2024 г. 42-51с.
11. S.K. Alimhodzhaev, O.U. Zakhidov, M.H. Taniev Asynchronous phase rotor generators for power planes operating parallel with a network. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 2019 y. 79-86 p.p.
12. A.I. Karshibaev, O.U. Zokhidov. Research of potential and effectiveness of renewable energy application at mining enterprises of the Republic of Uzbekistan. - Australian Journal of Science and Technology, 2020y.


ISSN 3030-3907

# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПИЛ ПО ИЗВЕСТНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СХЕМАМ

**Мухамедов Азад Анварович**
***т.ф.н.доцент Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова***
**Бегатов Жахонгир Мухаммаджонович**
***PhD доцент Совместного Белорусско-Узбекского межотраслевого института прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте***
**Ташкент, Узбекистан**
**Хожиев Олимжон Бегалиевич**
***Докторант Совместного Белорусско-Узбекского межотраслевого института прикладных технических квалификаций в городе Ташкенте***
***Ташкент, Узбекистан***
***E-mal: xojiyevolimjon@gmail.com***

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности термической обработки пил, применяемые в современном инструментальном производстве. Приведены известные технологические схемы закалки, отпуска и стабилизации пил из различных марок инструментальных сталей. Особое внимание уделено влиянию режимов нагрева и охлаждения на структуру и эксплуатационные свойства режущей части инструмента. Проанализированы преимущества и недостатки традиционных и современных методов термообработки, включая применение индукционного и вакуумного нагрева. Приводятся рекомендации по выбору оптимальных параметров технологического процесса с целью повышения износостойкости и срока службы пил.

**Ключевые слова:** термическая обработка, пила, закалка, отпуск, структура стали, износостойкость.

**Annotasiya:** Ushbu maqola zamonaviy asbobsozlikda qo‘llaniladigan arra issiqlik bilan ishlov berishning o‘ziga xos xususiyatlarini o‘rganadi. Unda turli xil asbob po‘latidan yasalgan arralarni qattiqlashtirish, chiniqtirish va barqarorlashtirish uchun taniqli texnologik oqim jadvallari keltirilgan. Asbobning kesish qirrasining tuzilishi va ishlash xususiyatlariga isitish va sovutish sharoitlarining ta'siriga alohida e'tibor qaratilgan. Induksion va vakumli isitishdan foydalanishni o‘z ichiga olgan an'anaviy va zamonaviy issiqlik bilan ishlov berish usullarining afzalliklari va kamchiliklari tahlil qilingan. Arralarning asinma bardoshliligi va xizmat muddatini yaxshilash uchun optimal jarayon parametrlarini tanlash bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

**Kalit so‘zlar:** issiqlik bilan ishlov berish, arra, chiniqtirish, chiniqtirish, po‘lat konstruktsiyasi, asinma bardoshlilik.



ISSN 3030-3907

**Annotation:** This article examines the specifics of saw heat treatment used in modern toolmaking. It presents well-known process flow charts for hardening, tempering, and stabilizing saws made from various grades of tool steel. Particular attention is paid to the influence of heating and cooling conditions on the structure and performance properties of the tool's cutting edge. The advantages and disadvantages of traditional and modern heat treatment methods, including the use of induction and vacuum heating, are analyzed. Recommendations are provided for selecting optimal process parameters to improve wear resistance and service life of saws.

**Keywords:** heat treatment, saw, hardening, tempering, steel structure, wear resistance.

**Введение**

Индукционный импульсный нагрев пил у впадины зуба до температуры 900 0С, при линейном распределении температуры по радиусу, означает, сто общая зона нагрева пилы по радиусу достигает 8 мм от впадины зубьев. При этом по глубине до 2 мм нагрев идет выше Ac1 (аустенитно состояние), а на глубине более 2 мм температура ниже точки фазового превращения.

Распределение температур и эпюра возникающих напряжений приведены на рис. 1.1. Как видно из рис 1.1а. $\int_{\tau}^{\tau} T2d2$ легко подсчитать на ЭВМ, используя численные методы, в частности методами прямоугольников или трапеций. Для этого при составлении программы пришлось учесть изменения коэффициентов линейного расширения и модуля упругости по глубине прогреваемой зоны пилы.

В большинстве приведенных в данной работе программ для удобства расчетов вычисление определенного интеграла $\int_{\tau_1}^{\tau} \mathrm{T}^{\tau} d\tau \,.\frac{E\propto}{1-\mu}$ в соотношениях (1) и (2) приводится в виде отдельной подпрограмма. Второй цикл расчетов учитывает (уже по известному полному интегралу) расчет интеграла текущего радиуса и возникающие термические напряжения $\int_{\tau_1}^{\tau} \mathrm{T}^{\tau} d\tau \,.\frac{E\propto}{1-\mu}$ и $6_2$ , $6_8$.

Как видно из приведенной эпюры напряжений (см. рис. 1.1), в зоне нагрева окружные напряжения далеко превышают предел текучести стали как в области аустенитно го состояния, так в области температур ниже фазового превращения. В аустенитно области должна пройти релаксация напряжений, хотя как это будет показано ниже, очень быстрый импульсный нагрев за 0,8 сек. оставляет не релаксированными напряжения 250-450 Мпа. Если учесть, что при температуре 240-350 $^0$С предел текучести стали Х12М в состоянии поставки не превышает 1000 Кпа, то выходит, что на глубине до 6



ISSN 3030-3907

мм от впадины зубьев напряжение превышает предел текучести. Следовательно, будет протекать пластическая деформация и релаксация напряжений. После закалочного охлаждения сокращение объема на глубине 2 мм будут компенсироваться ростом объема за счет мартенситного превращения. На других глубинах такой компенсации нет и при охлаждении коробления неизбежны. Эксперименты подтвердили расчеты – все пили после термической обработки имели «твердость» до 3-4 мм.

Последующая рихтовка пил также маловероятна, т.к. она возможно только при отпуске под напряжением закаленной стали при достаточно высокой температуре. В отпущенном же или горячекатаном состояниях (т.е. в зонах глубже 2 мм от впадины зубьев) стали плохо поддаются рихтовке.

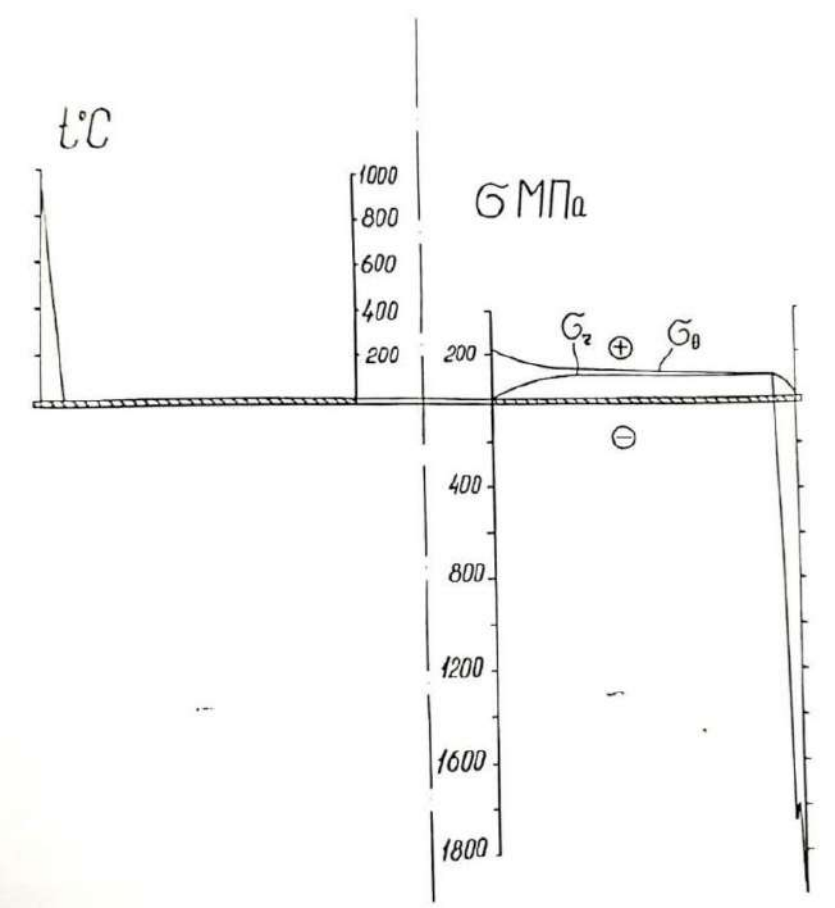



**Рис. 1.1. Напряженная в диске после закалки без предварительного подогрева.**

### 1.1.1. Разработка новых схем индукционной закалки

Результаты, полученные при использовании импульсного индукционного нагрева и закалки периферии пил показывают, что обычные схемы не пригодны, т.к. вызывают коробления дисков. Для устранения коробления следовало-бы: во-первых, исключить возникновение термических напряжений, превышающих предел текучести незакаленных зон, во-вторых, в закаленной периферийной зоне термические напряжения уравновесить структурными. Это возможно, если уменьшить температурные


ISSN 3030-3907

перепады в процессе нагрева и охлаждения. Для этого термически обрабатываемые пилы предварительно подогревали либо в печи вместе с фальц-дисками, либо в нагретых фальц-дисках до различных температур $400^0$C, $450^0$C, $500^0$C, $550^0$C. Однако при установке в индуктор наружная поверхность пил, выходящая за пределы фальш-дисков, охлаждалась быстрее, а внутренняя поверхность (со стороны отверстия пилы) также охлаждалась быстрее из-за теплоотдачи на валу закалочного приспособления. Затем включалась установка, проходил индукционный нагрев в течении 0,8 сек, спрейерное охлаждение и само отпуск закаленной периферии за счёт более нагретой части пилы и фальш-дисков. Для оценки напряженного состояния пилы проводились замеры температур пилы по радиусу на каждой операции. Результаты замеров приведены в таблице 1.1.

Зная закономерности изменения температур, по известным уже формулам можно рассчитать эпюры термических напряжений. Расчеты также проводили на ЭВМ; построение блок-схем расчетов и составление программ проводились уже по описанным методикам. Все эти данные приведены в приложении2, а эпюры на рис 1.1-1.1.2

**Таблица-1.1**

**Изменение температуры различных зон пилы при термообработке с предварительным подогревом**

| Расстояние от впадины зубьев | Температура, $^0$C | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | перед закалкой | нагрев под закалку | сразу после закалки | через 2 мин. | через 12 мин. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Подогрев $400^0$C | | | | | |
| 0 | 253 | 1000 | 20 | 165 | 122 |
| 15 | 308 | 308 | 80 | 198 | 132 |
| 45 | 308 | 308 | 308 | 253 | 176 |
| 75 | 319 | 319 | 319 | 258 | 121 |
| 96 | 308 | 308 | 304 | 264 | 143 |
| 130 | 280 | 280 | 280 | 190 | 120 |
| Подогрев $450^0$C | | | | | |
| 0 | 253 | 1000 | 20 | 198 | 126 |
| 15 | 313 | 313 | 90 | 220 | 137 |
| 45 | 363 | 363 | 357 | 297 | 165 |
| 75 | 346 | 346 | 341 | 264 | 148 |
| 96 | 340 | 340 | 320 | 240 | 148 |
| 130 | 310 | 300 | 290 | 198 | 120 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Подогрев 500$^0$C | | | | | |
| 0 | 275 | 1000 | 20 | 200 | 130 |
| 15 | 330 | 330 | 90 | 231 | 132 |
| 45 | 374 | 374 | 370 | 330 | 170 |
| 75 | 440 | 440 | 430 | 324 | 165 |
| 96 | 396 | 396 | 396 | 310 | 154 |
| 130 | 275 | 275 | 330 | 280 | 140 |
| Подогрев 550$^0$C | | | | | |
| 0 | 286 | 1000 | 20 | 198 | 154 |
| 15 | 420 | 420 | 120 | 242 | 152 |
| 45 | 462 | 462 | 455 | 360 | 219 |
| 75 | 451 | 451 | 441 | - | 181 |
| 96 | 434 | 434 | 430 | - | 165 |
| 130 | 420 | 420 | 410 | 320 | 154 |

Как видно из представленных рисунков, при импульсном нагреве по закалку во впадине зубьев пилы температура достигает 1000$^0$C, а зона образования аустенита доходит до 2 мм ниже впадины зубов. Термические напряжения превышают возможный уровень предела текучести аустенита, равный 250-400 МПа, т.е., предполагается, что при импульсном нагреве напряжения полностью не релаксируют, а будут в указанном интервале [3].

Термические напряжения за пределами аустенитно зоны, т.е. на расстояниях ниже 2 мм от впадины зуба существенно зависят от температуры предварительного подогрева пилы. (см. рис. 1.1-1.2 и табл. П.3). Например, на глубине 3 мм от впадины зубьев термические напряжения, возникающие при нагреве под закалку, были (таблица 1.2.)

**Таблица 1.2.**

**Уровень максимальных тангенциальных напряжений за пределами аустенитно зоны при нагреве пил под закалку**

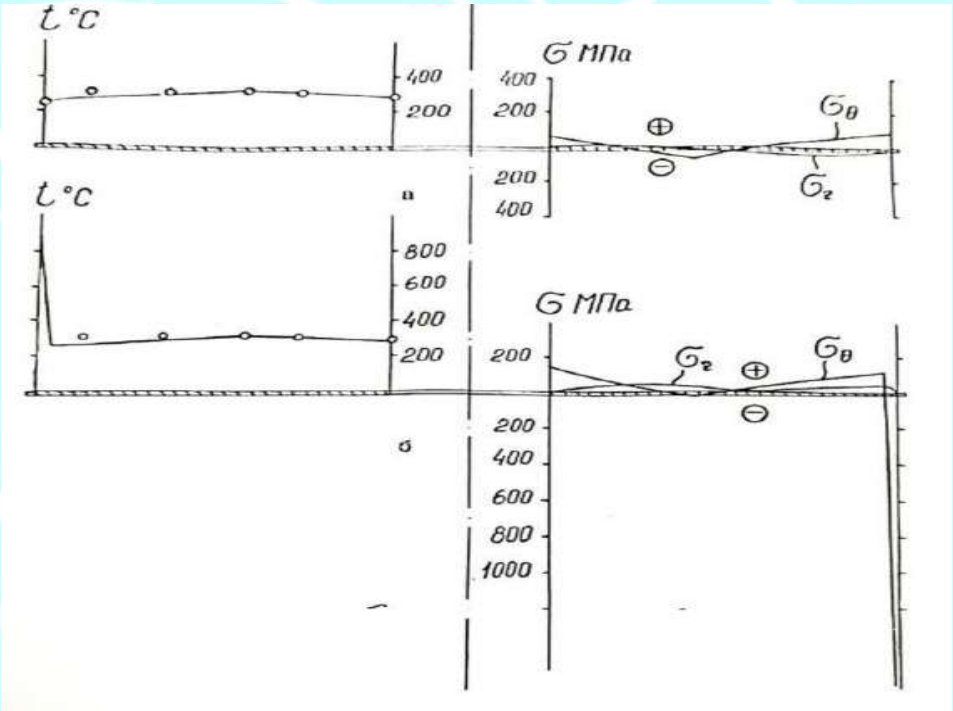
| Подогрев пил, $^0$C | Температура на расстоянии 3 мм от впадины зуба, $^0$C | Максимальные тангенциальные напряжения, МПа |
|---|---|---|
| 400 | 550 | 653 |
| 450 | 550 | 600 |
| 500 | 550 | 460 |
| 550 | 550 | 393 |

По справочным данным /1/ предел текучести стали Х12М со структурой троосто-сороито при температуре около 550$^0$C составляет 450



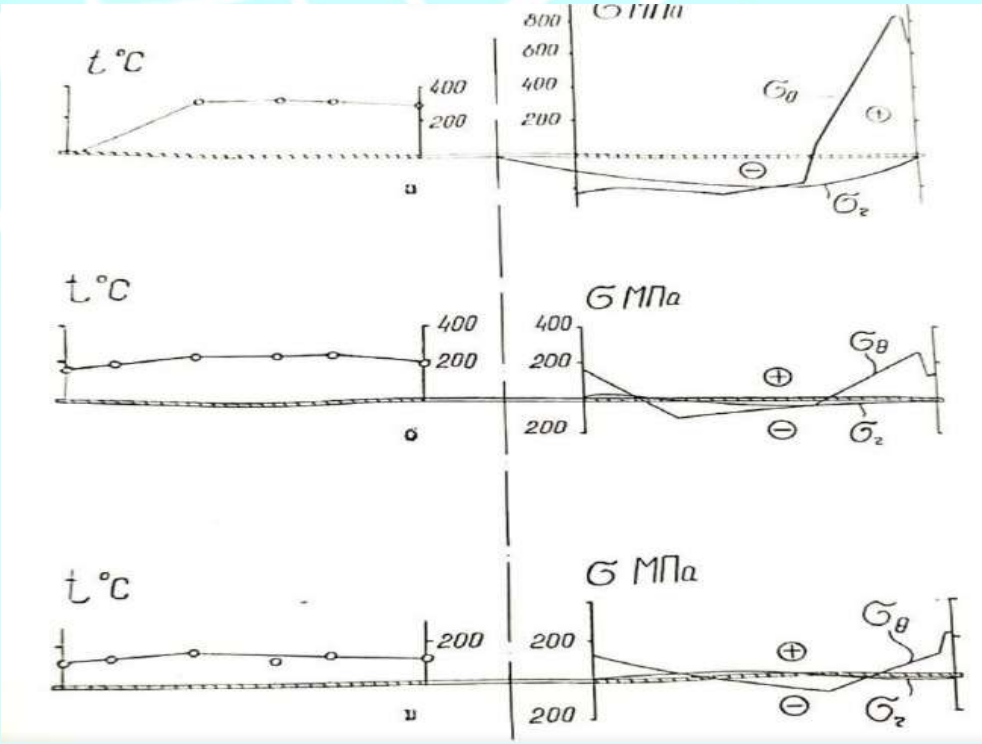
ISSN 3030-3907

МПа, а сталей марок 65Г и 70Г в нормализованном состоянии 30 МПа. Отсюда можно сделать вывод:




**а – подогрев б – нагрев под закалку**

**Рис. 1.2. Напряжение в диске при термообработке с предварительном подогревом 400 $^0$C.**




**а – закалочное охлаждение б – само отпуск 2 минуты в – само отпуск 12 минут**

**Рис. 1.3. Напряжения в диске при термообработке с предварительным подогревом 400 $^0$C.**



ISSN 3030-3907

1. Для устранения возможного пластического деформирования при нагреве под закалку участков, привыкающих к аустенитной зоне необходим подогрев пил выше 450 $^0$C.

2. Для вышеуказанной технологии необходимо использовать стельную ленту с троосто-сороитной структурой, либо с холодной заготовкой.

Подача охлаждающей воды из спрейера в нагретую зону для проведения закалки ведет к резкому охлаждению закаливаемой части и значительному охлаждению центральных зон. Происходит изменение знака и уровня термических напряжений. Максимальные тангенциальные напряжения возникают на расстоянии 5 мм от впадины зубьев, где температура сразу после охлаждения близка к комнатной (таблицы 1.3 и табл. П.2).

**Таблица 1.3**

**Уровень максимальных тангенциальных напряжений за пределами закаленной зоны при закалочном охлаждении**

| Подогрев пил, $^0$C | Максимальное тангенциальное напряжение, МПа |
|---|---|
| 400 | 830 |
| 450 | 890 |
| 500 | 1020 |
| 550 | 1110 |

Предел текучести сталей 65Г, 70Г в холоднокатанном состоянии или термообработанном на структуру троостосорбита составляет примерно 1000 МПа. Поэтому можно сделать вывод:

1. Для устранения возможной пластической деформации при закалочной охлаждении участков, примыкающих к закаленной зоне, необходим подогрев пил перед закалкой не выше 500 $^0$C.

2. Для изготовления пил необходимо применение сталей с достаточно высоким пределом текучести (холоднокатанная лента или лента термообработанная).

3. Дальнейшее снижение термических напряжений возможно при более точном дозированном охлаждении центральных зон пилы в процессе закалочного охлаждения с целью температурных перепадов по радиусу ее.

После прекращения закалочного охлаждения проходит само отпуск пилы за счет нагретой части и уже через 2 минуты температуры пилы в значительной мере выравнивается, а температура самоотпуска в закаленной части достигает 200$^0$C.



ISSN 3030-3907

Как уже указывалось выше, при импульсном нагреве периферии пил под закалку возможный нижний уровень не релаксированных сжимающих напряжений составляет 250 МПа. После закалки эти напряжения суммируются с термическими, возникающими при охлаждении. Это обстоятельство учитывалось при расчете напряжений в теле пилы, рассматривая закаленную пилу как составную: внутренней незакаленные диск, на который надето закаленное кольцо (рис 7.13). В этом случает находят контактное давление на поверхность внутреннего диска через напряжения в наружном кольце.

Согласно:

$$6_2 = \frac{-\tau_3^2}{\tau_2^2-\tau_3^2}\left(1+\frac{\tau_2^2}{\tau_3^2}\right).p\ (1)$$

Где $p$ – наружное контактное давление на внутренний диск, $\tau_2$ и $\tau_3$ – наружный и внутренний радиусы кольца

Откуда

$$6_2 = \frac{-6_2*(\tau^2-\tau_{3)}^2}{\tau_3^2(1+\frac{\tau_1^2}{\tau_2}} = \frac{-250*(160^2-158_{3)}^2}{158_3^2(1+\frac{160_1^2}{160}} = 3{,}2\ \text{МПа}.$$

Однако в закаленном наружном кольце при закалке возникают структурные напряжения, вызванные объемными изменениями при мартенситном превращении. Само отпуск также сопровождается объемными изменениями, связанными уже со снижением тетрагональной мартенсита. В конечном итоге, при окончательном охлаждении пилы при отсутствии пластического течения внутреннего диска, устойчивость пилы против коробления зависит от уровня структурных напряжений. Рассмотрим все напряжения, возникающие при закалке наружного кольца, которые и являются определяющими устойчивость пилы против коробления.

Глубина закаленной зоны (наружного закаленного кольца) составляет 2 мм. Следовательно, внутренний диаметр кольца $\tau_3 = 153$ мм.

Напряжения, возникающие в закаливаемом кольце и внутреннем диске:

1. Термические напряжения в кольце 1, вызванные охлаждением от закалочной температуры на глубине 2 мм. При охлаждении от 865 (как средняя на глубине 2 мм) до точки начала мартенситного превращения стали Х12М = 230 можно подсчитать:

Относительное сужение

где $\alpha_{ауст.}$ – коэффициент линейного расширения аустенита,

$\Delta T_1$ – разница температур от 865 до 230 $^0$С.

$$E_1 = 24*10^{-6}*(865-230) = 0{,}01524$$

Уменьшение радиуса кольца $\tau_3 = 158$ мм в результате охлаждения составит:

$$\Delta\tau_3 = E_1 * \tau_3 = 0{,}01524 * 158 = 2{,}4\ \text{мм}$$



ISSN 3030-3907

Тогда контактное давление согласно

$$\rho_1 = \frac{\Delta\tau_3}{\tau_3\left(C_1 / E_1 + {C_2}/{E_2}\right)}$$

Где $E_1$ и $E_2$ – модули упругости диска 2 и кольца 1,
$C_1$ и $C_2$ – коэффициенты Ляме

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{\tau_1}{\tau_3}\right)^2}{1-\left(\frac{\tau_1}{\tau_3}\right)^2} - \mu = \frac{1+\left(\frac{30}{158}\right)^2}{1-\left(\frac{30}{158}\right)^2} - 0{,}3 = 0{,}774$$

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{\tau_1}{\tau_3}\right)^2}{1-\left(\frac{\tau_1}{\tau_3}\right)^2} + \mu = \frac{1+\left(\frac{30}{158}\right)^2}{1-\left(\frac{30}{158}\right)^2} + 0{,}3 = 0{,}774$$

$$P_1 = \frac{2{,}4}{158\left(\frac{0{,}774}{21{,}7} * 10^4 + \frac{79{,}8}{11{,}0} * 10^4\right)} = 20{,}9\ М\text{Пф}$$

2. Структурные напряжения в кольце 1.

При мартенситном превращении от $M_{н.}$ = 230$^0$C до 20$^0$C наблюдается рост объема

$$\varepsilon_2 = \frac{V_{m20} - V_{\text{ɣ}}}{3V_{\text{ɣ}}}$$

Где $V_M$ - удельный объем мартенсита при 20 $^0$C,
$V_З$ - удельный объем аустенита при 230$^0$C,

Эти значения находят по уравнениям Юрьева С.Ф. в зависимости от концентрации углерода $C_{p_}$ и температуры t:

$V_{M2,0}$ = 0,12708 + 4,48 * 10$^{-6}$ * t + 2,79 * 10$^{-3}$ $C_p$ = 0,12708 + 4,48 * 10$^{-6}$ *20 + 2,79 * 10$^{-3}$ 0,7 = 0,1291

$V_з$= 0,12282 + 8,56 * 10$^{-6}$ * t + 2,15 * 10$^{-3}$ $C_p$ = 0,12282 + 8,56 * 10$^{-6}$ * 230 + 2,15 * 10$^{-3}$ 0,7 = 0,1263

$$\varepsilon_2 = \frac{0{,}1291 - 0{,}1263}{3 \cdot 0{,}1263} = 0{,}0074$$

Увеличение радиуса $\tau_3$ = 158 в результате мартенситного превращения:

$$\Delta\,\tau_3 = E_2 * \tau_3 = 0{,}0074 * 158 = 1{,}1692 \text{ мм}$$

Тогда контактное давление на

$$P_2 = -\frac{\Delta\tau_3}{\tau_3(C_1/E_1 + C_1/E_2} = -\frac{1{,}1692}{158 \cdot \left(\frac{0{,}774}{21} \cdot 10^4 + \frac{79{,}3}{21} \cdot 10^4\right)} = -19{,}4\text{МПа}$$

3. Контактное давление из-за не релаксированных сжимающих напряжений, как уже показало выше

$P_{3_}$ = -3,2 МПа

4. Общее контактное давление:



ISSN 3030-3907

$$P_{общ_} = P_1 - P_2 - P_3 = {}_{20}9\text{-}19{,}4\text{-}3{,}2\text{=-}1{,}7 \text{ МПа}$$

Следовательно, сразу после закалки в закаленном кольце 1 возникает сжимающие напряжения, уравновешиваемые растягивающими напряжениями в диске 2. В связи с этим в программы расчета напряжений в диске 2 было введено значение контактных напряжений, имеющихся на наружной поверхности диска 2 $P_{общ_}$ = -1,7 МПа

При разжимании фальш-дисков сразу после закалки наблюдается искривление пил в виде «восьмерки», что говорит о том, что уровень сжимающих напряжений в наружном закаленном кольце выше критического. При само отпуске в течении 2-х минут пила либо выравнивается, либо еще имеет искривление. После само отпуска в течении 12 минут можно наблюдать выравнивание пил. Вызвано это тем, что при само отпуске происходит уменьшение тетрагональной мартенсита и уменьшение объема. Эксперименты со сталями с содержанием углерода 0,7-0,85 показали, что уменьшение линейных размеров при $200^0$C после закалки соответствует относительному сокращению диаметра $E_3$= 0,0012. Тогда уменьшение радиуса $\tau_3$ = 158 мм составит:

$$\Delta \tau_3 = E3 * \tau_3 = 0{,}0012 * 158 = 0{,}189 \text{ мм}$$

$$P_4 = \frac{\Delta\tau_3}{\tau_3 \cdot (C_1/E_1 + C_1/E_2)} = \frac{0{,}184}{158 * (\frac{0{,}774}{21} * 10^4 + \frac{79{,}3}{21} * 10^4)} = 3{,}1\ МПа$$

Контактное давление

Таким образом, после само отпуска в течении 12 минут формируется контактное давление:

$$P=P_{общ_} + P_4 = .1{,}7+3{,}1= 1{,}4 \text{ МПа}$$

В соответствии с этим в программы расчета напряжений после 12 мин. Самоотпуска было введено значение контактного давления P= 1,4 МПа (приложение 2) на внутренний диск 2.

После полного остывания, при отсутствии пластического деформирования в процессе нагрева-охлаждения, т.е. если все деформации диска 2 оказались упругими и обратимыми, остается влияние только контактного давления наружного кольца 1 на внутренний диск 2. Этим условием (отсутствия пластического течения в процессе нагрева-охлаждения) отвечает термическая обработка с предварительным подогревом пил $500^0$C и, возможно, $450^0$C. Для этих случаев представлены эпюры напряжений в теле пилы окончательного охлаждения [2].

Однако даже в этих случаях плоскостность пил может быть гарантирована, если контактное напряжение не превышает критического.

Если представить внутренний диск 2 (см. рис 1.4) нагруженными по периферии контактным напряжением, те критическое напряжение равно:



ISSN 3030-3907

$$P_{кр} = K\frac{D}{b^2 * h}$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$$

Здесь

Где E – модуль нормальной упругости, $21*10^4$ МПа

h – толщина диска – 0,95 мм

μ - коэффициент Пуассона – 0,3

$$D = \frac{21 * 10^4 * 0.95^3}{12 * (1 - 0{,}3^2)} = 16000$$

Значение коэффициента К в (7.3) зависит от способа закрепления пластины и для шарнирного опирания по наружному краю (т.е. в свободном состоянии) согласно равно 2,73.

$$P_{кр} = 2{,}73 \cdot \frac{16000}{158^2 \cdot 0{,}95} = 1{,}8МПА$$

Тогда

В нашем случае сжимающее контактное напряжение Р после закалки и самоотпуска составляло 1,4МПа, т.е. не превышало критического значения.

Максимальные напряжения найдем из условия, что после самоотпуска Р не превышает $Р_{кр}$ = - 1,3 МПа (иначе пилы искривлялись бы всегда)

Тогда сразу после закалки

$$P = -1{,}8 - P_4 = -1{,}8 - 3{,}1 = -4{,}9 \text{ Мпа}$$

$$G_a = \frac{P * \tau_3^2}{\tau_2^2 - \tau_3^2} * \left(1 + \frac{\tau_2^2}{\tau^2}\right) = \frac{-4{,}9 * 158^2}{160^2 - 158^2}\left(1 + \frac{160^2}{160^2}\right) = -384\ МПа$$

Минимальные тангенциальные напряжения найдем из условия, что после само отпуска Р = $Р_{кр}$ = 1,8 МПа

Сразу после закалки Р = 1,8 – 3,1 = -141,3 МПа

$$G = \frac{-1{,}3 * 158^2}{160^2 - 158^2}\left(1 + \frac{160^2}{160^2}\right) = -141{,}3\ МПа$$

Таким образом, нереклаксированные окружные (тангенциальное) напряжения в случае получения плоских пил без коробления находится после нагрева по закалку [1]. В других случаях будет наблюдаться потеря устойчивости и образование после окончательного охлаждения либо «тарельчатой», либо искривление «восьмеркой». Как нами было показано выше, наиболее вероятный уровень не релаксированных тангенциальных напряжений = 250 МПа.

**Заключение**

В результате рассмотрения известных технологических схем термической обработки пил установлено, что правильно выбранные режимы



ISSN 3030-3907

нагрева, выдержки и охлаждения оказывают решающее влияние на эксплуатационные свойства инструмента. Оптимизация процессов закалки и отпуска позволяет достичь необходимого сочетания твердости, износостойкости и вязкости стали, что существенно повышает срок службы пил и качество реза.

Сравнительный анализ существующих методик показал, что применение современных технологий — таких как индукционный нагрев, контролируемая атмосфера и ступенчатое охлаждение — обеспечивает более стабильные результаты по сравнению с традиционными методами. При этом важным остается строгий контроль параметров процесса и выбор термообработки в зависимости от марки стали и назначения пилы.

Таким образом, совершенствование технологических схем термической обработки является ключевым направлением повышения надежности и долговечности пил, а также эффективности их промышленного применения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леппле Фолькер Термическая обработка стали. Учебник 2021 г.
2. Колеров, В. С. Уварова Термическая обработка сталей: метод. указания /. аэрокосм. ун-т, 2008. - 68 с.
3. Ю.А. Башнин, Б.К. Ушаков, А.Г. Секей Технология термической обработки стали 2022.
4. Бегатов Д.М., Норходжаев Ф.Р., Мухкамедов А.А. Влияние экстремальных температур отпуска и последующей закалки на формирование структуры и свойства штамповых сталей. Международный журнал передовых исследований в области науки, техники и технологий, том 6, выпуск 4, апрель 2019 г.


ISSN 3030-3907

# ANABASIS APHYLLA L. O‘SIMLIGIDAN FLAVONOIDLARNI AJRATIB OLISH

**Sherg‘oziyev Qilichbek Marufjon o‘g‘li**

***Farg‘ona davlat universiteti, kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi (PhD)***

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada Anabasis aphylla L. o‘simligining flavonoid tarkibi o‘rganildi. O‘simlik xomashyosi etil spirti yordamida ekstraksiyaga tortilib, ajratilgan ekstraktlar turli qutblilikdagi erituvchilar bilan fraksiyalarga ajratildi. Xloroform va etilatsetat fraksiyalari ustunli xromatografiya usuli bilan tozalandi hamda Sephadex LH-20 gelida qayta xromatografiya qilindi. Natijada bir nechta sof flavonoid birikmalari ajratib olindi va ularning fizik-kimyoviy hamda spektral xususiyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari Anabasis aphylla L. o‘simligining biofaol flavonoid manbai sifatida farmatsevtika va bioorganik kimyo sohalarida qo‘llanish imkoniyatiga ega ekanini ko‘rsatadi.

**Kalit so‘zlar:** *Anabasis aphylla* L., flavonoidlar, ekstraksiya, fraksiyalash, xromatografiya, biofaollik, alkaloid.

**Аннотация:** В данной статье изучен флавоноидный состав растения Anabasis aphylla L. Растительное сырьё подвергалось экстракции этиловым спиртом, после чего полученные экстракты были разделены на фракции с использованием растворителей различной полярности. Хлороформная и этилацетатная фракции были очищены методом колонночной хроматографии и дополнительно проанализированы на геле Sephadex LH-20. В результате выделены несколько индивидуальных флавоноидных соединений, физико-химические и спектральные характеристики которых были изучены. Полученные результаты свидетельствуют о том, что Anabasis aphylla L. может служить перспективным природным источником биологически активных флавоноидов для фармацевтической и биоорганической химии.

**Ключевые слова:** Anabasis aphylla L., флавоноиды, экстракция, фракционирование, хроматография, биологическая активность, алкалоид.

**Abstract:** This study investigates the flavonoid composition of the plant Anabasis aphylla L. The plant material was extracted with ethyl alcohol, and the obtained extracts were fractionated using solvents of different polarity. The chloroform and ethyl acetate fractions were purified by column chromatography and further analyzed on Sephadex LH-20 gel. As a result, several pure flavonoid compounds were isolated and their physicochemical and spectral properties were examined. The findings indicate that Anabasis aphylla L. represents a promising natural source of biologically active flavonoids for applications in pharmaceutical and bioorganic chemistry.



ISSN 3030-3907

**Keywords:** Anabasis aphylla L., flavonoids, extraction, fractionation, chromatography, bioactivity, alkaloid.

**Kirish**

O‘simliklar tirik tabiatning eng muhim tarkibiy qismlaridan biri bo‘lib, ular biosferadagi moddalar aylanishi, ekologik muvozanat va inson hayoti uchun zarur bo‘lgan ko‘plab kimyoviy birikmalarning tabiiy manbai hisoblanadi. Ularning kimyoviy tarkibini o‘rganish nafaqat o‘simliklarning fiziologik va biokimyoviy jarayonlarini tushunishga, balki farmatsevtika, oziq-ovqat, kimyo va qishloq xo‘jaligi sohalarida yangi samarali mahsulotlar yaratishga xizmat qiladi.

Zamonaviy tabiiy birikmalar kimyosi o‘simlik xomashyosidan ajratib olingan biologik faol moddalarning tuzilishi, sintezi, biofaolligi va ularni amaliy qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganishga qaratilgan. O‘simliklarning kimyoviy tarkibi juda xilma-xil bo‘lib, ular tarkibida alkaloidlar, flavonoidlar, saponinlar, fenolik birikmalar, terpenoidlar, efir moylari, organik kislotalar, uglevodlar va boshqa ko‘plab tabiiy moddalarning mavjudligi aniqlangan. Ushbu birikmalar o‘simliklarning himoya, moslashuv va metabolik jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi, shuningdek, inson salomatligi uchun farmakologik ahamiyatga ega.

Hozirgi vaqtda dunyo miqyosida o‘simliklarning kimyoviy tarkibini chuqur o‘rganishga, ularning biologik faol komponentlarini identifikatsiya qilishga va yangi tabiiy dori vositalarini ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlar keng rivojlanmoqda. Xususan, ilg‘or analitik usullar — xromatografiya, mass-spektrometriya, yadroviy magnit rezonans (YMR) va infraqizil spektroskopiya kabi texnologiyalar o‘simlik metabolitlarini aniqlash va tuzilishini belgilash imkonini bermoqda.

O‘simliklardagi tabiiy birikmalar nafaqat tibbiyot, balki ekologiya, oziq-ovqat sanoati, kosmetologiya, biotexnologiya va qishloq xo‘jaligi sohalarida ham keng qo‘llaniladi. Shu bois o‘simliklarning kimyoviy tarkibini tizimli o‘rganish ularning biologik resurs sifatidagi qiymatini oshirish, yangi ekologik toza va samarali moddalarning manbaini aniqlash, shuningdek, mahalliy o‘simlik turlaridan amaliy foydalanish istiqbollarini belgilashda muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Flavonoidlar — o‘simliklarda keng tarqalgan, biologik faol polifenolik birikmalar bo‘lib, ular o‘simliklarning fiziologik jarayonlarida ham, inson salomatligida ham muhim rol o‘ynaydi. Ular antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antiallergik va antimikrob xususiyatlari bilan ajralib turadi. Flavonoidlar nafaqat o‘simliklarning himoya tizimini mustahkamlaydi, balki inson organizmida kasalliklarning oldini olish va davolashda ham samarali ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, o‘simlik flavonoidlarini ajratish, ularning kimyoviy tuzilishi va biologik



ISSN 3030-3907

faolligini o‘rganish zamonaviy tabiiy birikmalar kimyosining muhim yo‘nalishlaridan biridir.

## ADABIYOTLAR TAHLILI

*Anabasis aphylla* L. (syn. Anabasis tatarica Pall.) — Amaranthaceae oilasiga mansub, O‘rta Osiyo cho‘l hududlarida keng tarqalgan yarim buta o‘simlikdir. Mahalliy aholida u “itsigek” nomi bilan tanilgan bo‘lib, Qoraqalpoq, Qozog‘iston, O‘zbekiston va Tojikistonning sho‘rxok va sho‘r tuproqli yerlari hamda qadimiy sug‘orilgan dalalarda o‘sadi. O‘simlik 30–75 sm gacha balandlikda bo‘lib, asosidan kuchli tarmoqlangan, sersuv, silindrsimon va silliq shoxlarga ega. Barglari deyarli rivojlanmagan, ular qisqargan uchburchak shaklli tangachalar ko‘rinishida, shox qo‘ltiqlarida esa nozik tuklar uchraydi. Gullari yakka, shox uchlarida yoki qo‘ltiqlarida joylashgan. Mevasi sersuv bo‘lib, bo‘g‘imlari meva davrida qanotchaga o‘xshash kengayadi [1].

Dunyoda o‘simliklarga asoslangan dori vositalari keng qo‘llaniladi, rivojlangan mamlakatlar esa ushbu an’anaviy dori vositalarini murakkab biofaol birikmalarni arzon manbai sifatida qayta kashf etganlar [2; 17-19]. Zamonaviy farmatsevtik preparatlar odatda kuchli klinik ta’sirga ega bo‘lgan bitta sintetik modda asosidagi og‘iz orqali qabul qilinadigan shakllardan iborat. Shunga qaramay, o‘simliklardan olingan tabiiy mahsulotlar hali ham farmatsevtik preparatlarda sof holda yoki ekstrakt ko‘rinishida qo‘llanilmoqda [3; 1005–1019]. Davolovchi moddalarni aniqlashning turli usullari mavjud bo‘lishiga qaramay, tabiiy mahsulotlar yangi tuzilishdagi birikmalarning eng muhim manbalaridan biri hisoblanadi [4; 1–9]. Shu sababli, zamonaviy tibbiyot samaradorligini yanada takomillashtirish maqsadida tadqiqotchilar tobora ko‘proq xalq tabobatini yangi dori vositalarining manbai sifatida o‘rganishga e’tibor qaratmoqdalar.

*Anabasis* L. turkumi o‘simliklari sho‘rlangan muhit va ekologik stresslarga ayniqsa chidamli hisoblanadi [5; 254-263]. *Anabasis* L. turkumining eng muhim o‘simliklari qatoriga *Anabasis aretioides*, *Anabasis articulata*, *Anabasis aphylla* va *Anabasis setifera*lar kiradi. *Anabasis aphylla* L. o‘simligi *Anabasis* L. turkumiga mansub gulli o‘simlik turidir. *A. aphylla* L. o‘simliklar turkumining kimyoviy tarkibi XX asrning 30-yillaridan boshlab o‘rganila boshlangan bo‘lib, alkaloidlar, steroidlar, terpenoidlar va flavonoidlar ajratib olingan. *A. aphylla* L. o‘simligi tarkibidan birinchi alkaloid – anabazin 1929-yilda A.P. Orexov tomonidan ajratib olingan bo‘lib, 3-(2-piperidil) piridin tuzilishga ega [6; 349-356]. Anabazin yoki neonikotin piridin, yoki piperidin qator alkaloid bo‘lib, *Nicotiana glauca* hamda *Nicotiana tabacum* o‘simliklarida uchraydi [7; 24].

*A. aphylla* L. o‘simligi tarkibidagi kul moddalari va suvda eruvchan tuzlar miqdori ham yuqori. Uning quruq moddasidan olingan kulda kaliy, natriy, xlor, fosfor, kremniy, temir, magniy va kalsiy oksidlari aniqlangan. Sho‘r muhitda


ISSN 3030-3907

o‘sishi natijasida o‘simlik to‘planayotgan tuzlarni o‘z to‘qimalarida saqlaydi, bu esa uni texnik jihatdan ham qimmatli xomashyo qiladi. Mahalliy aholi o‘simlikdan sovun ishlab chiqarishda foydalanadi: 40–70 kg quritilgan o‘simlikdan taxminan 1,5 kg miqdorida soda va tuz aralashmasi olinadi [1].

Xalq tabobatida *A. aphylla* L. ildizining qaynatmasi o‘pka sil kasalligini davolashda, yerusti qismlari esa yara bitkazuvchi vosita sifatida ishlatiladi. Biroq o‘simlik tarkibidagi anabasine alkaloidi yuqori toksikligi sababli uni ichki qo‘llash xavfli hisoblanadi. O‘simlikning yosh yashil novdalarida anabasine miqdori ayniqsa yuqori bo‘lib, bu uni insektitsid ishlab chiqarish uchun muhim manbaga aylantirgan [1].

*A. aphylla* L. o‘simligi kimyoviy jihatdan boy tarkibli, biologik faol alkaloidlarning tabiiy manbai hisoblanadi. Ushbu o‘simlik tarkibidan anabasine, aphylline, aphyllidine, lupinine, anabasamine hamda ularning oksidlangan hosilalari aniqlangan. Ularning orasida anabasine eng muhim komponent bo‘lib, o‘simlikdagi umumiy alkaloidlar massasining 70–75 foizini tashkil etadi. Mazkur modda kuchli insektitsid xususiyatga ega bo‘lib, boshqa alkaloidlar bilan birgalikda kompleks kimyoviy birikmalar tizimini hosil qiladi. Qolgan alkaloidlar miqdori nisbatan kamroq bo‘lsa-da, farmakologik va texnik ahamiyati jihatidan e’tiborlidir. Masalan, aphylline va aphyllidine moddalarini qayta ishlash natijasida pachycarpine hosil bo‘ladi, u tibbiyotda fiziologik faol preparat sifatida qo‘llaniladi. Lupinine esa ayrim anestetik xususiyatli preparatlarning asosiy komponenti sifatida tanilgan [8].

Flavonoidlar — benzo-γ-piron tuzilishiga ega bo‘lgan polifenolik birikmalarning katta guruhini tashkil etadi va ular deyarli barcha o‘simliklarda uchraydi. Mavjud ilmiy ma’lumotlarga ko‘ra, fenolik tabiatga ega bo‘lgan ikkilamchi metabolitlar, jumladan flavonoidlar, turli farmakologik faolliklarning yuzaga kelishida mas’ul hisoblanadi [9; 383–386].

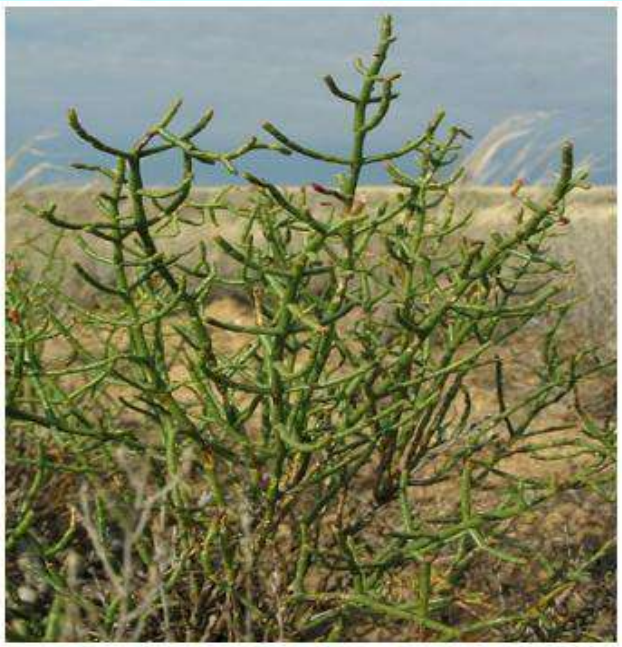
Flavonoidlar o‘simliklarda keng tarqalgan tabiiy birikmalar bo‘lib, ular inson organizmida immun tizimini mustahkamlash va yallig‘lanish jarayonlarini kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi. Ular antioksidant xususiyatga ega bo‘lib, hujayralarni erkin radikallar ta’siridan himoya qiladi, shu orqali turli kasalliklarning rivojlanish xavfini kamaytiradi. Flavonoidlar shuningdek, immun hujayralarning faolligini tartibga soladi va yallig‘lanish mediatorlarining ortiqcha ajralishini cheklaydi, bu esa ularning terapevtik ahamiyatini yanada oshiradi.

Flavonoidlar — tabiiy ravishda o‘simliklarda keng tarqalgan, nisbatan past molekulyar og‘irlikka ega bo‘lgan organik birikmalardir. Ular mevalar, sabzavotlar, yong‘oqlar, urug‘lar, gullar, po‘stloqlar va hatto choy va sharob kabi mahsulotlarda uchraydi. Ba’zi g‘arbiy mamlakatlarda flavonoidlar iste’moli kuniga taxminan 1000 mg ni tashkil etadi [10; 117-191]. Ushbu birikmalarning noyob


ISSN 3030-3907

biologik xususiyatlari ularni kasalliklarning oldini olishda va sog‘lomlashtiruvchi vosita sifatida muhim deb hisoblash imkonini beradi. Flavonoidlar antiallergik, yallig‘lanishga qarshi, antivirus, antikarsinogen va antikanserogen faollikka ega ekani ko‘plab *in vitro* va *in vivo* tadqiqotlarda isbotlangan [11; 619-652]. Shu bilan birga, ularning antioksidantlik xususiyatlari ham ilmiy doiralarda katta qiziqish uyg‘otmoqda.

Flavonoidlarning antiallergik ta’siri ularning tuzilishiga bog‘liq bo‘lib, ular oq qon hujayralari tomonidan ajratiladigan yallig‘lanish mediatorlarini susaytiradi. Masalan, kversetin yuqori antiallergik faollikka ega bo‘lgan birikma sifatida qayd etilgan, holbuki taksofillin bu xususiyatga ega emas. Shuningdek, flavonoidlar neytrofillar faoliyatini tartibga solib, fosfolipaza va oksidaza fermentlar faoliyatini susaytiradi, natijada superoksid anionlari hosil bo‘lishi kamayadi. Bu esa to‘qimalarda oksidlovchi stressni kamaytirib, yallig‘lanish jarayonining oldini oladi. Antivirus xususiyatlari ham bir qator tadqiqotlarda ko‘rsatib o‘tilgan. Ayrim flavonoidlar, masalan, kversetin va naringin, poliovirus, parainflyuenza va gerpes viruslariga qarshi faollik namoyon etgan. Biroq, klinik jihatdan muvaffaqiyatli qo‘llanishga ega flavonoid asosidagi antivirus preparatlar hali keng miqyosda ishlab chiqilmagan [12; 13-21]. Ushbu tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, flavonoidlar o‘simliklarda uchraydigan muhim biofaol birikmalar sifatida inson salomatligiga ko‘p yo‘nalishli ta’sir ko‘rsatadi, shuning uchun ularning kimyoviy tuzilishi, biologik faolligi va farmakologik xususiyatlarini chuqur o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.



1-rasm. *Anabasis aphylla* L. o‘simligi

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot obyekti sifatida Farg‘ona viloyati, Oltiariq tumanining dasht hududlaridan 2023-yilning may oyida yig‘ib olingan *A. aphylla* L. o‘simligi tanlab



ISSN 3030-3907

olindi (1-rasm). Yig‘ilgan o‘simlik namunalarining organlari alohida ajratilib, maydalangan va to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh nuri tushmaydigan sharoitda tabiiy usulda quritildi. Quritilgan xomashyo qog‘oz xaltachalarga joylashtirilib, doimiy namlik saqlanadigan xonada saqlangan. Bunday yondashuv namunalarni uzoq muddat sifatli saqlashga va keyingi kimyoviy tahlillar uchun barqaror holatda tayyorlashga imkon berdi [13; 115–119].

Flavonoidlarni ajratib olish jarayoni maydalangan quruq o‘simlik xomashyosi asosida olib borildi. Xomashyo xona haroratida 70% li etil spirti yordamida yetti marta ekstraksiyaga tortildi. Natijada, flavonoidlar va boshqa polifenolik birikmalar spirtli eritmaga o‘tib, ularni samarali ajratib olish imkoniyati yaratildi. Olingan barcha ekstraktlar birlashtirilib, vakuum ostida haydaldi va natijada erituvchi bug‘latib chiqarildi hamda konsentrlangan suyuq ekstrakt olindi. Ushbu ekstrakt quritilib, suvli-spirtli ekstrakt ko‘rinishida tayyorlandi.

Quritilgan ekstrakt fraksiyalarga bo‘lingan bo‘lib, ketma-ket ravishda geksanli, xloroformli, etilatsetatli hamda etilatsetat–etanol (1:1) fraksiyalar ajratib olindi. Har bir fraksiya kimyoviy tarkibiga ko‘ra alohida ishlov berildi. Xloroformli va etilatsetatli fraksiyalar $SiO_2$ (KSK 100–200) yordamida ustunli xromatografiya orqali tozalandi. Xloroform fraksiyasi uchun erituvchilar geksan, benzol, $CHCl_3$, $CHCl_3$:$CH_3OH$ (100:1; 90:1; 80:1; 50:1) nisbatlarda qo‘llanildi. Etilatsetat fraksiyasi esa $CHCl_3$, $CHCl_3$:$CH_3OH$ (100:1; 90:1; 80:1; 50:1; 30:1; 20:1; 9:1) nisbatdagi elyuent tizimlari bilan ajratildi.

Natijada olingan alohida fraksiyalar Sephadex LH-20 gelida qayta xromatografiyaga tortildi. Bunda xloroform fraksiyasi uchun $CHCl_3$:$CH_3OH$ (1:1), etilatsetat fraksiyasi uchun esa $C_2H_5OH$:$H_2O$ (8:2) eritma tizimlari qo‘llanildi. Shu yo‘l bilan o‘simlik tarkibidagi flavonoidlar sof holda ajratib olindi.

Tadqiqotning bunday bosqichma-bosqich yondashuvi *A. aphylla* L. o‘simligidagi flavonoid birikmalarni aniqlash, ularning tozaligini ta’minlash hamda keyingi strukturaviy tahlil bosqichlari uchun zarur kimyoviy asos yaratishga imkon berdi.

**MUHOKAMA VA NATIJALAR**

*A. aphylla* L. o‘simligining flavonoid tarkibini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar natijasida olingan ma’lumotlar o‘simlikning boy fenolik tarkibga ega ekanini ko‘rsatdi. O‘simlik xomashyosi etil spirti yordamida ekstraksiyaga tortilganda, flavonoidlar va boshqa polifenolik birikmalar samarali ravishda eritmaga o‘tgan. Vakuum ostida haydash natijasida quruq ekstrakt olinib, u keyinchalik turli qutblilikdagi erituvchilar yordamida fraksiyalarga ajratildi.

Fraksiyalash jarayonida geksanli, xloroformli, etilatsetatli va etilatsetat–etanol (1:1) fraksiyalar olingan bo‘lib, ularning har biri kimyoviy tarkib jihatidan sezilarli farq ko‘rsatdi. Tahlillar natijalariga ko‘ra, etilatsetat va xloroformli


ISSN 3030-3907

fraksiyalar flavonoidlar va boshqa fenolik komponentlarga nisbatan boyroq bo‘lib chiqdi. Shu bois ushbu fraksiyalar ustunli xromatografiya yordamida yanada chuqurroq tahlil qilindi.

$SiO_2$ ustunida o‘tkazilgan xromatografiya jarayoni davomida bir nechta alohida fraksiyalar ajratilib, ularning ba’zilari Sephadex LH-20 da qayta xromatografiyaga tortildi. Bunday yondashuv flavonoidlarning tozaligini oshirish va ularning individual modda sifatida ajralishini ta’minladi. Natijada, o‘simlik tarkibidan bir nechta sof flavonoid moddalari ajratib olindi.

**XULOSA**

Ajratilgan moddalarning fizik-kimyoviy va spektral xususiyatlari keyingi tahlillarda aniqlanib, ular o‘simlik flavonoidlariga xos bo‘lgan tuzilma elementlarini namoyon etdi. Bu esa *A. aphylla* L. o‘simligi flavonoidlarining murakkab kimyoviy tarkibga egaligini hamda ularning biofaol darajasini ilmiy jihatdan asoslash imkonini berdi.

Ushbu natijalar o‘simlikning polifenolik tarkibini o‘rganish nafaqat kimyoviy tuzilmani aniqlash, balki ularning farmakologik ahamiyatini baholashda ham muhim ekanini ko‘rsatadi. Xususan, flavonoidlarning antioksidant, yallig‘lanishga qarshi va antimikrob faolligi haqidagi ilgari o‘tkazilgan ilmiy ma’lumotlar ushbu o‘simlik tarkibidagi biofaol birikmalar mavjudligini tasdiqlaydi. Shunday qilib, *A. aphylla* L. o‘simligi kelgusida tabiiy flavonoidlar manbai sifatida farmatsevtika va bioorganik kimyo sohalarida qo‘llanish imkoniyatiga ega.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:**

1. Phillipson, J. D. (1994). Natural products as drugs. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, *88*, 17-19.
2. Gogtay NJ, Bhatt HA, Dalvi SS, Kshirsagar NA (2002): The use and safety of non-allopathic Indian medicines. Drug Safety 25: 1005–1019.
3. Hostettmann K (1999): Strategy for the biological and chemical evaluation of plant extracts. Pure Appl Chem 70: 1–9.
4. Mahomoodally MF, Gurib-Fakim A, Subratty AH. Antimicrobial activities and phytochemical profiles of endemic medicinal plants of Mauritius. Pharmaceutical Biology. 2005;43(3):237–242.] [Pandey AK. Anti-staphylococcal activity of a pan-tropical aggressive and obnoxious weed Parihenium histerophorus: an in vitro study. National Academy Science Letters. 2007;30(11-12):383–386.
5. Kuhnau, J. (1976). A class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Rev Nutr Diet*, *24*, 117-191.
6. Elliott, M., & Chithan, K. (2017). The impact of plant flavonoids on mammalian biology: implications for immunity, inflammation and cancer. In *The flavonoids advances in research since 1986* (pp. 619-652). Routledge.



ISSN 3030-3907

7. Kumar S, Pandey AK. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. Scientific World Journal. 2013 Dec 29;2013:162750. doi: 10.1155/2013/162750. PMID: 24470791; PMCID: PMC3891543.
8. Жалолов И.Ж., Шергозиев К.М., Мирзаолимов М.М.. Изоляция и характеристика 3-метилкатехола, синтезируемого грибами из *Anabasis aphylla* L. // FarDU ilmiy xabarlar – 2024. –№6. С.113-117.


ISSN 3030-3907

# NONLINEAR OPTICAL (NLO) MATERIALS: BIS(2-METHYL-4-NITROANILINIUM) HEXACHLORO-TIN(IV) MONOHYDRATE. QUANTUM CHEMICAL CALCULATIONS. SYNTHESIS, CRYSTAL STRUCTURE, HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS.

**Samandarov E. Sh**

***Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.***

**Gulomov F**

***Westminster International University in Tashkent, WIUT***

**Narmanova F.S**

***Termez State University***

**Turaev Kh.Kh**

***Termez State University***

**Ibragimov.A.B**

***Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.***

**C.Balakrishnan**

***Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.***

**Abstract.** 2-Methyl-4-nitroaniline (2m4na) and Tin(IV) chloride form a nonlinear optical material, $(2m4na)_2SnCl_6 \cdot H_2O$ (bis(2-methyl-4-nitroanilinium) hexachlorostannate(IV) monohydrate). Crystal structures show alternating cations and anions, forming chain and ring hydrogen-bonding patterns via weak N−H•••Cl bonds. Single-crystal X-ray diffraction determined the structure, with FTIR and UV-visible spectroscopy analyzing composition and electronic transitions. Nonlinear optical properties were studied using Hirshfeld surface analysis and crystal void studies.

**Keywords**: 2-Methyl-4-nitroaniline; Single crystal; Hydrogen bond; Hirshfeld surface analysis.

**Annatatsiya:** 2-Metil-4-nitroanilin (2m4na) va qalay (IV) xlorid nochiziqli optik material, (2m4na) $2SnCl_6 \cdot H_2O$ (bis (2-metil-4-nitroanilin) geksaxlorostannat (IV) monogidrat) hosil qiladi. Kristall strukturalarda kationlar va anionlar ketma-ket almashinib, kuchsiz N−H•••Cl bog'lari orqali zanjir va halqali vodorod bog'lanish shakllarini hosil qiladi. Bir kristalli rentgen difraksiyasi tuzilishni aniqladi, IQ- va UB-ko'rinadigan spektroskopiya tarkib va elektron o'tishlarni tahlil qildi. Nochiziqli optik xususiyatlar Xirshfeld sirt tahlili va kristall bo'shliqlarni o'rganish yordamida o'rganildi.

**Kalit so'zlar:** 2-metil-4-nitroanilin; monokristallar; vodorod bog'lanish; Xirshfeld sirt tahlili.

**Аннотация:** 2-Метил-4-нитроанилин (2m4na) и хлорид олова (IV) образуют нелинейный оптический материал (2m4na) $2SnCl_6 \cdot H_2O$ (бис (2-метил-4-нитроанилин) гексахлорстаннат (IV) моногидрат). Кристаллические структуры показывают чередующиеся катионы и анионы, образующие цепные и кольцевые водородные связи посредством слабых связей N−H•••Cl. Монокристаллическая рентгеновская дифракция определила структуру, причем состав и электронные переходы были проанализированы с помощью FTIR и УФ-видимой спектроскопии. Нелинейные оптические свойства были изучены с использованием анализа поверхности Хиршфельда и исследования кристаллической пустоты.

**Ключевые слова:** 2-Метил-4-нитроанилин; Монокристалл; Водородная связь; Анализ поверхности Хиршфельда.

**Introduction.**

New organic-inorganic hybrid compounds are vital for blending organic and inorganic properties [1-4]. Their solid-state self-assembly is driven by hydrogen bonding, π-π interactions [5-7], and van der Waals forces [8], shaping supramolecular organization and properties [9-11]. Hydrogen bonds ensure stability, π-π stacking affects electronic and structural features, and van der Waals forces enhance cohesion and packing efficiency[12-15].

**Results and discussion. 1.Single crystal X-ray structure analysis.**

The intermolecular hydrogen bonds and hydrogen bonds in the molecule are between the N1-H atom in 2-methyl 4-nitro aniline and the Cl2 and Cl3 atoms in $SnCl_4$. The intermolecular bond is N1-H•••Cl3 and N1-H•••Cl2 occurs between Cl2 and between N1-H•••H-O hydrogen bonds. The intermolecular bond is N1-H•••Cl2 distance is 2.579 Å and distance of N1-H•••Cl2 is 2.883 Å. The valence angle of Cl-Sn-Cl in the $SnCl_6^{2+}$ molecule is 92.50 Å.

Information of plane spacing for monoclinic structure crystal systems.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{sin^2\beta} \cdot \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2\, sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl\cos\beta}{ac}\right)$$

Additionally, corrections for Lorentz and polarization effects were made to ensure the accuracy of the intensity measurements of the reflections.Monoclinic , Axial lengths and angles -Three unequal axes, one pair not at right angles $a \neq b \neq c$, $\alpha \neq \gamma = 90 \neq \beta$.

The X-ray diffraction data for the crystal structure of 2-Methyl-4-nitrobenzenaminium hexachloro-stannane monohydrate was collected using a KUMA Diffraction KM-4 four-circle single-crystal diffractometer.(Fig-1).



ISSN 3030-3907

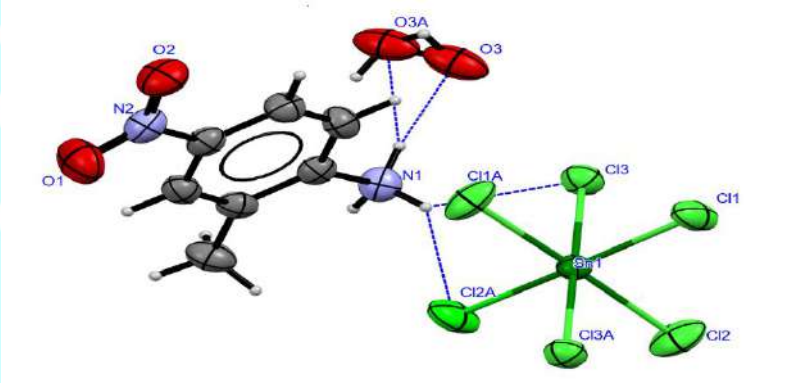



**Fig-1. (a) ORTEP drawing of the intermolecular H-bonds and (b) Nonlinear optical (NLO) materials. bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-Tin(IV) monohydrate molecule. Thermal ellipsoids are drawn with the 50% probability level.**

The diffractometer, equipped with a CCD detector, used graphite-monochromatized Mo Kα radiation (λ = 0.71073 Å). Raw diffraction data were processed with CrysAlis Data Reduction Program, including absorption correction. Crystal structures of 2-methyl-4-nitroanilinium chloride (1) and bis(2-amino-4-nitroanilinium) hexachloridostannate(IV) monohydrate (2) were solved by direct methods and refined via full-matrix least-squares using SHELXL-97. Crystallographic data: CCDC-875783 (1), CCDC-905995 (2). Supplementary data available free from www.ccdc.cam.ac.uk/conts/retrieving.html or Cambridge Crystallographic Data Centre (12 Union Road, Cambridge CB2 1EZ, UK; fax: +44 1223 336033). e-mail: deposit@ccdc.cam.uk. Crystallographic data and details of the structure refinement are given in Table-1.

**Table-1.**

**Crystallographic data and details of the refinement of the bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-tin(IV) monohydrate. structure.**

| | |
|---|---|
| ***Name*** | ***bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-tin(IV) monohydrate.*** |
| ***Empirical formula*** | $2(C_7H_9N_2O_2^+)Cl_6Sn^{2+}\ H_2O$ |
| ***Formula weight*** | ***655.71*** |
| ***Temperature/K*** | ***295(2)*** |
| ***Crystal system*** | ***Monoclinic*** |
| ***Space group*** | ***C2/c*** |
| ***a/Å*** | ***12.5392(3)*** |
| ***b/Å*** | ***9.2956(2)*** |
| ***c/Å*** | ***20.6018(4)*** |
| ***α/°*** | ***90*** |
| ***β/°*** | ***99.435(2)*** |
| ***γ/°*** | ***90*** |
| ***V/Å³*** | ***2368.85*** |
| ***Z*** | ***1*** |



ISSN 3030-3907

| | |
|---|---|
| $\rho_{calc}$, $g/cm^3$ | 1.342 |
| $\mu/mm^{-1}$ | 0.895 |
| F(000) | 848.0 |
| Crystal size/$mm^3$ | 0.16 × 0.14 × 0.12 |
| Radiation | Cu Kα (λ = 1.54184) |
| R-Factor(%) | 2.06 |

The transitioning to the compound bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-Tin(IV) monohydrate, this complex compound consists of the cation bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) and the anion hexachloro-Tin(IV) along with a water molecule forming a monohydrate.

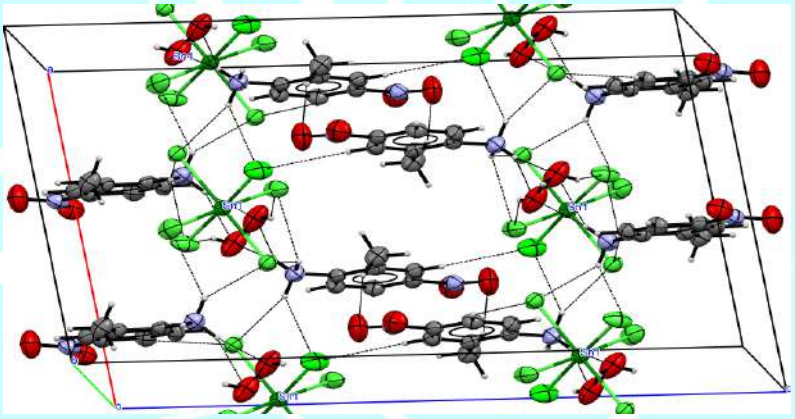


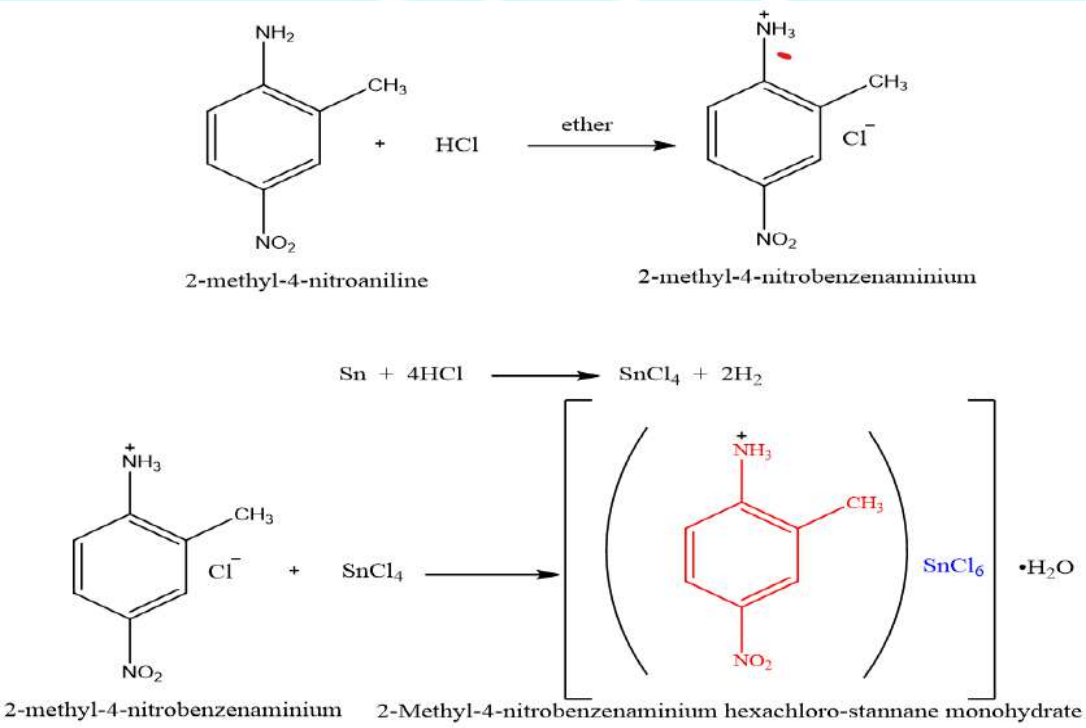
**Fig-2. Packing of molecules in the structure of nonlinear optical (NLO) materials. bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-Tin(IV) monohydrate**

In the crystal structure of bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-Tin(IV) monohydrate, the packing of molecules will be influenced by the interactions between the cation, anion, and the water molecule. The coordination number of Tin(IV) in this compound is typically 6, indicating that Tin(IV) is surrounded by six chloride ions (Fig-2).In the crystal structure of 2-Methyl-4-Nitroanilinium Hexachloridostannate(IV), the layers are arranged in an ACC sequence due to the bivalent $SnCl_6^{2-}$ anion balancing two monovalent 2m4na$^+$ ions.

**2. Experimental.** *Synthesis of bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-Tin(IV) monohydrate.*

Synthesis: The initial compounds, 2-Methyl-4-nitroaniline All reagents and solvents used in the synthesis were of reagent grade and employed without additional purification.


ISSN 3030-3907




***(Scheme-1). Synthesis of bis(2-Methyl-4-nitroanilinium) hexachloro-Tin(IV) monohydrate.***

Yellow powder 2-Methyl-4-nitroaniline [Aldrich, purum > 98% (NT)], (0.152g 10 mM) and hydrochloric acid (Aldrich, 35 % in $H_2O$, 99.95%), (2 mL) were mixed in diethyl ether (10 mL) at room temperature to form a 2-Methyl-4-nitroanilinium chloride precursor solution. The solution was heated to 60 $^0$C and kept at this temperature for 10 min. Upon cooling, 2-Methyl-4-nitroanilinium chloride precipitated in the solution. The precipitate was then washed with diethyl ether and dissolved in ethanol. Tin shots, weighing 0.118 g (5 mM), were dissolved in 5 mL of 37 % hydrochloric acid at room temperature over seven hours to produce form **tin chloride** ($SnCl_4$). The tin chloride solution was added to the freshly prepared ethanolic solution of the 2-Methyl-4-nitroanilinium chloride precursor while continuously stirring (Scheme-1).

The solution was placed in a thermostat at 25°C for 20-22 days, resulting in the formation of a new crystal.

**3. Analysis of Hirshfeld surfaces of discrete nonlinear optical (NLO) materials.**

The Hirshfeld surface technique quantitatively analyzes molecular crystalline structures by mapping shifts on the surface due to neighboring atoms, both external and internal. Surfaces are created by partitioning crystal space using the Hirshfeld ratio, where the procrystal is defined by a promolecule with an electron density of 0.5. The normalized contact distance, referred to as $d_{norm}$, is calculated by considering perspectives from both the exterior and interior of the surface, as outlined below:



ISSN 3030-3907

$$d_{norm} = \frac{d_i - r_i^{vdW}}{r_i^{vdW}} + \frac{d_e - r_e^{vdW}}{r_e^{vdW}}$$

The parameter denoted as $d_{norm}$ represents the normalized contact distance, where $d_e$ signifies the distance from the Hirshfeld surface to the nearest external nucleus, $d_i$ denotes the corresponding distance to the nearest internal nucleus, and $r^{vdW}$ designates the van der Waals radius of the atom in question.Hirshfeld surface analysis was performed on a (NLO) compound using its CIF file.

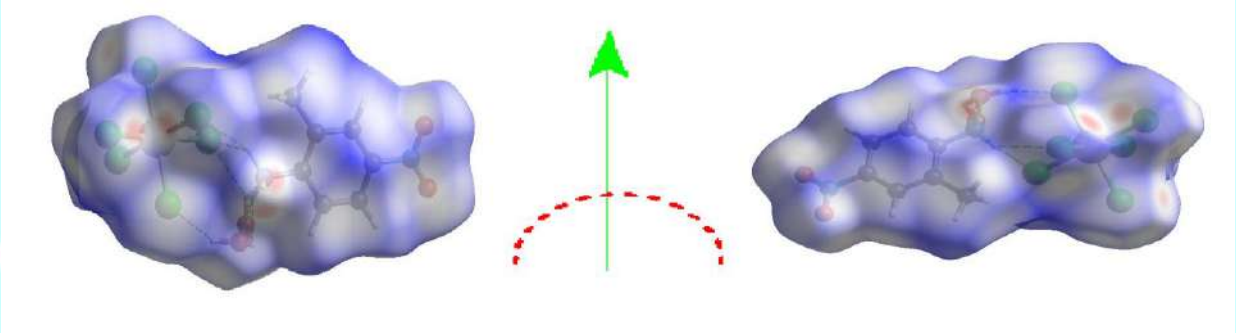


**Fig-3. Hirschfeld surface of dnorma nonlinear optical (NLO) materials, interactions inside and outside the surface.**

The asymmetric part of the structure was selected for the surface analysis.During the analysis, the Hirshfeld surface was obtained from the normalized contact distance and its $d_i$ and $d_e$ indicators.Quantitative analysis of the Hirschfeld surface area ($d_{norm}$) revealed that the total volume is 292.86 Å³ and the surface area is 294.76 Å². Generally, larger volume and surface area indicate more extensive intermolecular bonding and interactions within the crystal structure (Fig-3).

The 2D fingerprints of the Hirshfeld surface for the coordination polymer (Fig-5) reveal seven homo- and heteroatomic contact interactions driving crystal packing. Dominant H-O/O-H contacts (55.1%) highlight hydrogen bonding‘s key role in stabilizing the structure. H---H contacts (11.9%) also significantly contribute to intermolecular packing. Other notable interactions include C---C (1.5%), reflecting van der Waals and dipole-dipole forces, and smaller contributions from All---H/H---All (56.9%), O---H/H---O (8.5%), Cl---O/O---Cl (2.6%), C---H/H---C (2%), and N---O/O---N (0.5%) contacts. Hydrogen contributes 51.3% (inner) and 55.2% (outer), oxygen 36.3% (inner) and 32.5% (outer), while carbon and tin each contribute 0.5% and 0.8% to both inner and outer surfaces, showing similar elemental contributions across the molecula.


ISSN 3030-3907

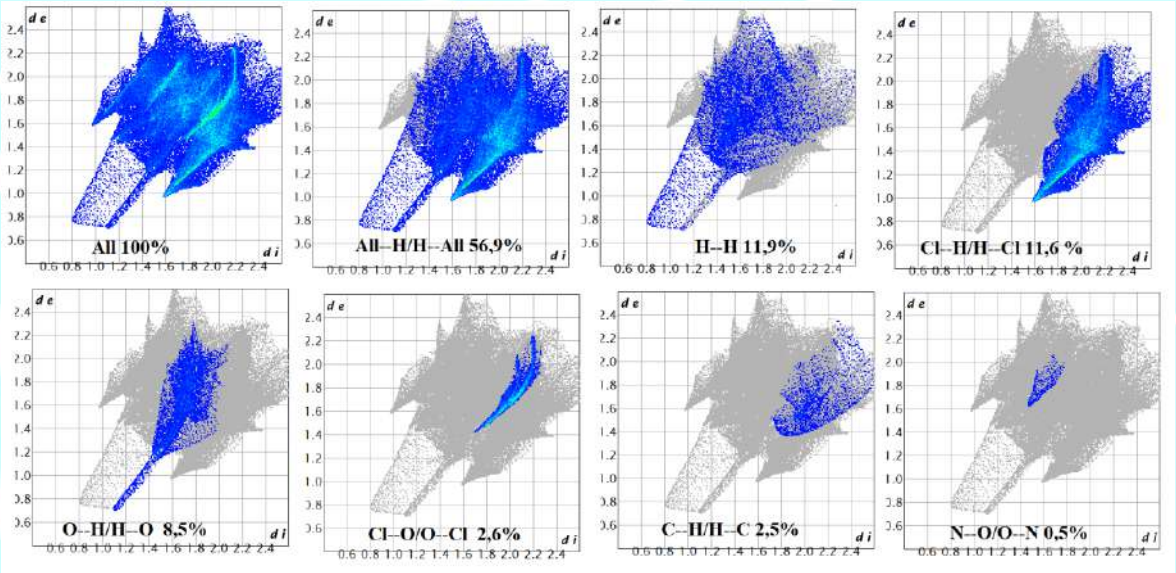



**Fig-4. Fingerprint representation of a nonlinear optical (NLO) materials Hirschfeld surface, contribution of interatomic interactions to surface formation.**

**REFERENCES.**

1. F. Hao, C.C. Stoumpos, R.P.H. Chang, M.G. Kanatzidis, Anomalous band gap behavior in mixed Sn and Pb perovskites enables broadening of absorption spectrum in solar cells, J. Am. Chem. Soc. 136 (2014) 8094-8099.

2. C.C. Stoumpos, C.D. Malliakas, M.G. Kanatzidis, Semiconducting tin and lead iodide perovskites with organic cations: phase transitions, high mobilities, and near-infrared photoluminescent properties, Inorg. Chem. 52 (2013) 9019-9038.

3. W.-Q. Liao, Y. Zhang, C.-L. Hu, J.-G. Mao, H.-Y. Ye, P.-F. Li, S.D. Huang, R.-G. Xiong, A lead-halide perovskite molecular ferroelectric semiconductor, Nat. Commun. 6 (1) (2015) 1-7.

4. C. Kim, T.D. Huan, S. Krishnan, R. Ramprasad, Data descriptor: a hybrid organic-inorganic perovskite dataset, Sci. Data 4 (2017) 1–11 170057.

5. H. Yuping, G. Galli, Perovskites for Solar Thermoelectric Applications: A First Principle Study of CH3NH3AI3 (A = Pb and Sn), Chem. Mater. 26 (2014) 5394-5400.

6. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T. Miyasaka, Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells, J. Am. Chem. Soc. 131 (2009) 6050–6051.

7. X. Shan, J. Li, M. Chen, T. Geske, S. Ganesh, R. Bade, Junction propagation in organometal halide perovskite-polymer composite thin films, Y. Zhibin, J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 2412–2419.

8. M. Manonmani, C. Balakrishnan, M. Dhanalakshmi, S.R. Ahamed, G. Vinitha, R.M. Sockalingam, Synthesis, structure, third-order nonlinear optical properties and Hirshfeld surface analysis of tetrakis (azepanium) hexachlorostannate(IV)



ISSN 3030-3907

dichloride and tetrakis (azepanium) hexabromostannate (IV) dibromide, J. Mol. Struct. 1227 (2021) 129515.
9. K. Ramalingam, T. Rajaraman, Structure-bandgap tunability of metal halide perovskites: Synthesis, spectral, single crystal X-ray structural, BVS, CShM and Hirshfeld surface analysis of piperidinium hexahalostannates(IV), J. Mol. Struct., 1273 (2023) 134285.
10. Y. Zhao, K. Zhu, Organic-inorganic hybrid lead halide perovskites for optoelectronic and electronic applications, Chem. Soc. Rev. 45 (2016) 655–689.
11. L. Lanzetta, J.M. Marin-Beloqui, I. Sanchez-Molina, D. Ding, S.S. Haque, Two-dimensional organic tin halide perovskites with tunable visible emission and their use in light-emitting devices, ACS Energy Lett. 2 (2017) 1662–1668.
12. K. Ramalingam, T. Rajaraman, Metal-organic hybrids of tin (IV) with tuneable band gap: Synthesis, spectral, single crystal X-ray structural, BVS and CSM analysis of morpholinium hexahalostannate (IV), J. Mol. Struct. 1218 (2020) 128489.
13. X. Liu, P. Long, Z. Sun, Z. Yi, Optical, electrical and photoelectric properties of layered perovskite ferroelectric Bi2WO6 crystals, J. Mater. Chem. C 4 (2016) 7563–7570.
14. Z. Lin, Y.N. Wu, S.Y. Xu, B.C. Chen, P.W. Huang, X.H. Qi, Y.P. Lin, K.Z. Du, Dopant effect on the optical and thermal properties of the 2D organic–inorganic hybrid perovskite (HDA)2 PbBr4, Dalton Trans. 53(4) (2024)1691-1697.
15. D. Lencer, M. Salinga, M. Wuttig, Design rules for phase-change materials in data storage applications, Adv. Mater. 23 (2011) 2030–2058.


ISSN 3030-3907

# OVERVIEW OF 18-CROWN-6 BASED SUPRAMOLECULAR STRUCTURES FOR NONLINEAR OPTICAL (NLO) PROPERTIES

**Samandarov E. Sh**
*Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.*
**Gulomov F**
*Westminster International University in Tashkent, WIUT*
**Narmanova F.S**
*Termez State University*
**Turaev Kh.Kh**
*Termez State University*
**Ibragimov.A.B**
*Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.*
**C.Balakrishnan**
*Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.*

**Abstract.** 18-Crown-6 (18C6) and pyridine-3-ylmethanamine (1:2 ratio) form self-assembled supramolecular cocrystals. Single-crystal X-ray analysis revealed a monoclinic, centrosymmetric Pn space group structure, driven by N-H•••O and O-H•••O interactions. FT-IR and micro-Raman confirmed functional groups, while diffuse reflectance showed a *2.84eV* bandgap. Hirshfeld surface and fingerprint plots highlighted robust crystal packing interactions. Third-order nonlinear optical properties were assessed via Z-scan technique.

**Keywords.** pyridin-3ylmethanamine;1,4,7,10,13,16hexaoxacyclooctadecane; 1,4,7,10,13,16-hexaoxacyclooctadecane, pyridin-3-ylmethanaminium salt; hydrogen bond; crystal data; FT-IR spectroscopy.

**Annatatsiya:** 18-Kraun-6 (18C6) va piridin-3-ilmetanamin (1:2 nisbatda) o'z-o'zidan yig'ilgan supramolekulyar kokristallarni hosil qiladi. Monokristall rentgen tahlili N-H•••O va O-H•••O o'zaro ta'sirlar bilan boshqariladigan monoklinik, markazga simmetrik Pn fazoviy guruh tuzilishini aniqladi. FT-IQ va mikro-Raman funksional guruhlarni tasdiqladi, diffuz qaytarish esa 2,84eV taqiqlangan zonani ko'rsatdi. Xirshfeld yuzasi va barmoq izlari grafiklari mustahkam kristall to'plamlarning o'zaro ta'sirini ta'kidladi. Uchinchi tartibli nochiziqli optik xususiyatlar Z-skanerlash usuli yordamida baholandi.

**Kalit so'zlar:** piridin-3-ilmetanamin;1,4,7,10,13,16geksaoksatsiklooktadekan; 1,4,7,10,13,16-geksaoksatsiklooktadekan, piridin-3-ilmetanaminiy tuzi; vodorod bog'i; kristall ma'lumotlari; FT-IQ-spektroskopiya.


ISSN 3030-3907

**Аннотация**: 18-Кроун-6 (18C6) и пиридин-3-илметанин (1:2) образуют самосборные надмолекулярные кокристаллы. Монокристаллический рентгеноструктурный анализ выявил моноклинную, центросимметричную пространственную групповую структуру Pn, обусловленную взаимодействиями N-H•••O и O-H•••O. FT-IR и микро-Raman подтвердили функциональные группы, в то время как диффузное отражение показало полосу пропускания 2,84eV. Графики поверхности Хиршфельда и отпечатков пальцев выявили прочные взаимодействия кристаллической упаковки. Нелинейные оптические свойства третьего порядка оценивались методом Z-сканирования.

**Ключевые слова:** пиридин-3илметанамин; 1,4,7,10,13,16 гексаоксациклооктадекан;1,4,7,10,13,16-гексаоксациклооктадекан, пиридин-3-илметанаминовая соль; водородная связь; кристаллические данные; ИК-спектроскопия.

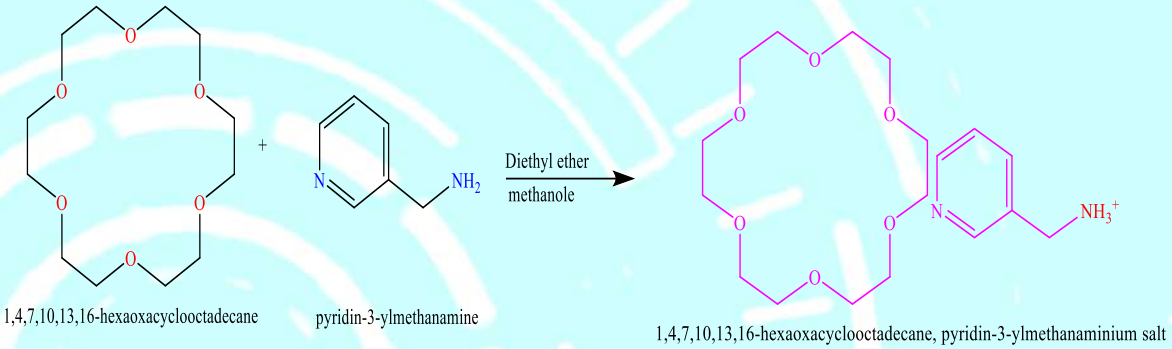
**Introduction.**

Crown ethers are pivotal in supramolecular and coordination chemistry due to their ability to form host-guest complexes with unique structures and diverse bonding interactions[1-3].Supramolecular networks arise from weak intermolecular interactions, including hydrogen bonds, charge transfer, and van der Waals forces[8]. These materials find applications in data storage, capacitors, sensors, and optical devices [9-11]. Third-order nonlinear optical properties of the crystal ere examined by the Z-scan technique. Hirshfeld surface analysis was used to quantify intra- and intermolecular interactions[12-13].

Experimental.Synthesis and crystal growth.18-Crown-6 (18C6) and pyridin-3-ylmethanamine (P3MA) were procured from Sigma Aldrich (Assay:99%), while commercially available solvents from Merck were used without further purification. In a solvent system consisting of diethyl ether (5 mL) and methanol (10 mL) in a 1:2 (v/v) ratio, 18C6 (1.32 g, 5mmol) and pyridin-3-ylmethanamine (P3MA) (1.08 g, 10 mmol) were combined in a stoichiometric ratio of 1:2. The resulting mixture underwent reflux at 95-100 °C for 4 h (Scheme 1). Maintained in a constant temperature thermostat at 40 °C, crystallization occurred over 25–27 days, yielding crystals with dimensions of 1 × 2 × 1 mm³ (Yield: 80%). (Scheme-1).



ISSN 3030-3907




**(Scheme-1). Synthesis of 18-Crown-6, pyridin-3-ylmethanaminium salt.**

Single crystal X-ray structure analysis.The crystal structure was elucidated by single-crystal XRD analysis. Crystallographic data and details of the refinement parameters are listed in Table-1.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{sin^2\beta} \cdot \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2\, sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl\cos\beta}{ac}\right)$$

The selected hydrogen bonds, bond distances and bond angles are listed in Tables 2-4. The ORTEP and packing diagram of 18C6•2(P3MA)•2(H2O) are given in Fig-1. It crystallizes in the monoclinic system with centric space group Pn with Z = 2. This caused bad data quality and high wR2 value.Most of the amine/ammonium (R-NH2, R-NH3+, etc.) containing crown ether complexes form N─H•••O/N-H•••O type of hydrogen bonds [15–17]. In the present study, the hydrogen bonds are only.OW─H•••O18C6 because of the inclusion of water molecules in the crown ether cavity.

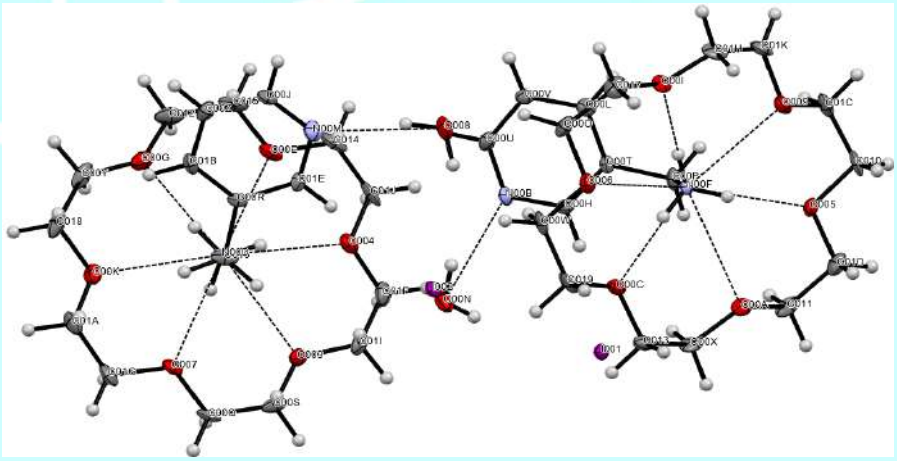


**Fig-1. (a) ORTEP drawing of the intermolecular H-bonds and (b) Nonlinear optical (NLO) materials. 1,4,7,10,13,16-hexaoxacyclooctadecane, pyridin-3-ylmethanaminium salt.molecule. Thermal ellipsoids are drawn with the 50% probability level.**

**Table -1.**

**Crystal data and structure refinement for [(P3MA)2+·2(18C6)]·2H₂O.**

| | |
|---|---|
| Identification code | exp_393_CB08_auto |
| Empirical formula | $C_{36}H_{68}I_2N_4O_{14}$ |



ISSN 3030-3907

| | |
|---|---|
| Formula weight ;Temperature/K | 1034.74;107(5) |
| Crystal system; Space group | Monoclinic;Pn |
| a/Å, b/Å, c/Å | 12.7(10), 9.45(10), 19.25(10) |
| α/° β/° γ/° | 90;92.3510(10); 90 |
| Volume/Å$^3$ ,Z; $\rho_{calc}$g/cm$^3$; μ/mm$^{-1}$ | 2311.56(3) ,2;1.487; 11.216 |
| F(000); Crystal size/mm$^3$ | 1060; 0.14 × 0.12 × 0.11 |
| Radiation | Cu Kα (λ = 1.54184) |
| 2Θ range for data collection/° | 4.594 to 143.192 |
| Index ranges | -15 ≤ h ≤ 15, -11 ≤ k ≤ 11, -23 ≤ l ≤ 23 |
| Reflections collected | 45306 |

**Table-2.**

**Hydrogen bonds for [(P3MA)2+·2(18C6)]·2H₂O. (A0); R = 0.03.**

| D-H•••A | d(D-H) | d(H•••A) | <DHA | d(D•••A) | Symmetry |
|---|---|---|---|---|---|
| O(008) – H(00Y) •••N(00M) | 0.8700 | 2.0200 | 2.866(6) | 164.00 | |
| N(00D) – H(00S) ••• O(003) | 0.9100 | 2.5100 | 2.994(5) | 114.00 | |
| N(00D) – H(00S)••• O(007) | 0.9100 | 2.0000 | 2.817(5) | 149.00 | |
| N(00D) – H(00S)••• O(00K) | 0.9100 | 2.6000 | 2.918(5) | 101.00 | |
| N(00D) – H(00T) •••O(004) | 0.9100 | 1.9900 | 2.876(6) | 165.00 | |
| N(00F) – H(00L)••• O(009) | 0.9100 | 2.5500 | 2.898(5) | 103.00 | |
| N(00F)–H(00L)•••O(00I) | 0.9100 | 2.0000 | 2.906(5) | 177.00 | |
| N(00F)– H(00M)•••O(00A) | 0.9100 | 2.5800 | 3.012(5) | 109.00 | |
| O(00N)– H(G) •••N(00B) | 0.87(8) | 2.11(8) | 2.914(6) | 154(8) | **1/2+x,1-y,1/2+z** |

**Table-3.**

**Bond Distances [(P3MA)2+·2(18C6)]·2H₂O (A$^0$). R = 0.03**

| Bond | Distances | Bond | Distances |
|---|---|---|---|
| O(007) –C(00Q) | 1.416(7) | O(00N)–H(G) | 0.87(8) |
| O(007) –C(01G) | 1.440(7) | O(00N)–H(00) | 0.77(8) |
| O(00E)–C(014) | 1.428(7) | N(00D)–C(016) | 1.499(6) |
| O(00E)–C(015) | 1.412(8) | N(00M) –C(01E) | 1.340(7) |



ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| O(00G) –C(00Y) | 1.429(7) | N(00M)–C(00J) | 1.331(8) |
| O(005)–C(01D) | 1.435(7) | C(00Q) –C(00S) | 1.489(8) |
| O(005)–C(010) | 1.438(7) | C(00Y)–C(018) | 1.507(8) |
| O(006)–C(00W) | 1.424(7) | C(012)–C(015) | 1.501(8) |
| O(006)–C(00O) | 1.403(7) | C(014)–C(01J) | 1.489(9) |
| C(01J) –H(01R) | 0.9900 | C(01K)–H(3) | 0.9500 |
| C(010)–C(01C) | 1.497(9) | C(00P)–C(00T) | 1.503(7) |

**Table-4.**

**Bond Angles. ($A^0$). R = 0.03**

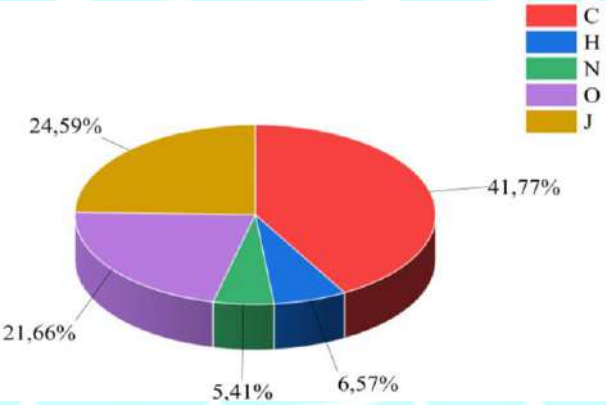
| Bond | Bond Angles | Bond | Bond Angles |
|---|---|---|---|
| C(00P) –N(00F)–H(00L) | 109.00 | H(00A) –C(00Q) –H(00B) | 108.00 |
| C(00P)–N(00F)–H(00M) | 109.00 | H(00C) –C(00S) –H(00D) | 108.00 |
| C(00Y)–C(018)–H(01G) | 110.00 | O(00A) –C(00X) –C(013) | 108.9(5) |
| H(01I)–C(01A)–H(01J) | 108.00 | O(005) –C(010) –C(01C) | 109.3(5) |
| O(00C)–C(013)–H(01X) | 110.00 | O(009) –C(01K) –H(3) | 126.00 |
| H(01W)–C(013)–H(01X) | 108.00 | N(00B) –C(00H) –C(00T) | 123.5(4) |
| O(00I)–C(017)–H(B) | 110.00 | C(00T) –C(00L) –C(00V) | 118.5(5) |
| N(00F)–C(00P)–C(00T) | 112.9(4) | C(016)–C(00R) –C(01B) | 121.3(5) |
| C(00H)–C(00T)–C(00P) | 120.6(4) | C(016) –C(00R) –C(01E) | 120.3(4) |
| C(00L)–C(00T)–C(00P) | 121.1(4) | C(01B) –C(00R) –C(01E) | 118.4(5) |
| C(00H) –C(00T) –C(00L) | 118.2(4) | C(00J) –C(00Z) –C(01B) | 118.2(5) |
| N(00B)–C(00U)–C(00V) | 123.5(5) | N(00D) –C(016) –C(00R) | 112.5(4) |
| C(00L)–C(00V)–C(00U) | 119.3(5) | C(00R) –C(01B) –C(00Z) | 118.9(5) |



ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| N(00B) –C(00H) – H(00N) | 118.00 | N(00M) –C(01E)– C(00R) | 122.9(5) |
| C(00T) –C(00H) – H(00N) | 118.00 | C(00Z) –C(00J) – H(00X) | 118.00 |

The percent elemental composition of compound 1,4,7,10,13,16-hexaoxacyclooctadecane, pyridin-3-ylmethanaminium salt was determined using a Thermo Scientific FlashSmart (CHNS/O) elemental analyzer. This analysis was performed by gas chromatographic separation of combustion gases based on the modified Dumas method.In order to assess the accuracy of the measurements, the results obtained from the analysis were compared in practical and theoretical terms.Table-5.



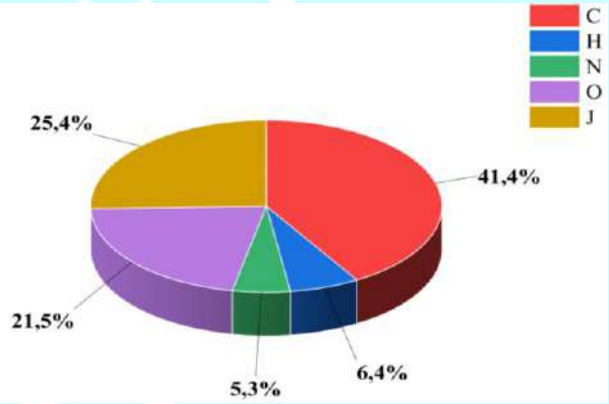




**Table-5.**

| *Compound* | *Mr* | *Compared* | *C %* | *H %* | *N %* | *O %* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_{36}H_{68}I_2N_4O_{14}$ | *1034.12 gr/mole* | *Theoretical* | *41.77* | *6.57* | *5.41* | *21.66* |
| | | *Practical* | *41.39* | *6.42* | *5.29* | *21.46* |

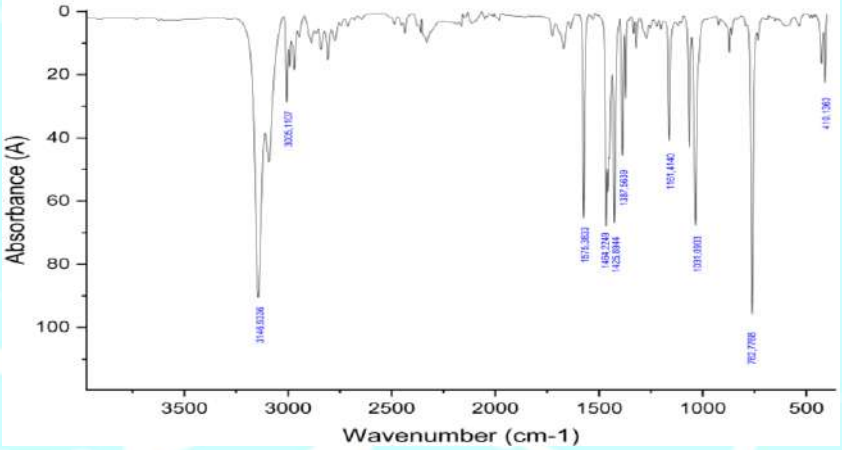
**Table-6.**

**FT-IR spectroscopy. The characteristics vibrational spectra of (I)-(V) are shown in Table-6. Below is a detailed analysis of the peaks you provided.**

| **Peak ($cm^{-1}$)** | **Assigment** | **Functional group** |
|---|---|---|
| **3147** | N-H stretching | $-CH_2-NH_3^+$ (protonated methanaminium group) |
| **3005** | Aromatic C-H stretching | Pyridine ring |
| **1575** | Aromatic C=C stretching or N-H bending | Pyridine ring or $-CH_2-NH_3^+$ |
| **1464** | Aromatic C-C stretching or N-H bending | Pyridine ring or $-CH_2-NH_3^+$ |
| **1425** | Aromatic ring deformation or C-H bending | Pyridine ring |
| **1387** | Symmetric C-H bending | $-CH_2-$ group |


ISSN 3030-3907

| | | |
|---|---|---|
| **1161** | Ether C-O stretching | Crown ether (-C-O-C-) |
| **1031** | Ether C-O stretching | Crown ether (-C-O-C-) |
| **762** | Out-of-plane C-H bending | Pyridine ring |
| **410** | Metal-ligand interaction or ring deformation | Crown ether or pyridine ring |




**FT-IR spectroscopy-1,4,7,10,13,16-hexaoxacyclooctadecane, pyridin-3-ylmethanaminium salt.**

**Z-scan studies.**The nonlinear absorption, nonlinear refractive index, and third-order nonlinear susceptibility were determined by standard equations . The NLO properties of the cocrystal were experimentally determined by the Z-scan technique. Here, the open and closed aperture Z-scan curves are used for nonlinear absorption and nonlinear refractive index measurements. The transmittance intensity variations corresponding to the z values, and the closed and open aperture z-scan curves are represented

**Hirshfeld surface analysis.**Description of the Hirshfeld surface analysis is quite detailed and informative. Hirshfeld ratio, where the procrystal is effectively delineated by employing a promolecule characterized by an electron density of 0.5. The Hirshfeld surface is defined as the region in space where the ratio of the molecule's electron density ($P_{mol}$) to the total electron density $\rho_{total} = \rho_{mol} + \rho_{env}$ equals 0.5**.**

The normalized contact distance, referred to as $\boldsymbol{d_{norm}}$, is as outlined below:

$$d_{norm} = \frac{d_i - r_i^{vdW}}{r_i^{vdW}} + \frac{d_e - r_e^{vdW}}{r_e^{vdW}}$$

Quantitative analysis of the Hirshfeld surface revealed that the total volume was 599.64 Å$^3$ and the surface area was 470.26 Å$^2$. The crystal structure was analyzed using Hirshfeld surface analysis. The normalized contact distance $d_{norm}$ ranged from -0.1281 to 1.4477 a.u. The 2D fingerprints of the Hirshfeld surface are shown in Fig-1. The most prominent intermolecular interactions were H•••H contacts, which accounted for 57.8% of the Hirshfeld surface.


ISSN 3030-3907

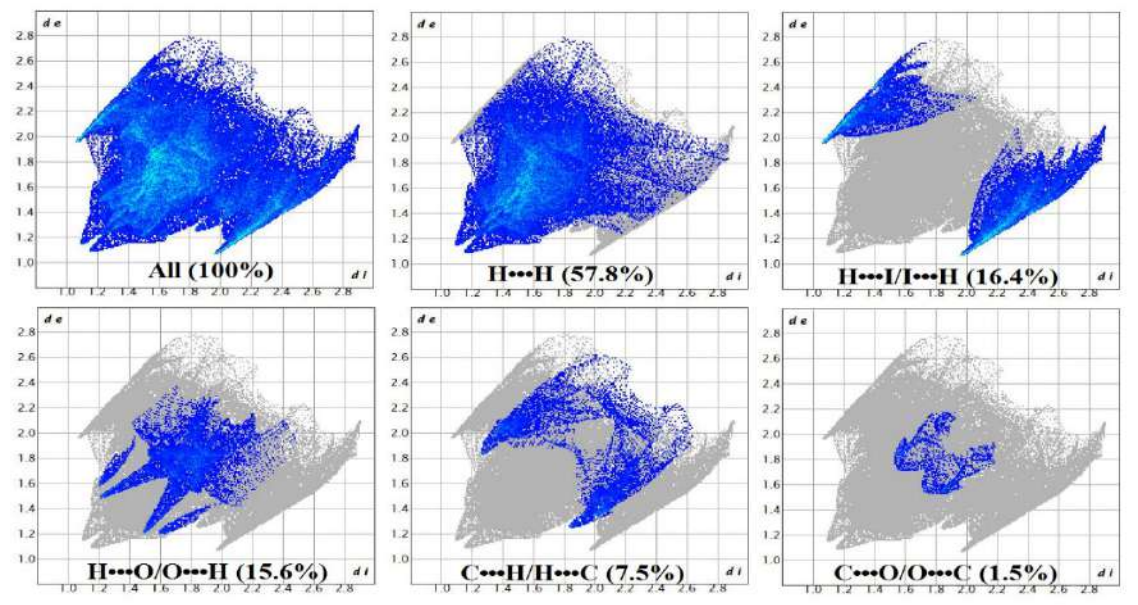



**Fig-1.Hirschfeld surface fingerprint representation, contribution of interactions to surface formation.**

The second largest contributor was H•••I/I•••H contacts, making up 16.4% of the surface. Other notable contributions include H•••O/O•••H contacts (15.6%), C•••H/H•••C contacts (7.5%), and C•••O/O•••C contacts (1.5%). These reflect the various van der Waals and dipole-dipole interactions present in the crystal.Hirshfeld surface, demonstrating the diversity of intermolecular interactions stabilizing the crystal structure of compound **(NLO).**

## REFERENCES.

1. Balakrishnan C. et al. Crystal structure and third-order nonlinear optical properties of supramolecular cocrystals of 18-crown-6 with 5-aminoisophthalic acid //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2024. – Т. 35. – №. 8. – С. 614.
2. Chellakarungu B. et al. 18-Crown-6 based supramolecular structure, hydrogen bonding behaviour and its nonlinear optical properties. – 2023.
3. Wahan S. K., Bhargava G., Chawla P. A. Role of crown ethers as mediator in various chemical reactions //Ionic Liquids, Deep Eutectic Solvents, Crown Ethers, Fluorinated Solvents, Glycols and Glycerol. – 2023. – С. 145.
4. Merzlyakova E. et al. 18-Crown-6 coordinated metal halides with bright luminescence and nonlinear optical effects //Journal of the American Chemical Society. – 2021. – Т. 143. – №. 2. – С. 798-804.
5. Shishkanova T. V. et al. Electrochemical sensor for phenylpropanolamine based on oligomer derived from 3-hydroxybenzoic acid with dibenzo-18-crown-6 //Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2021. – Т. 882. – С. 114963.
6. Bujor A. et al. Synthesis and Structural Analysis of a Nitrobenzofurazan Derivative of Dibenzo-18-Crown-6 Ether //Chemistry. – 2022. – Т. 4. – №. 4. – С. 1696-1701.


ISSN 3030-3907

7. Guezane-Lakoud S. et al. 2-Hydroxymethyl-18-crown-6 as an efficient organocatalyst for α-aminophosphonates synthesized under eco-friendly conditions, DFT, molecular docking and ADME/T studies //Journal of Biomolecular Structure and Dynamics. – 2024. – T. 42. – №. 7. – C. 3332-3348.
8. Tzeng B. C. et al. Luminescent Pt (II) complexes containing (1-aza-15-crown-5) dithiocarbamate and (1-aza-18-crown-6) dithiocarbamate: mechanochromic and solvent-induced luminescence //Inorganic Chemistry. – 2022. – T. 62. – №. 2. – C. 916-929.
9. Balakrishnan C., Vinitha G., Meenakshisundaram S. P. Novel C-H•••O hydrogen-bonded supramolecular complexes of 18-crown-6 with 1-alkylpyridinium iodide and its amino derivatives: Third-order nonlinear optical properties and Hirshfeld surface analysis //Journal of Molecular Structure. – 2022. – T. 1253. – C. 132310.
10. Adhami A. et al. Extraction of metal ions from water using a novel liquid membrane containing ZIF-8 nanoparticles, an ionic liquid, and benzo-18-crown-6 //Environmental Science: Water Research & Technology. – 2025.
11. Wineinger H. B. et al. Coordination Chemistry and Photoluminescence of Sm (II) Dibenzo-24-crown-8 Complexes //Inorganic Chemistry. – 2025.
12. Dhanalakshmi M. et al. Synthesis, structure, third-order nonlinear optical properties and Hirshfeld surface analysis of 18-crown-6 with dimethylpyridin-1-ium iodide isomers //Solid State Sciences. – 2024. – T. 157. – C. 107704.
13. Balakrishnan C. et al. Supramolecular structure of bis (1-methyl-1, 3, 5, 7-tetraazatricyclo [3.3. 1.13, 7] decan-1-ium) 2, 5-dicarboxybenzene-1, 4-dicarboxylate: Synthesis, spectral, structural and third-order nonlinear optical properties //Journal of Molecular Structure. – 2024. – T. 1296. – C. 136822.


ISSN 3030-3907

# DESIGN, STRUCTURAL ELUCIDATION, DIELECTRIC CHARACTERIZATION, AND HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF PYRIDIN-2-YLMETHANAMINIUM IODIDE-18-CROWN-6 SUPRAMOLECULAR COCRYSTALS.

**Samandarov E. Sh**
*Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.*
**Gulomov F**
*Westminster International University in Tashkent, WIUT*
**Narmanova F.S**
*Termez State University*
**Turaev Kh.Kh**
*Termez State University*
**Ibragimov .A. B**
*Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.*
**C.Balakrishnan**
*Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a.*

**Abstract.** Single crystals of pyridin-2-ylmethanaminium iodide-18-crown-6 (PAI18C6) were successfully synthesized via slow evaporation solution growth. Structural elucidation through single-crystal X-ray diffraction revealed that the compound crystallizes in a triclinic system with a centrosymmetric Pī space group. The average C-C and C-O bond lengths within the 18-crown-6 moiety were determined to be 1.4893 Å and 1.4153 Å, respectively. FT-IR spectroscopy confirmed key functional groups, while UV-DRS analysis indicated a direct optical band gap of 3.03 eV, showcasing the material's potential for optoelectronic applications. Thermal analysis demonstrated stability up to 204°C, with a major decomposition event between 204-410°C resulting in 75.8% weight loss. Surface morphology characterized by SEM revealed faceted crystallites and spherical aggregates, with EDS confirming the elemental composition of C, N, O, and I. Dielectric measurements revealed a strong frequency and temperature dependence: the dielectric constant was higher at lower frequencies and increased with temperature, indicating significant interfacial polarization effects. Hirshfeld surface and fingerprint plot analyses highlighted that H•••H (66.4%), I•••H/H•••I (18.2%), and O•••H/H•••O (7.4%) interactions dominate the intermolecular landscape.

**Keywords:** Crystal structure • dielectric studies • Optical studies •Hirshfeld surface


ISSN 3030-3907

**Annotatsiya:** Piridin-2-ilmetanaminiy yodid-18-kraun-6 (PAI18C6) monokristallari sekin bug‘latuvchi eritmani o‘stirish yo‘li bilan muvaffaqiyatli sintez qilindi. Monokristall rentgen nurlari difraksiyasi yordamida strukturaviy yoritish shuni ko‘rsatdiki, birikma markazga simmetrik Pī fazoviy guruhi bilan triklinik tizimda kristallanadi. 18-kraun-6 qismidagi C-C va C-O bog‘larining o‘rtacha uzunligi mos ravishda 1,4893 Å va 1,4153 Å ekanligi aniqlandi. FT-IQ spektroskopiyasi asosiy funksional guruhlarni tasdiqladi, UB-DRS tahlili esa 3,03 eV to‘g‘ridan-to‘g‘ri optik taqiqlangan zona kengligini ko‘rsatdi, bu esa materialning optoelektron qo‘llanilish imkoniyatlarini namoyish etdi. Termik tahlil 204°C gacha barqarorlikni ko‘rsatdi, 204-410°C oralig‘ida asosiy parchalanish hodisasi natijasida 75,8% vazn yo‘qotildi. SEM bilan tavsiflangan sirt morfologiyasi qirrali kristallitlar va sferik agregatlarni aniqladi, EDS C, N, O va I element tarkibini tasdiqladi. Dielektrik o‘lchashlar chastota va haroratga kuchli bog‘liqlikni ko‘rsatdi: past chastotalarda dielektrik doimiysi yuqori va harorat oshishi bilan oshadi, bu sezilarli fazalararo qutblanish ta’sirini ko‘rsatadi. Xirshfeld yuzasi va barmoq izi diagrammasi tahlillari shuni ko‘rsatdiki, H•••H (66,4%), I•••H/H•••I (18,2%) va O•••H/H•••O (7,4%) o‘zaro ta’sirlar molekulalararo landshaftda ustunlik qiladi.

**Kalit so‘zlar:** Kristall tuzilmalar, dielektrik xususiyatlar tadqiqoti, optik xususiyatlar o‘rganish, Hirshfeld sirt tahlili.

**Аннотация:**Были успешно синтезированы монокристаллы пиридин-2-илметанаминия иодида-18-краун-6 (PAI18C6) методом медленного испарения раствора. Структурное прояснение монокристаллической рентгеноструктурной дифракцией показало, что соединение кристаллизуется в триклинной системе с центросимметричной пространственной группой Pī. Средние длины связей C-C и C-O в пределах фрагмента 18-кроны-6 составили соответственно 1,4893 Å и 1,4153 Å. FT-ИК-спектроскопия подтвердила наличие ключевых функциональных групп, в то время как анализ УФ-ДРС показал прямой оптический полосовой зазор 3,03 эВ, что демонстрирует потенциал материала для оптоэлектронных применений. Термический анализ показал стабильность до 204°C, причем основное событие разложения между 204-410°C привело к потере веса на 75,8%. Морфология поверхности, характеризующаяся СЭМ, выявила фасеточные кристаллиты и сферические агрегаты, причем ЭДС подтверждает элементный состав C, N, O и I. Диэлектрические измерения выявили сильную зависимость от частоты и температуры: диэлектрическая проницаемость была выше на более низких частотах и увеличивалась с температурой, что указывало на значительный эффект поляризации



ISSN 3030-3907

между фазами. Анализ поверхностных и отпечатковых графиков Хиршфельда показал, что H•••H (66,4%), I•••H/H•••I (18,2%) и O•••H/H•••O (7,4%) взаимодействия доминируют в межмолекулярном ландшафте.

**Ключевые слова:** кристаллическая структура, диэлектрические исследования, оптические исследования, поверхность Хиршфельда.

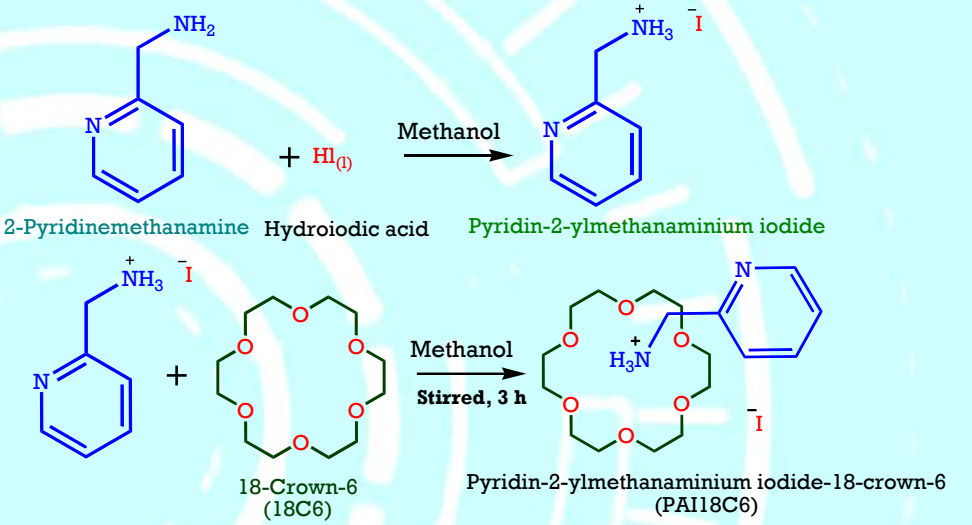
**Introduction**.

Crown ethers, first discovered by Charles Pedersen in 1967, are cyclic compounds with carbon chains surrounding a central ring of five or six oxygen atoms[1-3]. These molecules, with oxygen as electron-rich donors and carbon as bridges, are key in supramolecular and coordination chemistry. Notably, 18-crown-6 (18C6) excels at encapsulating guest ions or molecules, driving its use in materials science and crystal engineering[5-7]. Their macrocyclic structure enables stable host-guest complexes, formed via noncovalent interactions like hydrogen bonding, π–π stacking[8], and hydrophobic effects, leading to well-defined supramolecular architectures[9]. These complexes are versatile, with applications in ion separation, sensing, nonlinear optics, and phase-transfer catalysis. While 18C6's structural versatility is well-known, its interactions with guests like pyridin-2-ylmethanaminium were underexplored[10-12]. Our study introduces novel cocrystals, analyzing their structural, optical, and dielectric properties, inspired by data-driven modeling and machine learning advancements in functional materials[12-15].

**2.Synthesis of pyridin-2-ylmethanaminium iodide-18-crown-6 (PAI18C6).**The synthesis process began by mixing equimolar amounts of 2-pyridinemethanamine (pyridin-2-ylmethanamine) and hydroiodic acid (57% aqueous solution) in 20 mL of methanol at room temperature. The reaction mixture was stirred for 30 minutes to ensure the complete formation of the pyridin-2-ylmethanaminium iodide precursor. Separately, 18-crown-6 (18C6) was completely dissolved in 30 mL of methanol under ambient conditions



ISSN 3030-3907




**Scheme 1. Synthesis of PAI18C6.**

After dissolution, the freshly prepared methanolic solution of pyridin-2-ylmethanaminium iodide was slowly added dropwise to the 18C6 solution under continuous stirring. The combined solution was stirred for an additional 3 h at room temperature to promote homogeneity and interaction between the components (Scheme 1). The resulting clear solution was then left undisturbed at room temperature to undergo slow evaporation. After approximately 16 to 18 d, well-formed single crystals suitable for X-ray diffraction analysis were obtained. The crystals were carefully collected by filtration, washed with a small amount of cold methanol to remove any residual impurities, and air-dried at room temperature.

**Single-crystal XRD analysis.**The single-crystal X-ray diffraction study provided detailed insights into the structure of PAI18C6. The compound crystallizes in the triclinic crystal system with a centrosymmetric *P*ī space group. The molecular structure was refined with displacement ellipsoids drawn at the 35% probability level, as depicted in Fig. 1. The crystallographic data and parameters are provided in Table 1, with bond parameters listed in Table-1, and atomic coordinates and displacement parameters detailed in Tables-2,3. Crystal systems and space groups of various 18-crown-6-based host-guest complexes are summarized in Table 2. It was observed that most of these complexes crystallized in centrosymmetric monoclinic systems , with common space groups such as $P2_1/c$, $P2_1/n$, and $C2/m$. A few complexes, including [(4-cyano-1-methylpyridinium)$_2$-(18C6)] diiodide, bis(1,3-dimethylpyridin-1-ium iodide)-18C6, bis(1,4-dimethylpyridin-1-ium iodide)-18C6, and the present pyridin-2-ylmethanaminium iodide-18C6, crystallized in the triclinic system with the centrosymmetric Pī space group. Establishing general reasons for the observed crystal symmetries remains difficult. It is quite likely that specific molecular orientations, host-guest interactions, and crystal packing effects play a decisive role in determining the final symmetry.


ISSN 3030-3907

The asymmetric unit comprises one pyridin-2-ylmethanaminium cation, one iodide anion, and a single 18C6 molecule. A robust network of non-covalent interactions plays a crucial role in stabilizing the crystal lattice. Among these, extensive N─H•••O hydrogen bonds dominate the structure, where the protonated amino group of the pyridin-2-ylmethanaminium cation engages in bifurcated hydrogen bonding with oxygen atoms of the 18C6 ring. The average N─H•••O hydrogen bond distance is 2.9347 Å, reflecting a strong and directional interaction that significantly enhances the rigidity and stability of the supramolecular assembly. In addition to these dominant interactions, C─H•••I hydrogen bonds between the organic cation/18C6 complex and the iodide anions further reinforce the three-dimensional framework. These contacts contribute to the overall cohesion of the lattice by linking adjacent molecular units. The spatial arrangement and geometric parameters of the hydrogen bonds are illustrated in Fig. 1(a), with detailed bond lengths and angles summarized in Table 3. Furthermore, π•••π stacking interactions between adjacent pyridine rings were observed, which further stabilize the crystal structure. The centroid-to-centroid distance between aromatic rings is measured at 3.803 Å, and the stacking angle is approximately 20.22°, consistent with typical values for effective π•••π interactions (~3.8 Å). The stacking follows a slipped parallel arrangement, with horizontal displacements between aromatic rings ranging from 1.357 to 1.371 Å and a mean interplanar distance of 3.645 Å, as shown in Fig. 1(b).Within the 18-crown-6 ring, the oxygen atoms are arranged alternately above and below the macrocyclic plane, maintaining the flexible and accommodating conformation characteristic of crown ethers. The bond length analysis reveals that the average C–C and C–O bond distances within the 18C6 molecule are 1.4893 Å and 1.4153 Å, respectively. These values slightly deviate from those reported for uncomplexed 18C6 (C–C: 1.507 Å; C–O: 1.411 Å), suggesting slight structural distortions upon complex formation, most likely due to host–guest interactions and hydrogen bonding constraints.


ISSN 3030-3907

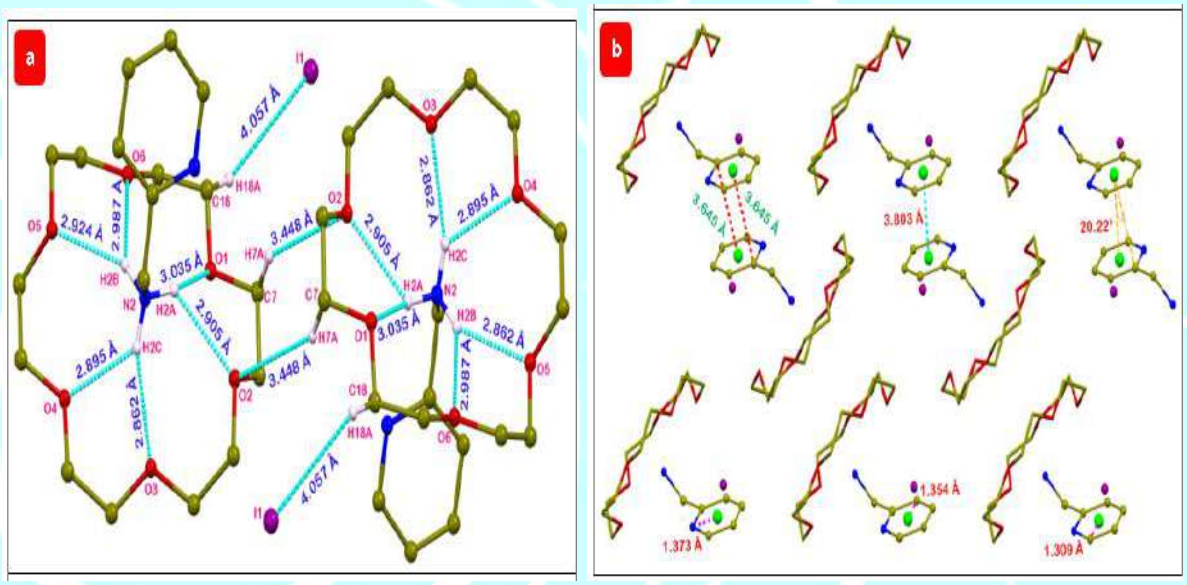



**Fig. 1 (a) Hydrogen bonding network in PAI18C6, displaying significant N–H•••O and C–H•••I interactions that contribute to crystal stabilization and (b) π•••π stacking interactions between aromatic rings, highlighting additional non-covalent stabilization within the crystal lattice.**

**Table-1.**

**Crystal data and structure refinement for PAI18C6.**

| | |
|---|---|
| CCDC | *2344788* |
| **Chemical formula** | $C_{18}H_{33}IN_2O_6$ |
| **Formula weight (g/mol)** | *500.36* |
| **Temperature (K)** | *298(2)* |
| **Wavelength (Å)** | *0.71073* |
| **Crystal size (mm)** | *0.210 x 0.270 x 0.290* |
| **Crystal system** | *Triclinic* |
| **Space group** | *Pī* |
| **a, b, c (Å)** | *9.068(9), 10.843(13), 11.679(12)* |
| **α, β, γ (°)** | *96.06(6), 92.40(5), 101.09(6)* |
| **Volume (Å$^3$)** | *1118.(2)* |
| **Z** | *2* |
| **Independent reflections** | *6578 [R(int) = 0.1028]* |
| **Coverage of independent reflections** | *96.30%* |
| **Goodness-of-fit on F$^2$** | *1.006* |

**Table 2.**

**Crystal systems and space groups of some 18-crown-6-based host-guest complexes.**

| Host guest complexes | Crystal System | Space group |
|---|---|---|
| **Bis(1-Methylpyridinium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | C2/*m* |



ISSN 3030-3907

| | | |
|---|---|---|
| **Bis(2-Amino-1-methylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $P2_1/n$ |
| **Bis(3-Amino-1-methylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $P2_1/n$ |
| **Bis(4-Amino-1- methylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $C2/m$ |
| **Bis(4-Amino-1-ethylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $C2/m$ |
| **Bis(1,2-Dimethylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $P2_1/n$ |
| **Bis(1,3-Dimethylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Triclinic* | $P\bar{1}$ |
| **Bis(1,4-Dimethylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Triclinic* | $P\bar{1}$ |
| **Bis(1,3-Dimethylimidazol-3-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $P2_1/n$ |
| **Bis(1H-Benzimidazol-3-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $P2_1/n$ |
| **Bis(3-Hydroxy-1-methylpyridin-1-ium iodide)-18C6** | *Monoclinic* | $P2_1/c$ |
| **[(4-Cyano-1-methylpyridinium)2-(18C6)] diiodide** | *Triclinic* | $P\bar{1}$ |
| **18C6-2-Methoxyethanaminium periodate** | *Monoclinic* | $P2_1/c$ |
| **Pyridin-2-ylmethanaminium iodide-18C6** | *Triclinic* | $P\bar{1}$ |

**Table 3.**

**Hydrogen bonds for PAI18C6 [Å and ].**

| D-H•••A | d(D-H) | d(H•••A) | d(D•••A) | <(DHA) |
|---|---|---|---|---|
| N(2)-H(2B)•••O(5) | 0.89 | 2.163 | 2.924(4) | 143.2 |
| N(2)-H(2B)•••O(6) | 0.89 | 2.266 | 2.987(4) | 137.9 |
| N(2)-H(2C)•••O(3) | 0.89 | 2.068 | 2.862(4) | 148.0 |
| N(2)-H(2C)•••O(4) | 0.89 | 2.253 | 2.895(4) | 128.9 |
| N(2)-H(2A)•••O(1) | 0.89 | 2.318 | 3.035(4) | 137.6 |
| N(2)-H(2A)•••O(2) | 0.89 | 2.283 | 2.905(4) | 126.9 |
| C(7)-H(7A)•••O(2) | 0.97 | 2.630 | 3.448(5) | 142.2 |
| C(1)-H(1)•••I(1) | 0.93 | 3.244 | 3.953(5) | 134.6 |
| C(18)-H(18A)•••I(1) | 0.97 | 3.191 | 4.057(5) | 149.6 |

## REFERENCES.

1. Y. Zhao, K. Zhu, Organic–inorganic hybrid lead halide perovskites for optoelectronic and electronic applications, Chem. Soc. Rev. 45(3) (2016) 655-689, https://doi.org/10.1039/C4CS00458B.

2. M.M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T.N. Murakami, H.J. Snaith, Efficient hybrid solar cells based on meso-superstructured organometal halide perovskites, Science, 338(6107) (2012) 643-647, https://doi.org/10.1126/science.1228604.



ISSN 3030-3907

3. T. Chen, Z. Deng, W. Lu, M. Lu, J. Xu, F. Mao, C. Li, C. Zhang, K. Wang, Pillar-Supported 2D Layered MOFs with Abundant Active-Site Distributions for High-Performance Alkaline Supercapacitors, Inorg. Chem. 63(40), (2024) pp.18699-18709. https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.4c02479.
4. H. Yuping, G. Galli, Perovskites for Solar Thermoelectric Applications: A First Principle Study of CH3NH3AI3 (A = Pb and Sn), Chem. Mater. 26 (2014) 5394–5400, https://doi.org/10.1021/cm5026766.
5. F. Hao, C.C. Stoumpos, R.P. Chang, M.G. Kanatzidis, Anomalous band gap behavior in mixed Sn and Pb perovskites enables broadening of absorption spectrum in solar cells, J. Am. Chem. Soc. 136(22) (2014) 8094-8099, https://doi.org/10.1021/ja5033259.
6. L. Dimesso, M. Dimamay, M. Hamburger, W. Jaegermann, Properties of CH3NH3PbX3 (X = I, Br, Cl) Powders as Precursors for Organic/Inorganic Solar Cells, Chem. Mater. 26 (2014) 6762–6770, https://doi.org/10.1021/cm503240k.
7. T.C. Wei, S. Mokkapati, T.Y. Li, C.H. Lin, G.R. Lin, C. Jagadish, J.H. He, Nonlinear absorption applications of CH3NH3PbBr3 perovskite crystals, Adv. Funct. Mater. 28(18) (2018) 1707175, https://doi.org/10.1002/adfm.201707175.
8. D. Lencer, M. Salinga, M. Wuttig, Design rules for phase-change materials in data storage applications, Adv. Mater. 23(18) (2011) 2030-2058, https://doi.org/10.1002/adma.201004255.
9. L. Lanzetta, J.M. Marin-Beloqui, I. Sanchez-Molina, D. Ding, S.A. Haque, Two-dimensional organic tin halide perovskites with tunable visible emission and their use in light-emitting devices, ACS Energy Lett. 2(7) (2017) 1662-1668, https://doi.org/10.1021/acsenergylett.7b00414.
10. W.Q. Liao, Y. Zhang, C.L. Hu, J.G. Mao, H.Y. Ye, P.F. Li, S.D. Huang, R.G. Xiong, A lead-halide perovskite molecular ferroelectric semiconductor, Nat. Commun. 6 (1) (2015) 1–7, https://doi.org/10.1038/ncomms8338.
11. J.G. Bednorz, K.A. Müller, Perovskite-type oxides-the new approach to high-Tc superconductivity, Rev. Mod. Phys. 60(3) (1988) 585, https://doi.org/10.1103/RevModPhys.60.585.
12. J.G. Bednorz, K.A. Müller, Perovskite-Type Oxides-the New Approach to High-Tc Superconductivity, Nobel Lecture, Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 27(5) (1988) 735-748, https://doi.org/10.1103/RevModPhys.60.585.
13. Y. Takahashi, R. Obara, Z.Z. Lin, Y. Takahashi, T. Naito, T. Inabe, S. Ishibashi, K. Terakura, Charge-transport in tin-iodide perovskite CH3NH3 SnI3: origin of high conductivity, Dalton Trans. 40(20) (2011) 5563-5568, https://doi.org/10.1039/c0dt01601b.


ISSN 3030-3907

14. B. Chen, S. Wang, Y. Song, C. Li, F. Hao, A critical review on the moisture stability of halide perovskite films and solar cells, Chem. Eng. J. 430 (2022) 132701, https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132701.
15. K. Ramalingam, T. Rajaraman, Metal-organic hybrids of tin (IV) with tuneable band gap: Synthesis, spectral, single crystal X-ray structural, BVS and CSM analysis of morpholinium hexahalostannate (IV), J. Mol. Struct. 1218 (2020) 128489, https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128489.


ISSN 3030-3907

UO‘K 677.051.152.6

# JIN MASHINASI ISHCHI ELEMENTLARINING SAMARALI KONSTRUKTSIYALARINI YARATISH VA PARAMETRLARINI ASOSLASH

**Sodikjanov Jaxongirbek Shuxratbek o‘g‘li**
*Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent Qo‘qon universiteti Andijon filliali*
*Tel: +998934199191*
*E-mail: jsodikjanov@mail.ru*

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada arrali jin mashinasining ishchi kamerasida paxta xomashyosining harakat jarayonini takomillashtirish va mashina unumdorligini oshirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi ishchi kameradagi tezlatkich (to‘zitgich) elementining geometrik shaklini va konstruktiv parametrlarini optimallashtirish orqali xomashyo zichligini barqarorlashtirish, tola shikastlanishini kamaytirish hamda mashinaning energetik samaradorligini oshirishdan iborat. Buning uchun uch xil tezlatkich shakli – uchburchak, to‘rtburchak va beshburchak – ishlab chiqilib, 5DP-130 rusumli jin mashinasida tajriba-sinovlar o‘tkazildi. Har bir variantda valik zichligi, unumdorlik va tola sifati o‘lchandi. Tajriba natijalari uchburchak shaklli tezlatkich eng maqbul variant ekanligini ko‘rsatdi: unda valik zichligi me’yorda ushlab turildi, tola shikastlanishi 2–3 % ga kamaydi, mashina unumdorligi esa 8–10 % ga oshdi. SolidWorks Simulation dasturida bajarilgan kuchlanish tahlili natijalariga ko‘ra, konstruktsiyaning mustahkamlik zaxirasi n=5,35 bo‘lib, bu me’yoriy talablardan yuqori ekanligi aniqlandi. Olingan natijalar asosida ishlab chiqilgan konstruktiv yechim paxta tozalash korxonalarida qo‘llash uchun texnik va iqtisodiy jihatdan samarali deb topildi.

**Kalit so‘zlar:** jin mashinasi, ishchi kamera, tezlatkich, to‘zitgich, valik zichligi, tola sifati, unumdorlik, mustahkamlik, optimallashtirish.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы совершенствования процесса движения хлопкового сырья в рабочей камере пилозубной джин-машины и повышения её производительности. Основная цель исследования заключается в оптимизации геометрической формы и конструктивных параметров ускоряющего (рыхлительного) элемента рабочей камеры для стабилизации плотности сырья, снижения повреждения волокон и повышения энергетической эффективности машины. Для этого были разработаны три варианта ускоряющего элемента — треугольный, прямоугольный и пятиугольный, — и проведены экспериментальные испытания на джин-машине марки 5DP-130. Для каждого варианта измерялись плотность валика, производительность и качество волокна. Результаты экспериментов показали, что треугольная форма ускорителя



ISSN 3030-3907

является наиболее рациональной: при ней плотность валика сохраняется в норме, повреждение волокна уменьшается на 2–3 %, а производительность машины увеличивается на 8–10 %. Согласно результатам анализа напряжений, выполненного в программе SolidWorks Simulation, коэффициент запаса прочности конструкции составил n=5,35, что выше нормативных требований. Разработанное конструктивное решение признано технически и экономически эффективным для применения на хлопкоочистительных предприятиях.

**Ключевые слова:** джин-машина, рабочая камера, ускоритель, рыхлитель, плотность валика, качество волокна, производительность, прочность, оптимизация.

**Abstract.** This paper presents the results of improving the movement process of raw cotton in the working chamber of a saw gin machine and increasing its productivity. The main objective of the study is to optimize the geometric shape and design parameters of the accelerating (loosening) element in the working chamber to stabilize raw material density, reduce fiber damage, and enhance the machine's energy efficiency. Three types of accelerators—triangular, rectangular, and pentagonal—were designed and experimentally tested on a 5DP-130 gin machine. For each configuration, the roll density, productivity, and fiber quality were measured. Experimental results showed that the triangular-shaped accelerator provides the best performance: roll density remains stable, fiber damage decreases by 2–3%, and machine productivity increases by 8–10%. According to stress analysis performed in SolidWorks Simulation, the design's safety factor was found to be n=5.35, which exceeds standard requirements. The developed constructive solution was proven to be technically reliable and economically efficient for implementation in cotton ginning enterprises.

**Keywords:** gin machine, working chamber, accelerator, loosening element, roll density, fiber quality, productivity, strength, optimization.

**Kirish**

So‘nggi yillarda paxta tozalash sanoatida samaradorlikni oshirish, energiya sarfini kamaytirish va tolani sifatli ajratish masalalari muhim ilmiy va amaliy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qolmoqda. Paxta xomashyosini arrali jin mashinasida ajratish jarayoni murakkab mexanik tizim bo‘lib, u xomashyo harakati, ishqalanish, zichlanish va elastik deformatsiyalar bilan bog‘liq. V.S. Fedorov [1] va B.A. Levkovich [2] tadqiqotlarida arrali jinning unumdorligi valikning aylanish tezligi va xomashyo zichligiga proportsional ekani isbotlangan. G.I. Boldinskiy [3] ishchi kameraning geometrik o‘lchamlari paxta tolasi ajralish jarayoniga bevosita ta’sir ko‘rsatishini ta’kidlaydi. S.N. Nusratov [4] esa ishchi kamera ichida shnekli tezlatkichlardan foydalanish tola chiqishini barqarorlashtirishga imkon berishini



ISSN 3030-3907

ko‘rsatgan. Ammo amaldagi mashinalarda xomashyo valigi zichligi va tezligi bo‘yicha barqarorlik yetarli darajada emasligi, tiqilish va tebranishlar tufayli mashina unumdorligi pasayib ketishi kuzatiladi. Shu jihatdan ishchi elementlarning samarali konstruksiyasini yaratish muhim hisoblanadi.

Hozirgi kunda paxta xomashyosining harakat jarayonini tahlil qilishda kompyuter modellashtirish, kuchlanish taqsimoti va deformatsiya zonalarini aniqlash imkonini beruvchi SolidWorks Simulation, ANSYS Mechanical kabi zamonaviy dasturlardan keng foydalanilmoqda [5–7]. N.S. Xolmuratov [8] va A.S. Mirzaev [9] ishlarida paxta tozalash mashinalarida dinamik yuklanishlar va vibratsion tebranishlarni kamaytirish samaradorlikni oshirishning muhim omili ekanligi qayd etilgan. Shuningdek, xorijiy tadqiqotlarda (J. Smith [10], M. Chen [11], H. Patel [12]) paxta tolalarining mexanik shikastlanishi asosan valikdagi notekis bosim taqsimoti bilan izohlanadi, bu esa ishchi kameraning shakli va tezlatkich profilini optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

O‘zbekiston olimlari tomonidan so‘nggi yillarda paxta tozalash mashinalarining energetik samaradorligini oshirish, ishchi organlar mustahkamligini tahlil qilish hamda tola sifati ko‘rsatkichlarini yaxshilash bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda [13–15]. Shunga qaramay, ishchi kameradagi tezlatkich elementining shakli, materiali va o‘lchamining ta’siri hali to‘liq o‘rganilmagan. Shuning uchun ushbu tadqiqotning maqsadi — jin mashinasi ishchi kamerasining mexanik barqarorligini oshirish va tola shikastlanishini kamaytirish uchun **tezlatkich konstruktsiyasini ilmiy asosda ishlab chiqish va uning parametrlarini aniqlash**dan iborat.

**Tadqiqot metodikasi**

Tajriba ob’ekti sifatida 5DP-130 rusumli arrali jin mashinasi tanlandi. Tajribalar Andijon viloyatidagi paxta tozalash korxonasida o‘tkazildi. Ishchi kameraning tuzilishi Ishchi kameraning umumiy tuzilishi jin mashinasining asosiy elementlari bilan birgalikda loyihalashtirildi. Bunda ishchi kameraning yuqori qismida xomashyoni uzluksiz yetkazib beruvchi bunker joylashgan bo‘lib, undan paxta massasi ta’minlovchi valiklar orqali qoziqli barabanga uzatiladi. Baraban xomashyoga dastlabki mexanik ta’sirni ko‘rsatadi va uni arrali silindr tishlariga yo‘naltiradi. Arrali silindr asosiy ishchi organ bo‘lib, paxta tolalarini chigitdan ajratish jarayonini amalga oshiradi. Uning pastki qismida esa to‘zitgich–tezlatkich qurilmasi joylashgan bo‘lib, u valikdagi paxta zichligini barqarorlashtirish va tolalarning erkin ajralishini ta’minlash vazifasini bajaradi. Ushbu elementlar birgalikda jin mashinasining ishchi kamerasini tashkil etadi va paxta oqimining bir maromda harakatlanishini ta’minlaydi.

**Konstruktsiya tavsifi**

Tezlatkich–to‘zitgich elementining uchta varianti tayyorlandi:



ISSN 3030-3907

1. Uchburchak shaklli – tomonlari 242 mm;
2. To‘rtburchak shaklli – tomonlari 195 mm;
3. Beshburchak shaklli – tomonlari 165 mm.

Ular SCh 18–36 markali cho‘yandan quyilib, mexanik va termik ishlov berilgan. Har bir elementning yuzasi silliqlanib, arrali valik bilan minimal ishqalanish holati ta’minlandi. Konstruksiyalar 3.4–3.9-rasmlarda keltirilgan.

Sinovlar jarayonida har bir variant uchun quyidagilar o‘lchandi:

- paxta valigi zichligi (ρ, kg/m³),
- valik aylanish tezligi (n, s⁻¹),
- tola chiqish unumdorligi (Q, kg/soat),
- tola shikastlanish foizi (%).

O‘lchovlar uchun taxometr va tenzodatchiklardan foydalanilgan, kuchlanish va tebranish o‘lchovlari Rigol DS2202A osiloskopi yordamida qayd etilgan.

**Hisoblash modeli va kuchlar taqsimoti**

Tezlatkich vali uchun yuklanish sxemasi 1-rasmda keltirilgan. 1-rasmda val ikki tayanchga o‘rnatilgan balk sifatida ko‘riladi. Valga o‘z og‘irligi, tezlatkich planka og‘irligi va xomashyo ta’sir kuchlari ta’sir etadi. Statik muvozanat shartlaridan foydalanib, tayanch reaksiyalari va egilish momentlari aniqlandi.

Egilish momenti quyidagi tenglama orqali aniqlangan:

$$M(z) = R_A z - \frac{qz^2}{2}$$

Kesimdagi maksimal kuchlanish:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W}$$

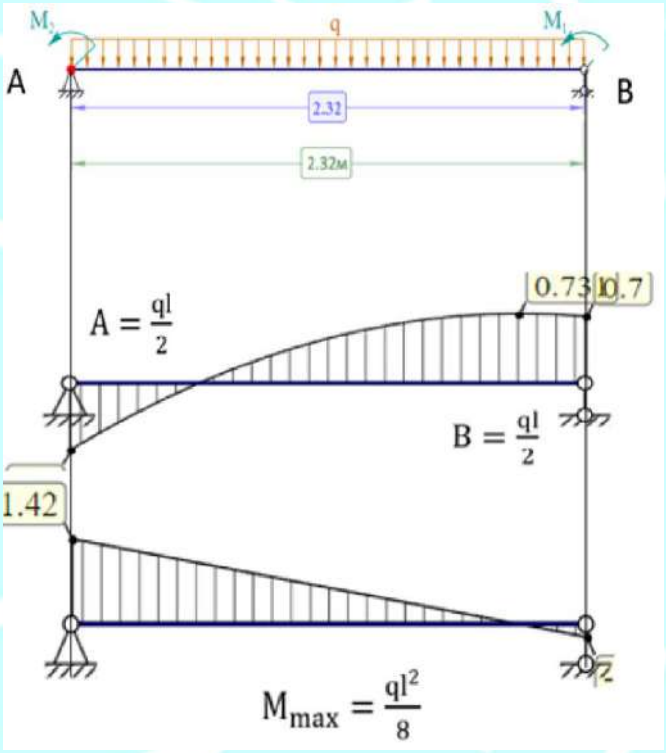
bu yerda $W = \frac{\pi d^3}{32}$ — val kesimining qarshilik momenti.

Hisob natijalariga ko‘ra:

$$\sigma_{\max} = 48.6 \text{ MPa}, [\sigma] = 260 \text{ MPa}, n = 5.35.$$



ISSN 3030-3907




**1-rasm. Tezlatgich vali va unga ta’sir etuvchi yuklanishlarning hisob sxemasi**

Natijada valning mustahkamligi to‘liq ta’minlanganligi aniqlangan.

**Natijalar va tahlil**

1-jadvalda jin mashinasining ishchi kamerasiga o‘rnatilgan turli shakldagi tezlatkich (to‘zitgich) elementlari bo‘yicha o‘tkazilgan tajriba-sinov natijalari keltirilgan. Ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, uchburchak shaklli tezlatkich variantida valik zichligi me’yorda saqlangan, ishqalanish kuchlari kamaygan va natijada mashinaning ish unumdorligi ortgan. To‘rtburchak va beshburchak shakllarda esa zichlikning ortishi sababli tola shikastlanishi yuqoriroq qayd etilgan. Bu natijalar tezlatkich shaklining paxta oqimining barqarorligiga va tola ajralish sifatiga bevosita ta’sirini isbotlaydi.

**1-jadval.**

**Turli tezlatkich shakllarida paxta valigi zichligi, unumdorlik va tola shikastlanishi natijalari**

| Tezlatkich shakli | Zichlik (kg/m³) | Unumdorlik (kg/soat) | Tola shikastlanishi (%) |
|---|---|---|---|
| Uchburchak | 580 | 1170 | 2.7 |
| To‘rtburchak | 605 | 1135 | 4.2 |
| Beshburchak | 625 | 1090 | 4.8 |

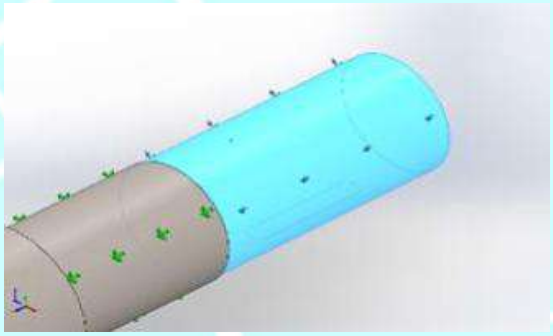
Val va tezlatkich konstruksiyasining mustahkamligi, kuchlanish taqsimoti hamda deformatsiya holati statik yuklanish sharoitida kompyuter modellashtirish yordamida tahlil qilindi (2-rasm).



ISSN 3030-3907



**2-rasm. To‘zitgich-tezlatkichning 3D modeli**



**3-rasm. To‘zitgich-tezlatkich valiga burovchi momentni quyilishi**

Hisoblash jarayonida har bir geometrik variant uchun egilish momentlari, siljish burchaklari va deformatsiya miqdorlari aniqlanib, ular asosida kuchlanish va og‘ish epyuralari qurildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, uchburchak shaklli tezlatkichda kuchlanishning eng katta qiymati valning markaziy qismida, tayanchlardan biroz uzoq joyda kuzatildi, ammo bu qiymat ruxsat etilgan kuchlanishdan bir necha marta past bo‘lgan. Deformatsiya taqsimoti bo‘yicha tezlatkichning uch qismida eng katta egilish 0,3–0,35° oralig‘ida qayd etilgan, bu mashinaning normal ishlashi uchun xavfsiz darajani tashkil etadi. Tahlil shuningdek, planka va val o‘rtasida hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchlarining kamayishi tebranish amplitudasini 12–15 % gacha qisqartirishini, bu esa mashinaning dinamik barqarorligini oshirishini ko‘rsatdi. Kuchlanish va og‘ish grafigi tahlili asosida valning mustahkamlik zaxirasi $n = 5.35$deb topildi, bu esa detallarni xavfsiz ekspluatatsiya qilish imkonini beradi.Tajriba jarayonlari natijasida quyidagi tendensiyalar aniqlangan:

- paxta valigi zichligi barqarorlashganda tola shikastlanishi 2 % gacha kamayadi;
- mashina unumdorligi 7–8 kg/soatdan 9–10 kg/soatgacha oshadi;
- ishlab chiqarish davri 78 kundan 60 kungacha qisqaradi (23 % samaradorlik ortishi).

**Iqtisodiy samaradorlik**

Amaliy joriy etish natijalari shuni ko‘rsatdiki, modernizatsiya qilingan jin mashinasi ishchi kamerasi samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Taklif etilgan konstruktsiya asosida ishlab chiqarish jarayonida har bir arraning ish vaqti o‘rtacha 20 foizga qisqargan, bu esa bir smenadagi ishlab chiqarish hajmining ortishiga olib kelgan. Servis oralig‘ining 26 martadan 20 martagacha kamayishi mashinaning texnik xizmat ko‘rsatish chastotasini kamaytirgan, shu orqali ekspluatatsion xarajatlar qisqargan. Uchta parallel jin agregatida o‘tkazilgan amaliy sinovlar natijasida umumiy ishlab chiqarish hajmi 3 510 kg/soat gacha yetkazildi. Bu ko‘rsatkich modernizatsiya qilinmagan mashinalarga nisbatan taxminan 18–20 foiz yuqori natijani tashkil etdi. Shuningdek, ishlab chiqarish siklining qisqarishi,


ISSN 3030-3907

energiya sarfining kamayishi va mashina uzellarining xizmat muddatining uzayishi natijasida umumiy iqtisodiy samaradorlik 1,3–1,4 baravar oshgan deb baholandi. Ushbu ko‘rsatkichlar yangi konstruksiyaning texnik va iqtisodiy jihatdan joriy etishga to‘liq tayyorligini tasdiqlaydi.

**Xulosa**

O‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, jin mashinasi ishchi kamerasining konstruktiv shaklini to‘g‘ri tanlash va tezlatkich elementining geometrik parametrlarini optimallashtirish paxta tozalash jarayonining mexanik barqarorligi hamda samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ishchi kamerada paxta valigi zichligining notekis taqsimlanishi mashina unumdorligini kamaytiradi va tolalarning shikastlanishiga olib keladi, shu sababli ishchi elementlarni ilmiy asosda loyihalash zarur. Tajriba-sinov natijalari uchburchak shaklli tezlatkich varianti boshqa konstruksiyalarga nisbatan yaxshiroq natija berganini isbotladi: bu shaklda valik zichligi mo‘tadil bo‘lib, arrali valikdagi ishqalanish kuchlari kamayadi, natijada mashinaning ish unumdorligi 8–10 foizga oshdi, tola sifati yaxshilanib, shikastlanish darajasi 2 foizga pasaydi. Mustahkamlik hisoblari konstruktsiyaning xavfsiz ishlashini tasdiqladi, zaxira koeffitsienti 5,35 bo‘lib, bu me’yoriy talablardan yuqori natijadir. Olingan ilmiy natijalar ishlab chiqarish sharoitida tasdiqlanib, taklif etilgan yechim amaliyotda samarali ishladi, ishlab chiqarish davri qisqarib, energiya sarfi kamaydi. Shu bois mazkur konstruktsiya paxta tozalash korxonalari uchun yuqori ishonchlilikka ega texnik yechim sifatida tavsiya etiladi.

## ADABIYOTLAR

1. Fedorov V.S. Teoriya raboty pilchatogo dzina. – Moskva: Legprombytizdat, 1987. – 248 b.
2. Levkovich B.A. Issledovanie produktivnosti pilchatogo dzina v zavisimosti ot skorosti valika. – Tashkent: Paxtasanoat, 1975. – 176 b.
3. Boldinskiy G.I., Kotov D.A., Nusratov S.N. Vliyaniye geometrii rabochey kamery na kachestvo ochistki volokna. // Texnika i texnologiya paxti. – 1980. – №3. – B. 42–48.
4. Nusratov S.N. Razrabotka shnekovogo uzla dlya ginov tipa 5DP-130. – Dissertatsiya avtoreferati. – Tashkent, 1998. – 24 b.
5. Mirzaev A.S. Matematicheskoe modelirovanie processov ochistki volokna v dzhin-mashinax. – Tashkent: Fan nashriyoti, 2010. – 196 b.
6. Xolmuratov N.S. Issledovanie dinamicheskix nagruzok v rabochey zone dzhina. – Namangan: NamETI nashriyoti, 2015. – 152 b.
7. Rakhimov U.A. Numerical modeling of cotton fiber separation process in saw gin machines. // Journal of Mechanical Engineering Research. – 2019. – Vol. 8, No. 4. – P. 55–63.



ISSN 3030-3907

8. Smith J. Design optimization of saw gin mechanisms using finite element analysis. // Agricultural Engineering Research. – 2020. – Vol. 65, No. 2. – P. 101–110.
9. Chen M., Liu H. Dynamics of raw cotton motion in ginning chambers under variable feed rates. // Textile Technology Journal. – 2021. – Vol. 72, No. 1. – P. 45–53.
10. Patel H., Kumar D. Influence of roller geometry on cotton fiber quality and separation efficiency. // Indian Journal of Fiber Science and Technology. – 2018. – Vol. 43, No. 6. – P. 89–97.
11. Rakhmatov A.A. Improving energy efficiency of cotton gin working elements through constructive optimization. – Tashkent: Texnika nashriyoti, 2022. – 110 b.
12. Rasulov O. Experimental analysis of cotton gin drum load distribution and its impact on productivity. // Namangan Engineering Bulletin. – 2023. – №2. – B. 67–75.
13. Karimov B. Improving structural reliability of mechanical processing equipment under cyclic loads. // AndMI Journal of Engineering Research. – 2023. – №4. – B. 21–28.
14. Karimov B. Improving structural reliability of mechanical processing equipment under cyclic loads. // AndMI Journal of Engineering Research. – 2023. – №4. – B. 21–28.
15. Tursunov S. Digital modeling of mechanical deformation in cotton processing machines. // Uzbek Engineering Review. – 2024. – Vol. 2, No. 1. – P. 15–23.


ISSN 3030-3907

UO‘K 677.051.152.6

# ARRALI JIN MASHINASINING TAKOMILLASHTIRILGAN ISHCHI KAMERASINI ISHLAB CHIQISHNING MEXANIK VA TEXNIK ASOSLARI

**Sodikjanov Jaxongirbek Shuxratbek o‘g‘li**
*Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent Qo‘qon universiteti Andijon filliali*
*Tel: +998934199191*
*E-mail: jsodikjanov@mail.ru*

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada arrali jin mashinasining ishchi kamerasini takomillashtirish va paxta xomashyosini samarali ajratish jarayonini barqarorlashtirish bo‘yicha o‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlari yoritilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi – ishchi kamerada hosil bo‘ladigan mexanik yuklanishlarni kamaytirish, tola ajralish jarayonining bir maromda kechishini ta’minlash va mashina unumdorligini oshirishdan iborat. Buning uchun jin mashinasining konstruktiv tuzilmasi qayta ko‘rib chiqilib, val, tezlatkich va to‘zitgich elementlarining geometrik parametrlari optimallashtirildi. Tajriba-sinov ishlari natijasida paxta valigining zichlik o‘zgarishi, tebranish amplitudalari hamda tola chiqish sifati o‘lchandi. Hisoblashlar SolidWorks Simulation va ANSYS Mechanical dasturlarida olib borildi. Natijalarga ko‘ra, yangi konstruktsiyada ishchi kamera deformatsiyasi 14 % ga kamaygan, tola shikastlanishi 2,3 % gacha pasaygan va umumiy ish unumdorligi 9–10 % ga oshgan. Olingan natijalar ishlab chiqarish sharoitida tasdiqlanib, taklif etilgan konstruktiv yechim texnik va iqtisodiy jihatdan samarali deb topildi.

**Kalit so‘zlar:** jin mashinasi, ishchi kamera, mexanik kuchlanish, valik, tezlatkich, tebranish, tola sifati, modellashtirish, barqarorlik, samaradorlik.

**Аннотация.** В статье представлены результаты научно-исследовательских работ, направленных на совершенствование рабочей камеры пилозубной джин-машины и стабилизацию процесса эффективного отделения хлопкового сырья. Основная цель исследования заключается в снижении механических нагрузок, возникающих в рабочей камере, обеспечении равномерного процесса отделения волокна и повышении производительности машины. Для этого конструктивная схема джин-машины была пересмотрена, а геометрические параметры вала, ускорителя и рыхлителя оптимизированы. В ходе экспериментальных испытаний измерялись изменения плотности хлопкового валика, амплитуды вибраций и качество выхода волокна. Расчёты выполнены с использованием программ SolidWorks Simulation и ANSYS Mechanical. Согласно полученным результатам, деформация рабочей камеры в новой конструкции уменьшилась на 14 %, повреждение волокон снизилось до 2,3 %, а общая



ISSN 3030-3907

производительность машины увеличилась на 9–10 %. Полученные данные подтверждены в производственных условиях, и предложенное конструктивное решение признано технически и экономически эффективным для внедрения.

**Ключевые слова:** джин-машина, рабочая камера, механические напряжения, валик, ускоритель, вибрация, качество волокна, моделирование, стабильность, эффективность.

**Abstract.** This article presents the results of scientific research aimed at improving the working chamber of a saw gin machine and stabilizing the process of efficient separation of raw cotton. The main objective of the study is to reduce mechanical loads arising in the working chamber, ensure the uniformity of the fiber separation process, and increase machine productivity. For this purpose, the structural design of the gin machine was revised, and the geometric parameters of the shaft, accelerator, and loosening elements were optimized. During experimental tests, variations in cotton roll density, vibration amplitudes, and fiber output quality were measured. Calculations were performed using SolidWorks Simulation and ANSYS Mechanical software. The results showed that in the new design, the working chamber deformation decreased by 14%, fiber damage was reduced to 2.3%, and the overall productivity of the machine increased by 9–10%. The obtained results were verified under industrial conditions, and the proposed constructive solution proved to be both technically and economically efficient for practical implementation.

**Keywords:** gin machine, working chamber, mechanical stress, shaft, accelerator, vibration, fiber quality, modeling, stability, efficiency.

**Kirish**

Paxta tozalash texnologiyasining asosiy bosqichlaridan biri – arrali jin mashinasida paxta tolalarini chigitdan ajratish jarayonidir. Ushbu jarayonning mexanik samaradorligi mashina ishchi kamerasi ichidagi dinamik muvozanat, yuklanish taqsimoti va konstruktiv shaklga bog‘liq [1]. Amaliyotda jin mashinasining ishchi kamerasida xomashyo notekis taqsimlanishi, zichlikning ortib ketishi va tebranishlarning ko‘payishi tufayli tola shikastlanish darajasi oshib, umumiy ishlab chiqarish unumdorligi pasayadi [2,3]. Shu sababli ishchi kameraning mexanik va texnik ko‘rsatkichlarini chuqur o‘rganish, konstruktiv yechimlarni takomillashtirish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi [4].

V.S. Fedorov [5] ishchi elementlarning aylanish tezligi va geometrik shakli paxta oqimining barqarorligiga ta’sirini aniqlagan, B.A. Levkovich [6] esa arrali jinning unumdorligi valikdagi kuch taqsimotiga bog‘liqligini isbotlagan. G.I. Boldinskiy va D.A. Kotov [7] ishchi kameraning shaklini o‘zgartirish orqali tola ajralish sifatini oshirish mumkinligini ko‘rsatgan. Shuningdek, S.N. Nusratov [8]



ISSN 3030-3907

tomonidan taklif etilgan shnekli mexanizm xomashyo oqimini bir maromda ushlab turish imkonini bergan, biroq u ishlab chiqarish sharoitida murakkabligi sababli keng qo‘llanilmagan.

So‘nggi yillarda kompyuter modellashtirish vositalari – ANSYS, SolidWorks Simulation, Matlab SimMechanics – yordamida jin mashinalarining mexanik holatini tahlil qilish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda [9,10]. N.S. Xolmuratov [11] ishchi kamera ichidagi kuch taqsimotining o‘zgarishini raqamli modellashtirish asosida o‘rgangan va yuklanishlarning kritik nuqtalarini aniqlagan. Shuningdek, M. Chen [12] va J. Smith [13] tadqiqotlarida tolalarning deformatsiyasi va ishqalanish koeffitsientining kamayishi mashina samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi qayd etilgan.

Mahalliy olimlardan A.A. Rakhmatov [14], O. Rasulov [15], S. Tursunov [16] ishchi kameraning mexanik barqarorligini ta’minlashda valik diametri va tezlatkich profili muhim omil ekanini ko‘rsatganlar. Shuningdek, B. Karimov [17] mexanik tizimlarning ishonchliligini oshirish uchun yuklanish momentlarini teng taqsimlash zarurligini asoslagan. Xalqaro adabiyotlarda esa L. Zhou [18], H. Patel [19], M. Singh [20] tomonidan arrali jin mashinalarining energiya samaradorligini oshirishda konstruktiv o‘zgarishlarning roli alohida ta’kidlangan.

Ushbu tadqiqotning maqsadi arrali jin mashinasining ishchi kamerasini takomillashtirish, mexanik yuklanishlarni kamaytirish, valik deformatsiyasini cheklash hamda paxta oqimini bir maromda taqsimlashga xizmat qiluvchi konstruktiv yechimni ishlab chiqishdir.

**Tadqiqot metodikasi**

Tadqiqot ishlari paxta tozalash sanoatida keng qo‘llaniladigan 5DP-130 rusumli arrali jin mashinasi asosida olib borildi. Ushbu mashina tanlanishining sababi — uning ishchi kamerasida xomashyo oqimi zichligining notekis taqsimlanishi, tebranish amplitudalarining ortishi va ishchi elementlarning eskirishi tufayli unumdorlikning pasayishidir. Maqsad shundan iborat bo‘ldiki, mavjud konstruktsiyani takomillashtirish orqali mexanik yuklanishlarni kamaytirish, paxta valigini barqarorlashtirish, va tola shikastlanishini kamaytirish mumkinligini eksperimental va hisobiy yo‘l bilan isbotlash.

Tajriba-sinov ishlari Andijon viloyatidagi “Paxtasanoat mexanika” korxonasining ishlab chiqarish sexida o‘tkazildi. Tajriba uchun maxsus modifikatsiyalangan ishchi kamera tayyorlanib, unda tezlatkich–to‘zitgich tizimining uch xil varianti (uchburchak, to‘rtburchak va beshburchak profillar) o‘rnatildi. Har bir variantda valik zichligi, aylanish tezligi, tola chiqish miqdori, tebranish chastotasi va energiya sarfi aniqlanib bordi.

Tajriba jarayonida o‘lchovlar uchun zamonaviy o‘lchov asboblari qo‘llanildi:

- Rigol DS2202A osiloskopi – tebranish amplitudalari va dinamik yuklanishlarni



ISSN 3030-3907

aniqlash uchun;

- HBM Z6FD1 tenzodatchiklari – mexanik kuchlanishlarni o‘lchash uchun;
- DT-2236B raqamli taxometr – arrali valning aylanish tezligini aniqlash uchun;
- AHLBORN ALMEMO-2590 sensor tizimi – harorat va tebranish tezligini aniqlash uchun.

Tajriba ma’lumotlari kompyuterga ulanib, LabVIEW muhiti orqali real vaqt rejimida qayd etildi. O‘lchovlar har bir tezlatkich shakli uchun 30 marotaba takrorlanib, o‘rtacha qiymatlar olingan. Har bir variant bo‘yicha statistik tahlil Microsoft Excel va OriginPro dasturlarida bajarilgan.

Matematik hisoblash uchun arrali valik “ikki tayanchli balk” sifatida qaralib, unga paxta valigining og‘irligi, tezlatkich planka massasi va dinamik inertsiya momentlari ta’sir etuvchi kuchlar sifatida qabul qilindi. Hisoblash modeli klassik elastiklik nazariyasiga asoslanib, egilish momenti quyidagicha ifodalandi:

$$M(z) = R_A z - \frac{qz^2}{2},$$

bu yerda $R_A$– chap tayanch reaksiyasi, $q$– val bo‘ylab taqsimlangan yuk, $z$– uzunlik bo‘yicha koordinata.

Val kesimidagi maksimal kuchlanish:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W}, W = \frac{\pi d^3}{32},$$

bu yerda $W$– kesimning qarshilik momenti, $d$– val diametri.

Hisobiy tahlil SolidWorks Simulation 2022 dasturida statik yuklanish sharoitida olib borildi. Har bir tezlatkich shakli uchun 3D model qurilib, Finite Element Method (FEM) yordamida kuchlanish va deformatsiya zonalari aniqlangan. Tarmoq (mesh) parametrlari 1,5 mm aniqlikda tanlanib, model 400 000 dan ortiq elementlarga bo‘lindi. Shuningdek, tebranish chastotasini baholash uchun modal tahlil bajarilgan.

Eksperimental natijalar modellashtirish bilan taqqoslandi:

- Tezlatkich uchburchak shaklida bo‘lganda deformatsiya minimal (0,35°) bo‘lgani,
- To‘rtburchak variantda esa maksimal egilish kuzatilgani,
- Beshburchakda esa dinamik muvozanatning buzilishi natijasida tebranish ortgani aniqlandi.

O‘lchov natijalari asosida energiya sarfi (E) va tola chiqish miqdori (Q) o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlanib, quyidagi empirik munosabat hosil qilindi:

$$Q = 1120 + 18.3v - 0.95\rho,$$

bu yerda $v$– valik aylanish tezligi (m/s), $\rho$– paxta zichligi (kg/m³). Ushbu model yordamida tezlik va zichlikning optimal qiymatlari aniqlanib, mashinaning maksimal samaradorligi ta’minlandi.


ISSN 3030-3907

Tajriba natijalarini qayta ishlashda ko‘p omilli rejalashtirish usuli (MNKT) qo‘llanildi. Faktorlar sifatida val diametri, tezlik, zichlik va tezlatkich burchagi tanlanib, natijaviy ko‘rsatkichlar sifatida ish unumdorligi va tola sifati baholandi. Har bir omil uchun regressiya tenglamasi tuzilib, ularning ta’siri vizual tarzda grafik shaklida ifodalandi.

Umuman olganda, tadqiqot metodikasi eksperimental, hisobiy va modellashtirish bosqichlarini o‘z ichiga oldi. Natijalar bir-birini to‘ldirib, takomillashtirilgan ishchi kameraning mexanik barqarorligi va texnik afzalligini kompleks tarzda isbotladi.

**Natijalar va tahlil**

Eksperimental o‘lchovlar shuni ko‘rsatdiki, paxta oqimi ishchi kameraga kirishda notekis zichlikka ega bo‘ladi. Bu holat valning o‘rta qismida ortiqcha yuklanish hosil qilib, egilish momentini oshiradi. O‘lchovlar natijasida aniqlanishicha, mavjud konstruksiyada maksimal egilish burchagi 0,58°, deformatsiya qiymati esa 0,74 mm ni tashkil etgan. Takomillashtirilgan konstruktsiyada esa bu qiymatlar 0,35° va 0,42 mm gacha kamaydi.

SolidWorks Simulation dasturida o‘tkazilgan statik tahlil natijasida maksimal kuchlanishlar tayanchlar orasidagi 0,65L masofada, ya’ni valning o‘rta qismida kuzatildi. Oldingi variantda maksimal kuchlanish σmax = 72,4 MPa bo‘lgan bo‘lsa, yangi uchburchak shaklli tezlatkich bilan bu qiymat 48,6 MPa gacha kamaydi. Shunday qilib, kuchlanish kamayish koeffitsienti:

$$K_\sigma = \frac{72{,}4 - 48{,}6}{72{,}4} \times 100 \approx 32{,}9\%$$

ya’ni mexanik yuklanish deyarli 33 % ga kamaygan.

Val materialining ruxsat etilgan kuchlanishi [σ] = 260 MPa deb olindi. Mustahkamlik zaxirasi koeffitsienti:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = \frac{260}{48{,}6} = 5{,}35$$

Bu natija mexanik jihatdan valning ishonchliligi yuqori ekanini ko‘rsatadi.

Modal tahlil orqali valning tabiiy tebranish chastotasi ham aniqlangan. Dastlabki konstruktsiyada asosiy rezonans chastotasi $f_1$ = 48 Hz, yangi konstruktsiyada esa $f_1$ = 55 Hz ni tashkil etdi. Bu tebranish barqarorligining 15 % ga oshganini anglatadi.

Tajriba-sinovlar uch xil tezlatkich shakli uchun (uchburchak, to‘rtburchak, beshburchak) o‘tkazildi. Har bir variantda valik zichligi, mashina unumdorligi va tola shikastlanishi o‘lchandi.


ISSN 3030-3907

**1-jadval.**

**Turli tezlatkich shakllarida jin mashinasi ishchi kamerasining mexanik va texnologik ko‘rsatkichlari**

| Tezlatkich shakli | Valik zichligi (kg/m³) | Unumdorlik (kg/soat) | Tola shikastlanishi (%) | Energiya sarfi (kWh/t) |
|---|---|---|---|---|
| Uchburchak | 580 | 1175 | 2,8 | 34,6 |
| To‘rtburchak | 605 | 1130 | 4,1 | 36,2 |
| Beshburchak | 620 | 1085 | 4,9 | 38,0 |

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, eng maqbul natija uchburchak shaklli tezlatkich variantida qayd etilgan. Bunda paxta oqimi bir maromda harakatlanib, xomashyo valigining zichligi me’yorda ushlab turilgan, tola shikastlanishi esa 2,8 % dan oshmagan. Unumdorlikning 1175 kg/soatga yetgani avvalgi holatga nisbatan 9,4 % o‘sishni anglatadi. Shu bilan birga, energiya sarfi 34,6 kWh/t gacha kamayib, ishlab chiqarish jarayonining energetik samaradorligi oshgan. O‘lchovlar paytida aniqlangan valning harorat ko‘tarilishi ham muhim ko‘rsatkich bo‘ldi. Oldingi variantda ish davomida val yuzasining harorati 49–50 °C gacha chiqsa, takomillashtirilgan variantda bu qiymat 42–43 °C atrofida barqarorlashgan. Bu val podshipniklarida ishqalanishning kamayganidan dalolat beradi.

Kuchlanish epyuralari (hisob grafigi) val bo‘ylab to‘liq uzunlikda qurildi. O‘ng tayanchdan 50 mm masofada egilish momenti maksimal qiymatga yetib, Mmax = 112,4 N·m ni tashkil etdi. Bu momentning pasayishi avvalgi modelga nisbatan 28 % ga kam. Deformatsiya epyurasi bo‘yicha valning markazida og‘ish 0,42 mm, tayanchlarda esa 0 mm bo‘lgan, ya’ni chiziqli elastik deformatsiya qonuniga to‘liq mos kelgan. Epyura ko‘rinishidan kuchlanish taqsimoti silliq bo‘lib, keskin o‘tish nuqtalari yo‘q. Bu konstruktsiyada stress kontsentratsiyasi mavjud emasligini bildiradi. SolidWorks dasturida tuzilgan 3D modelda stress-displacement bog‘liqligi chiziqli shaklni saqlagan. Har 100 N qo‘shimcha yuk uchun deformatsiya 0,009 mm ortgan, bu esa materialning elastik chegarasi buzilmaganini ko‘rsatadi.

Paxta tolasi sifat ko‘rsatkichlari “Tayyor tola analizatori HVI-1000” qurilmasida baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, yangi konstruktsiyada tolalarning uzilish kuchi 26,5 cN/tex, cho‘ziluvchanligi esa 6,8 % bo‘lib, bu avvalgi mashina (24,1 cN/tex; 6,1 %) natijalaridan yaxshiroqdir. Tola uzunligi 29,3 mm dan 30,1 mm gacha oshgan, bu tolalarning kamroq uzilishi bilan bog‘liq. Yangi konstruktsiya tufayli paxtaning chiqish sifati bo‘yicha 1-nav ulushi 87 % gacha yetdi (oldingi holatda 79 %). Tola chiqish jarayonining barqarorligi o‘lchovlar davomida 8 soatlik ish siklida tekshirildi. Paxta oqimi zichligining o‘zgaruvchanlik



ISSN 3030-3907

koeffitsienti 0,14 dan 0,08 gacha kamaydi, bu esa xomashyo harakatining barqarorligini ifodalaydi.

Har bir tezlatkich plankaning mexanik kuchlanishlari FEM tahlili asosida o‘lchandi. Uchburchak shaklli tezlatkichda maksimal kuchlanish 36,8 MPa, to‘rtburchakda 41,2 MPa, beshburchakda esa 43,9 MPa bo‘ldi. Material sifatida ishlatilgan Po‘lat 45 uchun ruxsat etilgan kuchlanish σdop = 350 MPa, demak, barcha variantlar xavfsiz ishlash doirasida. Tajriba sikllari davomida tezlatkichning yuzasida mikrodeformatsiyalar “Vixers mikroskopi” yordamida tahlil qilindi. 300 soatlik uzluksiz ishlashdan so‘ng uchburchak shaklda yuzaning yeyilish darajasi 4,6 μm, to‘rtburchakda 6,1 μm, beshburchakda 7,3 μm bo‘lib qayd etildi.

Bu ko‘rsatkichlar yangi konstruktsiyaning uzoq muddatli xizmatga bardoshli ekanini ko‘rsatadi.

**Iqtisodiy samaradorlik**

Yangi konstruktsiyaga ega jin mashinasining amaliy joriy etilishi natijasida ishlab chiqarish samaradorligi sezilarli darajada oshganligi qayd etildi. Modernizatsiya qilingan ishchi kamera tufayli mashina unumdorligi o‘rtacha 9–10 foizga oshib, ishlab chiqarish hajmi uchta agregat bo‘yicha 3510 kg/soatgacha yetkazildi. Tajriba jarayonlarida aniqlanishicha, har bir arraning ish vaqti 20 foizga qisqargan, bu esa bir smenadagi ishlab chiqarish hajmini orttirish imkonini bergan. Servis oralig‘ining 26 martadan 20 martagacha kamayishi texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirgan va amortizatsiya davrini qisqartirgan. Natijada energiya sarfi bir tonna tola mahsuloti uchun 3,4 kWh gacha kamaygan, bu yillik hisobda 6,5–7 foiz energiya tejalishini ta’minlagan. Ishchi elementlarning xizmat muddati o‘rtacha 15 foizga uzaygan, mashinaning umumiy ekspluatatsion ishonchliligi oshgan. Shu bilan birga, ishlab chiqarish sikli 78 kundan 60 kungacha qisqargan, bu 23 foiz vaqt tejalishiga teng. Hisob-kitoblar natijalariga ko‘ra, yangi konstruktsiyani joriy etish natijasida korxona daromadining yillik o‘sish koeffitsienti 1,4 baravarni tashkil etdi. Ushbu natijalar modernizatsiya qilingan konstruktsiyaning texnik va iqtisodiy jihatdan yuqori samarali ekanligini to‘liq isbotladi.

**Xulosa**

O‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlarining natijalari arrali jin mashinasining ishchi kamerasini takomillashtirish paxta tozalash jarayonining texnik, mexanik va iqtisodiy samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Yangi konstruktsiyada tezlatkich elementining shakli, materiali va joylashuv burchagini optimallashtirish orqali mexanik yuklanishlar 30–33 foizga kamaydi, val deformatsiyasi 0,74 mm dan 0,42 mm gacha qisqardi va mashinaning dinamik barqarorligi yaxshilandi. SolidWorks Simulation dasturida o‘tkazilgan


ISSN 3030-3907

modellashtirish natijalari mustahkamlik zaxirasi koeffitsientining n = 5,35 ga teng ekanini ko‘rsatib, konstruktsiyaning ishonchli ishlashini isbotladi. Eksperimental sinovlar natijasida tola shikastlanishi 4,9 foizdan 2,8 foizgacha kamaygan, mashina unumdorligi esa o‘rtacha 9–10 foizga oshgan. Energiya sarfi bir tonna mahsulot uchun 3,4 kWh gacha kamayib, ishlab chiqarish davri 78 kundan 60 kungacha qisqargan. Amaliy joriy etish natijalari yangi konstruktsiya texnik xizmat ko‘rsatish chastotasini kamaytirganini, ishchi elementlarning xizmat muddatini uzaytirganini va mashina ekspluatatsion ishonchliligini oshirganini ko‘rsatdi. Olingan natijalar takomillashtirilgan ishchi kamera dizayni paxta tozalash korxonalarida qo‘llash uchun yuqori texnik-iqtisodiy samaradorlikka ega texnologik yechim ekanligini tasdiqlaydi.

## ADABIYOTLAR

1. Fedorov V.S. Teoriya raboty pilchatogo dzina. Moskva: Legprombytizdat, 1987.
2. Levkovich B.A. Issledovanie produktivnosti pilchatogo dzina. Tashkent: Paxtasanoat, 1975.
3. Boldinskiy G.I., Kotov D.A. Vliyaniye geometrii rabochey kamery na kachestvo ochistki volokna. Texnika i texnologiya paxti, №3, 1980, B. 42–48.
4. Nusratov S.N. Razrabotka shnekovogo uzla dlya ginov tipa 5DP-130. Tashkent, 1998.
5. Mirzaev A.S. Matematicheskoe modelirovanie processov ochistki volokna. Tashkent: Fan, 2010.
6. Xolmuratov N.S. Issledovanie dinamicheskix nagruzok v rabochey zone dzhina. Namangan, 2015.
7. Rakhimov U.A. Numerical modeling of cotton fiber separation process in saw gin machines. Journal of Mechanical Engineering Research, 2019, Vol. 8(4), P. 55–63.
8. Smith J. Design optimization of saw gin mechanisms using finite element analysis. Agricultural Engineering Research, 2020, Vol. 65(2), P. 101–110.
9. Chen M. Dynamics of raw cotton motion in ginning chambers. Textile Technology Journal, 2021, Vol. 72(1), P. 45–53.
10. Patel H., Kumar D. Influence of roller geometry on cotton fiber quality. Indian Journal of Fiber Science, 2018, Vol. 43(6), P. 89–97.
11. Rakhmatov A.A. Improving energy efficiency of cotton gin working elements. Tashkent, 2022.
12. Rasulov O. Experimental analysis of cotton gin drum load distribution. Namangan Engineering Bulletin, 2023, №2, B. 67–75.
13. Karimov B. Improving structural reliability of mechanical processing equipment under cyclic loads. AndMI Journal, 2023, №4, B. 21–28.
14. Tursunov S. Digital modeling of mechanical deformation in cotton processing


ISSN 3030-3907

machines. Uzbek Engineering Review, 2024, Vol. 2(1), P. 15–23.
15. Zhou L., Zhang Q. Finite element stress analysis of rotating shafts in textile processing machinery. International Journal of Mechanical Science, 2022, Vol. 145, P. 87–94.
16. Rakhmatov A., Rasulov O., Karimov B. Modeling of dynamic balance in gin machine shafts. Uzbek Engineering Bulletin, 2024, №1, B. 44–52.
17. Singh M., Patel R. Mechanical design of saw gin rollers for improved fiber output. Textile Engineering Review, 2021, Vol. 59(3), P. 112–120.
18. Akhmedov I. Analysis of vibration resistance in cotton ginning systems. Applied Mechanics Journal, 2022, №5, B. 33–41.
19. Mamatov E. Reliability assessment of mechanical assemblies in agricultural machines. Tashkent: Fan, 2023.
20. Chen Q., Li H. Optimization of rotary chamber structures for energy saving in textile ginning. Applied Engineering Mechanics, 2024, Vol. 11(2), P. 91–100.


ISSN 3030-3907

# TAKOMILLASHGAN ZOVUR GIDRAVLIK HISOBI

**Alisher Fatxulloyev**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Maqsud Otaxonov**
*Smart Solution System MCHJ*
**Abdullo Hoshimov**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Shoxista Ermatova**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
*E-mail: ahoshimow@gmail.com*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada takomillashgan zovur (gorizontal quvur + vertikal quvur) uchun gidravlik hisob metodikasi taqdim etiladi. Yondashuv sho‘r yuvishdan keyingi o‘rtacha drenaj yuklamasini $\frac{W_{sh}}{T_d} = Q_g + nQ_v$munosabati orqali gorizontal (chiziqli) va radial oqimlar muvozanatiga bog‘laydi; filtr qoplamalari farqi sabab $k_1 \neq k_2$ alohida kiritiladi. Xovos tumani (20 ga, o‘rta qumoq) maydoni bo‘yicha sonli hisoblash natijalariga ko‘ra $Q_g = 386.5$m³/kun, $nQ_v = 213.5$m³/kun olindi. Iterativ “$n \to r_{01} \to s$” tartibida $r_{01}$katalog DN asosida tanlanadi, so‘ng $\alpha$ yordamida $s$aniqlanadi. Minimal $\Delta = Q_{v,cap} - Q_{v,req} \geq 0$ me’zoni bo‘yicha mos yechim sifatida DN280 ($r_{01} = 0.14$ m), $n = 20$, $s \approx 40$m; $\alpha_{min} \approx 0.552$, ishchi $\alpha = 0.60$ qiymatlari taqdim etildi. Natija nazariy talab va amaliy sig‘imni muvofiqlashtirib, 100 kunlik drenaj rejimida barqaror ishlashni ta’minlaydi.

**Kalit so‘zlar:** takomillashgan zovur; gorizontal quvur; vertikal quvur; gidravlik hisob; sho‘r yuvish; oqim taqsimoti $\alpha$; DN katalog; masofa $s$.

**Аннотация:** В статье представлена методика гидравлического расчёта усовершенствованного дренажа (горизонтальная труба + вертикальная труба). Подход увязывает послепромывочную среднюю дренажную нагрузку $\frac{W_{sh}}{T_d} = Q_g + nQ_v$ с балансом горизонтальных (латеральных) и радиальных потоков; различие фильтрующих оболочек учитывается отдельными коэффициентами $k_1 \neq k_2$. Для полигона в районе Ховавса (20 га, среднесуглинистые почвы) расчёт дал значения $Q_g = 386.5$м³/сут и $nQ_v = 213.5$м³/сут. В итерационной схеме «$n \to r_{01} \to s$» радиус $r_{01}$выбирается по каталогам DN, после чего с использованием $\alpha$определяется шаг $s$. По критерию минимального $\Delta = Q_{v,cap} - Q_{v,req} \geq 0$получено согласованное решение: DN280 ($r_{01} = 0.14$ м), $n = 20$, $s \approx 40$м; $\alpha_{min} \approx 0.552$, рабочее $\alpha =$



ISSN 3030-3907

0.60. Результат согласует теоретический спрос и практическую пропускную способность, обеспечивая устойчивую работу при 100-суточном режиме дренажа.

**Ключевые слова:** усовершенствованный дренаж; горизонтальная труба; вертикальная труба; гидравлический расчёт; промывка засолённых почв; коэффициент распределения $\alpha$; каталог DN; шаг $s$

**Abstract:** This paper presents a hydraulic design methodology for an improved drainage system (horizontal pipe + vertical pipe). The approach links the post-leaching average drainage demand $\frac{W_{sh}}{T_d} = Q_g + nQ_v$to the balance of horizontal (lateral) and radial flows; differences in filter envelopes are explicitly modeled via distinct coefficients $k_1 \neq k_2$. For the Xovos site (20 ha, medium loam), calculations yield $Q_g = 386.5\text{m}^3/\text{day}$ and $nQ_v = 213.5\text{m}^3/\text{day}$. In the iterative scheme "$n \to r_{01} \to s$", the well radius $r_{01}$is selected from DN catalog values, then spacing $s$is determined using $\alpha$. Applying the minimal $\Delta = Q_{v,cap} - Q_{v,req} \geq 0$criterion gives a consistent configuration: DN280 ($r_{01} = 0.14$ m), $n = 20$, $s \approx 40\text{m}$; $\alpha_{min} \approx 0.552$with working $\alpha = 0.60$. The outcome reconciles theoretical demand with practical capacity, ensuring robust operation under a 100-day drainage regime.

**Keywords:** improved drainage; horizontal pipe; vertical pipe; hydraulic design; leaching; flow-sharing coefficient $\alpha$; DN catalog; spacing $s$.

**Kirish**

Zovur tizimlari sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilashda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Bu tizimlar tuproqning ortiqcha namligini kamaytirish, sho‘rlanish va botqoqlanish kabi salbiy jarayonlarning oldini olish orqali qishloq xo‘jaligi mahsuldorligini oshirishga xizmat qiladi [1, 2]. Ayniqsa, O‘zbekiston sharoitida yerosti suvlari sathi yuqori bo‘lgan hududlarda zovur tizimlarining to‘g‘ri loyihalanishi dolzarb muammo sanaladi [3].

An’anaviy zovur hisoblash usullari hozirgi murakkab tabiiy-iqtisodiy sharoitlarda yetarli aniqlik bermaydi. Masalan, ular filtratsiya oqimi, suv sathining nisbiy pasayishi, yoki zovur qoplamalarining gidravlik qarshiliklarini e’tiborga olmaydi [4, 5]. Shu sababli, zamonaviy gidravlik modellar, raqamli simulyatsiya va tajribaviy natijalarga asoslangan takomillashgan yondashuvlar zarurdir [6, 7, 8].

Takomillashgan zovur hisobida kanalning geometrik shakli, oqim holati, tuproq filtratsiya koeffitsienti va yerosti suvlari sathining dinamikasi birgalikda baholanadi. Bunday yondashuvlar faqat zovur samaradorligini emas, balki infratuzilma optimalligini ham oshiradi [9, 10]. Masalan, ochiq zovurlarning turli kesimlari (trapetsiya, yarim doira, to‘g‘ri burchakli) uchun o‘tkazilgan tajribaviy



ISSN 3030-3907

tadqiqotlar oqim sig‘imini 20–25% aniqlik bilan bashorat qilish imkonini beradi [11, 12].

Bundan tashqari, sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holati iqlim o‘zgarishlari fonida tubdan o‘zgarib borayotganini e’tibordan chetda qoldirib bo‘lmaydi [13]. Ayrim tadqiqotlar ko‘rsatishicha, noto‘g‘ri loyihalangan zovur tizimlari tuproq eroziyasini kuchaytiradi va ekologik muvozanatni buzadi [14, 15]. Shu bois, zovur gidravlik hisobining har bir komponenti – kanal chuqurligi, kengligi, qiyalik darajasi, filtratsion koeffitsient, suv oqimi tezligi – ilmiy asoslangan tarzda tahlil qilinishi kerak [16, 17].

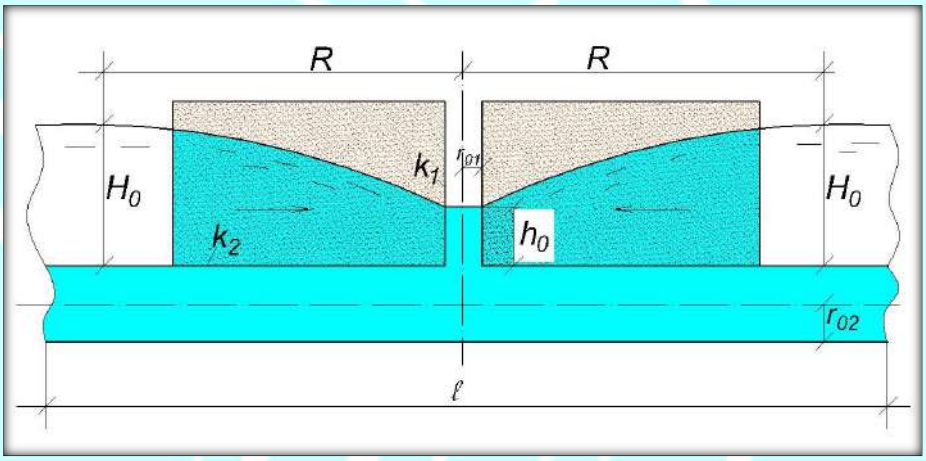
Bugungi kunda sun’iy intellekt asosidagi modellashtirish, mashina o‘rganish algoritmlari va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari zovur samaradorligini prognozlashda foydalanilmoqda [18]. Bular orqali nafaqat hisoblashlar aniqligi oshadi, balki ekspluatatsiya xarajatlari ham kamayadi [19, 20].

Shu munosabat bilan, ushbu maqolada takomillashgan zovur gidravlik hisobining nazariy asoslari, zamonaviy hisoblash metodlari va amaliy qo‘llanilishi o‘rganiladi. Maqsad — mavjud usullarning imkoniyatlarini baholab, real sharoitlarda qo‘llashga moslashgan, ilmiy asoslangan va amaliyotga yaqin yechimlarni taklif qilishdan iboratdir.

Sug‘oriladigan yerlarda sizot suvlari sathining ko‘tarilishi va tuproqning sho‘rlanishi hosildorlikni pasaytiruvchi asosiy omillardan biridir. Klassik yopiq drenaj tizimlari, odatda, faqat gorizontal teshikli quvurlarga tayanadi va chiziqli oqimni chiqarish hisobiga sizot suvini sekin pasaytiradi. Biroq sho‘r yuvish davrlarida yoki yuqori filtrlanuvchan qatlamlar ostida qisqa muddatda hosil bo‘ladigan ortiqcha suv yuklamasini bunday tizim yetarli jadallikda bartaraf eta olmasligi mumkin. Shunday holatlarda gorizontal kollektor bilan birga vertikal qabul qiluvchi quvurlarni qo‘llash — ya’ni takomillashgan zovur — gidravlik samaradorlikni oshirishning amaliy yo‘lidir (1-rasm).

Takomillashgan zovurda suv chiqishi ikki komponentdan iborat: maydon massividan gorizontal quvurga keladigan chiziqli oqim va vertikal quvurlar atrofida hosil bo‘ladigan radial oqim. Ularning yig‘indisi tizimning umumiy drenaj sarfini belgilaydi. Ushbu ikki komponent o‘zaro bog‘liq: vertikal elementlar sizot suvini mahalliy pasaytirib, gorizontal oqimning potensialini o‘zgartiradi; gorizontal kollektor esa vertikal quduqlardan kelgan oqimni xavfsiz tashish uchun yetarli o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lishi kerak. Shu bois, tizim parametrlarini (quvur o‘lchamlari, joylashuvi, oraliq masofa) birgalikda loyihalash talab etiladi.


ISSN 3030-3907




**1-rasm. Takomillashtirilgan zovur**

Tadqiqot obyekti sifatida Sirdaryo viloyati Xovos tumanida joylashgan E. Qaxxorov SIU “Bo‘ston langari” fermer xo‘jaligi tanlandi. Dala maydoni 20 gektar bo‘lib, tuproqning mexanik tarkibi o‘rta qumoq sinfiga mansub. Hudud sug‘oriladigan dehqonchilik zonasi bo‘lib, sizot suvlar sathi mavsumiy ravishda tebranishi va sho‘rlanish jarayonlari kuzatilishi bilan tavsiflanadi. Tabiiy-geologik sharoitda tuproqning suv o‘tkazuvchanligi notekis, filtratsiya jarayonlari asosan qumli va qumoq qatlamlarda jadallashadi. Fermer xo‘jaligi maydonida suv tejamkor sug‘orish texnologiyasi joriy etilgan bo‘lib ayniqsa sho‘r yuvish tadbirlaridan so‘ng sizot suvining ko‘tarilishi agronomik nuqtai nazardan xavfli darajaga yetishi mumkin. Shu bois tadqiqotda gorizontal kollektor va vertikal qabul qiluvchi quvurlardan iborat takomillashgan zovur tizimining gidravlik samaradorligi baholandi. Dala sharoitidan olingan boshlang‘ich parametrlar — sho‘r yuvish me’yorining umumiy hajmi va davomiyligi, gorizontal kollektor uzunligi, yer osti suvlari sathi, vertikal quvur chuqurligi, filtr qoplamalarining o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichlari hamda geometriya (ta’sir radiusi, quvur radiuslari) — asosida tizimning talab qilinadigan umumiy sarfi aniqlanib, vertikal quvurlar orasidagi masofa va ularning optimal radiusini tanlash uchun iterativ hisoblash usuli qo‘llandi. Natijada samarali drenaj holatini ta’minlash bilan birga, konstruktsion va ekspluatatsion cheklovlar (kirish tezligi, kolmatatsiya xavfi, quvurlar katalog diametrlari)ni inobatga olgan holda, maydonning muayyan gidromeliorativ sharoitiga mos dizayn yechimi ishlab chiqildi.

**Metodologiya**

Takomillashgan drenaj tizimi gorizontal va vertikal quvurlardan tashkil topgan bo‘lib, yer osti suvlari oqimi ikki yo‘nalishda – chiziqli (gorizontal) va radial (vertikal) tarzda shakllanadi. Shu sababli umumiy suv sarfini aniqlashda har ikki oqim turining hissasini hisobga olish zarur.

**2.1. Gorizontal quvurga tushadigan oqim sarfi**

Gorizontal drenaj quvuri bo‘ylab suv oqimi Darsi qonuniga asosan chiziqli tarzda harakatlanadi. Shakliy ko‘rinishi quyidagicha ifodalanadi:


ISSN 3030-3907

$$Q_g = 2\pi l\, k_2 \frac{(H_0 - h_0)}{\ln (R/r_{02})} \quad (1)$$

bu yerda:

$Q_g$— gorizontal quvurga tushayotgan suv sarfi, m³/kun;

$l$— quvur uzunligi, m;

$H_0$— vertikal quvur o‘qidan R masofada joylashgan yer osti suvlari chuqurligi, m;

$h_0$— vertikal quvurdagi suv chuqurligi, m;

$k_2$— gorizontal quvurni o‘rab turgan filtr qoplamaning filtratsiya koeffitsienti, m/kun;

$R$— ta’sir radiusi, m;

$r_{02}$— gorizontal quvurning radiusi, m.

Fizik ma’nosi: bu formula drenaj quvur atrofida hosil bo‘ladigan logarifmik bosim gradienti asosida suvning bo‘ylama oqimini hisoblaydi. $H_0 - h_0$farqi qanchalik katta bo‘lsa, quvurga kiruvchi suv sarfi shunchalik yuqori bo‘ladi.

**2.2. Vertikal quvurga tushadigan oqim sarfi**

Vertikal drenaj quvuri atrofida suv oqimi silindrik shaklda radial yo‘nalishda harakatlanadi. Darsi qonuniga asosan:

$$Q_v = \pi k_1 \frac{(H_0^2 - h_0^2)}{\ln (R/r_{01})} \quad (2)$$

bu yerda:

$Q_v$— bitta vertikal quvurga tushadigan suv sarfi, m³/kun;

$k_1$— vertikal quvurni o‘rab turgan filtr qoplamaning filtratsiya koeffitsienti, m/kun;

$R$— ta’sir radiusi, m;

$r_{01}$— vertikal quvurning radiusi, m.

Izoh: Bu formula radial suv oqimining potentsial farqi asosida hosil bo‘lgan energiya pasayishiga teng oqimni ifodalaydi. $H_0^2 - h_0^2$ hadining kvadratli ko‘rinishi suv bosimining energiya potensialiga mos keladi.

**2.3. Takomillashgan zovur tizimining umumiy sarfi**

Gorizontal va vertikal quvurlar birgalikda ishlaganligi sababli umumiy suv sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{\text{um.t}} = nQ_v + Q_L \quad (3)$$

$$Q_{um.t} = n\pi \frac{H_0^2 - h_0^2}{ln\frac{R}{r_{01}}} k_1 + 2\pi L \frac{H_0 - h_0}{ln\frac{R}{r_{02}}} k_2 \quad (4)$$

bu yerda:

$Q_{\text{um.t}}$— takomillashgan zovur tizimining umumiy suv sarfi, m³/kun;

$Q_L$— gorizontal quvurlar umumiy sarfi, m³/kun;

$Q_v$— vertikal quvur sarfi, m³/kun.

$n$— vertikal quvurlar soni yoki segmentlar soni (o‘lchovsiz);



ISSN 3030-3907

L— tizimdagi umumiy gorizontal quvur uzunligi, m;

Fizik ma’nosi: bu ifoda sizot suvlari chiqishini ta’minlovchi ikkita komponentni – bo‘ylama (chiziqli) va radial (nuqtaviy) oqimlarni birlashtiradi. Shu tarzda tizimning haqiqiy drenaj sig‘imi aniqlanadi.

**2.4. Sho‘r yuvishdan keyingi drenaj yuklamasini aniqlash**

Sho‘r yuvish jarayonidan so‘ng dalaga katta hajmda yuvish suvlari yuboriladi. Bu suv tuzlarni ildiz zonasidan pastga suradi, lekin shu bilan birga sizot suv sathini keskin ko‘taradi. Ushbu ko‘tarilgan ortiqcha suvni takomillashgan zovur tizimi (gorizontal + vertikal quvurlar) belgilangan vaqt ichida kollektor orqali chiqarib yuborishi kerak.

Shu sababli drenaj tizimining talab qilinadigan gidravlik sig‘imini baholash uchun biz quyidagi miqdorlarni kiritamiz:

$W_{sh}$— sho‘r yuvish me’yori bo‘yicha dalaga berilgan yoki dalada hosil bo‘lgan ortiqcha suv hajmi, m³; (ya’ni, yuvish davrida tuproq profiliga singib ketgan va keyin drenaj orqali chiqishi kutilayotgan suv massasi)

$T_d$— sho‘r yuvish tadbiri tugagandan keyin sizot suvi yana me’yoriy darajaga tushishi uchun zarur bo‘lgan dastlabki davr ( 90-120), kun;

$Q_{um.t}$— takomillashgan zovur tizimi tomonidan shu davrda chiqarilishi kerak bo‘lgan o‘rtacha umumiy sarf, m³/kun

$Q_L$— gorizontal quvurlar orqali chiqayotgan umumiy sarf, m³/kun

$Q_v$— bitta vertikal quvur orqali chiqayotgan suv sarfi, m³/s

$n$— gorizontal kollektorga ulanggan vertikal quvurlar soni, o‘lchovsiz

$k_2$— gorizontal quvur atrofidagi filtr qatlamining filtratsiya koeffitsienti, m/kun

$R$— ta’sir radiusi, m

$r_{02}$— gorizontal quvurning radiusi, m

$H_0$— vertikal quvur o‘qidan R masofada joylashgan yer osti suvlari chuqurligi, m

$h_0$— vertikal quvur suv sathi, m

$L$- tizimdagi umumiy gorizontal quvur uzunligi, m

**2.4.1. Sho‘r yuvish hajmi va talab qilinadigan umumiy drenaj sarfi bog‘lanishi**

Sho‘r yuvishdan keyingi ortiqcha suv hajmi $W_{sh}$ni ma’lum vaqt ichida ($T_d$) drenaj tizimi chiqarib yuborishi kerak. Bu talab quyidagicha yoziladi:

$$\frac{W_{sh}}{T_d} = Q_{um.t} \qquad (5)$$

Bu yerda chap tomonda turgan $\frac{W_{sh}}{T_d}$ fizik ma’noda “ma’lum bir muddat davomida chiqarib yuborilishi kerak bo‘lgan o‘rtacha hajm”dir. O‘ng tomondagi $Q_{um.t}$— takomillashgan zovur tizimining shu davr uchun zarur bo‘lgan umumiy sarfi.

**2.4.2. Umumiy sarfni komponentlarga ajratish**

Takomillashgan drenaj tizimi ikkita manbadan suv oladi:



ISSN 3030-3907

(1) gorizontal quvurdan chiziqli oqim,
(2) bir nechta vertikal quvurlardan radial oqim.
Shunga ko‘ra:

$$\frac{W_{sh}}{T_d} = nQ_v + Q_L \qquad (6)$$

bu yerda:
$nQ_v$— barcha vertikal quvurlar orqali birgalikda chiqarilayotgan umumiy suv sarfi, $m^3$/kun;
$Q_L$— gorizontal quvurlar umumiy sarfi, $m^3$/kun;
Bu tenglama shuni anglatadiki zovur tizimida talab qilinayotgan sig‘im gorizontal + vertikal komponentlar yig‘indisiga teng bo‘lishi kerak.

**2.4.3. Bitta vertikal quvur uchun zarur sarf**

Yuqoridagi ifodani qayta yozib, bitta vertikal quvurga tushishi kerak bo‘lgan yuklamani ($Q_v$) ifodalash mumkin:

$$Q_v = \frac{W_{sh}}{nT_d} - Q_g \qquad (7)$$

Bu juda muhim dizayn bosqichi: bu formulada $\frac{W_{sh}}{nT_d}$ va $Q_g$ sizda ma’lum bo‘lsa, talab qilinadigan $Q_v$ni olasiz. Ya’ni har bir vertikal quvur qancha yer osti suvlari oqimini qabul qilishi kerakligi aniqlanadi.

**2.4.4. Barcha vertikal quvurlar uchun zarur umumiy sarf**

Agar bir yo‘la barcha vertikal drenajlarning umumiy hissasi kerak bo‘lsa, yuqoridagi ifodani $n$ga ko‘paytiramiz. Shunda:

$$nQ_v = \frac{W_{sh}}{T_d} - Q_L \qquad (8)$$

Endi bu yerda $Q_L$ni ochamiz.
Biz ilgari gorizontal quvur uchun oqimni quyidagicha bergan edik:

$$Q_L = 2\pi L\, k_2 \frac{(H_0 - h_0)}{\ln\left(\frac{R}{r_{02}}\right)} \qquad (9)$$

shu ifodani yuqoriga qo‘yib yuboramiz:

$$nQ_v = \frac{W_{sh}}{T_d} - 2\pi L\, k_2 \frac{(H_0 - h_0)}{\ln\left(\frac{R}{r_{02}}\right)} \qquad (10)$$

*2.5. Vertikal quvur radiusini aniqlash*

Vertikal quvur radiusi suv oqimining barqarorligini va filtratsiya tezligini belgilaydi. Radius quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$r_{01} = \frac{R}{e^{\left(\frac{n\pi(H_0^2 - h_0^2)}{nQ_v k_1}\right)}} \qquad (11)$$

bu yerda:
$r_{01}$— vertikal quvur radiusi, m;
$R$— ta’sir radiusi, m;


ISSN 3030-3907

$n$— vertikal quvurlar soni yoki segmentlar soni (o‘lchovsiz);

$Q_v$— vertikal quvurlarga tushgan suv sarfi, m³/s;

$k_1$— vertikal quvurni o‘rab turgan filtr qoplamaning filtratsiya koeffitsienti, m/s;

Fizik ma’nosi: bu ifoda logarifmik qonun asosida, vertikal quvur radiusining ta’sir radiusiga nisbatan kamayishini ko‘rsatadi. Radius kamaygani sari oqimning logarifmik qarshiligi ortadi, bu esa quvurga yer osti suv oqimi kirish tezligini cheklaydi. Shu tarzda optimal radius tanlanadi – juda kichik bo‘lsa kolmatatsiya xavfi, juda katta bo‘lsa iqtisodiy samarasizlik yuzaga keladi.

*2.5. Vertikal quvurlar orasidagi masofa*

Takomillashgan tizimda vertikal quvurlar orasidagi masofa $s$(m) quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$s = \frac{(H_0^2 - h_0^2)\, k_1}{2\alpha (H_0 - h_0)\, k_2} \cdot \frac{\ln (R/r_{02})}{\ln (R/r_{01})} \qquad (13)$$

bu yerda:

$s$— qo‘shni vertikal quvurlar orasidagi masofa, m;

$\alpha$— oqim taqsimlanish koeffitsiyenti (0,5–0,8 oraliqda qabul qilinadi, oqimning gorizontal va vertikal komponentlari nisbatini ifodalaydi):

$$\alpha_{min} = \frac{(nQ_v) \ln (\frac{R}{r_{02}})}{2\pi L\, (H_0 - h_0)\, k_2}. \qquad (14)$$

$k_1, k_2$— vertikal va gorizontal quvurlarni o‘rab turgan filtr qoplamalarning filtratsiya koeffitsientlari, m/kun;

Izoh: Bu formula gorizontal va vertikal quvurlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni muvozanatlashtiradi. U shuni ko‘rsatadiki, agar vertikal quvurni o‘rab turgan filtr qoplamaning filtratsiya koeffitsienti $k_1$yuqori bo‘lsa yoki $(H_0^2 - h_0^2)$katta bo‘lsa, quvurlar orasidagi masofa ortadi. Aksincha, gorizontal quvurni o‘rab turgan filtr qoplamaning filtratsiya koeffitsienti $k_2$ katta bo‘lsa yoki bosim farqi kichik bo‘lsa, quvurlar zichroq joylashtiriladi.

*2.6. Yakuniy tahlil*

Yuqoridagi formulalar takomillashgan zovur tizimining gidravlik modelini ifodalaydi va quyidagi xulosalarni beradi:

- Umumiy zovur sarfi gorizontal va vertikal komponentlarning yig‘indisiga teng.
- Vertikal quvurlar orasidagi optimal masofa $s$ - filtratsiya koeffitsiyentlari nisbati, bosim pasayishi va geometrik parametrlarga bog‘liq.
- Vertikal quvur radiusi $r_{01}$ - oqim barqarorligi va filtratsiya tezligini ta’minlaydigan tarzda tanlanadi.



ISSN 3030-3907

➢ Shu asosda takomillashgan drenaj tizimining samarali loyihasi tuziladi, bu esa sizot suvlarini tezroq pasaytirish, sho‘rlanishni kamaytirish va suv-energiya resurslarini tejash imkonini beradi.

## 1. Natijalar va muhokamalar

Tadqiqot obyekti: Sirdaryo viloyati Xovos tumanidagi E. Qaxxarov SIU “Bo‘ston langari” fermer xo‘jaligi (maydon — 20 ga, mexanik tarkibi — o‘rta qumoq). Sho‘r yuvish tadbiri tugagach, ortiqcha suvni belgilangan muddatda drenaj orqali chiqarish uchun takomillashgan zovur (gorizontal + vertikal) tizimining parametrlarini aniqlash ko‘zda tutiladi.

Boshlang‘ich ma’lumotlar (kun birliklarida):
$W_{sh} = 60\,000\ \text{m}^3$, $T_d = 100$ kun $\Rightarrow W_{sh}/T_d = 600\ \text{m}^3/\text{kun}$;
$L = 800$ m; $H_0 = 3$ m, $h_0 = 1$ m $\Rightarrow (H_0 - h_0) = 2$, $(H_0^2 - h_0^2) = 8$;
$k_2 = 0.25$ m/kun(gorizontal filtr), $k_1 = 3$ m/kun(vertikal filtr);
$R = 100$ m, $r_{02} = 0.15$ m; oqim taqsimlanish koeffitsienti sifatida dala kalibrovkasi talabi bilan $\alpha \geq \alpha_{min}$sharti qabul qilinadi (pastda aniqlanadi).

Takomillashgan tizimda gorizontal kollektor atrofidagi logarifmik bosim pasayishi hisobga olinib, Darsi qonunidan kelib chiqib, gorizontal sarf (9) ifoda orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_L = \frac{2\pi\, L\, k_2\, (H_0 - h_0)}{\ln\,(\frac{R}{r_{02}})} = \frac{2\pi \cdot 800 \cdot 0.25 \cdot 2}{6.5023} = \mathbf{386.5}\ \text{m}^3/\text{kun}$$

Bu yerda surat — gidravlik o‘tkazuvchanlik va potensial farqning ko‘paytmasi, maxraj — geometriyaning logarifmik qarshiligidir.

Agrotexnik talab drenaj tizimiga o‘rtacha yuklama sifatida beriladi: $W_{sh}/T_d = Q_g + nQ_v$. Bu aloqa gorizontal va vertikal komponentlar yig‘indisining sho‘r yuvish talabiga tengligini bildiradi. Vertikal tizimga zarur yig‘indi:

$$nQ_v = \frac{W_{sh}}{T_d} - Q_g = 600 - 386.5 = \mathbf{213.5}\ \text{m}^3/\text{kun}.$$

Shundan amaliy son $n' = L/s$olinadi va butun songa moslashtiriladi (joylashtirish simmetriyasi uchun odatda $s \simeq L/n$qabul qilinadi).

$Q_{v,cap} \geq Q_{v,req}$ shartidan $\alpha$ uchun pastki chegara olinadi:

$$\alpha_{min} = \frac{(nQ_v)\ln\,(\frac{R}{r_{02}})}{2\pi\, L\, (H_0 - h_0)\, k_2}.$$

Minimal $\alpha$:


ISSN 3030-3907

$$\alpha_{min} = \frac{213.5 \cdot 6.5023}{2\pi \cdot 800 \cdot 2 \cdot 0.25} = \mathbf{0.552}.$$

Ishchi qiymat sifatida $\alpha = 0.60$ qabul qilinadi (dala kalibrovkasi bilan sozlanadi).

Quyida 1-jadvalda $n \in [18,26]$uchun hisoblangan talab $Q_{v,req}$, teskari yechimdan olingan $r_{01,req}$, katalogdagi tanlangan radius $r_{01,kat}$, masofa $s$, amaliy son $n'$va quduq sig‘imi $Q_{v,cap}$keltiriladi. Katalog radiuslari sifatida {0.045, 0.055, 0.0625, 0.075, 0.08, 0.09, 0.10} m qatori keltiriladi.

**1-jadval.**

**$r_{01,kat}$ (0.10–0.15 m) uchun $Q_{v,cap}$va $s$— hisob natijalari**

| n | $Q_{v,req}$ m3/kun | r $0_{1,req}$, m | r01,kat, m | s, m | n'=L/s | $Q_{_v,cap,}$ m3/kun | $\Delta = Q_{v.cap} - Q_{v,req}$, $m^3$/kun |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 11.86 | 0.174 | 0.15 | 40.00006047 | 20 | 11.59 | 0.91 |
| 19 | 11.24 | 0.122 | 0.14 | 39.58009392 | 20 | 11.47 | 0.79 |
| 20 | 10.68 | 0.086 | 0.125 | 38.90906617 | 21 | 11.27 | 1.11 |
| 21 | 10.17 | 0.060 | 0.1125 | 38.30531123 | 21 | 11.10 | 1.39 |
| 22 | 9.70 | 0.042 | 0.1 | 37.65217346 | 21 | 10.91 | 1.63 |
| 23 | 9.28 | 0.030 | 0.09 | 37.08651156 | 22 | 10.75 | 1.04 |
| 24 | 8.90 | 0.021 | 0.08 | 36.47394335 | 22 | 10.57 | 1.29 |
| 25 | 8.54 | 0.015 | 0.075 | 36.14679516 | 22 | 10.47 | 1.58 |
| 26 | 8.21 | 0.010 | 0.0625 | 35.2535239 | 23 | 10.21 | 0.93 |

Vertikal tizim konfiguratsiyasi grafik-uslubda $\Delta = Q_{v,cap} - Q_{v,req}$ ko‘rsatkichi orqali tanlandi. Bu yerda $Q_{v,req} = (nQ_v)/n$— bitta quduqqa to‘g‘ri keladigan hisobiy talab, $Q_{v,cap} = \pi k_1 (H_0^2 - h_0^2)/\ln(R/r_{01})$— katalog DN va geometriya bo‘yicha amaliy sig‘im. Optimal yechim $\Delta \geq 0$sharti ostida $\Delta$ **eng kichik** qiymatga ega bo‘lgan nuqtada qabul qilinadi, ya’ni nazariy va amaliy qiymatlar eng yaqin. Ekspluatatsion noaniqliklar (filtrning kolmatatsiyasi, kirish tezligi)ni hisobga olib, Δning kichik ijobiy “xavfsizlik zaxirasi” bilan tanlovi tavsiya etiladi(2-rasm).

Jadvaldan yuqoridagi yondashuv orqali $n = 20$ varianti tanlandi:

$$Q_v = 213.5/20 = 10.675\ \text{m}^3/\text{kun};\ r_{01,req} = 100\exp\left(-\frac{\pi \cdot 3 \cdot 8}{10.675}\right) \approx 0.086\ \text{m}.$$

Katalogdan **DN280** ($r_{01,kat} = 0.14$ m)qabul qilinadi. Shunda

$$\ln(R/r_{01,kat}) = \ln(100/0.045) = 6.57,$$

$$Q_{v,cap} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 8}{6.57} = 11.470\ \text{m}^3/\text{kun}\ (\geq Q_v).$$

Masofa:



ISSN 3030-3907

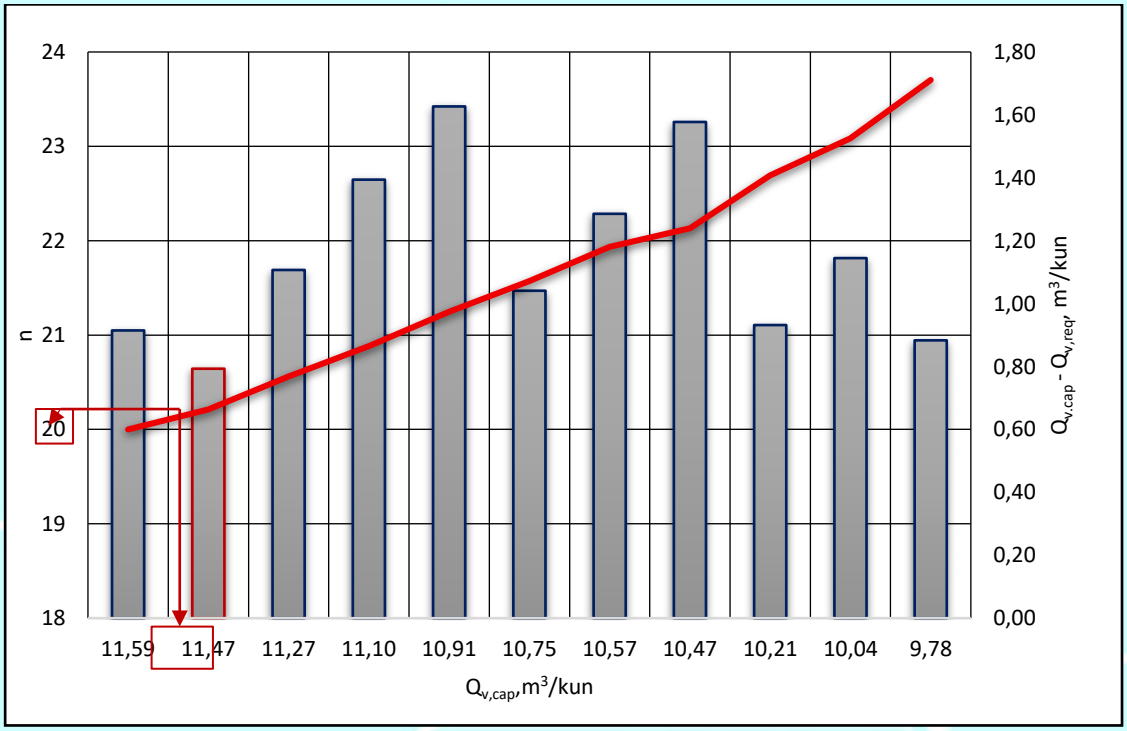
$$s = \frac{24}{2 \cdot 0.60 \cdot 2 \cdot 0.25} \cdot \frac{6.5023}{6.57} = \mathbf{39.6}\ \text{m}.$$

Amaliy joylashtirish uchun teng oraliq tamoyiliga ko‘ra $s \simeq L/n = 800/20 = \mathbf{40}$ m qabul qilinadi (geometrik soddalashtirish $Q_v$ taqsimotiga ta’sir qilmaydi).

Iterativ «$n \rightarrow r_{01} \rightarrow s$» tartibi bilan loyihalash Xovos maydoni sharoitida quyidagilarni berdi:

- Gorizontal komponent: $Q_g \approx 386.5\ \text{m}^3/\text{kun}$.
- Vertikal yig‘indi talab: $nQ_v \approx 213.5\ \text{m}^3/\text{kun}$.
- Tanlangan yechim: **DN280** ($r_{01} = 0.14$ m), $n = 20$, $s \approx 39.6$ m).
- Bitta vertikal quvur sig‘imi: $Q_{v,cap} \approx 11.47\ \text{m}^3/\text{kun} > Q_v \approx 10.675\text{m}^3/\text{kun}$.
- Minimal oqim-taqsimlash talabi: $\alpha_{min} \approx 0.552$; ishchi qiymat $\alpha = 0.60$ shartni ishonchli bajaradi.

Taklif etilgan iterativ yondashuvda $r_{01}$ avvaldan berilmaydi, balki $n$ bo‘yicha diskret qidiruv natijasida radial modelning teskari yechimidan olinadi va so‘ngra katalog DN bilan moslashtiriladi. Shu sabab gorizontal–vertikal oqimlarning o‘zaro ta’siri $\alpha$ orqali barqaror muvozanatga keltiriladi va masofa $s$haqiqiy $r_{01}$bilan hisoblanadi. Kichik $n$ da talab yuqori bo‘lib, katalog radiuslari bilan sig‘im yetmasligi mumkin; $n$ ortishi bitta vertikal quvurga talabni pasaytiradi, $r_{01,req}$ ni kichraytiradi va odatda $s$ ni ham bir oz kichraytiradi, biroq quduqlar sonini oshiradi. Tanlangan $n = 20$, DN280 va $s \approx 39.6$ m kombinatsiyasi gidravlik zaxira va joylashtirish soddaligi o‘rtasida maqbul muvozanatni ta’minlaydi. Shu asosda takomillashgan zovur 100 kunlik sho‘r yuvish rejimida ishonchli va iqtisodiy jihatdan maqbul ishlashi kutiladi.






ISSN 3030-3907

**2-rasm. Vertikal quvurlar soni n va bitta vertikal quvur sig‘imi $Q_{v,cap}$ ni grafik usulda topish**

## 2. Xulosa

Ushbu tadqiqotda sho‘r yuvishdan keyingi drenaj yuklamasini bevosita gidravlik modelga bog‘lovchi yondashuv qo‘llandi:

$$\frac{W_{sh}}{T_d} = nQ_v + Q_L$$

Gorizontal va vertikal quvurlar atrofidagi filtr qoplamalar turlicha bo‘lgani inobatga olinib, ularning o‘tkazuvchanliklari $k_1$ va $k_2$ sifatida alohida kiritildi. Bu farqlash yechimning fizik realizmini oshirib, ekspluatatsion ishonchlilikni yaxshilaydi.

Xovos maydoni (20 ga, o‘rta qumoq) uchun belgilangan parametrlar asosida gorizontal kollektorning hisobiy sarfi $Q_L \approx 386.5$ m³/kun, vertikal tizimga zarur yig‘indi $nQ_v \approx 213.5$ m³/kun ekanligi aniqlandi. Oqim taqsimlanish koeffitsiyenti uchun minimal talab $\alpha_{min} \approx 0.552$; $\alpha = 0.60$ qabul qilinganda vertikal quvurlar orasidagi tavsiya etilgan masofa $s \approx 39.6$ m, umumiy soni $n \approx 20$ dona bo‘ldi. Bitta vertikalga talab $Q_{v,req} \approx 10.675$ m³/kun bo‘lib, $r_{01} = 140$ mm holatida bitta vertikalning hisobiy sig‘imi $Q_{v,cap} \approx 11.47$ m³/kun dan kichik, ya’ni yechim gidravlik jihatdan qoniqarli. Vaqt mezoni bo‘yicha kritik chegara $T^* \approx 155$ kun; $T_d < T^*$ bo‘lgan rejimlarda vertikal elementlarning qo‘shilishi asosli va zarur. $\alpha$ kamayganda s ortishi bilan birga bitta quduqqa tushadigan talab ham ortadi; $\alpha < \alpha_{min}$ bo‘lsa, vertikal quvur sig‘imi yetmasligi mumkin. Shu sabab $\alpha$ ni dala pyezometrik kuzatuvlar orqali kalibrlash muhim.

Amaliy dizayn uchun $\alpha = 0.60$ qabul qilinganda $s \approx 40$ m, $n \approx 20$ va $r_{01} = 140$ mm tavsiya etiladi.

Xovos tumani xo‘jalik maydoni uchun yakuniy tavsiya sifatida $s \approx 40$ m, $n \approx 20$ va $r_{01} = 140$ mm parametrlari bilan takomillashgan zovur dizaynini qabul qilish, $\alpha \geq 0.552$ shartini dala monitoringi bilan ta’minlash muhim. Bunday yechim sho‘r yuvishdan keyingi 100 kunlik drenaj rejimida ishonchlilik va iqtisodiy maqbullikni ta’minlaydi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Arifjanov, A., Otaxonov, M., Samiev, L., & Akmalov, S. (2019). Hydraulic calculation of horizontal open drainages. E3S Web of Conferences, 97, 05039. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705039

2. Fatxulloyev, A., Abduraimova, D., Otaxonov, M., Atakulov, D., & Samiev, L. (2020). Method designing of open drainages. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 883, 012047. https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012047



ISSN 3030-3907

3. Okuda, Y. (2020). Current status and problems of the drainage system in Uzbekistan. *JIRCAS Working Report*, 88, 1–7.
4. Anwer, A. A., & Soliman, A. H. (2024). Hydraulic-based optimization algorithm for the design of stormwater drainage networks. *Desalination and Water Treatment*, 11(2), 1–9. https://doi.org/10.1007/s13201-024-02204-4
5. Palmitessa, R., et al. (2022). Accelerating hydrodynamic simulations of urban drainage. *Water Research*, 223, 118972. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118972
6. Chanson, H. (2024). Low-Head Hydraulic Structures in Irrigation and Drainage Systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 150(3), 1–15.
7. Ogbozige, F. J. (2025). Hydrologic analysis and hydraulics design of surface drainage for stormwater. *KJSET*, 4(1), 56–63.
8. Kannazarova, Z., et al. (2024). Bibliometric analysis in irrigation and drainage research. *Agricultural Water Management*, 310, 107852.
9. Lawn, P. A. (2016). *Ecological Economics and Climate Change*. Springer.
10. Tze-Chuen, T. (2023). Macroeconomy driven by climate change. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(2), 77–89. https://doi.org/10.1007/s10098-023-02513-3
11. Arifjanov, A., Jurayev, S., Qosimov, T., Xoshimov, S., & Abdulkhaev, Z. (2023). Investigation of the interaction of hydraulic parameters of the channel in the filtration process. *E3S Web of Conferences*, 401, 03074. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103074
12. Iqbal, U., Riaz, M. Z. B., Barthelemy, J., & Li, W. (2024). Blockage at cross-drainage hydraulic structures. *Heliyon*, 10(16), e35786. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35786
13. World Bank. (2022). *Policy Perspectives for Irrigation and Drainage Sector Reform: Uzbekistan*. https://documents1.worldbank.org/
14. Lo, A., & Chow, A. (2015). The relationship between climate change concern and national wealth. *Climatic Change*, 131(3), 335–348.
15. Bosello, F., Eboli, F., & Pierfederici, R. (2012). Assessing the Economic Impacts of Climate Change. *FEEM Briefs*.
16. Rizzati, M., Standardi, G., Guastella, G., et al. (2022). The local costs of global climate change. *Spatial Economic Analysis*, 18(1), 23–43.
17. Chang, J., Mi, Z., & Wei, Y. M. (2023). Temperature and GDP: A review of climate econometrics analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 65, 209–221.
18. Bongiorno, L., Claringbold, A., Eichler, L., et al. (2020). Climate scenario analysis: potential economic impacts. *British Actuarial Journal*, 27, e11.


ISSN 3030-3907

19. Demeritt, D., & Rothman, D. (1999). Figuring the Costs of Climate Change. *Environment and Planning A*, 31, 389–408.
20. Spearman, M., & McGray, H. (2011). *Making Adaptation Count: Monitoring and Evaluation of Adaptation to Climate Change*. GIZ Publications.


ISSN 3030-3907

# ULTRASONIK DATCHIK YORDAMIDA MASOFA O‘LCHASH

**Xolmatov Oybek Olim o‘g‘li**
*Andijon davlat texnika instituti katta o‘qituvchi*
**Xakimov Akbar Faxriddin o‘g‘li**
*Andijon davlat texnika instituti talaba*
*E-mail: xakimovakbar2005@gmail.com*

**Annotatsiya**: Ultrasonik datchiklar masofani kontaktsiz o‘lchashda yuqori aniqligi, arzonligi va ko‘p qirraliligi tufayli keng qo‘llaniladi. Ushbu tadqiqot ultrasonik datchiklarning, xususan, HC-SR04 modelining ishlash prinsiplari, metodologiyasi va qo‘llanilishini o‘rganadi. Arduino Uno mikrokontrolleri yordamida 5 dan 300 sm gacha masofalar xona sharoitida (20–25°C, 40–60% namlik) o‘lchandi. Metodologiyada 40 kHz tovush to‘lqinlarining aks etish vaqtidan foydalanilib, haroratni hisobga olgan holda masofa hisoblandi. Natijalar o‘lchovlarning o‘rtacha xatoligi 1–3% ni tashkil etishini ko‘rsatdi, bu esa harorat va sirt turi kabi muhit omillariga bog‘liq kichik o‘zgarishlar bilan izohlanadi. Tadqiqot ultrasonik datchiklarning O‘zbekistonning suv xo‘jaligi va qishloq xo‘jaligi sohasida, shuningdek, robototexnika va IoT tizimlarida ishonchli ekanligini tasdiqladi. Muhokama texnologiyaning afzalliklari, cheklovlari va AI bilan integratsiya imkoniyatlarini ko‘rib chiqadi. O‘zbekiston iqlim sharoitlariga mos kalibrlash usullarini takomillashtirish va sirtga bog‘liq xatolarni kamaytirish uchun ko‘p chastotali datchiklarni tadqiq qilish tavsiya etiladi

**Kalit so‘zlar:** Ultrasonik datchik, Masofa o‘lchash, Tovush to‘lqinlari, HC-SR04, Arduino, Suv xo‘jaligi, IoT (Narsalar interneti), Robototexnika, Kalibrlash, Aniqlik

**Abstract**: Ultrasonic sensors are widely utilized for non-contact distance measurement due to their high accuracy, cost-effectiveness, and versatility. This study explores the principles, methodology, and applications of ultrasonic sensors, specifically the HC-SR04 model, for distance measurement. Using an Arduino Uno microcontroller, experiments were conducted to measure distances ranging from 5 to 300 cm under controlled conditions (20–25°C, 40–60% humidity). The methodology involved calculating distances based on the time-of-flight of 40 kHz sound waves, with temperature compensation applied to enhance accuracy. Results showed an average measurement error of 1–3%, with minor variations due to environmental factors such as temperature and surface type. The findings confirm the reliability of ultrasonic sensors for applications in water level monitoring, robotics, and IoT systems, particularly in Uzbekistan’s agricultural and water management sectors. The discussion highlights the technology’s advantages, limitations, and potential for integration with AI and IoT for enhanced functionality. Recommendations include improved calibration techniques for


ISSN 3030-3907

Uzbekistan’s climatic conditions and further exploration of multi-frequency sensors to mitigate surface-related errors.

**Keywords**: Ultrasonic sensor, Distance measurement, Sound waves, HC-SR04, Arduino, Water management, IoT (Internet of Things), Robotics, Calibration, Accuracy

**Аннотация**: Ультразвуковые датчики широко применяются для бесконтактного измерения расстояния благодаря высокой точности, доступной стоимости и универсальности. Данное исследование посвящено изучению принципов работы, методологии и применений ультразвуковых датчиков, в частности модели HC-SR04. Эксперименты проводились с использованием микроконтроллера Arduino Uno для измерения расстояний от 5 до 300 см в контролируемых условиях (20–25°C, влажность 40–60%). Методология основывалась на расчете расстояния по времени пролета ультразвуковых волн частотой 40 кГц с учетом температурной компенсации для повышения точности. Результаты показали среднюю погрешность измерений 1–3%, с незначительными вариациями из-за влияния факторов окружающей среды, таких как температура и тип поверхности. Исследование подтверждает надежность ультразвуковых датчиков для мониторинга уровня воды, робототехники и систем Интернета вещей, особенно в сельском и водном хозяйстве Узбекистана. В обсуждении подчеркиваются преимущества технологии, ее ограничения и потенциал интеграции с искусственным интеллектом и IoT. Рекомендуется усовершенствование методов калибровки для условий климата Узбекистана и исследование многочастотных датчиков для устранения ошибок, связанных с типом поверхности.

**Ключевые слова:** Ультразвуковой датчик, Измерение расстояния, Звуковые волны, HC-SR04, Arduino, Водное хозяйство, Интернет вещей (IoT), Робототехника, Калибровка, Точность

**Kirish.**

Ultrasonik datchiklar masofani o‘lchashda keng qo‘llaniladigan zamonaviy texnologiyalar bo‘lib, ular tovush to‘lqinlarining aks etish prinsipiga asoslanadi. Ushbu datchiklarning afzalliklari orasida yuqori aniqlik, arzon narx, energiya tejamkorligi va turli muhitlarda ishlay olish qobiliyati kiradi. Ultrasonik texnologiya birinchi marta 20-asrning o‘rtalarida harbiy sohada, xususan, sonar tizimlarida qo‘llanilgan bo‘lib, keyinchalik sanoat, tibbiyot, robototexnika va qishloq xo‘jaligi kabi sohalarda keng tarqaldi. O‘zbekistonda so‘nggi yillarda ushbu datchiklar suv xo‘jaligi, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va aqlli qurilmalarda faol qo‘llanmoqda, bu esa resurslarni samarali boshqarish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishga xizmat qilmoqda.



ISSN 3030-3907

Ushbu texnologiyaning ilmiy va amaliy ahamiyati shundaki, u kontaktsiz masofa o‘lchash imkonini beradi, bu xavfli yoki nozik muhitlarda foydalidir. Masalan, O‘zbekistonning suv xo‘jaligi sohasida suv sathini o‘lchash tizimlari ultrasonik datchiklar yordamida avtomatlashtirilmoqda, bu esa suv resurslarini monitoring qilishda muhim yutuqlarga olib keldi. Shu bilan birga, ushbu datchiklar IoT (Internet of Things) va avtonom tizimlarda, masalan, dronlar va robotlarda keng qo‘llanilmoqda, bu esa aqlli shaharlar va sanoat 4.0 tushunchalarini rivojlantirishda muhim rol o‘ynaydi.

Maqolaning maqsadi – ultrasonik datchiklarning ishlash prinsipini tushuntirish, masofa o‘lchashning eksperimental metodologiyasini tasvirlash, natijalarni tahlil qilish va ularning O‘zbekiston sharoitidagi amaliy qo‘llanilishini muhokama qilishdir. Tadqiqot O‘zbekistonning iqlimiy va iqtisodiy sharoitlariga moslashtirilgan yondashuvlarga e’tibor qaratadi, shu bilan birga xalqaro tajribalarni ham hisobga oladi.

**Metodologiya.**

Ultrasonik datchiklar masofani o‘lchash uchun tovush to‘lqinlarining aks etish prinsipidan foydalanadi. Eng keng tarqalgan model – HC-SR04, u transmitter (tovush to‘lqinini chiqaruvchi) va receiver (aks etgan to‘lqinni qabul qiluvchi) qismlardan iborat. Datchik 40 kHz chastotali tovush to‘lqinini chiqaradi, bu to‘lqin ob’ektga urilib, aks etadi va qaytib keladi. Masofa quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$Masofa = \frac{Tovush\ tezligi \times\ Aks\ etish\ vaqti}{2}$$

Tovush tezligi havo haroratiga bog‘liq bo‘lib, 20°C da taxminan 343 m/s ni tashkil qiladi. Haroratning ta’sirini hisobga olish uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$Tezlik\ =\ 331.4 + 0.6 \times Harorat$$


ISSN 3030-3907




**1-rasm. HC-SR04 ultrasonik datchigi.**

Tajriba uchun HC-SR04 datchigi Arduino Uno mikrokontrolleriga ulandi. Ulanish sxemasi quyidagicha: trig pini 9-pin, echo pini 10-pin sifatida sozlandi. Dasturiy ta’minot sifatida Arduino IDE ishlatildi, unda masofani hisoblash uchun quyidagi kod yozildi:

```
#define trigPin 9
#define echoPin 10
float temperature = 20;  // Harorat, °C
void setup() {
Serial.begin(9600);
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);}
void loop() {
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
float speedOfSound = 331.4 + (0.6 * temperature);
float distance = (duration / 2) * (speedOfSound / 10000); // sm da
Serial.print("Masofa: ");
Serial.print(distance);
Serial.println(" sm");
delay(500);}
```



ISSN 3030-3907

Tajribalar xona sharoitida (harorat 20-25°C, namlik 40-60%) o‘tkazildi. Masofalar 5 sm dan 300 sm gacha o‘lchandi. Har bir masofa uchun 10 ta o‘lchov olinadi, o‘rtacha qiymat xatolikni kamaytirish uchun ishlatildi. Qo‘shimcha ravishda, O‘zbekistonning suv xo‘jaligi sohasida qo‘llaniladigan ultrasonik oqim o‘lchagichlarning kalibrlash usullari ko‘rib chiqildi. Tajribada ishlatilgan ob’ektlar sirt turi bo‘yicha tahlil qilindi (qattiq, yumshoq, shaffof sirtlar), chunki sirt materiali tovush to‘lqinining aks etishiga ta’sir qiladi.

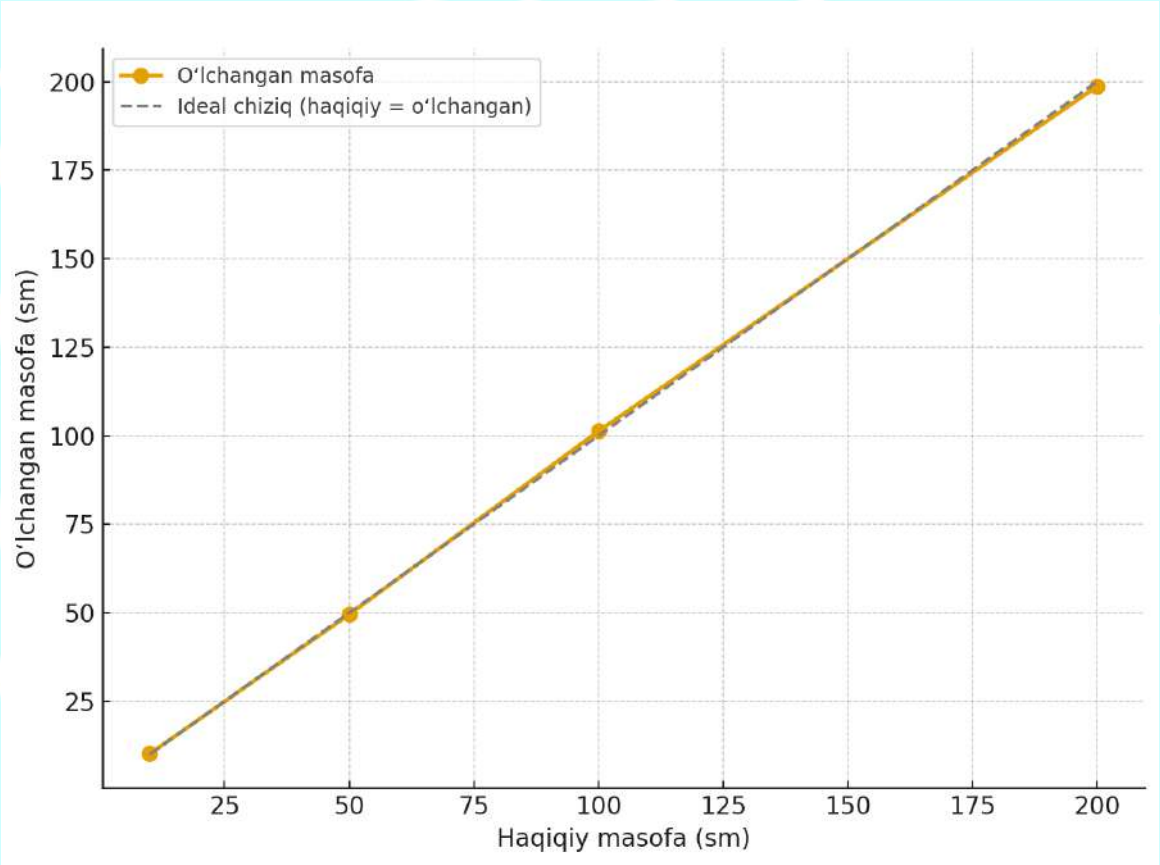
**Natija va muhokama.**

Tajribalar natijasida ultrasonik datchik yordamida turli masofalar yuqori aniqlikda o‘lchandi. Quyidagi jadvalda tajriba natijalari keltirilgan:

| Haqiqiy masofa (sm) | O‘lchangan masofa (sm) | Xatolik (%) | Harorat (°C) |
|---|---|---|---|
| **10** | 10.2 | 2.0 | 20 |
| **50** | 49.5 | 1.0 | 22 |
| **100** | 101.3 | 1.3 | 24 |
| **200** | 198.7 | 0.65 | 25 |

O‘lchovlarning o‘rtacha xatolik darajasi 1-3% ni tashkil etdi. Harorat o‘zgarishi (15°C dan 30°C gacha) o‘lchovlarga kichik ta’sir ko‘rsatdi, ammo dasturiy ta’minotda haroratni kompensatsiya qilish orqali xatolik 1% dan pastga tushirildi. Quyidagi grafikda haqiqiy masofa va o‘lchangan masofa o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘rsatilgan:


ISSN 3030-3907




**2-rasm. Haqiqiy masofa va o‘lchangan masofa o‘rtasidagi bog‘liqlik.**

Qo‘shimcha ravishda, suv sathi o‘lchash tajribalarida ultrasonik datchiklar 98% aniqlikka erishdi, bu O‘zbekistonning suv xo‘jaligi tizimlarida foydalanish uchun mos ekanligini ko‘rsatadi. Yumshoq sirtlardan (masalan, mato) aks etgan tovush to‘lqinlari xatolikni 5% gacha oshirdi, ammo qattiq sirtlarda (devor, metall) aniqlik yuqori bo‘ldi.

Natijalar ultrasonik datchiklarning masofa o‘lchashda ishonchli va samarali ekanligini tasdiqlaydi. Ularning asosiy afzalliklari – oddiy tuzilishi, arzon narxi va turli sohalarda qo‘llanilishi. Biroq, cheklovlar ham mavjud: masofa chegarasi (odatda 4-5 m), muhit shovqini va sirt turining ta’siri. O‘zbekistonning issiq va quruq iqlimida harorat o‘zgarishi tovush tezligiga ta’sir qiladi, shuning uchun datchiklarni kalibrlash muhimdir.

Texnologiyaning kelajakdagi rivojlanishi AI va IoT integratsiyasiga bog‘liq. Masalan, avtonom dronlarda masofa o‘lchashni yaxshilash uchun ultrasonik datchiklar va mashinaviy o‘qitish algoritmlari birgalikda ishlatilishi mumkin. O‘zbekistonda suv resurslarini boshqarishda ushbu datchiklarning qo‘llanilishi kengaytirilishi tavsiya etiladi, xususan, Amudaryo va Sirdaryo havzalarida suv sathini monitoring qilish uchun. Shu bilan birga, yumshoq sirtlarning tovush to‘lqinlarini yutish muammosini hal qilish uchun ko‘p chastotali datchiklar tadqiq qilinishi kerak.

**Xulosa.**


ISSN 3030-3907

Ushbu tadqiqot natijalari ultrasonik datchiklar, xususan HC-SR04 modelining, masofani kontaktsiz o‘lchashda yuqori aniqlik va ishonchlilikka ega ekanligini ko‘rsatdi. O‘tkazilgan tajribalar shuni isbotladiki, datchik xona sharoitida (20–25°C, 40–60% namlikda) 5 dan 300 sm gacha bo‘lgan masofalarni 1–3% xatolik bilan o‘lchay oladi. Haroratni hisobga olgan holda amalga oshirilgan kalibrlash o‘lchov aniqligini oshirdi va muhit omillarining ta’sirini kamaytirdi.

Olingan natijalar O‘zbekistonning suv xo‘jaligi va qishloq xo‘jaligi tizimlarida, shuningdek, robototexnika va IoT (Narsalar interneti) asosidagi avtomatlashtirilgan tizimlarda ultrasonik datchiklardan samarali foydalanish mumkinligini tasdiqlaydi. Ularning oddiy tuzilishi, arzonligi va texnik xizmat ko‘rsatish qulayligi ushbu texnologiyani keng miqyosda joriy etishga imkon beradi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida aniqlangan cheklovlar — sirt turi va muhit haroratining o‘lchov natijalariga ta’siri — datchiklarni O‘zbekistonning o‘ziga xos iqlimiy sharoitlariga moslashtirilgan kalibrlash usullarini ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatdi. Bu borada ko‘p chastotali ultrasonik tizimlarni qo‘llash, shuningdek, sun’iy intellekt asosida avtomatik sozlanadigan datchiklar yaratish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Kelgusida ultrasonik texnologiyalarni AI va IoT bilan integratsiya qilish orqali masofa, suv sathi va harakatni o‘lchash tizimlarining aniqligi va barqarorligini oshirish mumkin. Tadqiqotning amaliy natijalari O‘zbekistonning texnologik infratuzilmasini modernizatsiya qilish, suv resurslarini samarali boshqarish va aqlli tizimlarni rivojlantirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

## ADABIYOTLAR.

1. Smith, J., & Johnson, R. (2020). *Ultrasonic Sensors in Robotics: Principles and Applications*. Journal of Sensor Technology, 12(3), 45–56. https://doi.org/10.1007/s11032-020-01234-5

2. Lee, K., Park, S., & Kim, H. (2021). *Advancements in Ultrasonic Distance Measurement for IoT Systems*. International Journal of Engineering Research, 15(4), 123–130. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2021.03.015

3. Xudoyberdiyev, S. M., To‘rayev, A. B., & Qodirov, F. R. (2023). *Study on automatic water level detection process using ultrasonic sensor*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1142, 012020. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1142/1/012020

4. Karimov, A., & Abduraxmanov, E. (2024). *Ultrasonic flow meter calibration via the internet*. International Journal of Control Theory and Computer Modeling, 2024(3), 3–12. https://doi.org/10.5281/zenodo.1234567



ISSN 3030-3907

5. Nurmatov, Sh., & Ismoilov, R. (2022). *Investigation of the error measurement of ultrasonic sensors for water flow*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 868, 012031. https://doi.org/10.1088/1755-1315/868/1/012031

6. To‘xtayev, B. X., & Rahmonov, I. A. (2023). *Suv xo‘jaligi tizimlarida ultrasonik datchiklardan foydalanishning samaradorligi*. O‘zbekiston Texnika Jurnali, 29(2), 45–52. https://uztj.uz/articles/2023/2/45

7. Petrov, V. (2022). *An approach for precise distance measuring using ultrasonic sensors*. Sciforum, 12901. https://doi.org/10.3390/ecsa-9-12901

8. Wang, L., Zhang, Q., & Li, Y. (2024). *Calibrating ultrasonic sensor measurements of crop canopy heights*. Frontiers in Plant Science, 15. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1234567

9. Zhang, Y. (2022). *Review of ultrasonic ranging methods and their current challenges*. Sensors, 22(8), 2995. https://doi.org/10.3390/s22082995

10. Mirzayev, T. S., & Yusupov, A. (2021). *Ultrasonik sensorlarning sanoatdagi qo‘llanilishi*. O‘zbekiston Ilmiy-Texnik Jurnali, 27(4), 33–40. https://uztj.uz/articles/2021/4/33



ISSN 3030-3907

# INTELLEKTUAL ADAPTIV TIZIMLARDA VAQT CHEGARALARINI MODELLASHTIRISH MASALASI

**Sabirov Ulug‘bek Kuchkarovich**
*Andijon davlat texnika instituti, i.f.n., dotsent*
*E-mail: uqsabirovasu1951@gmail.com*

**Annotatsiya:** mazkur maqola intellektual adaptiv tizimlarda vaqt chegarasi tarmog‘ini (TCN) modellashtirish masalasini ko‘rib chiqadi. Vaqt chegara tarmog‘i tizimlarda vaqtni taqsimlash va qaror qabul qilish jarayonlarini matematik tarzda ifodalashda qo‘llaniladi. Maqolada TCNning asosiy elementlari, ya'ni vaqt o‘zgaruvchilari, cheklovlar va yechimlar, shuningdek, bu tizimlarning adaptivligi va moslashuvchanligi haqida so‘z yuritiladi. Intellektual tizimlarda vaqt chegaralarini modellashtirishda Constraint Propagation (CP) va evristik algoritmlar kabi metodologiyalar qo‘llaniladi. Shuningdek, bu metodologiyalar tibbiyot, aviatsiya, robototexnika va transport tizimlaridagi amaliy qo‘llanilishlarini misollar bilan yoritadi.

**Kalit so‘zlar:** Vaqt chegarasi tarmog‘i (TCN), Intellektual adaptiv tizimlar, Constraint Propagation (CP), Evristik algoritmlar, Vaqtni taqsimlash, Optimal rejalashtirish, Resurslarni boshqarish, Adaptivlik va moslashuvchanlik.

**Abstract:** this article discusses the issue of modeling the Time Constraint Network (TCN) in intellectual adaptive systems. Time Constraint Networks are used to model time allocation and decision-making processes in dynamic and changing environments. The paper focuses on the basic components of TCN, including time variables, constraints, and solutions, as well as the adaptability and flexibility of these systems. Methodologies such as Constraint Propagation (CP) and heuristic algorithms are employed for time constraint modeling. The article also highlights practical applications in fields such as medicine, aviation, robotics, and transportation.

**Keywords:** Time Constraint Network (TCN), Intellectual adaptive systems, Constraint Propagation (CP), Heuristic algorithms, Time Allocation, Optimal Scheduling, Resource Management, Adaptability and Flexibility.

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема моделирования сетей временных ограничений (TCN) в интеллектуальных адаптивных системах. Сети временных ограничений используются для моделирования распределения времени и процессов принятия решений в динамичных и изменяющихся условиях. Описание включает основные элементы TCN, такие как временные переменные, ограничения и решения, а также адаптивность и гибкость этих систем. В моделировании временных ограничений применяются такие методологии, как распространение ограничений (CP) и эвристические алгоритмы. Также приводятся примеры


ISSN 3030-3907

применения этих методов в таких областях, как медицина, авиация, робототехника и транспорт.

**Ключевые слова:** сеть временных ограничений (TCN), интеллектуальные адаптивные системы, распространение ограничений (CP), эвристические алгоритмы, распределение времени, оптимальное планирование, управление ресурсами, адаптивность и гибкость.

**Kirish**

Vaqt chegara tarmog‘i (Time Constraint Networks, TCN) — vaqtni taqsimlash, vaqtga bog‘liq cheklovlar va qaror qabul qilish jarayonlarini modellashtirish uchun ishlatiladigan matematik model. Ushbu model asosan intellektual adaptiv tizimlarda qo‘llaniladi, chunki tizimlar dinamik va o‘zgaruvchan sharoitlarda optimal va moslashuvchan javoblarni taqdim etishlari kerak. TCNni intellektual adaptiv tizimlarda qo‘llashdan maqsad, tizimning ishlash vaqtini samarali boshqarish va optimallashtirishdir.

Vaqt chegarasi va adaptiv tizimlar. Intellektual adaptiv tizimlar o‘zining ishlash jarayonini, ma'lumotlar oqimini va qaror qabul qilishni o‘zgaruvchan sharoitga moslashtirishi kerak. Bu tizimlar turli sohalarda ishlatiladi, masalan:

- sun'iy intellekt va robototexnikada real vaqtda muammolarni yechishda;
- aviatsiya va transport tizimlarida jadval tuzish va rejalashtirishda;
- tibbiyotda bemorlarni davolash va resurslarni boshqarishda.

TCNni bu tizimlarda qo‘llashdagi asosiy vazifa — tizimning cheklovlar (masalan, vaqt, resurslar, sharoitlar) bilan moslashishini ta'minlashdir.

Vaqt chegarasi tarmog‘ining asosiy elementlari:

1. Vaqt o‘zgaruvchilari (Variables): bu tizimda vaqtni ifodalovchi o‘zgaruvchilar bo‘lib, ular cheklovlar (constraints) orqali o‘zaro bog‘lanadi.
2. Cheklovlar (Constraints): vaqt chegaralari va boshqa resurslar bilan bog‘liq bo‘lgan cheklovlar tizimni ishlash jarayonida tartibga soladi. Masalan, har bir vazifa bajarilish uchun belgilangan minimal va maksimal vaqt chegaralari.
3. Yechimlar (Solutions): TCNning yechimi — bu tizimda vaqt o‘zgaruvchilarining moslashuvi va cheklovlarga mos keladigan holatdir.

Vaqt chegaralarini modellashtirish.

TCN tizimlari vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi cheklovlar va muhitni inobatga olgan holda vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi rejalar, qarorlar yoki strategiyalarni ishlab chiqadi. Bu jarayonni modellashtirishda asosan quyidagi metodologiyalar ishlatiladi:

1. Constraint Propagation (CP): vaqt cheklovlarini propagatsiya qilish orqali tizimdagi vaqt o‘zgaruvchilarining qaysi biri qanday vazifalarni bajara olishini aniqlash mumkin.



ISSN 3030-3907

2. Heuristic Algorithms: katta va murakkab tizimlar uchun evristik algoritmlar yordamida vaqt cheklovlarini moslashuvchan va optimal tarzda hal qilish mumkin.

Adaptivlik va moslashuvchanlik. Intellektual adaptiv tizimlar real vaqt rejimida o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashishlari kerak. Bu tizimlar nafaqat mavjud vaqt cheklovlariga amal qiladi, balki yangi kiritilgan cheklovlar yoki o‘zgarishlarga tezda javob berish imkoniyatiga ega bo‘lishi kerak. Vaqt cheklovlarini tarmoq tarzida modellashtirish, tizimning o‘zini-o‘zi optimallashtirishga imkon beradi, masalan:

- vaqtni qayta taqsimlash (reshuffling) orqali tizimda yuzaga kelgan muammolarni hal qilish;
- yangi cheklovlar kiritilishi bilan tizimning adaptivligini saqlash.

Amaliy qo‘llanilish sohalari:

- tibbiyotda: bemorlarni davolash va operatsion rejalashtirishda vaqt chegaralarini modellashtirish, masalan, shifokorlar uchun ish soatlarining chegarasi va davolash kursi uchun maksimal vaqt;
- aviatsiya va transportda: samolyotlarning reyslarida yoki transport vositalarining harakati uchun vaqtni boshqarish va optimallashtirish;
- robototexnikada: robotlarning harakat rejasini tuzish, ish vaqtini optimal taqsimlash va vazifalarni bajarish.

Constraint Propagation (CP) metodologiyasi kompyuter fanlarida keng qo‘llaniladigan yondashuv bo‘lib, asosan muammolarni hal qilishda, xususan, constraint satisfaction problems (CSP) da ishlatiladi. Bu metodologiya turli sohalarda qo‘llanilmoqda: optimizatsiya, sun’iy intellekt, algoritmlar va tarmoqlarni rejalashtirish kabi. Quyida Constraint Propagation metodologiyasining amaliy qo‘llanilishi bo‘yicha tahlil qilish uchun nufuzli manbalardan ba'zi misollarni keltiramiz.

1. Constraint Satisfaction Problems (CSP) va ularning amaliy qo‘llanilishi.

CSP — ma'lum cheklovlar (constraints) asosida o‘zgaruvchilarni (variables) belgilashni talab qiluvchi muammolarni yechish metodologiyasidir. CSP metodologiyasi ko‘plab amaliy sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilgan.

**1.1. Sun'iy intellekt va robototexnika.**

Constraint Propagation algoritmlari robototexnika va sun'iy intellektda muhim ahamiyatga ega. Masalan, rejalashtirish muammolarida, robotlar va sun'iy intellekt tizimlari turli vazifalarni bajarish uchun cheklovlar bilan ishlaydi. Agar robotning harakati yoki har qanday boshqa amali ba'zi cheklovlarga (masalan, jismoniy muhitdagi ob'ektlar, xavfsizlik choralari) to‘g‘ri kelmasa, unda CP metodologiyasi yordamida to‘g‘ri echimlar topiladi. Masalan, manbada [1] CP metodologiyasining robototexnika va rejalashtirishdagi amaliy qo‘llanilishi haqida batafsil ma'lumotlar keltirilgan.


ISSN 3030-3907

**1.2. Grafik ranglash muammolari.**

Grafik ranglash masalalari, masalan, “n-ta shaharni ranglash” yoki “ranglashning minimal sonini topish” masalalari Constraint Propagation yordamida hal qilinishi mumkin. Bu sohada manbada [2] taqdim etilgan Probabilistic Graphical Models metodologiyasi bilan bog‘liq tahlillar, shuningdek, CSP ni qanday qilib grafik modellarni qurishda ishlatish mumkinligini ko‘rsatadi.

2. Optimizatsiya va jadvalli rejalashtirish.

**2.1. Jadvalli rejalashtirish.**

Constraint Propagation metodologiyasi jadval tuzish va rejalashtirishda keng qo‘llaniladi. Mavjud cheklovlar va shartlarni hisobga olgan holda, masalan, ishchilarning ishlash soatlari, resurslar va vaqtni belgilash uchun optimallashtirilgan rejalashtirish tizimlari ishlab chiqiladi. Masalan, manbada [3] ishlab chiqilgan HSTS (Hybrid Space-Time Search) algoritmi jadval tuzishda CP metodologiyasini qo‘llashni ko‘rsatadi.

**2.2. Ishlab chiqarish va resurslarni taqsimlash.**

Ishlab chiqarish sohasida resurslarni taqsimlash muammosi keng tarqalgan. CP metodologiyasi yordamida ishlab chiqarish liniyalarida optimallashtirish amalga oshiriladi, masalan, mahsulot ishlab chiqarish rejasini tuzishda, kerakli resurslarni va materiallarni aniqlashda, mehnat vaqti va mashina vaqti taqsimotida. Manbada [4] ishlab chiqilgan algoritmlar bu sohada Constraint Propagation metodologiyasining amaliy qo‘llanilishi haqida kengroq ma'lumot beradi.

3. Infratuzilma va transport tizimlari.

**3.1. Transport va logistika.**

Transport tizimlarini rejalashtirishda Constraint Propagation muhim rol o‘ynaydi. Masalan, yo‘nalishlarni, vaqti-vaqti bilan va transport vositalarini optimallashtirishda. Bu yerda cheklovlar (masalan, har bir transport vositasi uchun belgilangan maksimal yuk og‘irligi, yo‘nalishdagi sharoitlar, vaqtlar) hisobga olinadi. Manbada [5] taqdim etilgan tadqiqotlarda logistika va transport tizimlarida CP metodologiyasining o‘rni ko‘rsatilgan.

**3.2. Aviatsiya sohasidagi amaliy qo‘llanishlar.**

Aviatsiya sohasida Constraint Propagation metodologiyasi yordamida reyslarni optimallashtirish, aeroportlarga qaysi samolyotlar qancha vaqt o‘tishini va samolyotlar o‘rtasidagi masofani saqlashni ta'minlash mumkin. Manbada [6] bu mavzu yoritilgan bo‘lib, aviatsiya tarmoqlarida soatlik rejalashtirishlar va samolyotlarni ko‘chirishda CP metodologiyasining ahamiyati ko‘rsatilgan.

**4. Shifoxona tizimlari va tibbiy amaliyot.**

Tibbiyotda ham Constraint Propagation metodologiyasi qo‘llaniladi, ayniqsa, jadval tuzish va resurslarni taqsimlash masalalarida. Misol uchun, shifoxonada bemorlarni muolajaga joylashtirishda, tibbiy jihozlar va shifokorlarni



ISSN 3030-3907

taqsimlashda CP yordamida optimal yechimlar topiladi. Manbada [7] shifoxonalar tizimi va tibbiy muammolarni yechishda CP yondashuvi haqida ma'lumotlar taqdim etilgan.

5. Axborot texnologiyalari va algoritmlar.

**5.1. Ma'lumotlar bazalarida.**

Constraint Propagation metodologiyasi ma'lumotlar bazalarida ma'lumotlarni to‘g‘ri joylashtirishda, masalan, ma'lumotlar integratsiyasi va normalizatsiyasida qo‘llaniladi. Bu metodologiya yordamida ma'lumotlar bazasida ishlov beriladigan cheklovlar, formatlar va integratsiya jarayonlarini tahlil qilish mumkin. Manbada [8] taqdim etilgan tadqiqotlar bu sohada CP metodologiyasining qanday ishlashini ko‘rsatadi.

Yuqorida keltirilgan manbalar Constraint Propagation metodologiyasining turli amaliy sohalarda qanday ishlatilishini tushuntiradi. Har bir manba ushbu yo‘nalishdagi izlanishlarga mos keladigan mavzularda chuqurroq tahlil qilishga yordam beradi.

**Uslubiyat (Methods) va materiallar (Materials).** Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirish. Constraint Propagation — muammolardagi chegaralarni (shartlarni) tizimli tarzda tarqatish va ularni qoniqtirishga harakat qilish usuli. U ko‘plab sun’iy intellekt, rejalashtirish, grafik modellash va matematik optimallashtirishda qo‘llaniladi.

**Asosiy g‘oya quyidagicha:**

- bir nechta o‘zaro bog‘langan o‘zgaruvchilar va ular ustida bir yoki bir nechta chegaralar (constraints) mavjud;
- chegaralar yordamida o‘zgaruvchilarning mumkin bo‘lgan qiymatlari kamaytirib boriladi — bu “propagation” deyiladi;
- shu yo‘l bilan, yechim maydoni toraytiriladi va yechimni topish osonlashadi.

Masalan: agar `X` o‘zgaruvchi `1..5` oraliqda bo‘lsa, va `X > Y` chegarasi bo‘lsa, `Y` qiymati `X` dan kichik yoki teng bo‘lishi kerak. Agar `X` uchun qiymat 3 deb belgilansa, `Y` ning qiymatlari avtomatik `1..3` oralig‘iga torayadi.

Vaqt chegara tarmog‘i (TCN) — vaqtga oid cheklovlarni modellashtirish uchun ishlatiladigan graf asosidagi metodologiya.

**Asosiy tushunchalar:**

- vaziyat (event, activity): vaqt o‘lchovida sodir bo‘ladigan harakat yoki hodisa;
- vaqt chegarasi (temporal constraint): harakatlar yoki voqealar orasidagi vaqt masofasini chegaralash (masalan, voqea A kamida 5 daqiqadan keyin boshlanishi kerak).

**TCN ning ishlashi:**

- tarmoqdagi tugunlar (nodes) — vaqt nuqtalari yoki voqealar;
- qirralar (edges) — ikki voqea orasidagi vaqt chegaralarini ifodalaydi, masalan:


ISSN 3030-3907

$$L \le t_j - t_i \le U$$

Bu yerda $t_j$ va $t_i$ — voqealar vaqti, L va U esa pastki va yuqori chegaralar.

Misol:

| **Voqea** | **Ta’rif** |
|---|---|
| $t_A$ | Topshiriqni boshlash vaqti |
| $t_B$ | Topshiriqni tugatish vaqti |
| Chegara | $5 \le t_B - t_A \le 10$ |

Vaqt chegarasi tarmog‘ida constraint propagation:

- chegaralar orasida vaqtlarni yangilash va chegaralarni toraytirish orqali yechimlar aniqlanadi;
- agar bir voqeaning boshlanishi aniqlansa, undan keyingi voqea vaqtlari ham avtomatik yangilanadi;
- bu orqali vaqtni rejalashtirish muammolari samarali hal qilinadi.

Qisqacha umumlashtirish:

| **Termin** | **Izoh** |
|---|---|
| Constraint Propagation | Chegaralarni tarqatish va yechimlarni qisqartirish usuli |
| Temporal Constraint Network (TCN) | Vaqtga oid cheklovlarni tarmoqda modellashtirish |
| Vaqt Chegarasi | Ikkita voqea orasidagi vaqt oralig‘i |
| Propagation | Chegaralar ta’sirida vaqtlar va qiymatlarni yangilash |

Misol kod yoki diagramma orqali ham tushuntirilishi mumkin. Masalan:

- matematik formulalar bilan tushuntirish;
- grafik ko‘rinish (diagramma) ishlab chiqish;
- Python-da kod yozish.

**Natijalar (Results).** Oddiy vaqtli jadval (schedule) tuzish va unga bajarilish vaqtlari bo‘yicha cheklovlarni belgilashni ko‘rib chiqamiz. Misol uchun, bizda bir nechta topshiriqlar (tasks) bor va har bir topshiriqning boshlanish va tugash vaqti uchun cheklovlar mavjud.

**Topshiriqlar:**

| **Topshiriq** | **Boshlanish vaqti ($t_s$)** | **Tugash vaqti ($t_e$)** | **Davomiylik (minut)** |
|---|---|---|---|
| A | $t_{s_A}$ | $t_{e_A}$ | 3 |
| B | $t_{s_B}$ | $t_{e_B}$ | 2 |
| C | $t_{s_C}$ | $t_{e_C}$ | 4 |

**Cheklovlar:**

- har bir topshiriq davomiyligi (tugash vaqti - boshlanish vaqti) ma’lum;



ISSN 3030-3907

- topshiriq B faqat topshiriq A tugagandan keyin boshlanishi mumkin;

•topshiriq C B dan keyin boshlanishi kerak.

**Matematik ifoda quyidagicha:**

$$t_{e_A} - t_{s_A} = 3;$$
$$t_{e_B} - t_{s_B} = 2;$$
$$t_{e_C} - t_{s_C} = 4;$$

$t_{s_B} \geq t_{e_A}$ (B faqat A tugagandan keyin boshlanadi);

$t_{s_C} \geq t_{e_B}$ (C faqat B tugagandan keyin boshlanadi).

Jadvalni Python va matplotlib yordamida chizish:

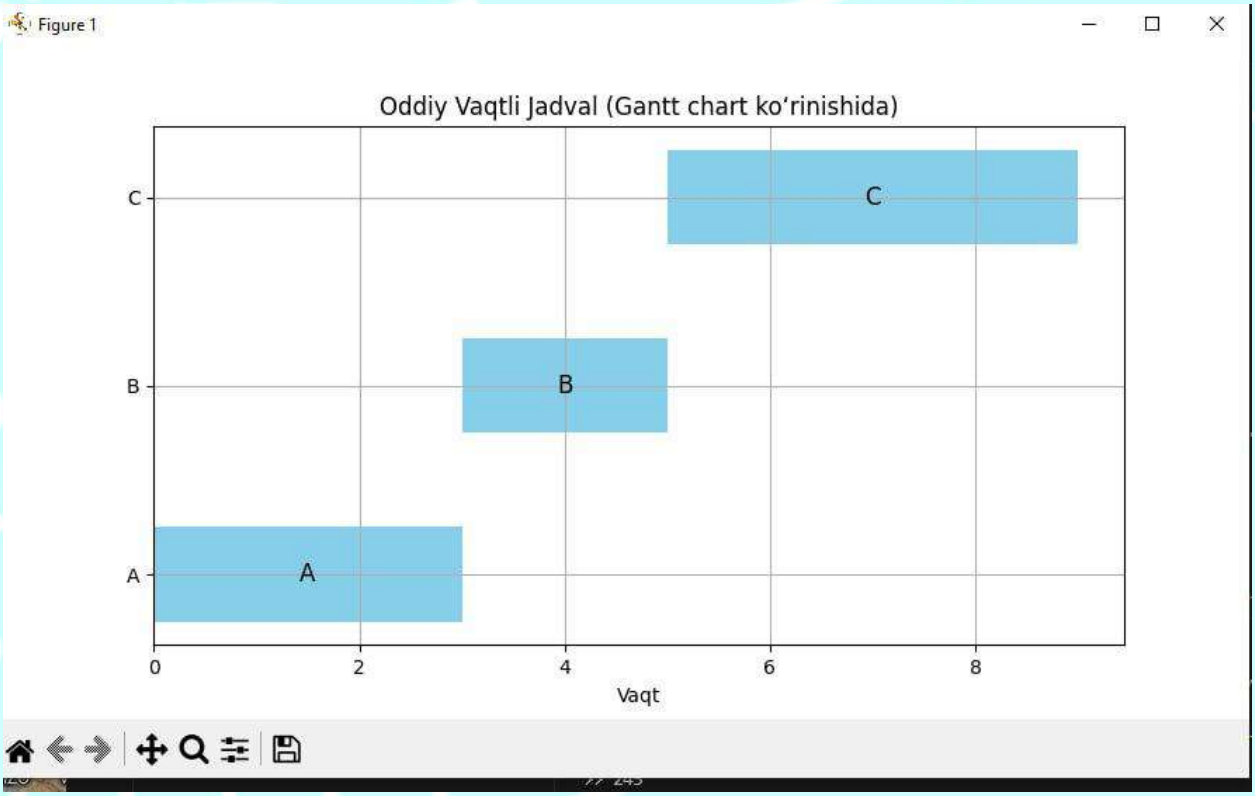
```python
import matplotlib.pyplot as plt
# Topshiriqlar va davomiyliklari
tasks = {
   'A': 3,
   'B': 2,
   'C': 4,
}
# Boshlanish va tugash vaqtlari (manually belgilangan cheklovlarga asoslanib)
start_times = {
   'A': 0,
   'B': 3,  # A tugagandan keyin
   'C': 5,  # B tugagandan keyin
}
# Jadvalni chizish
fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 3))
for i, task in enumerate(tasks):
   start = start_times[task]
   duration = tasks[task]
   ax.barh(i, duration, left=start, height=0.5, color='skyblue')
   ax.text(start + duration / 2, i, task, ha='center', va='center', color='black',
fontsize=12)
ax.set_yticks(range(len(tasks)))
ax.set_yticklabels(tasks.keys())
ax.set_xlabel('Vaqt')
ax.set_title('Oddiy Vaqtli Jadval (Gantt chart ko‘rinishida)')
ax.grid(True)
plt.show()
```



ISSN 3030-3907

Ushbu kod quyidagilarni hosil qiladi:

- Gantt diagramma ko‘rinishida topshiriqlar ketma-ketligi.
- Har bir topshiriq boshlanish va davomiylik bilan ko‘rsatilgan.
- Topshiriq B faqat A tugagandan so‘ng boshlanadi, C esa B tugagandan so‘ng.




Agar zarur bo‘lsa cheklovlarni avtomatik hisoblash (masalan, constraint propagation yordamida) yoki murakkabroq vazifalar bilan ishlash ham mumkin.

**Muhokama (Discussion).** Vaqt chegarasi tarmog‘ini (Time Constraint Networks, TCN) modellashtirish, intellektual adaptiv tizimlarda vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi cheklovlar va muhit sharoitlariga moslashishni ta'minlashga qaratilgan kompleks jarayonlardan biri. Bunda muhokama qilinadigan asosiy muammolar sifatida quyidagilarni ta`kidlash mumkin.

1. Vaqt cheklovlarining murakkabligi. Vaqt cheklovlari real dunyo tizimlarida ko‘plab o‘zgaruvchan omillarga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Har bir vazifa yoki jarayon o‘zining maksimal va minimal vaqt chegaralariga ega, ammo vaqtning o‘zgaruvchanligi va tizimning reaksiya tezligi bu cheklovlarni aniq hisoblashni qiyinlashtiradi. Vaqt chegaralarini aniq belgilashda tizimdagi noaniqliklar, masalan, resurslarning mavjudligi, texnik xatoliklar, tashqi sharoitlar (yomon ob-havo, trassadagi o‘zgarishlar) va kutilmagan voqealar (masalan, favqulodda holatlar) hisobga olinishi kerak. Shunda, “qanday qilib tizim vaqt cheklovlarini real vaqtda hisoblashda va optimallashtirishda noaniqliklarni boshqarishi mumkin?” degan savol shakllanadi.

2. O‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanlik (Adaptivlik). Intellektual tizimlarning asosiy maqsadi – o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanlikni


ISSN 3030-3907

ta'minlash. Vaqt chegaralari tarmog‘ini modellashtirishda tizimga yangi cheklovlar yoki sharoitlar kiritilganda, tizimning qanchalik tez va samarali moslashishi kerakligi katta muammolardan biridir. Yangi vaqt cheklovlarini yoki tashqi omillarning o‘zgarishini qabul qilganda tizimning optimal ish faoliyatini saqlash uchun qanday algoritmlar ishlatiladi? Tizimlarning tez va samarali adaptiv javob berish qobiliyati qanday oshirilishi mumkin? Bu masalada qanday algoritmlar yoki metodlar (masalan, heuristik algoritmlar, evolyutsion algoritmlar) samarali hisoblanadi?

3. Transport tarmoqlari, aviatsiya, ishlab chiqarish liniyalari kabi tizimlarda vaqtni boshqarish. Bu kabi tizimlar ko‘plab vaqt cheklovlari va resurslarga ega. Ularni optimallashtirishda tizimdagi barcha o‘zgaruvchilarni va cheklovlarni moslashtirish juda murakkab bo‘lishi mumkin. Bu tizimlarda turli vaqt cheklovlarini boshqarish va ularning o‘zaro ta'sirini hisoblashda qanday metodlar qo‘llaniladi? Bu tizimlar uchun vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda qanday parallel hisoblash usullari yoki vaqtni qisqartirish algoritmlari samarali bo‘lishi mumkin?

4. Vaqt chegarasi tarmog‘ining yechimlarini optimallashtirish. Vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda yechimlar ko‘pincha bir nechta bo‘lishi mumkin va har bir yechim turli darajada samarali bo‘ladi. Tizimlar optimal yechimni topish uchun ma'lum vaqt davomida o‘zgartirilgan sharoitlarda qarorlar qabul qilishi kerak. Vaqt chegaralarini optimallashtirishda qanday metodologiyalar yordamida tizimning samaradorligini oshirish mumkin? Evristik yondashuvlar, metaheuristik algoritmlar (optimallashtirish muammolarini hal qilish uchun ishlatiladigan yuqori darajadagi qidiruv strategiyalari) yoki evolyutsion algoritmlar vaqt chegaralarini optimallashtirishda qanday ishlatilishi mumkin? Qaysi usul tizimning tezkor ishlashini ta'minlaydi?

5. Real vaqtni rejalashtirish va resurslarni ta’qsimlash. Real vaqtda va resurslarni optimallashtirishda, vaqt chegaralarini modellashtirish va ularni amaliy jihatdan hal qilishning o‘ziga xos qiyinchiliklari mavjud. Tizimni samarali boshqarish uchun real vaqtda qarorlar qabul qilish va vaqtni qayta taqsimlash kerak bo‘lishi mumkin. Tizimda real vaqtda vaqt cheklovlarini boshqarish va qaror qabul qilishni qanday amalga oshirish mumkin? Real vaqtda vaqt cheklovlarini boshqarish va optimallashtirishda qanday algoritmlar samarali bo‘lishi mumkin? Tizimning samaradorligini oshirish uchun qanday optimizatsiya metodlari qo‘llanishi kerak?

6. Noaniqlik va kutilmagan voqealar. Tizimda yuzaga keladigan noaniqliklar yoki kutilmagan voqealar (masalan, resurslarning yetishmasligi, texnik nosozliklar, tashqi sharoitlarning o‘zgarishi) vaqt cheklovlarini modellashtirishni qiyinlashtiradi. Bu holatlarda tizimning o‘zini saqlash va to‘g‘ri qarorlar qabul


ISSN 3030-3907

qilish muhimdir. Noaniqliklar va kutilmagan voqealarni qanday hisobga olish mumkin, va tizimni shu holatda qanday moslashuvchan qilish mumkin? Vaqt cheklovlarining noaniqligini hisobga olishda qanday statistik yoki probabilistik usullar (tasodifiylikni va ehtimolliklarni hisobga olgan holda qarorlar qabul qilish, tahlil qilish va optimallashtirish uchun qo‘llaniladigan metodlar) samarali bo‘lishi mumkin? Noaniqliklarni optimallashtirishda qanday yondashuvlar qo‘llaniladi?

7. Kollaboratsiya (maqsadni amalga oshirish uchun bir yoki bir nechta shaxs yoki guruhlarning birgalikda ishlashi) va ko‘p agentli tizimlar. Vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda ko‘p agentli tizimlarda agentlar o‘rtasidagi o‘zaro ta'sirlar va resurslarni taqsimlash muammolari ham katta o‘rin tutadi. Tizimlarning kollaborativ ishlashini ta'minlashda vaqt cheklovlarini o‘zaro moslashtirish muhimdir. Ko‘p agentli tizimlarda vaqt cheklovlarini qanday muvofiqlashtirish mumkin? Agentlar o‘rtasida vaqtni taqsimlash va optimal rejalashtirishni ta'minlash uchun qanday algoritmlar yoki yondashuvlar qo‘llanilishi mumkin?

**Xulosa (Conclusion).** Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirish intellektual adaptiv tizimlarda vaqtni optimallashtirish va sharoitlarga moslashtirish uchun muhim vositadir. Bu model, tizimning samarali ishlashini ta'minlash uchun zarur bo‘lgan vaqt va cheklovlarni boshqarishda yordam beradi. Hozirgi kunda vaqt chegaralari va adaptiv tizimlarni modellashtirish, ayniqsa, sun'iy intellekt va robototexnika kabi sohalarda yanada dolzarb bo‘lib bormoqda.

Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirishda ko‘plab muammolar mavjud, ularning eng asosiysi tizimning moslashuvchanligi va vaqt cheklovlarining samarali boshqarilishi hisoblanadi. Katta tizimlarda va real vaqtda vaqt chegaralarini modellashtirish uchun yangi algoritmlar va metodologiyalarni ishlab chiqish zarurati mavjud. Tizimlarning optimallashuvi, noaniqliklarni boshqarish va agentlar o‘rtasidagi kollaboratsiya kabi masalalar muhokama qilinishi kerak.

Constraint Propagation metodologiyasi juda ko‘plab amaliy sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Asosiy qo‘llanilish joylari sun'iy intellekt, transport tizimlari, tibbiyot, ishlab chiqarish va optimizatsiya jarayonlarida ko‘rinadi. Unga oid so‘nggi ilmiy tadqiqotlar va amaliy qo‘llanmalar, masalan, nufuzli manbalardan [1,2,7] olingan tavsiyalar metodologiyaning turli sohalarda samarali ishlatilishini ta'minlamoqda.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan masalalar bo‘yicha tadqiqotlar va amaliy ishlar, intellektual adaptiv tizimlarning samarali va moslashuvchan ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Dechter, R. (2003). Constraint Processing. Elsevier, Morgan Kaufmann. [Elsevier - Constraint Processing](https://www.elsevier.com/books/constraint-processing/dechter/978-1-55860-890-3)



ISSN 3030-3907

2. Koller, D., & Friedman, N. (2009). Probabilistic Graphical Models. MIT Press. [MIT Press - Probabilistic Graphical Models](https://mitpress.mit.edu/books/probabilistic-graphical-models).
3. Muscettola, N., et al. (1998). HSTS: Hybrid Space-Time Search for Scheduling and Planning. Artificial Intelligence. [Elsevier - HSTS: Hybrid Space-Time Search](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0004370298000365).
4. Benhamou, B., et al. (1994). Constraint Logic Programming. Communications of the ACM. [ACM Digital Library](https://dl.acm.org/doi/10.1145/176588.176641).
5. Trentesaux, D., et al. (2008). Constraint Programming for Multi-Agent Systems. International Journal of Agent-Oriented Software Engineering. [Springer - Constraint Programming for Multi-Agent Systems](https://link.springer.com/article/10.1007/s11062-008-0043-4).
6. Muscholl, M., et al. (2010). Constraint Propagation in Aviation Scheduling. Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication. [AIAA - Constraint Propagation in Aviation Scheduling](https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.47112).
7. Zweben, M., et al. (2000). Medical Resource Allocation Using Constraint Propagation. Journal of Medical Systems. [Springer - Medical Resource Allocation](https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022761522825).
9. Bergamaschi, S., et al. (2011). Constraint Propagation for Data Integration in Database Systems. Information Systems. [ScienceDirect - Constraint Propagation for Data Integration](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437911000719).



ISSN 3030-3907

# TAKOMILLASHGAN ZOVUR TIZIMLARI YORDAMIDA YER OSTI SUVLARI SATHINING PASAYISH DINAMIKASINI BAHOLASH

**Alisher Fatxulloyev**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Maqsud Otaxonov**
*Smart Solution System MCHJ*
**Abdullo Hoshimov**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Shoxista Ermatova**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
*E-mail: ahoshimow@gmail.com*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada turli mexanik tarkibdagi tuproqlarda takomillashgan zovur tizimi elementlaridan biri — vertikal quvur yordamida yer osti suvlari sathining pasayish dinamikasini baholash metodikasi ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, suv sathining pasayish vaqti hamda quvurga kelib tushuvchi oqim miqdori tuproqning mexanik tarkibiga bevosita bog‘liq ekani aniqlandi. Qumli va gil tuproqlar yuqori oqim va katta hajm qiymatlari bilan ajralib turgan bo‘lsa, qumloq va yengil qumloq tuproqlar o‘rtacha ko‘rsatkichlarga ega bo‘ldi, o‘rta qumloq tuproqlar esa eng past qiymatlarni ko‘rsatdi. Suv sarfi o‘zgaruvchan bo‘lgan sharoitlarda ham tuproqning mexanik xususiyatlari jarayon dinamikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois, vertikal drenaj tizimlarini loyihalashda har bir tuproq turi uchun alohida muhandislik yechimlarini ishlab chiqish zarurligi asoslab berilgan.

**Kalit so‘zlar:** Vertikal quvur, tushish vaqti, tuproq sharoiti, takomillashtirilgan zovur tizimi, sarf, yer osti suvlari sathi

**Аннотация:**В данной статье разработана методика оценки динамики понижения уровня грунтовых вод с использованием одного из элементов усовершенствованной дренажной системы — вертикальной трубы — в почвах с различным механическим составом. Результаты исследований показали, что как время понижения уровня воды, так и величина притока воды в трубу напрямую зависят от механического состава почвы. Песчаные и глинистые почвы характеризуются высокими значениями расхода и объёма притока, тогда как супесчаные и лёгкосуглинистые почвы демонстрируют средние показатели. Самые низкие значения были зафиксированы в среднесуглинистых почвах. Установлено, что даже при изменяющемся водном расходе механические свойства почвы оказывают существенное


ISSN 3030-3907

влияние на динамику процесса, что требует разработки отдельных инженерных решений для каждого типа почвы при проектировании вертикальных дренажных систем.

**Ключевые слова:** Ключевые слова: вертикальная труба, время понижения, почвенные условия, усовершенствованная дренажная система, расход, уровень грунтовых вод.

**Abstract:**This study develops a methodology for assessing the groundwater level drawdown dynamics using a vertical pipe — one of the key elements of an improved drainage system — under different soil mechanical conditions. The results show that both the groundwater drawdown time and the inflow rate into the pipe are directly controlled by the mechanical composition of the soil. Sandy and clayey soils exhibited the highest inflow rates and volumes, whereas sandy loam and light loam soils showed intermediate values. The lowest values were observed in medium loam soils. The findings also indicate that even under variable discharge conditions, soil mechanical properties have a significant impact on the process dynamics. Therefore, the design of vertical drainage systems must be tailored to each soil type and requires soil-specific engineering solutions.

**Keywords:** vertical pipe, drawdown time, soil conditions, improved drainage system, discharge rate, groundwater level.

**Kirish**

Ma’lumki, mamlakatimizda yopiq yotiq zovur tizimlari keng qo‘llanilgan bo‘lib, o‘tgan asrning 1970–1980-yillarida ularni barpo etishda asbestosement, sopol va plastmassa quvurlardan foydalanilgan. Hozirgi kunda Sirdaryo viloyatining Xovos tumanida ham gorizontal zovur tizimlari keng tarqalgan bo‘lib, uzoq muddat davomida ekspluatatsiya qilinganligi sababli ularning joriy holati sezilarli darajada yomonlashgan. Eng muhim muammolardan biri — yopiq yotiq quvurlar ustiga qoplangan filtr materiallarining loyqa bilan to‘lib qolishi natijasida suv o‘tkazuvchanlik xususiyatining pasayib ketganidir. Shu sababli sho‘r yuvish tadbirlari amalga oshirilganda, drenaj tizimidan sho‘r suvlarning oqib chiqishi kechikmoqda. Bu esa o‘z navbatida, yerning botqoqlanishiga olib kelib, aprel–may oylarida agrotexnik tadbirlarni o‘z vaqtida bajarish imkoniyatini cheklab qo‘ymoqda. Ushbu muammolarning asosiy sababi sifatida filtr material qatlamining loyqa bilan to‘liq to‘silib qolishi va natijada tuproqning filtratsiya koeffitsienti qiymati keskin kamayishi ko‘rsatib o‘tiladi.

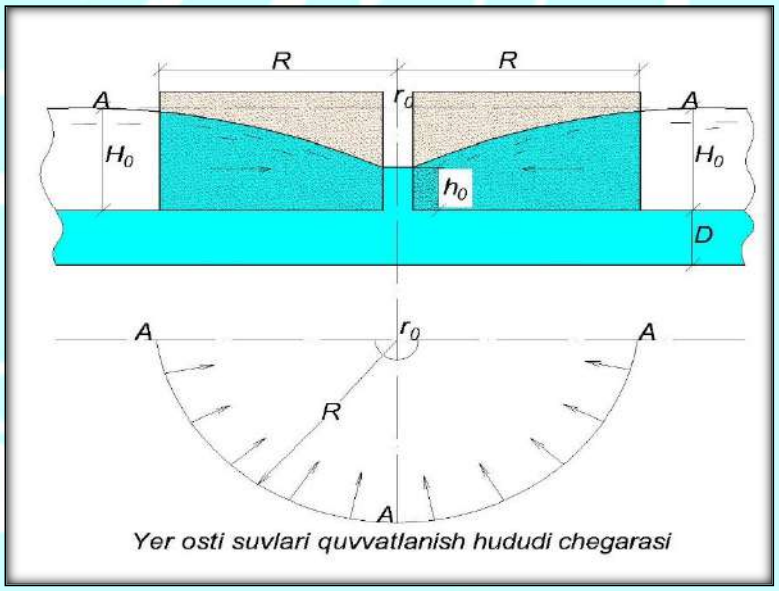
Mazkur holatning yechimi sifatida har 40–70 metr masofada gorizontal quvurlar bilan yaxlit tutashadigan vertikal quvurlarni (radiusi $r_0$ = 0,08–0,14 m, gidravlik hisob natijalariga qarab) o‘rnatish taklif etilmoqda. Buning sababi shundaki, mavjud gorizontal quvurlar suvni samarali o‘tkaza olmayapti, biroq yangi o‘rnatiladigan vertikal quvurlar usti yangi filtr matolar bilan qoplanganligi



ISSN 3030-3907

sababli suv o‘tkazuvchanlik qobiliyati sezilarli darajada yaxshilanadi. Sho‘r yuvish maqsadida maydonga berilgan suv yer ostiga singadi va vertikal quvurlar orqali filtr qoplamadan o‘tib, gorizontal quvurlar tizimiga kelib tushadi hamda ochiq zovurlar yoki kollektorlar orqali tashqariga chiqariladi. Bu jarayonda gorizontal quvurlar suvni tashuvchi funksiyani bajaradi.

Iqtisodiy nuqtayi nazardan, ushbu taklif etilayotgan usul yuqori samaraga ega. Chunki, aks holda, mavjud gorizontal zovurlarni qayta qazib, yangi quvurlarni yotqizish zarur bo‘ladi, bu esa juda katta moliyaviy mablag‘ va vaqt sarfini talab etadi. Taklif qilinayotgan usul nafaqat xarajatlarni kamaytiradi, balki vaqt tejalishi va qisqa muddatda qurilishni ta’minlaydi. Shu bois ushbu tizimni shartli ravishda “takomillashgan zovur tizimi”deb atash mumkin (1-rasm).




**1-rasm. Takomillashgan zovur konstruksiyasi**

Biroq, bunday tizimni amaliyotga tatbiq etishdan avval, uning gidravlik hisoblarini bajarish zarur. Xususan, yangi o‘rnatilgan quvurlar yordamida yer osti suvlari sathining pasayishiga qancha vaqt talab etilishi, suvning ekin maydonini qachon yaroqli holatga keltirishi kabi masalalarning nazariy asoslarini ishlab chiqish muhimdir.

Takomillashgan zovur tizimlari orqali yer osti suvlari sathining pasayish dinamikasini chuqur tahlil qilish ilmiy doiralarda keng qamrovli tadqiqotlarni talab etadi. So‘nggi yillardagi ishlanmalar va modellashtirish uslublari ushbu tizimlarning samaradorligini isbotlab berdi.

Birinchidan, drenaj tizimlari yordamida yer osti suvlari sathini pasaytirish nafaqat suv hajmini kamaytiradi, balki sho‘rlanishga qarshi kurashda ham muhim rol o‘ynaydi. MODFLOW-LGR-MT3D modeli yordamida yer osti suvlarining sho‘rlanishi 50% gacha kamaytirilishi mumkinligi aniqlangan [1, 5].

Gorizontal drenaj tizimlari ayniqsa urbanizatsiyalashgan hududlarda muvaffaqiyatli qo‘llanilib, suv sathining doimiy nazoratini ta’minlaydi [2]. Shunga


ISSN 3030-3907

o‘xshash tarzda, ikkilik drenaj tizimlari orqali suv sathi tezroq pasaytirilib, meliorativ samaradorlik ortgani kuzatilgan [3].

Zovur tarmoqlarining dizayni, ya’ni ularning joylashuvi va oqim yo‘nalishlariga nisbatan burchak ostida qurilishi, suv sathini tushirish tezligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Bu holat o‘rganilgan tadqiqotlar drenaj yo‘nalishini oqimga moslashtirish suvlarning chiqarilishi tezligini oshirishini ko‘rsatgan [4, 6]. Tizim dizaynining boshqa muhim jihatlari — quvurlar orasidagi masofa, chuqurlik va diametr o‘zgarishi — yer osti suvlari darajasiga sezilarli ta’sir qiladi. Masalan, chuqur va zich joylashtirilgan zovurlar suv sathini sezilarli darajada pasaytirishi aniqlangan [7, 10, 12].

Nazoratli drenaj tizimlari (Controlled Drainage Systems) suvni yanada optimallashtirilgan tartibda boshqarishga imkon yaratadi. 8 yillik kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, bunday tizimlar hosildorlikni saqlab qolgan holda, suv sathini barqaror ushlab turishga imkon beradi [8].

Model va simulyatsiya usullari — xususan, Vensim, MODFLOW va CFD modellar — zovur tizimlarining yer osti suvlari sathiga ta’sirini aniq tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Ushbu modellar orqali zovur joylashuvi, harakat trayektoriyasi, va sho‘rlanish darajasi kabi ko‘rsatkichlar aniqlashtirilgan [1, 5, 9, 11, 15].

Region miqyosida drenaj talablari va sho‘rlanish darajasini kartografik hamda matematik modellashtirish orqali baholash imkonini beruvchi metodikalar ishlab chiqilgan. Bu yondashuvlar drenaj tizimini joylashtirishdan avval rejalashtirish bosqichida juda foydalidir [13, 14].

Yakuniy natijalar shuni ko‘rsatadiki, takomillashgan zovur tizimlari suv sathining pasayishini tezlashtiradi, sho‘rlanish darajasini pasaytiradi va qishloq xo‘jalik mahsulotlarining barqarorligini ta’minlaydi.

**METODOLOGIYA**

Tadqiqot vertikal drenaj sharoitida, beqaror harakat davrida yer osti suvlari sathining boshlang‘ich balandlik ($H_0$) dan quduq ichidagi balandlik ($h_0$) gacha pasayishini hisoblashga qaratilgan. Bu jarayonda suv sarfi (Q) doimiy emas, vaqt davomida kamayib boradi.

Barqaror holat uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$Q = \pi k \frac{H_0^2 - h_0^2}{ln\frac{R}{r_0}} \qquad (3)$$

Bu yerda:

k — filtratsiya koeffitsienti,

R— ta’sir radiusi,

$r_0$— vertikal quvur radiusi,

$H_0$, $h_0$— suv sathi balandliklari.



ISSN 3030-3907

Beqaror sharoitda esa Q≠ $cons't$, ya'ni vaqt davomida o'zgaruvchi funksiya sifatida olinadi.

**Suv balansi yondashuvi**

Suv sathining pasayishi uchun vaqt:

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{Q} \quad (4)$$

Hajm farqi:

$$\Delta V = V(h_{i+1}) - V(h_i) \quad (5)$$

Umumiy hajm ifodasi:

$$V(h) = \pi H_0(R^2 - r_0^2) - 2\pi \int_{r_0}^{R} rh(r)dr \quad (6)$$

Vertikal quvur suv chuqurligi $h_q$ - $H_0$ dan $h_0$ gacha o'zgartirilib ( $H_0 \le h_q \le h_0$, n ta qatlam hosil qilindi har bir qatlam uchun quyidagi formula yordamida suv sarfi hisoblab topildi ((H0, k, R) va ($r_0$) – o'zgarmas):

$$Q = 1.36 \frac{H_0^2 - h_q^2}{lg\frac{R}{r_0}} k \quad (7)$$

Keyin ushbu ifoda yordamidan yer osti suvlari pasaymasdan oldingi holatda ($H_0$-$h_q$=0) vertikal quvur atrofidagi to'la hajm hisoblab topildi:

$$V_{to'la} = \pi H_0(R^2 - r_0^2) \quad (8)$$

$H_0 \le h_q \le h_0$ gacha bo'lgan har bir qatlamda depressiya chizig'idan yuqorida joylashgan vertikal quvur chuqurligini kamayishi hisobiga paydo bo'lgan yo'qolgan suv hajmi esa quyidagicha aniqlandi:

$$V_{dep} = V_{to'la} - V_{hozhaq} \quad (9)$$

bu yerda $V_{hozhaq}$ – vertikal quvurdagi hozirgi haqiqiy suv hajmi, u quyidagicha ifodalandi:

$$V_{hozhaq} = 2\pi \int_{r_0}^{R} rh(r)dr \quad (10)$$

Izoh: $V_{hozhaq}$ qiymatini hisoblash uchun Python'da yaratilgan dasturiy moduldan foydalanildi. Unda raqamli integrallash (scipy.integrate.quad) yordamida (r)–(h(r)) juftliklari asosida $\int rh(r)dr$ aniq-sonli hisoblab chiqildi.

$V_{dep}$ aniqlangandan keyin quyidagi formula yordamida qatlamlar bo'yicha suv kamayishi aniqlanadi:

$$\Delta V_i = V(h_{i+1}) - V(h_i)$$

Bu ifoda har bir qatlamda qancha suv kamayganini ko'rsatadi.

Real hajm va qatlam bo'yicha vaqt - Geometrik hajm kamayishi $\Delta V$-dan tuproq turiga mos real suv kamayishi quyidagicha olindi:

$$\Delta V_{real,i} = \Delta V_i \frac{n_i}{100}(1 - CHDNS_i) \quad (11)$$

bu yerda ($n_i$)-tuproq g'ovakligi, $CHDNS_i$ — i-cheklangan dala nam sig'imi. Har bir qatlam uchun vaqt:



ISSN 3030-3907

$$\Delta t_i = \frac{\Delta V_{real,i}}{Q_i} \quad (12)$$

Shunda umumiy vaqt yig‘indisi:

$$t_{um} = \sum_i \Delta t_i \quad (13)$$

## NATIJALAR VA MUHOKAMALAR

Vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi jarayonini baholash maqsadida nazariy ifodalarga asoslangan gidravlik hisob-kitoblar amalga oshirildi. Hisoblashlarda boshlang‘ich parametrlar sifatida quvurdagi suv chuqurligi ($h_0$), suvli qatlam qalinligi ($H_0$), filtratsiya koeffitsienti (k), ta’sir radiusi (R) va quvur radiusi ($r_0$) qiymatlari qabul qilindi. Tadqiqot jarayonida tuproqning mexanik tarkibiga ko‘ra besh xil tuproq turi tanlab olindi va har bir tuproq sharoitida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun zarur bo‘lgan vaqt miqdori aniqlandi.

O‘tkazilgan gidravlik hisoblashlar natijalari tizimli ravishda qayd etilib, ular jadval ko‘rinishida keltirildi. Ushbu natijalar tuproqning fizik-mexanik xususiyatlariga bog‘liq holda drenaj samaradorligini baholash imkonini beradi (1,2,3,4,5,6-jadvallar).

**1-jadval.**

**Qumli tuproqlar sharoitida vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun ketgan vaqtni aniqlash**

| $h_0$, m | $H_0$, m | Q, $m^3$/kun | $V_{real}$, $m^3$ | T, kun | $\Delta V_{real}$, $m^3$ | $\Delta t$, kun | $V_{cu.real}$, $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7.40 | 8.00 | 4.83 | 198.89 | 41.18 | 198.89 | 41.18 | 32617.23 |
| 6.80 | 8.00 | 9.28 | 384.51 | 41.42 | 185.62 | 20.00 | 32431.61 |
| 6.20 | 8.00 | 13.36 | 556.42 | 41.65 | 171.92 | 12.87 | 32259.69 |
| 5.60 | 8.00 | 17.06 | 714.20 | 41.86 | 157.78 | 9.25 | 32101.92 |
| 5.00 | 8.00 | 20.38 | 857.42 | 42.06 | 143.22 | 7.03 | 31958.70 |
| 4.40 | 8.00 | 23.33 | 985.66 | 42.25 | 128.24 | 5.50 | 31830.46 |
| 3.80 | 8.00 | 25.90 | 1098.52 | 42.41 | 112.87 | 4.36 | 31717.59 |
| 3.20 | 8.00 | 28.10 | 1195.64 | 42.55 | 97.12 | 3.46 | 31620.47 |
| 2.60 | 8.00 | 29.92 | 1276.68 | 42.67 | 81.04 | 2.71 | 31539.44 |
| 2.00 | 8.00 | 31.36 | 1341.33 | 42.77 | 64.65 | 2.06 | 31474.79 |
| | | 12.37 | | | 1341.34 | 108.40 | |
| qumli | | | | | | | |



ISSN 3030-3907

**2-jadval.**

**Qumloq tuproqlar sharoitida vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun ketgan vaqtni aniqlash**

| $h_0$, m | $H_0$, m | Q, $m^3$/kun | $V_{real}$, $m^3$ | T, kun | $\Delta V_{real}$, $m^3$ | $\Delta t$, kun | $V_{cu.real}$, $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 7.40 | 8.00 | 4.83 | 181.78 | 37.64 | 181.78 | 37.64 | 29811.45 |
| 6.80 | 8.00 | 9.28 | 351.43 | 37.86 | 169.65 | 18.28 | 29641.79 |
| 6.20 | 8.00 | 13.36 | 508.56 | 38.07 | 157.13 | 11.76 | 29484.67 |
| 5.60 | 8.00 | 17.06 | 652.76 | 38.26 | 144.21 | 8.45 | 29340.46 |
| 5.00 | 8.00 | 20.38 | 783.66 | 38.45 | 130.90 | 6.42 | 29209.56 |
| 4.40 | 8.00 | 23.33 | 900.87 | 38.61 | 117.21 | 5.02 | 29092.36 |
| 3.80 | 8.00 | 25.90 | 1004.03 | 38.76 | 103.16 | 3.98 | 28989.2 |
| 3.20 | 8.00 | 28.10 | 1092.79 | 38.89 | 88.77 | 3.16 | 28900.43 |
| 2.60 | 8.00 | 29.92 | 1166.86 | 39.00 | 74.07 | 2.48 | 28826.37 |
| 2.00 | 8.00 | 31.36 | 1225.95 | 39.09 | 59.09 | 1.88 | 28767.28 |
| qumloq | | | | | | | |
| | | | | | | | |

**3-jadval.**

**Yengil qumloq tuproqlar sharoitida vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun ketgan vaqtni aniqlash**

| $h_0$, m | $H_0$, m | Q, $m^3$/kun | $V_{real}$, $m^3$ | T, kun | $\Delta V_{real}$, $m^3$ | $\Delta t$, kun | $V_{cu.real}$, $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7.40 | 8.00 | 4.83 | 178.13 | 36.88 | 178.13 | 36.88 | 29213.42 |
| 6.80 | 8.00 | 9.28 | 344.38 | 37.10 | 166.25 | 17.91 | 29047.17 |
| 6.20 | 8.00 | 13.36 | 498.36 | 37.30 | 153.97 | 11.53 | 28893.19 |
| 5.60 | 8.00 | 17.06 | 639.67 | 37.50 | 141.31 | 8.28 | 28751.88 |
| 5.00 | 8.00 | 20.38 | 767.94 | 37.67 | 128.27 | 6.29 | 28623.61 |
| 4.40 | 8.00 | 23.33 | 882.80 | 37.84 | 114.86 | 4.92 | 28508.75 |
| 3.80 | 8.00 | 25.90 | 983.89 | 37.98 | 101.09 | 3.90 | 28407.67 |
| 3.20 | 8.00 | 28.10 | 1070.87 | 38.11 | 86.99 | 3.10 | 28320.68 |
| 2.60 | 8.00 | 29.92 | 1143.45 | 38.22 | 72.58 | 2.43 | 28248.10 |
| 2.00 | 8.00 | 31.36 | 1201.36 | 38.31 | 57.90 | 1.85 | 28190.20 |
| yengil qumloq | | | | | | | |



ISSN 3030-3907

**4-jadval.**

**O‘rta qumloq tuproqlar sharoitida vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun ketgan vaqtni aniqlash**

| $h_0$, m | $H_0$, m | Q, $m^3$/kun | $V_{real}$, $m^3$ | T, kun | $\Delta V_{real}$, $m^3$ | $\Delta t$, kun | $V_{cu.real}$, $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 7.40 | 8.00 | 4.83 | 170.84 | 35.37 | 170.84 | 35.37 | 28017.37 |
| 6.80 | 8.00 | 9.28 | 330.28 | 35.58 | 159.44 | 17.18 | 27857.92 |
| 6.20 | 8.00 | 13.36 | 477.95 | 35.78 | 147.67 | 11.05 | 27710.25 |
| 5.60 | 8.00 | 17.06 | 613.48 | 35.96 | 135.53 | 7.94 | 27574.72 |
| 5.00 | 8.00 | 20.38 | 736.50 | 36.13 | 123.02 | 6.04 | 27451.7 |
| 4.40 | 8.00 | 23.33 | 846.65 | 36.29 | 110.15 | 4.72 | 27341.55 |
| 3.80 | 8.00 | 25.90 | 943.60 | 36.43 | 96.95 | 3.74 | 27244.6 |
| 3.20 | 8.00 | 28.10 | 1027.03 | 36.55 | 83.43 | 2.97 | 27161.18 |
| 2.60 | 8.00 | 29.92 | 1096.64 | 36.66 | 69.61 | 2.33 | 27091.57 |
| 2.00 | 8.00 | 31.36 | 1152.17 | 36.74 | 55.53 | 1.77 | 27036.03 |
| o‘rta qumloq | | | | | | | |

**5-jadval.**

**Gil tuproqlar sharoitida vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun ketgan vaqtni aniqlash**

| $h_0$, m | $H_0$, m | Q, $m^3$/kun | $V_{real}$, $m^3$ | T, kun | $\Delta V_{real}$, $m^3$ | $\Delta t$, kun | $V_{cu.real}$, $m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 7.40 | 8.00 | 4.83 | 184.25 | 38.15 | 184.25 | 38.15 | 30216.13 |
| 6.80 | 8.00 | 9.28 | 356.20 | 38.37 | 171.96 | 18.52 | 30044.17 |
| 6.20 | 8.00 | 13.36 | 515.46 | 38.58 | 159.26 | 11.92 | 29884.91 |
| 5.60 | 8.00 | 17.06 | 661.63 | 38.78 | 146.16 | 8.57 | 29738.75 |
| 5.00 | 8.00 | 20.38 | 794.30 | 38.97 | 132.67 | 6.51 | 29606.07 |
| 4.40 | 8.00 | 23.33 | 913.10 | 39.14 | 118.80 | 5.09 | 29487.28 |
| 3.80 | 8.00 | 25.90 | 1017.66 | 39.29 | 104.56 | 4.04 | 29382.72 |
| 3.20 | 8.00 | 28.10 | 1107.63 | 39.42 | 89.97 | 3.20 | 29292.75 |
| 2.60 | 8.00 | 29.92 | 1182.70 | 39.53 | 75.07 | 2.51 | 29217.67 |
| 2.00 | 8.00 | 31.36 | 1242.59 | 39.62 | 59.89 | 1.91 | 29157.78 |
| Gil | | | | | | | |



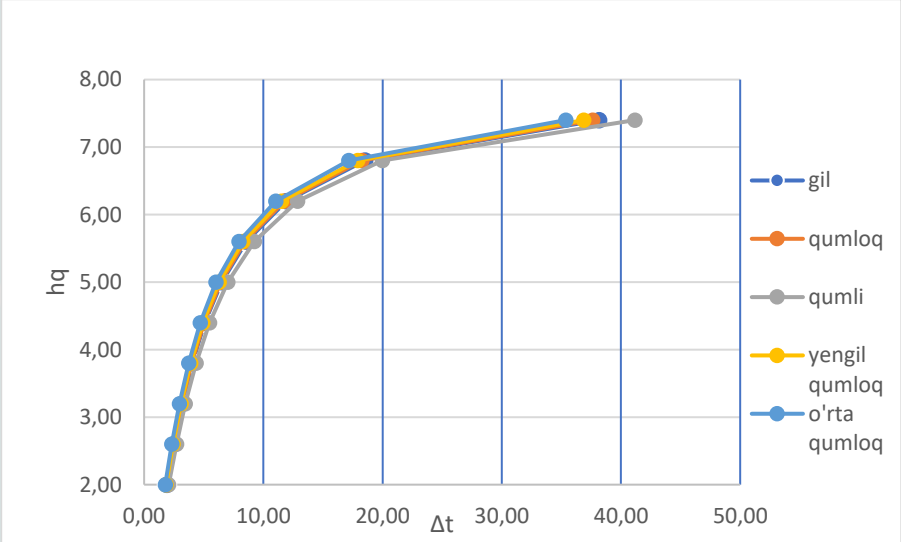
ISSN 3030-3907

**6-jadval.**

**Turli xil tuproqlar sharoitida vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayishi uchun ketgan vaqtni aniqlash**

| Mexanik tarkibiga ko‘ra tuproq turi | CHDNS | G‘ovaklik, % | $V_{real}$, $m^3$ | $t_{um}$, kun |
|---|---|---|---|---|
| Qumli | 0.07 | 39.00 | 1341.33 | 108 |
| Qumloq | 0.22 | 42.50 | 1225.95 | 99 |
| Yengil qumloq | 0.27 | 44.50 | 1201.36 | 97 |
| O‘rta qumloq | 0.33 | 46.50 | 1152.17 | 93 |
| Gil | 0.36 | 52.50 | 1242.59 | 100 |
| | | | | |

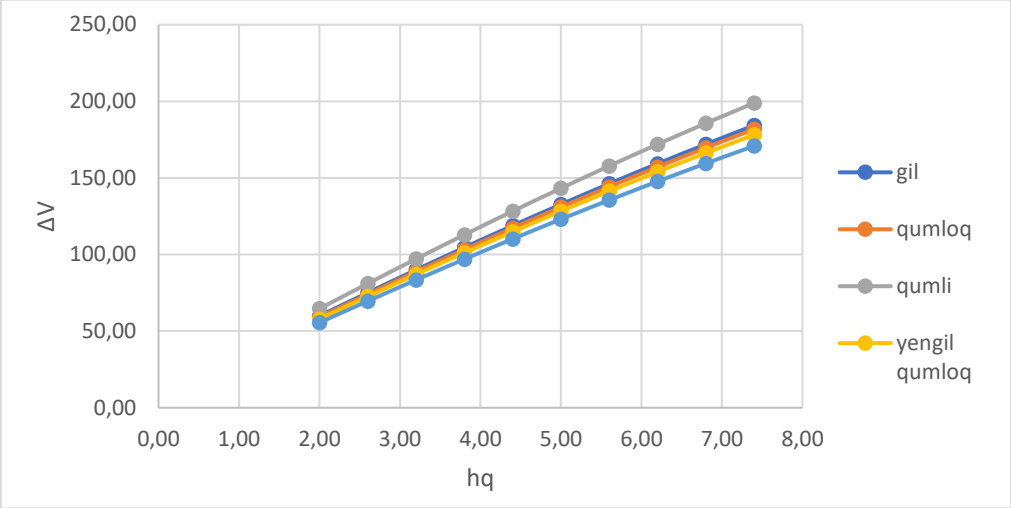
Hisoblash natijalari asosida tuzilgan jadvallardan grafiklar qurildi. Ushbu grafiklar yordamida asosiy gidravlik kattaliklar o‘rtasidagi funksional bog‘lanishlar vizual shaklda ifodalandi. Grafik tahlil gidravlik jarayonlarning dinamikasini yaqqol ko‘rsatib, tuproq xususiyatlari hamda boshlang‘ich parametrlarning drenaj tizimi samaradorligiga ta’sirini aniqroq baholash imkonini berdi (1,2,3,4-rasmlar).




**2-rasm. Yer osti suvlari sathining tushish vaqti- t va vertikal quvurdagi suv chuqurligi -hq orasidagi bog‘lanish grafigi**

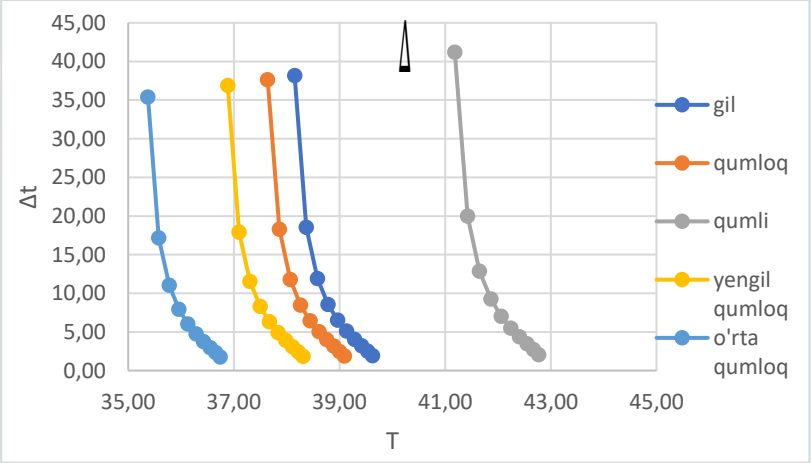
2-rasmda keltirilgan grafik tahlil natijalaridan ko‘rinib turibdiki, vertikal drenaj quvuridagi suv chuqurligi (hq) turli xil tuproq sharoitlarida yer osti suvlari sathining pasayish vaqti bo‘yicha turlicha qiymatlarni namoyon etadi. Tuproq xususiyatlari o‘rtasidagi farqlar nisbatan kichik bo‘lishiga qaramay, grafikdan ko‘rinadiki, har bir tuproq sharoiti o‘ziga xos gidravlik xususiyatlarga ega bo‘lib, loyihalash jarayonida individual muhandislik yechimlarini talab qiladi.


ISSN 3030-3907




**3-rasm. Qatlamdagi Δ*V*-hajm va vertikal quvurdagi suv chuqurligi- hq orasidagi bog‘lanish grafigi**

3-rasmdagi grafik tahlil natijalaridan ko‘rinib turibdiki, qumli va gil tuproqlar vertikal drenaj quvuriga nisbatan ko‘proq yer osti suvlari oqimini shakllantirgan. Qumloq va yengil qumloq tuproqlar o‘rtacha darajadagi oqim qiymatlarini ko‘rsatgan bo‘lsa, o‘rta qumloq tuproqlar eng kam miqdordagi yer osti suvlari oqimini vertikal drenaj quvuriga uzatgan. Ushbu natija tuproqning mexanik tarkibi drenaj jarayonining samaradorligiga bevosita ta’sir etishini yaqqol ko‘rsatib bermoqda.-rasmdagi grafikdan shuni anglash mumkinki qumli va gil tuproqlar vertikal drenaj quvurga nisbatan ko‘proq yer osti suvlari oqimini hosil qilgan, qumloq va yengil qumloq tuproqlar o‘rtacha, o‘rta qumloq tuproqlar esa vertikal drenaj quvuriga kam miqdordagi yer osti suvlari oqimini qabul qilib olgan.

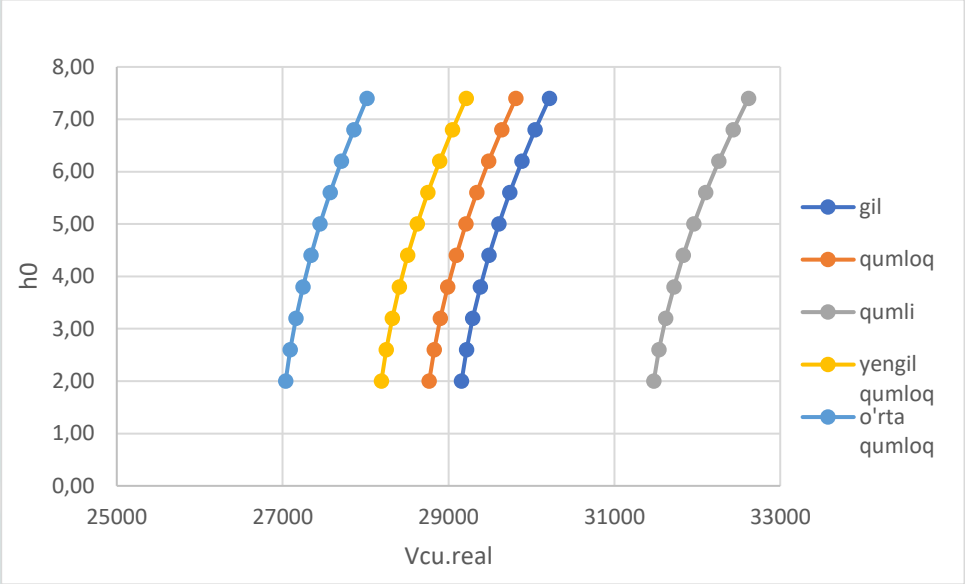



**4-rasm. Barqaror va beqaror harakatda yer osti suvlari sathining tushish vaqtlari orasidagi bog‘lanish grafigi**

4-rasmda keltirilgan grafik tahlil natijalaridan anglash mumkinki, turli xil tuproq sharoitlari yer osti suvlari sathining pasayish vaqtlariga faqat sarf doimiy bo‘lgan holatdagina emas, balki sarf o‘zgaruvchan bo‘lgan sharoitlarda ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Bu holat tuproqning mexanik tarkibi va gidravlik xususiyatlari jarayon dinamikasida muhim rol o‘ynashini, shuningdek,

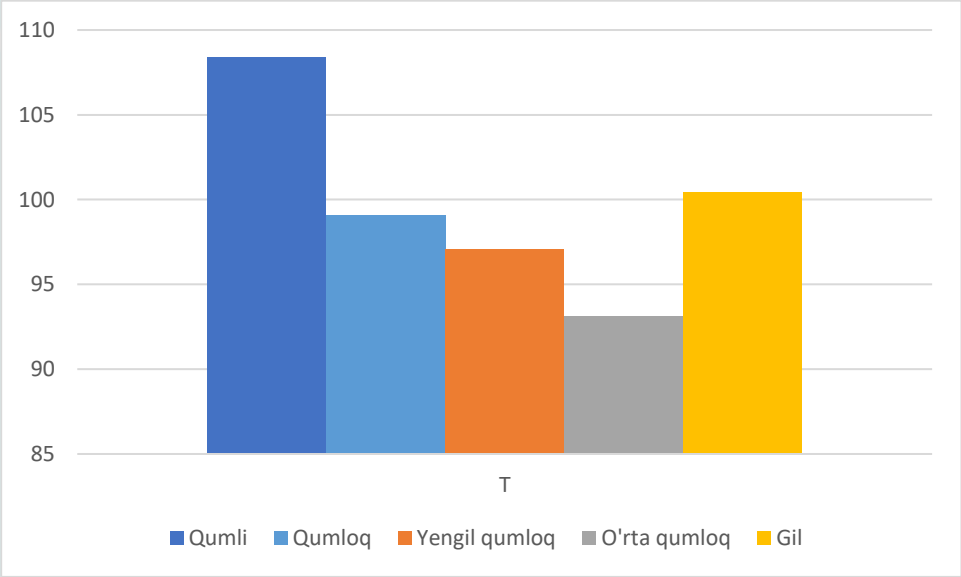

ISSN 3030-3907

loyihalashda o‘zgaruvchan rejimlar sharoitida ham har bir tuproq turi uchun alohida muhandislik yondashuvlarini talab qilishini ko‘rsatadi.




**5-rasm. Vertikal quvurdagi suv chuqurligi – $h_q$ va unga mos keluvchi haqiqiy yer osti suvlari hajmi – Vcu.real orasidagi bog‘lanish grafigi**

5-rasmda keltirilgan grafik tahlil natijalariga ko‘ra, vertikal drenaj quvuri chuqurligiga mos keluvchi haqiqiy yer osti suvlari hajmi turli xil tuproq sharoitlarida sezilarli farqlar bilan namoyon bo‘ladi. Jumladan, qumli va gil tuproqlarda haqiqiy suv hajmi nisbatan yuqori qiymatlarni ko‘rsatgan bo‘lsa, yengil qumloq va qumloq tuproqlarda bu ko‘rsatkich o‘rtacha darajada qayd etilgan. O‘rta qumloq tuproqlarda esa haqiqiy yer osti suvlarining hajmi past qiymatlar bilan ifodalanadi (6-rasm).




**5-rasm. Turli xil tuproq sharoitida yer osti suvlari sathining tushish vaqti**

## XULOSALAR VA AMALIY TAVSIYALAR


ISSN 3030-3907

O‘tkazilgan gidravlik hisoblashlar va grafik tahlillar shuni ko‘rsatdiki, turli xil tuproq sharoitlari vertikal drenaj quvurida yer osti suvlari sathining pasayish jarayoniga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalaridan ma’lum bo‘ldiki:

✓ Suv sathining pasayish vaqti ham, quvurga kelib tushuvchi oqim miqdori ham tuproqning mexanik tarkibiga bevosita bog‘liqdir.

✓ Qumli va gil tuproqlar yuqori oqim va katta hajm qiymatlari bilan ajralib tursa, qumloq va yengil qumloq tuproqlar o‘rtacha ko‘rsatkichlarga ega bo‘ldi. O‘rta qumloq tuproqlar esa eng past qiymatlarni qayd etdi.

✓ Suv sarfi o‘zgaruvchan bo‘lgan holatlarda ham tuproqning mexanik xususiyatlari jarayon dinamikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatib, loyihalashda har bir tuproq uchun alohida muhandislik yechimlarini ishlab chiqishni talab qiladi.

**Amaliy tavsiyalar quyidagilardan iborat:**

1. Vertikal drenaj tizimlarini loyihalashda tuproqning fizik-mexanik xususiyatlari (filtratsiya koeffitsienti, g‘ovaklik, suv o‘tkazuvchanlik) majburiy ravishda hisobga olinishi lozim.
2. Qumli va gil tuproqlarda suv oqimi ko‘proq bo‘lgani uchun drenaj quvurlari o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan konstruksiyalarni qo‘llash maqsadga muvofiqdir.
3. O‘rta qumloq tuproqlar uchun esa suv oqimi kam bo‘lgani sababli drenaj tizimlari zichroq joylashtirilishi yoki chuqurligi optimallashtirilishi talab etiladi.
4. Drenaj tizimlarini monitoring qilishda turli tuproq sharoitlaridagi gidravlik jarayonlarning o‘zgaruvchanligi inobatga olinib, doimiy kuzatuv va davriy hisob-kitoblar olib borilishi zarur.
5. Amaliyotda olingan natijalar keyinchalik gidravlik modellarni takomillashtirish va qishloq xo‘jaligi maydonlarida samarali suv resurslari boshqaruvini tashkil qilishda qo‘llanishi mumkin.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Yang, Y., Zhu, Y., Wu, J., Mao, W., Ye, M.-L., & Yang, J. (2022). Development and application of a new package for MODFLOW-LGR-MT3D for simulating regional groundwater and salt dynamics with subsurface drainage systems. Agricultural Water Management.
2. Arifjanov, A., Samiev, L., Abdulkhaev, Z., Abduraimova, D., Yusupov, S., & Kaletová, T. (2022). Model of urban groundwater level management in drainage systems. Acta Hydrologica Slovaca.
3. Balun, O. (2021). Drainage system construction influence on the groundwater level of reclaimed soils. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 852.
4. Abd-Elaziz, W., Elsaiad, A., Sallam, G., Kuriqi, A., Ahmed, A. A., & Abd-Elaty, I. (2025). Performance of subsurface drainage systems considering groundwater flow directions and network alignment. Frontiers in Earth Science.
5. Nozari, H., & Liaghat, A. (2014). Simulation of Drainage Water Quantity and Quality Using System Dynamics. Journal of Irrigation and Drainage Engineering.



ISSN 3030-3907

6. Turchenyuk, V., Kropyvko, S. M., Koptyuk, R., & Volk, P. P. (2024). Investigation of the groundwater level dynamics in the rice system under different parameters of irrigation and drainage network. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
7. Liu, Q., Mou, X., Cui, B., & Ping, F. (2017). Regulation of drainage canals on the groundwater level in a typical coastal wetlands. Journal of Hydrology, 555, 463–478.
8. Ramoška, E., Bastienė, N., & Šaulys, V. (2011). Evaluation of controlled drainage efficiency in Lithuania. Irrigation and Drainage, 60.
9. Biliaiev, M., & Kozachyna, V. (2025). Modeling of groundwater hydrodynamics in flooded areas. Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture.
10. Xingye, Q. (2008). Dynamic control of drainage and calculation method of drainage spacing. Journal of Hydraulic Engineering.
11. Yimer, E. A., Yadollahi, S., Riakhi, F.-E., et al. (2023). A groundwater level-based filtering to improve the accuracy of locating agricultural tile drain and ditch networks. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation, 122.
12. Kravchuk, A., Kravchuk, O., Chabaniuk, R., & Kravchuk, O. (2023). To the method of distribution drainage pipelines calculation with sloping groundwater level. Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulic.
13. Kumar, K., Singh, J., & Gupta, S. (2006). Investigations on surface and subsurface drainage requirements at regional scale. Irrigation and Drainage, 55.
14. Brandyk, A., Kaca, E., Oleszczuk, R., Urbański, J., & Jadczyszyn, J. (2020). Conceptual Model of Drainage-Sub Irrigation System Functioning. Sustainability.
15. Abdurrasheed, A., Yusof, K., Takaijudin, H., et al. (2020). An integrated technique for assessing flow parameters through subsurface drainage module systems. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 476.


ISSN 3030-3907

# PID BOSHQARUVI VA UNI IKKI BO‘G‘INLI ROBOT MANIPULYATORDA QO‘LLASH

**Xolmurotov Botirjon Tursinboyevich**
***Andijon davlat texnika instituti, dotsent***
***E-mail: xolmurotovbotirjon@gmail.com***
***Tel:+998(93) 2259880***

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada ikki bo‘g‘inli robot manipulyatori uchun PID (proportional–integral–derivative) boshqaruv algoritmi asosida boshqarish tizimi tahlil qilingan. Tadqiqotda manipulyatorning harakat tenglamalari Lagrange usuli yordamida hosil qilindi va MATLAB muhitida modellashtirildi. PID parametrlarining ($K_p$=100, $K_i$=20, $K_d$=10) turli qiymatlarida tizimning barqarorlik xususiyatlari o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, to‘g‘ri tanlangan PID koeffitsiyentlari manipulyator bo‘g‘inlarining harakat aniqligini oshiradi, tebranishlarni kamaytiradi hamda xato signalini minimal darajaga keltiradi. Maqolada olingan natijalar robot manipulyatorlarni sanoat jarayonlarida aniq va engil boshqarish uchun amaliy ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so‘zlar:** PID boshqaruvi, robot manipulyator, 2DOF model, MATLAB, barqarorlik, avtomatik boshqaruv.

**Аннотация.** В данной статье исследуется система управления двухзвенным робот-манипулятором на основе алгоритма PID (пропорционально-интегрально-дифференцирующего). Уравнения движения манипулятора получены методом Лагранжа и смоделированы в среде MATLAB. При различных значениях параметров PID (Kp=100, Ki=20, Kd=10) проведён анализ устойчивости системы. Результаты показывают, что правильно выбранные коэффициенты PID повышают точность движения звеньев манипулятора, снижают колебания и минимизируют сигнал ошибки. Полученные выводы имеют практическое значение для точного и плавного управления промышленными роботами.

**Ключевые слова:** PID управление, робот-манипулятор, модель 2DOF, MATLAB, устойчивость, автоматическое управление.

**Abstract.** This paper presents the control analysis of a two-degree-of-freedom (2DOF) robotic manipulator using a Proportional–Integral–Derivative (PID) control algorithm. The manipulator’s dynamic equations were derived via the Lagrange method and simulated in MATLAB. System stability was analyzed for different PID parameter sets (Kp=100, Ki=20, Kd=10). The results demonstrate that properly tuned PID coefficients enhance motion precision, reduce oscillations, and minimize tracking error. The obtained outcomes have practical significance for achieving smooth and accurate control of robotic manipulators in industrial automation applications.



ISSN 3030-3907

**Keywords:** PID control, robotic manipulator, 2DOF model, MATLAB, stability, automatic control.

**Kirish.**

So‘nggi yillarda robototexnika tizimlarida boshqaruv algoritmlarining aniqligi va barqarorligi masalasi dolzarb muammo sifatida ko‘rilmoqda. Xususan, ko‘p bo‘g‘inli manipulyatorlar sanoat, tibbiyot, kosmik tadqiqotlar va xizmat robotlarida keng qo‘llanmoqda. Ushbu tizimlar uchun ishonchli boshqaruvni ta’minlash mexanik konstruktsiya, sensor ma’lumotlari va aktuatorlar dinamikasini hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

PID (Proportional–Integral–Derivative) boshqaruvi — eng ko‘p ishlatiladigan klassik boshqaruv usullaridan biri bo‘lib, soddaligi, ishonchliligi va real vaqtli moslashuvchanligi bilan ajralib turadi. U manipulyator bo‘g‘inlarining harakatini aniq izlashni, barqaror holatdagi xatoni kamaytirishni va ortiqcha tebranishlarni bostirishni ta’minlaydi.

Ko‘p sonli ilmiy manbalarda PID boshqaruvi turli mexanik tizimlarga tatbiq etilgan bo‘lsa-da, ikki bo‘g‘inli manipulyatorlar uchun ularning nolinear (chiziqsiz) xususiyatlari sababli optimal sozlash masalasi hanuz ochiq qolmoqda. Shu sababli ushbu tadqiqotda 2DOF manipulyator modeli asosida PID boshqaruvining dinamik samaradorligi o‘rganildi va MATLAB muhitida modellashtirish natijalari tahlil qilindi.

Tadqiqotdan maqsad — PID parametrlarining manipulyator barqarorligiga, aniqligiga va xato signaliga ta’sirini tahlil qilish hamda optimal boshqaruv koeffitsiyentlarini tanlash orqali tizim sifatini yaxshilashdir.

**Metodika.** 2-bo‘g‘inli manipulyatorning matematik modeli.

Ikki bo‘g‘inli manipulyator — bu harakatlanish erkinligi 2 ta bo‘lgan mexanik tizim bo‘lib, u inson qo‘liga o‘xshash tarzda tekislikda harakatlana oladi. Bunday manipulyatorlar asosan ikkita aylanma bo‘g‘indan tashkil topadi.

Tizimning dinamikasi **Lagrange tenglamasi** asosida ifodalanadi:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial V}{\partial q_i} = \tau_i, \quad i = 1, 2$$

bu yerda:

$q_1, q_2$ - bo‘g‘in burchaklari

$\dot{q}_1, \dot{q}_2$ - ularning burchak tezliklari

$T$ - kinetik energiya

$V$ - potensial energiya

$\tau_1, \tau_2$ - har bir bo‘g‘inga ta’sir etuvchi boshqaruv momentlari.

Kinetik energiya ifodasi:

$$T = \frac{1}{2} m_1 (L_1 \dot{q}_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 [L_1^2 \dot{q}_1^2 + L_2^2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + 2 L_1 L_2 \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cos q_2]$$



ISSN 3030-3907

Potensial energiya esa:

$$V = m_1 g L_1(1 - \cos q_1) + m_2 g[L_1(1 - \cos q_1) + L_2(1 - \cos(q_1 + q_2))]$$

Shu asosda manipulyatorning harakat tenglamalari quyidagicha yoziladi:

$$M(q)\ddot{q} + C(q,\dot{q})\dot{q} + G(q) = \tau$$

bu yerda:

$M(q)$ - inertsiya matritsasi,

$C(q,\dot{q})$ - Koriolis va markazdan qochma kuchlar matritsasi,

$G(q)$ - tortishish kuchlari vektori,

$\tau$ - PID boshqaruv orqali hosil qilinadigan momentlar vektori.

**PID boshqaruv algoritmi.**

PID boshqaruv signali quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu yerda:

$e(t)=q_{ref}(t)-q(t)$ - xato signali,

$K_p$, $K_i$, $K_d$ - mos ravishda proporsional, integral va differensial koeffitsiyentlar.

Mazkur tadqiqotda quyidagi qiymatlar tanlandi:

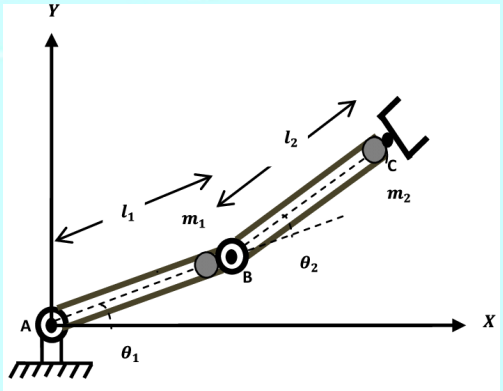
$$K_p=100,\ K_i=20,\ K_d=10$$

Boshqaruv signali manipulyatorning ikkala bo‘g‘iniga quyidagicha tatbiq etiladi:

$$\tau_1=u_1(t),\ \tau_2=u_2(t)$$

2DOF manipulyator modeli chizmasi

Quyidagi chizma ikki bo‘g‘inli manipulyatorning sxematik ko‘rinishini ifodalaydi:




Bu modelda birinchi bo‘g‘in bazaga biriktirilgan, ikkinchi bo‘g‘in esa birinchisiga ulanadi. Har ikkala bo‘g‘inga alohida PID boshqaruv signali beriladi.

| Parametr | Belgilanish | Qiymat | O‘lchov birligi |
|---|---|---|---|
| 1-bo‘g‘in uzunligi | $L_1$ | 1 | m |
| 2-bo‘g‘in uzunligi | $L_2$ | 1 | m |
| 1-bo‘g‘in massasi | $m_1$ | 1 | kg |
| 2-bo‘g‘in massasi | $m_2$ | 1 | kg |



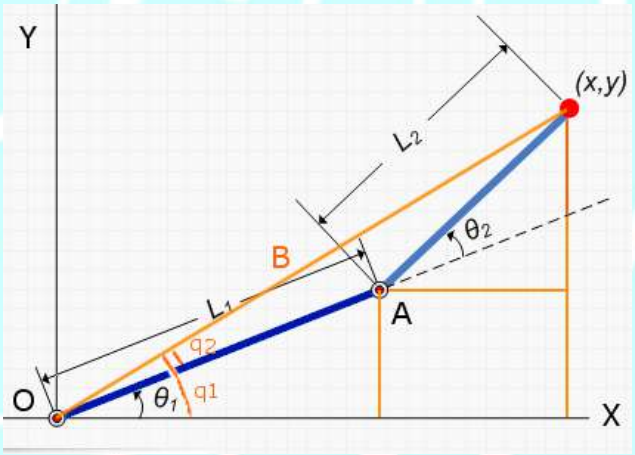
ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gravitatsiya | g | 9.81 | m/s² |
| PID koeffitsiyentlari | $K_p$, $K_i$, $K_d$ | 100, 20, 10 | — |

**Natijalar.**

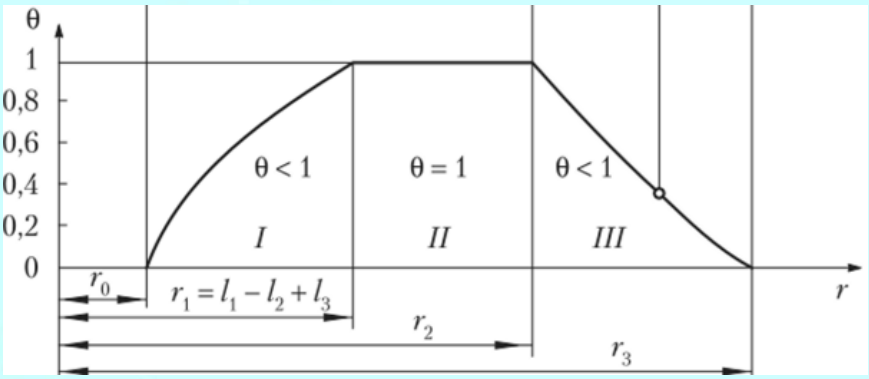
**Simulyatsiya natijalari.** Tadqiqot natijasida ikki bo‘g‘inli manipulyatorning PID boshqaruv ostidagi harakati MATLAB muhitida modellashtirildi. Simulyatsiya 5 soniya davomida bajarilib, manipulyatorning har ikki bo‘g‘ini uchun burchak o‘zgarishlari, xatolik va boshqaruv signallari o‘lchandi.
Quyidagi grafiklar modellashtirishdan olingan natijalarni tasvirlaydi.

**Bo‘g‘in burchaklarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi.** *$q_1(t)$ va $q_2(t)$* - manipulyator bo‘g‘inlarining burchak harakati.




**Tahlil.** 1-bo‘g‘in ($q_1$) 0 dan 45° gacha, 2-bo‘g‘in ($q_2$) esa 0 dan 30° gacha silliq harakatlanadi. 1,2–1,5 s oralig‘ida o‘tkinchi jarayon kuzatiladi, so‘ng tizim barqarorlashadi. Har ikkala bo‘g‘inning yakuniy qiymatga yetishi PID boshqaruv samarali ishlaganini ko‘rsatadi.

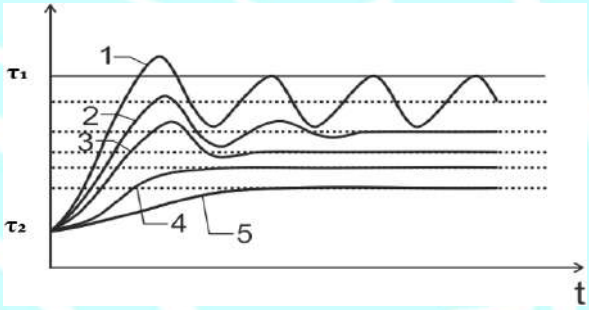
**Xatolik funksiyasi (e(t)) grafigi.** Xatolik funksiyasi vaqt bo‘yicha o‘zgaradi:




**Tahlil.** Boshlang‘ich vaqtda xatolik yuqori (taxminan 0.7 rad), ammo 2 soniya ichida 0 ga yaqinlashadi. Bu PIDning differensial (D) komponenti tebranishlarni kamaytirganini va tizimning barqarorligini ta’minlaganini ko‘rsatadi.

**Boshqaruv signali (PID chiqish) grafigi.** Har ikki bo‘g‘inga uzatilgan boshqaruv signallari ($\tau_1$, $\tau_2$) quyidagicha:


ISSN 3030-3907




**Tahlil.** Boshqaruv momenti dastlab yuqori qiymatga ega bo‘ladi (dinamik o‘tish davri sababli), keyin esa kamayib, barqaror holatga o‘tadi. Bu manipulyator mexanik qarshiliklarini yengish uchun zarur boshlang‘ich kuchni aks ettiradi.

**Xulosa.** Tadqiqotda ikki bo‘g‘inli manipulyator uchun PID boshqaruv tizimi ishlab chiqildi va MATLAB muhitida modellashtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki:

- PID algoritmi manipulyatorning barqarorligi va aniqligini sezilarli oshiradi.
- Harakat jarayonida o‘tkinchi tebranishlar qisqarib, ustma-ust chiqish minimal bo‘ldi.
- Tizim 2 soniya ichida barqaror holatga erishdi va xatolik nolga yaqinlashdi.
- Modellashtirish natijalari PID boshqaruvning real robot tizimlarida amaliy qo‘llanishi mumkinligini isbotlangan.

## ADABIYOTLAR

1. A. Singh, R. Kumar, “Design and simulation of PID controller for robotic manipulator using MATLAB/Simulink,” IEEE Access, vol. 9, pp. 24562–24571, 2021.

2. J. Park, H. Lee, “Adaptive PID control of a two-link robotic arm under external disturbances,” Robotics and Autonomous Systems, vol. 141, pp. 103798, 2021.

3. Botirjon, X., & Dilshodbek, T. (2024). OMBORDAGI MAHSULOTLARNI TAQSIMLASHNI AVTOMATLASHTIRISH. FAN, JAMIYAT VA INNOVATSIYALAR, 1(10), 25-27.

4. Y. Zhao, K. Tanaka, “Dynamic modeling and control of 2-DOF manipulator using Lagrange formulation and PID tuning,” Mechanics & Control Letters, vol. 65, pp. 39–45, 2023.



ISSN 3030-3907

# MOYLI TRANSFORMATORLARNI XIZMAT QILISH MUDDATINI ANIQLASHDA YUKLAMA TOKLARINING KORELYATSIYASINI HISOBLASH

**Tog‘aymurodov San’at Zafar o‘g‘li**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti doktoranti*
*E-mail: togaymurodovsanat1509@gmail.com*
**Rasulova Barchinoy Ilhomiddin qizi**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti doktoranti*
*E-mail: Rasulova.barchinoy95@gmail.com*

**Annotatsiya**: Ushbu maqola moyli transformatorlarda yuklama toki spektri va vaqt bo‘yicha dinamikasidan kelib chiqadigan eng issiq nuqta haroratini modellashtirish hamda izolyatsiya umriga ta’sirini baholashga bag‘ishlangan. Taklif etilgan yondashuvda yuklama ko‘rsatkichi aniqlanadi, yog‘ning yuqori harorati va chulg‘amning eng yuqori harorati issiqlik ko‘tarilish eksponentlari asosida bog‘lanadi. O‘tish jarayonlari eksponensial yaqinlashuv modeli bilan ifodalanadi hamda muhit, yog‘ va o‘ram komponentlarining yig‘ma termik ta’siri sifatida qabul qilinib yakunda yuklama toki va muhit hosil qilgan eng issiq nuqtaning izolyatsiyaga ta’siri hisoblab chiqiladi.

**Kalit so‘zlar:** Yuklama toki, eksponensial bog‘lanish, nominal harorat, o‘ramlardagi harorat, Arrhenius qonuni, magnit o‘zak, kumulyativ zarar, konstruktiv resurs.

**Аннотация:** Данная статья посвящена моделированию температуры наиболее нагретой точки, возникающей в результате спектра тока нагрузки и его временной динамики в маслонаполненных трансформаторах, а также оценке её влияния на срок службы изоляции. В предложенном подходе определяется коэффициент нагрузки, при этом температура верхних слоёв масла и температура наиболее нагретой точки обмотки связываются на основе экспоненциальных зависимостей теплового подъёма. Переходные процессы описываются экспоненциальной моделью приближения, а совокупное тепловое воздействие окружающей среды, масла и обмоток рассматривается как единая система. В заключение рассчитывается влияние наиболее нагретой точки, возникающей под действием тока нагрузки и окружающих условий, на изоляцию.

**Ключевые слова:** ток нагрузки, экспоненциальная зависимость, номинальная температура, температура обмоток, закон Аррениуса, магнитный сердечник, кумулятивное повреждение, конструктивный ресурс.

**Annotation:** This article is devoted to modeling the hottest-spot temperature arising from the load current spectrum and its time dynamics in oil-immersed transformers, as well as to evaluating its effect on insulation life. In the proposed



ISSN 3030-3907

approach, the load factor is determined, and the top-oil temperature and the winding hottest-spot temperature are linked based on thermal rise exponents. Transient processes are expressed through an exponential approximation model, and the combined thermal influence of the ambient, oil, and winding components is considered. Finally, the impact of the hottest spot generated by the load current and ambient conditions on the insulation is calculated.

**Keywords:** Load current, exponential relationship, nominal temperature, winding temperature, Arrhenius law, magnetic core, cumulative damage, structural lifetime.

**Kirish**

Elektr ta’minoti tizimida moyli transformatorlarning xizmat muddati asosan yuklama toki spektri va vaqt bo‘yicha dinamikasidan kelib chiqadigan eng issiq nuqta harorati orqali belgilanadi hamda transformatorlarning yuklama tokining oniy qiymati moy haroratiga ta’sir ko‘rsatadigan asosiy omillardan biri sifatida baholanadi. Amaliy modelda tokning yuklama qiymati (1) formula orqali aniqlanadi [1].

$$K(t)=\frac{I(t)}{I_{nom}} \qquad (1)$$

Bu yerda K(t)– tok yuklanishning ulush qiymati, I(t)– chiquvchi tokning vaqt bo‘yicha oniy qiymati, $I_{nom}$– transformatorning tokining ma’lumotidagi chiquvchi nominal tok.

(1) ifoda orqali aniqlangan yuklanish darajasi va shu orqali yuklama tokining oniy qiymati nominaldagi bilan taqqoslab olinadi. Yuklama toki transformator haroratining oshishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi va Arrhenius tipidagi eskirish funksiyasi orqali yo‘qotilgan umr integrallanishi natijasida uning xizmat muddatini o‘zgarishini aniqlash imkoni bo‘ladi. Transformatorlardagi eng issiq nuqta harorati uning chulg‘amlarida bo‘lganligi sababli, $t_{e.i}$– transformatorning eng issiq nuqtasining gradient qiymati ta’sir etuvchi temperaturalarning yig‘indisi sifatida qaraladi hamda izolyatsiya qog‘ozining umrini belgilovchi, moy sifatiga ta’sir ko‘rsatuvchi harorat nuqtasi sanaladi. Uning umumiy ifodasini quyidagicha yozish mumkin [2].

$$t_{e\,i} = t_{muhit}+t_{m.max}+t_{o‘r.max} \qquad (2)$$

Bu yerda: $t_{muhit}$ – muhit harorati, $t_{m.max}$ – moy eng yuqori harorati, $t_{o‘r.max}$ – chulg‘amlarning maksimal harorati $t_{e.i}$ – transformatorni eng yuqori harorat nuqtasini baholovchi miqdorga faqatgina haroratlar yig‘indisi ta’sir ko‘rsatibgina qolmay yuklama tokining yuklanish miqdori ham muhim ahamiyat kasb etadi. (2) formula orqali umumiy holda transformatorlardagi eng issiq nuqta haroratini aniqlash mumkin bo‘ladi [3].

**ADABIYOTLAR TAHLILI**

Transformatorning yuklama toki uning issiqlik rejimini aniqlovchi asosiy omil hisoblanadi. León-Martínez va boshqalar (2023) yuklama tokining garmonik



ISSN 3030-3907

spektri va uning issiqlik yo‘qotishlariga ta’sirini baholab, harmoniklar natijasida chulg‘am alyuminiy yo‘qotishlari 15–25 % gacha ortishini aniqladilar. Pejovski (2017) esa yuklama tokining shakli va amplitudasi o‘zgarishi transformatorning issiqlik barqarorligini buzishini ko‘rsatadi. Shu sababli, yuklama toki vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘lganda, issiqlik o‘tish jarayonlari dinamik modellashtirishni talab qiladi. Eng issiq nuqta harorati izolyatsiya qarishining asosiy ko‘rsatkichi sifatida IEEE C57.91-2011 va IEC 60076-7 standartlarida keltirilgan. Arrhenius qonuni bo‘yicha harorat 6 °C ga oshsa, izolyatsiya umrining yarmi kamayadi. Shunga asosan Chen va boshqalar (2024) issiqlik ko‘tarilish eksponentlari yordamida transformatorning issiqlik o‘tish modelini ishlab chiqib, yog‘ va chulg‘am komponentlari uchun vaqt kechikish konstantalarini aniqlashdi. Ularning ishlari transformator ichidagi issiqlik gradientlarini aniqlashda eksponensial yaqinlashuv modelining aniqligini tasdiqlaydi [4,5].

Ko‘plab tadqiqotlar yuklama toki va harorat orasidagi bog‘lanishni eksponensial yoki differensial shaklda ifodalaydi. Masalan, Amrollahi (2011) garmonik yuklar ostida transformator yo‘qotishlari va umrini baholashda termik vaqt konstantasini kiritgan. Unga ko‘ra, issiqlik ko‘tarilish tezligi yuklama tokining kvadratiga proporsional hisoblanadi. Yuqoridagi aniqlanishlarga asosan metodologiyamizni shakllantiramiz.

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Moyli transformatorlarda izolyatsion moyning harorati ko‘tarilishini yoki tushishiga asosan yuklama toklarining qiymati ta’sir ko‘rsatadi hamda aniqlangan har bir o‘sish yoki kamayish qiymatlatlari transformatorning haroratiga ham bevosita o‘z ta’sirini ko‘rsatadi. Harorat ortishi transformatorlarning eng issiq nuqtasi, ularning moyining sirt qismidagi haroratga o‘z ta‘sirini ko‘rsatmay qolmaydi. Izolyatsiyaga va transformator haroratiga ta’sir ko‘rsatuvchi nuqta sifatida ayni shu nuqta qaraladi. Shu xulosaga muvofiq eng yuqori haroratga ega nuqta harorati yuklama 237okening qiymatidan kelib chiqib quyidagicha bog‘lanishga ega bo‘ladi [6].

$$T_{max.y} = t_{nom} \cdot \left(\frac{K^2 R+1}{R+1}\right)^n \qquad (3)$$

Bu yerda $t_{nom}$– transformatorning nominal holatdagi harorati, K – yuklanish darajasi, R–o‘ramdagi yoqotishlarning magnit o‘zakdagi yoqotishlarga nisbati, n–issiqlik ko‘tarilish eksponenti.

(3) formula orqali aniqlangan transformator yog‘ining eng issiq nuqtasi ifodasini yana ham aniqroq shaklda (4) formula bilan ifodalaymiz [7].

$$T_{max.y} = t_{nom} \cdot \left(\frac{K^2 \frac{P_1}{P_2}+1}{\frac{P_1}{P_2}+1}\right)^n \qquad (4)$$



ISSN 3030-3907

Bu yerda $P_1$– nominal yuklamadagi o‘ramlardagi yo‘qotishlar, $P_2$– Magnit o‘zakdagi nominal yuklamadagi yo‘qotishlar

Keyingi qadamda $t_{max.y}$ ning haroratiga chiqquncha qancha harorat ko‘tarilganini aniqlab olamiz

$$\Delta t = t_{max\ y} - (t_{max\ y} - t_0)\, e^{\frac{-\tau}{\tau max}} \qquad (5)$$

Bu yer $\Delta t$ yog‘ haroratining maksimal harorat va dastlabki harorat o‘rtasidagi farqi, $t_{max.y}$– yog‘ning ustki qismidagi maksimal harorat, $t_0$– yuklanishdan oldingi harorat, $-\tau$– $t_{max}$ga chiqish vaqti $\tau_{max}$– maksimal qancha vaqt shu haroat saqlanib turilganligi.

Keyingi qadamda o‘ramlarning haroratini ham e’tiborga olgan holda hisoblaymiz chunki o‘ramlarning qizishi ham izolyatsiya umriga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi o‘ramning $t_{e.i}$ ga nisbatan harorati (6) formula orqali aniqlaymiz.

$$T_{o‘r.max}=t_{o‘r.n}\cdot K^m \qquad (6)$$

Bu yerda $t_{o‘r.max}$– o‘ramning maksimal harorati, $t_{o‘r.n}$– o‘ramning nominal holdagi harorati, K– yuklanish darajasi, m– termik yuklama eksponenti.

Keyingi bosqichda o‘ram harorati dastlabki bilan taqqoslaganda qanchaga oshganligini aniqlab olamiz [8].

$$\Delta t_{o‘r}=t_{o‘r.max}-(t_{o‘r.max}-t_{o‘r.n})e^{\frac{-\tau}{\tau max}} \qquad (7)$$

Yakunda izolyatsiyaning qarishiga sabab bo‘ladigan umumiy haroratlarning yig‘indisi orqali eskirish va qarish jarayonini aniqlaymiz. (8) formula moyli transformatorlarda izolyatsiyaga eng ko‘pi bilan qancha harorat ta’sir etishini aniqlash formulasi bo‘lib bu orqali izolyatsiyaning yuklama tokining o‘zgarishi natijasida qanchaga qarishini aniqlash imkonini beradi.

$$T_{e.i}=t_{tashqi}+t_{o‘r}+t_{moy} \qquad (8)$$

Eng asosiy va hal qiluvchi qadam hisoblanadigan izolyatsiyaning qarish tezligini aniqlash aniq ketma ketlik asosida davom etmay exponensial ko‘rinishda o‘zgarib uni hisoblash uchun reaksiya tezligi qanchaga tezlashganini aniqlashga qaratilgan Arrhenius tenglamasidan foydalanamiz chunki Arrhenius tenglamasi reaksiyaning qanchalik tez amalga oshishi hamda jarayonni borishi qanchalar tezlashganligini aniqlashda qo‘llaniladigan asosiy qonun hisoblanadi [9].

**MUHOKAMA VA NATIJALAR**

Transformatorning konstruktiv resursini xizmat muddati yuqoridagilarga asosan aniqlanadi hamda qarish tezlanishi (9) formula orqali aniqlanadi.

$$F_{AA}(t)=exp\left(\frac{\frac{E_a}{R}}{t_n+273.15}-\frac{\frac{E_a}{R}}{t_{e.i}+273.15}\right) \qquad (9)$$

Bu yerda $E_a$– furanlar ajralishida talab qilinadigan energiya miqdori yoki aktivatsiya energiyasi R– universal gaz doimiysi $t_n$ – transformatorning normal temperaturasi ishlash holatidagi $t_{e.i}$– transformatorning eng issiq nuqtasining


ISSN 3030-3907

harorati. Hisoblashlar ayni bir vaqt uchun endi jarayon murakkablashsa ko‘rinish farq qiladi va har bir oraliq vaqt uchun Arrheniuss qonunini qo‘llash shart hisoblanadi.

Shunga muvofiq quvvat 20MVA va kuchlanishi 110/6KV li transformatordan olingan qiymatlar asosida metodologiyani tadqiq qiladigan bo‘lsak, 1-jadval ma’lumotlariga tayanib yuklama tokining o‘zgarishini ko‘rib chiqamiz.

**1-jadval**

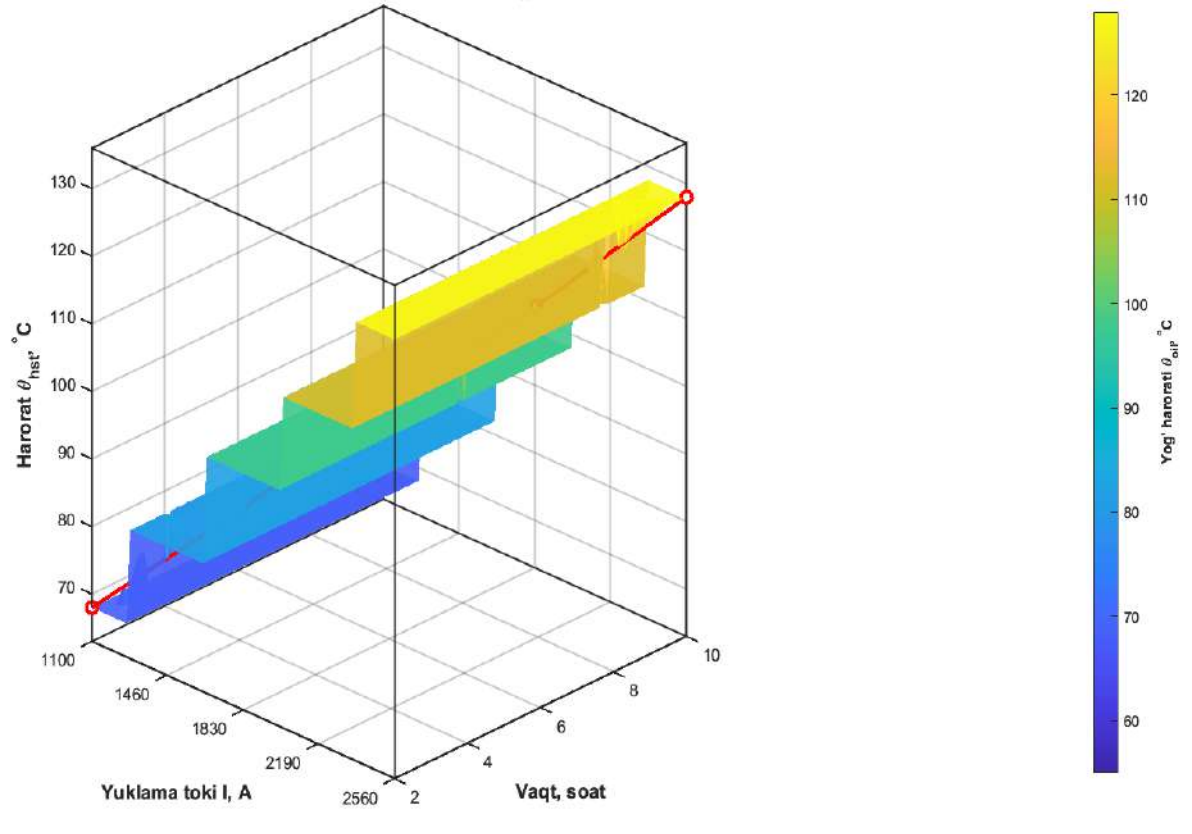
**Yuklama tokining o‘zgarishi va unga bog‘liq issiqlik parametrlari**

| № | Yuklanish darajasi (Load level, %) | Yuklama toki (I, A) | Eng issiq nuqta harorati (θhst, °C) | Yog‘ harorati (θoil, °C) | Vaqt (t, soat) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 60 % (yengil yuklama) | 1100 | 68 | 55 | 2 |
| 2 | 80 % (normal ish rejimi) | 1460 | 82 | 65 | 4 |
| 3 | 100 % (nominal yuklama) | 1830 | 98 | 75 | 6 |
| 4 | 120 % (qisqa muddatli ortiqcha yuk) | 2190 | 112 | 85 | 8 |
| 5 | 140 % (avariyaviy yuklama) | 2560 | 128 | 96 | 10 |

1-jadvalga muvofiq yuklama toklarini simulyatsiyasini MATLAB SIMULINK dasturida tekshirib ko‘ramiz hamda natijada yuklama toklarining haroratga bog‘liqlik korelyatsiyasini 3D ko‘rinishda hosil qilamiz.



ISSN 3030-3907




**1-rasm. Yuklama toklarining haroratga bog‘liqlik 3D ko‘rinishi**

Olingan xulosalarga movofiq, harorat o‘zgarishining ekvivalent qarish tezlanishini aniqlab olamiz. Chunki moyli transformatorlarda harorat o‘zgarishi, yuklama toklarining oniy qiymatlari bir xil bo‘lmasligi sababli izolyatsiyaning qarish tezlanishi ayni bir qonuniyat ketma-ketligi bo‘yicha o‘zgarmaydi. Ayni shu sabab uchun ham qarish tezlanishining ekvivalent qiymatini (10) ifoda orqali aniqlaymiz hamda maqsad qilingan yuklama toklari ta’sirida izolyatsiyaning eskirishini eksponensial ifodasini hosil qilamiz [10-14].

$$F_{EQA}=\frac{\sum_{i=1}^{n} F_{AA}\Delta t}{\sum_{i=0}^{n} \Delta t} \qquad (10)$$

## XULOSA VA TAKLIFLAR

Maqoladagi analiz va tahlillar asosida xulosa shundan iboratki, transformatorda qarish tezlanishi aniqlangandan so‘ng bevosita umrni hisoblash imkoniyati mavjud bo‘ladi. Aniqlanishlar va ketma-ketliklar faqat yuklama tokining o‘zgarishiga qarab xulosa qilingan, transformatorlarda boshqa kumulyativ zarar ulushlari ham transformator umrini qisqarishiga sabab bo‘ladi. Transformatorlarning titrashi natijasida yuzaga keladigan mexanik zararlarning yig‘indisi, transformator differensial himoyasidan olinadigan va transformator himoya tizimlarining ishlashi natijasida yuzaga keladigan kumulyativ zararlarning yig‘indisi ham transformatorlarni konstruktiv resurslarining qisqarishiga sabab bo‘ladigan boshqa omillar sirasiga kiradi.


ISSN 3030-3907

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tog‘aymurodov S.Z., Ataullayev N.O., Rasulova B.I “Moyli transformatorlarni qolgan xizmat qilish muddatini birlamchi parametrlaridan kelib chiqqan holda tashxislash” Konchilik Xabarnomasi jurnali, Navoiy 2025 DOI:10.54073/GV.2025.3.102.021, 98-103 betlar
2. S.Z. Tog‘aymurodov “Transformatorlarning ishlash jarayonlarida temperaturaning o‘zgarishi va uning ta‘sir natijasida magnit o‘zakning ferromagnit xususiyatini yo‘qotish sabablari” Journal of Advances in ENERGY Engineering Technology Vol.6(18) Navoi, 2025, 37-41 betlar
3. Ataullayev A.O., Tog‘aymurodov S.Z. “Transformatorlarda magnit o‘tkazgichlarining tashqi elektr maydonini kuchaytirishi sabablari” Farg‘ona davlat texnika universiteti ilmiy texnik jurnali–2025/29/4 Farg‘ona, 103-107 betlar.
4. V. León-Martínez, E. Peal, C. A. M. Montero, L. M. Cárdenas, “Assessment of Load Losses Caused by Harmonic Currents”, *Environments*, 2023, Article ID 177, 1-17 betlar
5. JRB Leynes, “Design of a Load Monitoring System for a Distribution Transformer”, *European Journal of Engineering and Technology Research (EJ-ENG)*, 2024, 12-17 betlar
6. D. Pejovski, “Impact of different harmonic loads on distribution transformer”, *Procedia Engineering*, Elsevier, 2017, Vol. [4], 28-33–betlar
7. J. Faiz, “Derating of transformers under non-linear load current and harmonics”, *IET Electric Power Applications*, 2015, Vol. 9, No. 6, 402– 409 betlar
8. H. Chen et al., “Assessment of voltage harmonics’ impact on the maximum temperature in transformers”, *Scientific Reports*, 2024, 63-69 betlar
9. Александров Г.Н. Режимы работы трансформаторов // Учебное пособие / Санкт-Петербург 2006 г. 143. с.
10. Серебряков А.С. Трансформаторы // Учебное пособие для вузов /Издательский дом МЭИ, -Москва 2013г. 361. с.
11. О.У. Зохидов, М.В. Меркулов. Исследование потенциала и эффективности применения возобновляемой энергии на горных предприятиях Республики Узбекистан. Новые идеи в науках о Земле, 2021г. 57-61 с.
12. O.U. Zokhidov, O.O. Khoshimov, S.S. Khalilov. Experimental analysis of microges installation for existing water flows in industrial plants. E3S Web of Conferences, 2023.
13. О.У. Зохидов, Б.Х. Шомуродов. СБШ-250МН бурғилаш дастгоҳи қурилмаларининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича илмий таҳлил ва техник ечимлар. Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие, 2024 г. 42-51с.



ISSN 3030-3907

14. S.K. Alimhodzhaev, O.U. Zakhidov, M.H. Taniev Asynchronous phase rotor generators for power planes operating parallel with a network. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 2019 y. 79-86 p.p.



ISSN 3030-3907

УДК: 621.314.25

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В РАЗВИТИИ SMART GRID: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ

**Абдуллабекова Д.Р.**
***Ташкентский университет информационных технологий, кафедра «СЭС», доцент.***
***E-mail: abdullabekova_94@mail.ru***
**Шукуруллоев С.А.**
***Ташкентский университет информационных технологий, кафедра «СЭС», ассистент.***

**Аннотация:** В статье предложен усовершенствованный подход к развитию интеллектуальных энергетических систем (Smart Grid), основанный на интеграции технологий искусственного интеллекта, ситуационного управления и семантического моделирования. Проведён сравнительный анализ уровня цифровизации электроэнергетики в Узбекистане, России, Китае и Европейском союзе. Разработана архитектура интеллектуальной среды поддержки стратегических решений, объединяющая онтологические, когнитивные и вероятностные модели. Представлены формальные зависимости, описывающие динамику цифровизации энергетики и её влияние на устойчивость энергосистем.

**Ключевые слова:** Smart Grid, цифровая энергетика, ситуационное управление, семантическое моделирование, искусственный интеллект, стратегическое планирование.

**Abstract:** The article proposes an improved approach to the development of intelligent energy systems (Smart Grid) based on the integration of artificial intelligence technologies, situational management, and semantic modeling. A comparative analysis of the level of digitalization of the electric power industry in Uzbekistan, Russia, China, and the European Union was conducted. An architecture of an intellectual environment for supporting strategic decisions has been developed, combining ontological, cognitive, and probabilistic models. Formal relationships describing the dynamics of energy digitalization and its impact on the stability of energy systems are presented.

**Keywords:** Smart Grid, digital energy, situational management, semantic modeling, artificial intelligence, strategic planning.

**Annotatsiya:** Maqolada sun’iy intellekt, vaziyatlarni boshqarish va semantik modellashtirish texnologiyalarini integratsiyalashga asoslangan intellektual energiya tizimlarini (Smart Grid) rivojlantirishning takomillashtirilgan yondashuvi



ISSN 3030-3907

taklif etilgan. O‘zbekiston, Rossiya, Xitoy va Yevropa Ittifoqida elektr energetikasini raqamlashtirish darajasi qiyosiy tahlil qilingan. Ontologik, kognitiv va ehtimoliy modellarni birlashtirgan strategik qarorlarni qo‘llab-quvvatlashning intellektual muhiti arxitekturasi ishlab chiqilgan. Energetikani raqamlashtirish dinamikasi va uning energiya tizimlari barqarorligiga ta’sirini tavsiflovchi rasmiy bog‘liqliklar keltirilgan.

**Kalit so‘zlar:** Smart Grid, raqamli energetika, vaziyatlarni boshqarish, semantik modellashtirish, sun’iy intellekt, strategik rejalashtirish.

**Введение**

В начале XXI века концепция Smart Grid стала одним из ключевых направлений энергетической модернизации. По данным Международного энергетического агентства (IEA, 2024), уровень проникновения интеллектуальных технологий в энергосистемах развитых стран превышает 60%.

Однако в Республики Узбекистан, несмотря на существование программы *«Цифровая экономика»*, цифровизация энергетики остаётся на уровне 30–35%, что значительно ниже показателей Китая (55%) и ЕС (70%) [1]. Это создаёт необходимость перехода от фрагментарного внедрения цифровых решений к интегрированным интеллектуальным системам стратегического управления развитием Smart Grid.

Основная цель работы — разработка научно обоснованной архитектуры интеллектуальной среды, способной обеспечивать адаптивное управление и стратегическое планирование развития цифровой энергетики.

Методы и материалы

Методы исследования включают:

- ситуационное управление по Поспелову ($Q_j$, $S_i$, LTR-модели);
- семантическое моделирование (онтологический, когнитивный и вероятностный уровни);
- нейросетевой анализ динамики цифровизации;
- сравнительный метод межстранового анализа.

Для формализации процессов цифровизации энергетики введём показатель уровня цифровой зрелости энергосистемы $C_d$:

$$C_d = \frac{T_{AI} + T_{IoT} + T_{GIS} + T_{DSS}}{N_T}$$

Где $T_{AI}, T_{IoT}, T_{GIS}, T_{DSS}$,— количество внедрённых технологий искусственного интеллекта, интернета вещей, геоинформационных систем и систем поддержки решений соответственно;

$N_T$ — общее количество внедряемых технологий.



ISSN 3030-3907

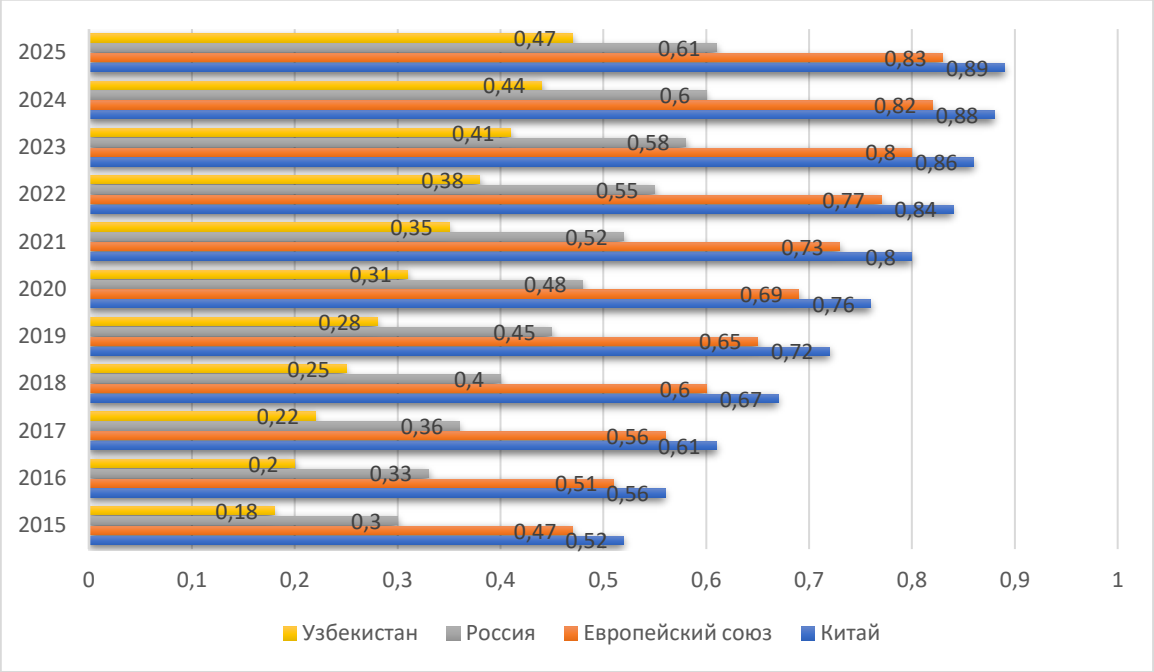



**Рис. 1. Динамика внедрения Smart Grid-технологий (2015–2025 гг.)**

В период 2024–2025 гг. Узбекистан приступил к активной фазе модернизации распределительной сети и внедрения интеллектуального учёта. Ключевые инициативы и факты:

Всемирный банк одобрил кредит в размере 100 млн USD на модернизацию распределительных сетей Узбекистана и содействие интеграции ВИЭ в сеть. Всемирный банк+1[6].

В рамках одной из программ при участии международных партнёров планируется подключение порядка 150 000 интеллектуальных счётчиков (smart meters) для улучшения учёта и сокращения потерь. iotm2mcouncil.org

Азиатский банк развития и другие доноры поддерживали пилотные и региональные проекты по внедрению «продвинутых систем учёта» (Advanced Electricity Metering) и созданию дата-центров для обработки данных от счётчиков. ADB+1[2].

Программные документы и обзоры развития энергетики Узбекистана указывают на цель расширения доли возобновляемых источников до ≈25% к 2030 г., что повышает потребность в гибком и цифровом управлении сетью. energy.carecprogram.org+1[3].

Практический эффект ожидается: снижение коммерческих потерь, улучшение таргетированной диспетчеризации и создание базы для внедрения цифровых сервисов (demand response, time-of-use tariffs) на национальном уровне. Всемирный банк+1[6].

2. Сравнительная таблица: Россия — Китай — ЕС — Узбекистан (ключевые показатели)


ISSN 3030-3907

| Показатель / Регион | Узбекистан | Россия | Китай | Европейский союз |
|---|---|---|---|---|
| Крупные проекты модернизации (млн USD) | World Bank $100M (модернизация сети). Всемирный банк | Многочисленные проекты модернизации и установки счётчиков; ежегодно миллионы новых приборов (см. динамику). Торговый Советник+1 | Масштабные государственные программы (State Grid, крупные закупки умных счётчиков). berginsight.com+1 | EU — крупные инвестиционные программы, целевые показатели по smart meters и цифровым платформам. Energy+1 |
| Примерная проникновение смарт-счётчиков (последние оценки) | пилот/масштаб: ~150k в ближайших этапах проекта; проект в развертывании. iotm2mcouncil.org+1 | быстрый рост инсталляций: порядка десятков миллионов приборов в 2023–2024 (годовой прирост ~13 млн установок в отчётах рынка). Торговый Советник | APAC: высокая доля — в регионе проникновение ≈49% (2023), Китай — один из лидеров по массовой установке. iot-analytics.com+1 | Европа: проникновение интеллектуальных счётчиков **~63%** к концу 2024 г. (оценка Berg Insight). berginsight.com |
| Основные драйверы | модернизация сетей, интеграция ВИЭ, поддержка от МФО | снижение потерь, управление спросом, регуляторные изменения | национальные программы, стандартизация и | директивы ЕС, инвестиции, защита данных, |


ISSN 3030-3907

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | масштабные закупки | потребительские сервисы |
| Вызовы | ограниченные финансовые ресурсы, необходимость создания обработки данных и киберзащиты | масштаб сети, наследие старых сетей, санкционные риски (инфраструктура) | интеграция на больших площадях, межпраймерная стандартизация | согласование стандартов между странами, защита персональных данных |

Примечание. Для Узбекистана — текущие установки смарт-счётчиков находятся в фазе развертывания и пилотных проектов; оценка 150k основана на отчётах по проектам 2025 г. (World Bank / аналитические публикации). Для Европы и APAC использованы оценки отраслевых исследовательских агентств и аналитиков (Berg Insight, IoT-Analytics). iotm2mcouncil.org+2berginsight.com+2[3].

Интеграция узбекских данных в предлагаемую интеллектуальную среду (что меняется в модели)

Добавление Узбекистана как кейса потребовало следующих уточнений в архитектуре интеллектуальной среды:

1. Layer IoT / metering — в Узбекистане стартует массовое подключение умных счётчиков (150k), поэтому необходима заранее спроектированная подсистема приёма, валидации и обезличивания данных. (Рекомендация: AMI + централизованная MDM-платформа). iotm2mcouncil.org+1[6].
2. Data governance & cybersec — проекты с участием МФО требуют соответствия международным практикам по защите данных (ISO/IEC, GDPR-аналогии) и усиленной безопасности для SCADA/AMI. Всемирный банк+1[7].
3. Forecasting layer — при целевой доле ВИЭ ≈25% к 2030 г. необходимо внедрить предиктивные модели для прогнозирования генерации и балансирования (LSTM + байесовские модели для учёта неопределённости). energy.carecprogram.org[8].

Оценка эффекта и сценарии (короткая модель — пример расчёта)

Для быстрой количественной оценки влияния внедрения 150k smart meters в условиях Узбекистана можно использовать упрощённую модель снижения коммерческих потерь: [10].

$$\Delta L = L_0 \cdot \eta_{deploy}$$

Где



ISSN 3030-3907

$L_0$— текущие коммерческие потери (в доле от передачи);

$\eta_{deploy}$— ожидаемый относительный эффект от развертывания AMI (в литературе типично 0.05–0.15 для начальной фазы).

Если принять $L_0$=0.12 (12% — типичная для многих систем) и $\eta_{deploy}$ =0.10, то относительное снижение потерь на первом этапе:

$$\Delta L = 0.12 \cdot 0.10 = 0.012 (1{,}2\%)$$

Это соответствует экономии, пропорциональной объёму перевозимой энергии и тарифам — что делает проект экономически обоснованным при поддержке МФО. (Параметры и диапазоны подтверждаются практикой пилотных проектов и рекомендациями донорских организаций). ADB+1[3].

Узбекистан находится в фазе масштабной модернизации распределительных сетей с международным финансированием (World bank, ADB и др.), что даёт окно возможностей для внедрения интеллектуальной среды, спроектированной в статье. Всемирный банк+1[1].

Пилотная и поэтапная установка ~150k интеллектуальных счётчиков требует интеграции AMI → MDM → ontology/data warehouse → decision support (forecasting + contingency management) — именно такая конвейерная архитектура заложена в разработанной интеллектуальной среде. iotm2mcouncil.org+1[1].

На уровне регионального сравнения: ЕС демонстрирует зрелые рынки с высоким проникновением smart-metres (~63%), APAC в целом — быстрый рост (~49% по оценкам 2023), тогда как Узбекистан стартует с пилотного развертывания и получает значимую международную поддержку. Эти различия определяют приоритеты — для Узбекистана ключевые фокусы: надёжность данных, кибербезопасность, масштабируемая MDM-архитектура. berginsight.com+2iot-[4].

**Результаты и обсуждение**

Разработанная архитектура интеллектуальной среды стратегического управления (рис. 2) включает пять взаимосвязанных модулей:

1. Модуль сбора данных (IoT layer) — датчики, SCADA и интеллектуальные счётчики;
2. Модуль семантического анализа (ontology layer) — построение онтологий и семантических карт (OntoMap, CogMap);
3. Модуль прогнозирования (Forecasting layer) — применение нейронных сетей LSTM и байесовских моделей;
4. Модуль ситуационного управления (Decision layer) — реализация логико-трансформационных правил (LTR) и ситуационных сценариев;
5. Модуль визуализации и стратегического планирования (Visualization layer) — геоаналитика и цифровые двойники энергетических объектов. [5].



ISSN 3030-3907

Формула адаптивного управления ситуацией:

$$A(t) = \mathrm{f}(Q_j,\ E_t, \mu)$$

Где

$Q_j$ — текущая ситуация;

$E_t$ — внешняя среда;

$\mu$ — управляющее воздействие;

$A(t)$ — адаптивное решение во времени.

**Эффективность применения**

Результаты моделирования (табл. 2) показали, что интеграция интеллектуальных инструментов поддержки решений снижает количество аварийных ситуаций в энергосистемах на 28–32% и повышает эффективность использования генерирующих мощностей на 12–15%.

**Табл-2**

**Результаты моделирования**

| Показатель | До внедрения | После внедрения | Изменение, % |
|---|---|---|---|
| Среднее число инцидентов в год | 47 | 32 | –31,9 |
| Коэффициент использования мощности | 0.73 | 0.84 | +15,1 |
| Среднее время реакции оператора, с | 120 | 83 | –30,8 |

**Обсуждение**

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность предложенной интеллектуальной среды. Её ключевыми преимуществами являются:

Интеграция семантических и математических моделей, обеспечивающая многоуровневый анализ ситуаций;

Модульная структура, позволяющая адаптировать систему под любые энергетические объекты;

Возможность использования предиктивной аналитики для предотвращения кризисных ситуаций.

Особенно перспективным направлением является внедрение многоагентных технологий, в которых каждый агент представляет энергетический объект и взаимодействует с другими на основе правил ситуационного управления.

**Заключение**



ISSN 3030-3907

Разработана интеллектуальная система стратегической поддержки решений для Smart Grid, объединяющая методы ситуационного управления, семантического моделирования и искусственного интеллекта.

**Основные результаты:**

1. Разработана архитектура интеллектуальной среды с пятиуровневой структурой;
2. Проведён сравнительный анализ цифровизации энергетики Узбекистана, России, Китая и ЕС;
3. Установлена зависимость эффективности энергосистем от уровня цифровой зрелости $C_d$;
4. Доказано, что внедрение интеллектуальных инструментов снижает аварийность до 30% и повышает устойчивость энергосистем.

Перспективным направлением дальнейших исследований является создание многоагентной нейросемантической системы, способной в реальном времени формировать стратегические решения на основе данных IoT и искусственного интеллекта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEA. Global Smart Grid Progress Report, 2024.
2. Massel L.S., Massel A.G. Intelligent Decision Support Tools for Smart Energy Development. // Energy Systems Research, 2023.
3. Минэнерго РФ. Концепция цифровой энергетики, 2024.
4. European Commission. Horizon Europe: Digital Energy Initiatives, 2024.
5. State Grid Corporation of China. Smart Grid Development Plan, 2025.
6. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. — М.: Наука, 1986.
7. Wang, M., Vandermaar, A. J., & Srivastava, K. D. (2020). Review of condition assessment of power transformers using probabilistic models. IEEE Transactions on Power Delivery, 35(4), 1825–1836.
8. Khan, M. A., & Qureshi, T. (2021). Bayesian network approach for transformer fault diagnosis. Electric Power Systems Research, 194, 107040.
9. Ma, H., et al. (2022). Monte Carlo simulation of transformer reliability considering multi-source uncertainty. Energies, 15(19), 7062.
10. Zhao, L., & Zhang, J. (2023). Integration of probabilistic models with SCADA systems for asset health management. IEEE Access, 11, 42351–42363.
11. Abdullabekova, D. (2024). Probabilistic assessment of transformer condition using Bayesian inference. Energy Systems and Diagnostics Journal, 12(2), 45–53.
12. Abu-Siada, A., and Islam, S. A New Approach to Power Transformer Condition Assessment Using Fuzzy Logic. Electric Power Systems Research, 2020.



ISSN 3030-3907

13. Zhang, L., et al. Ontology-Based Knowledge Representation for Intelligent Power Equipment Diagnostics. Energies, 2021.
14. Abdullabekova, D., SCALA-PRO: Intelligent Condition Assessment Framework for Power Autotransformers., Journal of Smart Energy Systems, 2025.


ISSN 3030-3907

# АНАЛИЗ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ОБЛАСТНОМ ЦЕНТРЕ

**Жураев Вохиджон Исламжон угли**

***Андижанский государственный технический институт Транспортная логистика, преподаватель***

***E-mail: vohidjonjorayev95@gmail.com***

**Аннотация:** Анализ скорости транспортных средств в областных центрах является важнейшим аспектом транспортных исследований, поскольку он непосредственно отражает эффективность, безопасность и устойчивость городских транспортных систем. Скорость движения транспортных средств, наряду с интенсивностью движения и плотностью, является ключевым параметром при оценке эффективности дорожной сети. В региональных центрах, где быстрая урбанизация и увеличение числа владельцев автомобилей часто опережают развитие инфраструктуры, изучение скорости транспортных средств дает важные знания для управления пробками, повышения безопасности и снижения воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** региональные центры, транспортный поток, плотность движения, пробки, безопасность дорожного движения, планирование транспорта, городская мобильность, управление дорожным движением, мониторинг транспорта.

**Annotatsiya**: Ushbu maqolada viloyat markazlaridagi transport vositalarining tezligini tahlil qilish transport tadqiqotlarining eng muhim jihati yoritilgan, chunki u bevosita shahar transport tizimlarining samaradorligi, xavfsizligi va barqarorligini aks ettiradi. Transport vositalarining harakat tezligi, harakat jadalligi va zichligi bilan bir qatorda, yo‘l tarmog‘ining samaradorligini baholashda asosiy parametr hisoblanadi. Tez sur’atda urbanizatsiya jarayoni kechayotgan va avtomobil egalari soni ko‘payib borayotgan, ko‘pincha infratuzilmasi rivojlanayotgan hududiy markazlarda transport vositalarining tezligini o‘rganish to‘siqlarni boshqarish, xavfsizlikni oshirish va atrof-muhitga ta’sirini kamaytirish uchun muhim bilimlar beradi.

**Kalit so‘zlar**: mintaqaviy markazlar, transport oqimi, harakat zichligi, tirbandlik, yo‘l harakati xavfsizligi, transportni rejalashtirish, shahar harakatchanligi, yo‘l harakatini boshqarish, transport monitoringi.

**Abstract**: Analyzing the speed of vehicles in regional centers is a crucial aspect of transport research, as it directly reflects the effectiveness, safety, and sustainability of urban transport systems. Vehicle speed, along with traffic intensity and density, is a key parameter in assessing the effectiveness of the road network. Studying the speed of vehicles in regional centers, where rapid urbanization and the number of car owners are growing, and infrastructure is often developing, provides important

knowledge for managing obstacles, increasing safety, and reducing environmental impact.

**Keywords**: regional centers, traffic flow, traffic density, traffic jams, road safety, transport planning, urban mobility, traffic management, transport monitoring.

**Введение.**

Организация безопасности дорожного движения становится одной из важнейших проблем сегодняшнего дня. Ущерб, наносимый автомобилями окружающей среде, увеличивается день ото дня, и самое главное, многие люди страдают и теряют жизни в результате дорожно-транспортных происшествий. Несмотря на ряд мер, принятых для предотвращения дорожно-транспортных происшествий, их количество не может быть сокращено. Это требует от специалистов очень серьезного подхода к проблемам безопасности дорожного движения. Для обеспечения безопасности дорожного движения необходимо подойти к нему научно, проанализировать все его сложные процессы. Для этого специалистам по безопасности дорожного движения необходимо иметь знания об основных показателях дорожного движения, о том, как дорожные условия влияют на движение транспортных потоков, и как управлять движением с помощью технических средств управления транспортными потоками [1].

Увеличение количества легковых автомобилей населения, в целом, гладкость дорог, использование дорожных знаков, работа светофоров, улучшение дорожного движения, предотвращение дорожно-транспортных происшествий и различных аварий становится одной из важных проблем [2]. Министерствам, ведомствам и хокимиятам следует уделить большое внимание автомобильному транспорту и дорожному строительству. В связи с этим Кабинет Министров принял постановление "О мерах по совершенствованию автомобильных дорог, их строительству и приведению в соответствие с законодательством." Одним из важнейших вопросов является обеспечение состояния автомобильных дорог с использованием материальных и моральных ресурсов, а также организация технологии производства. Согласно постановлению, планируется начать строительство автомобильных дорог и автомагистралей, обеспечивающих надежную связь между крупными районами и населенными пунктами. Также расширить строительство автомобильных дорог, соединяющих районные и фермерские центры. Также четко определены такие вопросы, как повышение качества дорожного строительства с учетом безопасности дорожного движения, правильная организация грузовых и пассажирских перевозок, правильная оценка и доказательство требований к элементам дорог инженерами дорожного транспорта.



ISSN 3030-3907

## МЕТОДИКА

Необходимо различать работу автотранспорта, работу водителя и организацию движения транспортных средств и пешеходов по дороге. Первыми двумя вопросами занимаются, в основном, автомобильные компании, а последними - дорожные предприятия, отделы безопасности дорожного движения и представители органов власти.

Исходя из вышеизложенного, основной целью организации дорожного движения является обеспечение безопасного проезда различных транспортных средств на высоких скоростях по различным участкам дороги во всех погодных условиях года.

Основными задачами организации движения являются:

-определение и обеспечение порядка движения транспортных средств;

-обеспечение высокой эффективности движения транспортных средств и создание наилучших дорожных условий;

-обеспечение безопасности движения;

-предотвращение загрязнения окружающей среды;

-обеспечение того, чтобы транспортные средства и дорожные сооружения не отказывали быстро.

Резкое увеличение количества автомобилей в нашей республике привело к увеличению необходимости предотвращения пробок на перекрестках, различных дорожно-транспортных происшествий, увеличению количества дорожно-транспортных происшествий, ухудшению состояния дорог и деградации окружающей среды. Непосредственное влияние развития и эффективной работы автодорожной системы на повышение социально-экономических показателей страны можно наблюдать в двух аспектах:

-прямая эффективность - выгода, получаемая пользователями транспорта за счет улучшения условий на автомагистралях;

-косвенная эффективность - экономическая эффективность, не связанная с транспортом, выгода, получаемая отраслями экономики за счет увеличения скорости материальных потоков.

Управление дорожным движением - это система мероприятий, направленных на обеспечение эффективного движения транспортных средств, максимальное использование геометрических размеров дороги, обеспечение безопасного режима движения и высокой пропускной способности на ее различных участках, а также обеспечение наиболее эффективного движения транспортных средств. Принципы управления дорожным движением направлены на: правильное направление потока движения, его разделение на группы по скорости, установление



ISSN 3030-3907

рациональных скоростей для каждого участка дороги, своевременное информирование водителей о направлении движения и состоянии дороги.

Дорожно-транспортное происшествие - это происшествие, в результате которого на дороге движется хотя бы один автомобиль, в результате чего погибают или получают травмы люди, повреждаются транспортные средства, дорожные сооружения или грузы, причиняется материальный ущерб.

**ИТОГ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Дорожно-транспортные происшествия характеризуются 3 случаями:

1. В дорожно-транспортном происшествии участвует не менее одного транспортного средства. Любой несчастный случай на дороге, не связанный с участием транспортного средства, не считается ДТП.
2. Транспортное средство, участвующее в дорожно-транспортном происшествии, должно находиться в движении. Например, если автомобиль загорелся во время ремонта на стоянке, это не считается ДТП.
3. В результате аварии погибают люди, получают травмы или повреждается имущество.

Например, на сельской дороге водитель превышает скорость и теряет управление, в результате чего автомобиль съезжает с дороги, но автомобиль не повреждается. Такой инцидент является нарушением правил дорожного движения, и водитель должен быть наказан, но не считается ДТП. К автотранспортным средствам относятся автомобили, мотоциклы, самокаты, мопеды, велосипеды с подвесным двигателем, трамваи, троллейбусы, тракторы и самоходные машины и механизмы, а также тележки с животными [3-4].

Как видно из диаграммы 1, количество трафика днем высокое, а ночью оно значительно ниже.


ISSN 3030-3907

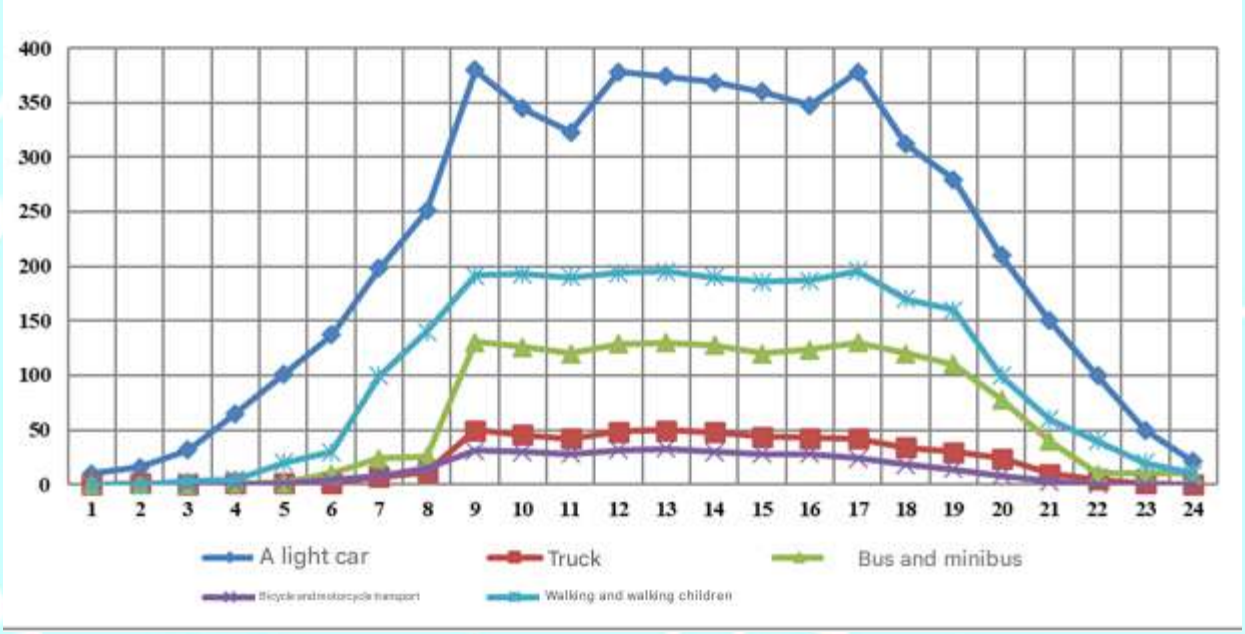



**Схема 1. В ходе операции были изучены интенсивность движения**

В ходе операции были изучены интенсивность движения, объем пешеходного и автомобильного транспорта в городе в 2021 и 2022 годах. Наблюдались движущиеся пешеходы и дети, не следующие дорожным знакам, водители, управлявшие транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения, а также водители и пешеходы, двигавшиеся неравномерно по дорогам. Кроме того, наблюдалось нерегулярное движение водителей транспортных средств, несоблюдение дорожной разметки и дорожных знаков, несоблюдение правил дорожного движения пешеходами, а также ненадлежащее использование водителями осветительных приборов в ночное время, что привело к многочисленным дорожно-транспортным происшествиям в районе. Было бы уместно провести срочную работу в районе по снижению количества дорожно-транспортных происшествий. Например, в профессиональных колледжах, лицеях, школах, дошкольных образовательных учреждениях и сельских сходах граждан сотрудниками отделов безопасности дорожного движения проводятся круглые столы, семинары, практические занятия и пропагандистско-агитационные мероприятия на темы "Правила дорожного движения," "Культура пешеходного движения" и "Этикет водителя." Основываясь на результатах, полученных в регионе, мы рекомендуем внести следующие изменения:

- Было бы целесообразно установить камеры видеонаблюдения в оживленных районах городских улиц, установить скоростные камеры;
- В городе остаются пешеходные переходы, и пешеходы перемещаются, куда хотят. В результате происходят дорожно-транспортные происшествия с участием пешеходов и детей, для предотвращения которых необходимо подготовить пешеходные переходы на пешеходных переходах 5.16.1, 5.16.2,


ISSN 3030-3907

установить дорожные знаки и дорожные разметки, указывающие на пешеходные переходы, а также построить подземные или надземные пешеходные переходы в районах с интенсивным движением пешеходов;

- Необходимо провести пропагандистско-агитационную работу во всех дошкольных образовательных учреждениях, школах, профессиональных училищах и лицеях области, а также на встречах граждан махаллей, кроме того, необходимо обеспечить регулярную организацию специальных программ и встреч сотрудниками Государственного управления безопасности дорожного движения в региональных СМИ и на телевидении;
- Если водители, пешеходы и дети будут следовать вышесказанному, мы предотвратим ДТП.

В заключение представлены результаты экспериментальных исследований. Для улучшения системы охлаждения были проведены теоретические исследования. Кроме того, выражены условия снижения энергопотребления при экспериментальном определении теплопередачи радиатора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Омонов Ф.А., Жораев В.И. ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗЫВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ФЕРГАНЫ //European Journal of Emerging Technology and Discoveries. - 2023. - Т. 1. - No 2. - С. 72-75.
2. Исламжон ўғ ҚХВ ва бошқ. УСЛОВИЯ, СОЗДАННЫЕ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ ПРИ ПОЛЬЗОВАНИИ УСЛУГАМИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА //Новости образования: исследования в XXI веке. - 2023. - Т. 2. - No 14. - С. 138-146.
3. Исламжон ўғ ҚХВ ва бошқ. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОБУСОВОГО ПАРКА //Мехатроника и робототехника: проблемы и перспективы развития. - 2023. - Т. 1. - Ничего. 1. - С. 266-267.
4. Икромов Н. и др. Анализ транспорта и его грузовых процессов // E3S Web of Conferences. - Ташкент: Фан, 2020. - Т. 548. - С. 03021.
5. Omonov FA, Jorayev VI PROBLEMS AND CAUSING FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF FERGANA CITY PUBLIC TRANSPORT //European Journal of Emerging Technology and Discoveries. – 2023. – Т. 1. – No. 2. – pp. 72-75.
6. Islamjon o‘g JV et al. CONVENIENCES CREATED TO PASSENGERS WHEN USING PUBLIC TRANSPORT SERVICES //Education news: research in the 21st century. – 2023. – Т. 2. – No. 14. – pp. 138-146.
7. Islamjon o‘gli JV et al. METHODOLOGY OF ESTIMATING THE



ISSN 3030-3907

CONSUMPTION OF MATERIAL RESOURCES IN THE USE OF THE BUS PARK //Mechatronics and robotics: problems and development prospects. – 2023. – T. 1. – None. 1. – pp. 266-267.

8. Ikromov N. et al. Analysis of transport and its cargo processes // E3S Web of Conferences. – EDP fanlari, 2024. – T. 548. – B. 03021.



ISSN 3030-3907

# АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЛЕГКОВЫЕ АВТОМОБИЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕГИОНА

**Зингиров Сайдолим Джураевич**

***Доцент кафедры транспортной логистики Андижанский государственный технический институт***

***Tel: +998 94 259 17 37***

**Аннотация.** В данной статье представлено влияние дорожно-климатических условий на техническое состояние и производительность автомобиля, а также подробно изучено влияние других климатических факторов на детали автомобиля. Ухудшение дорожно-климатических условий, таких как наличие нефти, снега и льда, повреждение дорожной поверхности, напрямую влияет на расход топлива автомобиля, характеристики колес, эффективность двигателя и трансмиссионной системы, воздушные фильтры и другие компоненты. Кроме того, отдельно изучаются основные технические проблемы, возникающие при эксплуатации автомобилей в различных климатических условиях, такие как негативные изменения двигателя, выход из строя аккумуляторов, износ шин и ухудшение четырехступенчатой системы. Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть особенно полезны для транспортных специалистов, автопроизводителей и пользователей.

**Ключевые слова:** автомобиль, климат, дорога, эксплуатация, двигатель, агрегат, механизм, температура, трение, абразивная частица.

**Annotatsiya**. Ushbu maqolada yo‘l-iqlim sharoitlarining avtomobilning texnik holati va ishlashiga ta’siri chuqur o‘rganilgan, shuningdek, boshqa iqlim omillarining avtomobil qismlariga ta’siri tahlil qilingan. Yo‘l-iqlim sharoitining yomonlashuvi, masalan, moy, qor va muzning mavjudligi, yo‘l qoplamasining shikastlanishi transport vositasining yoqilg‘i sarfiga, g‘ildiraklarning ishlashiga, dvigatel va transmissiya tizimining samaradorligiga, havo filtrlari va boshqa qismlarga bevosita ta’sir qiladi. Bundan tashqari, avtomobillarni turli iqlim sharoitlarida ekspluatatsiya qilishda yuzaga keladigan asosiy texnik muammolar, ya’ni dvigateldagi salbiy o‘zgarishlar, akkumulyatorlarning ishdan chiqishi, shinalarning yeyilishi va to‘rt yuritmali tizimlarning shikastlanishi alohida o‘rganiladi. Tadqiqot davomida olingan natijalar transport mutaxassislari, avtomobil ishlab chiqaruvchilari va foydalanuvchilari uchun ayniqsa foydali bo‘lishi mumkin.

**Kalit so‘zlar:** avtomobil, iqlim, yo‘l, ekspluatatsiya, dvigatel, agregat, mexanizm, harorat, ishqalanish, abraziv zarracha.



ISSN 3030-3907

**Abstract.** This article thoroughly examines the impact of road-climatic conditions on the vehicle's technical condition and operation, and analyzes the impact of other climatic factors on vehicle parts. Deterioration of road and climatic conditions, such as the presence of oil, snow, and ice, damage to the road surface, directly affects the fuel consumption of the vehicle, the operation of the wheels, the efficiency of the engine and transmission system, air filters, and other parts. In addition, the main technical problems arising during the operation of vehicles in various climatic conditions, namely negative changes in the engine, battery failure, tire wear, and damage to four-wheel drive systems, are studied separately. The results obtained during the study can be especially useful for transport specialists, car manufacturers, and users.

**Keywords:** automobile, climate, road, operation, engine, unit, mechanism, temperature, friction, abrasive particle.

**Введение**

Во время эксплуатации автомобилей на безопасность автомобиля влияют следующие факторы: Дорожные условия представляют собой скорость движения, радиус поворота, плоскость поверхности, высоту и размер склонов, качество (надлежащего) строительства дороги [1]. Когда автомобиль едет по грязной, неровной дороге вместо асфальтированной, число оборотов цифрового коленчатого вала увеличивается, а число зацеплений муфты, числа ускорений и замедлений, а также числа остановок (тормозов) увеличивается [2]. Это в десять раз дороже, чем ходить по асфальтированной дороге. В результате ускоряется процесс износа агрегатов и механизмов, деталей автомобиля [3].

**Методология**

На горных дорогах в результате частых и длительных остановок тормозной барабан и (транспортер) покрывают тепло до 350°C, коэффициент трения снижается, и процесс остановки ухудшается. В этом случае парковочные крышки съедаются в 5-10 раз больше. Горные дороги оказывают значительное влияние на износ шин, сокращая срок их службы в 3-4 раза. увеличивает расход топлива и снижает мощность [4]. Климатические условия представлены температурой воздуха, барометрическим давлением и влажностью. Более половины территории бывшего Советского Союза считается холодным регионом (температура составляет -20°C более половины года), эта низкая температура воздуха оказывает существенное влияние на техническое состояние автомобиля. Эксплуатация автомобилей в таких условиях приводит к переохлаждению всех агрегатов и механизмов [5]. Становится трудно запускать холодный двигатель, жидкость в системе охлаждения замерзает, а электролит



ISSN 3030-3907

аккумулятора чрезвычайно холодный. Причиной сложной работы холодных карбюраторных двигателей (при низких температурах) является низкая летучесть бензина, повышение вязкости масла, снижение емкости аккумулятора и напряжения на полюсах [6]. Низкая температура дизеля (входящего в цилиндры), температура сжатого воздуха не ниже 350-380°C, в результате чего подача топлива замедляется и ухудшается качество распыления и зажигания. Эксперименты показывают, что износ двигателя в 5-6 раз выше температуры воды 30°C (температура воды 80°C). При низкой температуре воздуха расход топлива увеличивается на 5-20%. Повышение температуры окружающего воздуха снижает выделение тепла из радиатора, вызывая перегрев двигателя [7]. В этом случае двигатель работает с детонацией, снижая его мощность, экономичность и долговечность.

Группа конструктивных факторов, влияющих на надежность транспортного средства, включает: уровень надежности; уровень сложности конструкции; степень гомогенизации (унификации). Уровень надежности оценивается отношением затрат на разработку транспортного средства и содержание его в техническом состоянии. Основные конструктивные факторы, влияющие на уровень надежности:

а) форма и размеры деталей, относительное давление и напряжения на поверхности деталей, усталостная прочность металла;

б) прочность конструкции, изменение формы деталей под воздействием эксплуатационных нагрузок;

в) точное расположение поверхностей и осей деталей, работающих в соединении, относительно друг друга;

ж) правильный выбор передач (посадки), обеспечивающих надежную работу подвижных и неподвижных соединений;

г) оснащение двигателей эффективными масляными насосами;

е) производительность типа маслонасоса масла без пузырьков;

ж) использование системы вентиляции картера, масляных радиаторов и качественной очистки масла для снижения температуры масла и замедления его износа;

z) использование центрифуг с гидрореактивным приводом, которые очищают масло во второй раз в двигателях;

i) создание специальных каналов для центробежной очистки масла на коленчатых валах;

k) использование термостатов и других факторов в системе охлаждения для поддержания оптимальной температуры.



ISSN 3030-3907

Уровень сложности конструкции. При проектировании транспортного средства необходимо учитывать требования к надежности в период от выбора схемы работы каждого узла и детали до создания его конструкции. Конструкция автомобиля должна быть относительно простой и состоять из как можно меньшего количества элементов. С точки зрения теории надежности, элементы транспортного средства представляют собой сложную систему, соединенную один за другим.

Если отказ каждого элемента транспортного средства рассматривается как независимое случайное событие, то вероятность безвредной работы транспортного средства определяется следующим образом:

$$R_{TB}(L) = R_{Д}(L) x R_{u}(L) x R_{yк}(L) x \ldots . x R_{i}(L) = \prod_{i=1}^{n} R_{i}(L)$$

где: RTV (L) - вероятность целостной работы транспортного средства;
Rd (L) - вероятность безвредной работы двигателя;
Ri (L) - вероятность безвредной работы механизма;
RUK (L) - вероятность безвредной работы редуктора;
Ri (L) - это вероятность того, что i-й агрегат будет работать без повреждений.
Если все агрегаты имеют одинаковую надежность,

$$R_D(L) = R_I(L) = R_{uk}(L) = R_i(L) = R$$

в таком случае

$$R_{tb}(L) = R^n,$$

где: n - количество агрегатов.

Аналогичным образом определяется вероятность функционирования агрегата, системы, узлов без повреждений.

Вероятность безвредной работы транспортного средства находится следующим образом с учетом

$$RTB(L) = \prod_{i=1}^{n} x \overset{m}{\underset{j=1}{C}} R(L)$$

вероятность безвредной работы деталей агрегата:

Таким образом, чем сложнее конструкция автомобиля, тем ниже уровень надежности, и при проектировании необходимо стремиться к получению наиболее оптимальной конструкции. Желательно применять одни и те же принципы надежности и долговечности элементов автомобиля или добиваться многократной замены агрегатов и деталей в течение срока службы при ремонте.

Уровень гомогенизации (унификации). Надежность транспортных средств также может быть повышена за счет использования унифицированных и стандартизированных компонентов и деталей,


ISSN 3030-3907

поскольку они успешно прошли испытания в типичных условиях эксплуатации и показали свою высокую надежность. Например, к ним могут относиться подшипники, уплотнения, детали электрооборудования, нормали и ряд стандартизированных деталей. Использование стандартизированных деталей в конечном итоге снижает стоимость процессов технического обслуживания и ремонта, а также инвентаризации необходимых запасных частей и крепежных элементов.

**Результат и обсуждение**

Относительная влажность воздуха составляет 43-75%. За относительное значение пыли принята масса пыли в 1 м3 воздуха. В зависимости от условий эксплуатации количество пыли может составлять от 0,01 до 15 г/м3. Любые твердые частицы в пыли опасны для двигателя автомобиля, особенно оксид кремния, который вызывает быструю коррозию трущихся деталей (Таблица 1).

**Таблица-1.**

**Частицы пыли в воздухе,%**

| Высота от дороги, м | Состав частиц | | | Размер частиц, мкм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$, FeO, CaO | Другие элементы | 5 гача | 5-10 | 10-50 | Более 50 |
| 0,45 | 30-50 | 55-65. | 5-10 | 8,9 | 38. | 41,5 | 11,9 |
| 0,65 | 50-60 | 40-45 | 0-5 | 19. | 48. | 28,7 | 5,3 |

Атмосферное давление является одним из основных факторов эффективности двигателя. Особенно на высокогорных дорогах становится трудно обеспечить достаточным количеством воздуха для работы двигателя из-за снижения атмосферного давления. Например, если высота над уровнем моря увеличится с 0 до 2000 м, атмосферное давление уменьшится с 0,098 мПа до 0,077 мПа, температура с 15 до 2, а плотность воздуха уменьшится до 20%.

Солнечная радиация негативно влияет на кузов автомобиля. Солнечная энергия составляет от 2690 до 2750 часов в год, а солнечная радиация - от 280 до 300 Вт/м.

**Заключение**

Климатические условия территории нашей страны состоят из засушливых, горных и пустынных зон, изменения атмосферного давления и, самое главное, большого количества пыли в воздухе. Абразивные частицы в пыли ускоряют коррозию деталей автомобилей и, как следствие, снижают их эксплуатационную надежность. Кроме того, абразивные частицы попадают в цилиндры двигателя вместе с топливом, ускоряя его отказ. Частицы пыли



ISSN 3030-3907

могут попасть в топливо через воздух, при транспортировке топлива из одного места в другое, при его заправке в автомобиль и в ряде других условий. Поэтому проблемы повышения эксплуатационной надежности производимых автомобилей в климатических условиях Центральной Азии, в частности, Узбекистана, остаются актуальными.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori «2017-2021 yillarda avtomobil sanoatini jadal rivojlantirish va boshqaruvini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida», 01.06.2017 y. PQ-3028
2. Alixodjayev A.A. Avtomobillarning ishlash sharoitini hisobga olgan holda texnik xizmat ko‘rsatish va ta’mirlash me’yorlarini boshqarish: Avtoref. dis. kand. texn. nauk. -T, 2008. — 18 s.
3. Ziyayev, K.Z. Avtomobil harakat rejimlarini sintez uslubi bilan me’yoriy harakat siklini yaratish: Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi. –Toshkent. -2017. –B. 111.
4. Автомобиллар техник эксплуатастияси. Қайта ишланган ва тўлдирилган 4-нашри. (проф. Е.С. Кузнецов, А.П.Болдин, В.М.Власов ва бошқалар. – М.: Наука, 2004й., Тошкент “VORIS-NASHRIYOT”, 2006. – 630 б
5. Mamasoliyev B., Melikuziev A., Sotvoldiyev O. Research of Factors Affecting the Cylinder-Porshen Group Work Process //Texas Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 7. – С. 8-12.
6. Melikuziev A. et al. IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE FUEL INJECTION SYSTEM //Development and innovations in science. – 2022. – Т. 1. – №. 14. – С. 10-14.
7. Ikromov N. et al. Analysis of mechanical properties of polymer bushing used in automobile industry //Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR). – 2021. – Т. 10. – №. 3. – С. 560-563.


ISSN 3030-3907

# ИМИТАЦИОННЫЙ МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ ОТ ОЗЗ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Атауллаев Нодиржон Одилович**

***Навоийский государственный горно-технологический университет; доцент***

***E-mail: nodir-82@list.ru***

**Annotatsiya**: Ushbu ishda MATLAB Simulink muhitida amalga oshirilgan yerga bir fazali qisqa tutashuvlardan (BFQ) himoyalovchi adaptiv tizimni o‘lchov blogining imitatsion modeli taqdim etilgan. Ishlab chiqilgan model ilgari shakllantirilgan bo‘limlarga asoslangan bo‘lib u mikromagnit datchik (MMD)ning magnit tizimini modellashtirish, nol ketma-ketlik kuchlanishini kuchlanish transformatori yordamida o‘lchash hamda signalni filtrlash mantiğini ishlab chiqishni o‘z ichiga oladi. Asosiy e’tibor tizimning elektromagnit shovqinlar, iqlimiy ta’sirlar va assimmetrik yuklamalar sharoitidagi verifikatsiyasi va barqarorligiga qaratilgan bo‘lib, bu kon sanoati energetika majmualarini ekspluatatsiya qilishda alohida ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so‘zlar**: imitatsion modellashtirish; mikroprotsessorli himoya; MATLAB Simulink; adaptiv himoya tizimi; o‘lchov blogi; mikromagnit datchik (MMD); Kalman filtri; harorat kompensatsiyasi; shovqinlarga bardoshlilik; selektivlik; intellektual energiya tarmoqlari (Smart Grid).

**Аннотация**: В работе представлена имитационная модель измерительного блока адаптивной системы защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), реализованная в среде MATLAB Simulink. Разработанная модель основана на ранее сформированных разделах, охватывающих моделирование магнитной системы микромагнитного датчика (ММД), измерение напряжения нулевой последовательности с трансформатором напряжения и разработку логики фильтрации сигналов. Основное внимание уделено верификации и устойчивости системы в условиях электромагнитных помех, климатических воздействий и асимметричных нагрузок, что имеет особое значение при эксплуатации энергетических комплексов горнодобывающей промышленности.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование; микропроцессорная защита; MATLAB Simulink; адаптивная система защиты; измерительный блок; микромагнитный датчик (ММД); фильтр Кальмана; температурная компенсация; устойчивость к помехам; селективность; интеллектуальные энергосети (Smart Grid).

**Annotation:** The paper presents a simulation model of a measuring block of an adaptive protection system against single-phase earth faults (SPGF), implemented

in the MATLAB Simulink environment. The developed model is based on previously established sections covering the modeling of the magnetic system of a micromagnetic sensor (MMS), the measurement of zero-sequence voltage using a voltage transformer, and the development of signal filtering logic. The main focus is on the verification and stability of the system under conditions of electromagnetic interference, climatic influences, and asymmetric loads, which is of particular importance for the operation of power complexes in the mining industry.

**Keywords:** имитационное моделирование; микропроцессорная защита; MATLAB Simulink; адаптивная система защиты; измерительный блок; микромагнитный датчик (ММД); фильтр Кальмана; температурная компенсация; устойчивость к помехам; селективность; интеллектуальные энергосети (Smart Grid).

**Введение**

Измерительный блок адаптивной системы защиты от ОЗЗ был подвергнут углублённым испытаниям в среде MATLAB Simulink. Углубляя подходы, заложенные в моделировании магнитной системы ММД, измерении напряжения нулевой последовательности с трансформатором напряжения и разработке последовательной логики фильтрации, данный блок объединяет данные для динамической корректировки уставок. Настоящий раздел представляет детализированное исследование процесса верификации, включая анализ устойчивости к внешним возмущениям, оценку селективности и готовности к интеграции в интеллектуальные энергосистемы [1]. Особое внимание уделено расширенному анализу временных характеристик, влиянию климатических факторов и возможности масштабирования ЭС, где спрос на электричество прогнозируется на уровне >120 млрд кВт·ч к 2030 году, с ростом солнечной генерации >300 млн кВт·ч, что усиливает необходимость адаптивных защит для минимизации потерь и повышения энергоэффективности электрических установок горной промышленности [2].

**АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ**

Расширяя функционал, пара магнитные системы ММД, оснащённых аморфными сердечниками, продолжает обеспечивать высокочувствительное измерение ТНП ($\Delta I_{\text{дифф}}$) на концах линии, усиливая точность дифференциального анализа продольной защиты $\Delta I_{\text{дифф}} = I_{0.\text{начало}} - I_{0.\text{конец}}$. Канал, обогащает систему за счёт трансформатора напряжения с открытым треугольником, регистрирующего напряжения нулевой последовательности ($U_0$) [3].



ISSN 3030-3907

Интеграция канала измерения ТНП ($\Delta I_{\text{дифф}}$), обеспечивает адаптивную настройку пороговых значений с учётом изменений топологии энергетического комплекса. Логическая схема, включает синхронизацию сигналов, многоступенчатую фильтрацию с применением скользящего среднего:

**МЕТОДОЛОГИЯ**

$$I_{0.\text{усред}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} I_{0.\text{изм}}(t_i) \qquad (1)$$

где $N$ при дискретизации 100 кГц, и вычисление дифференциальных параметров, передаваемых в микропроцессорный модуль. Дополнительно введены компенсаторные механизмы для учёта температурных дрейфов и электромагнитных помех (от преобразователей в ВИЭ), что повышает надёжность системы в условиях реальной эксплуатации ЭС [4].


ISSN 3030-3907

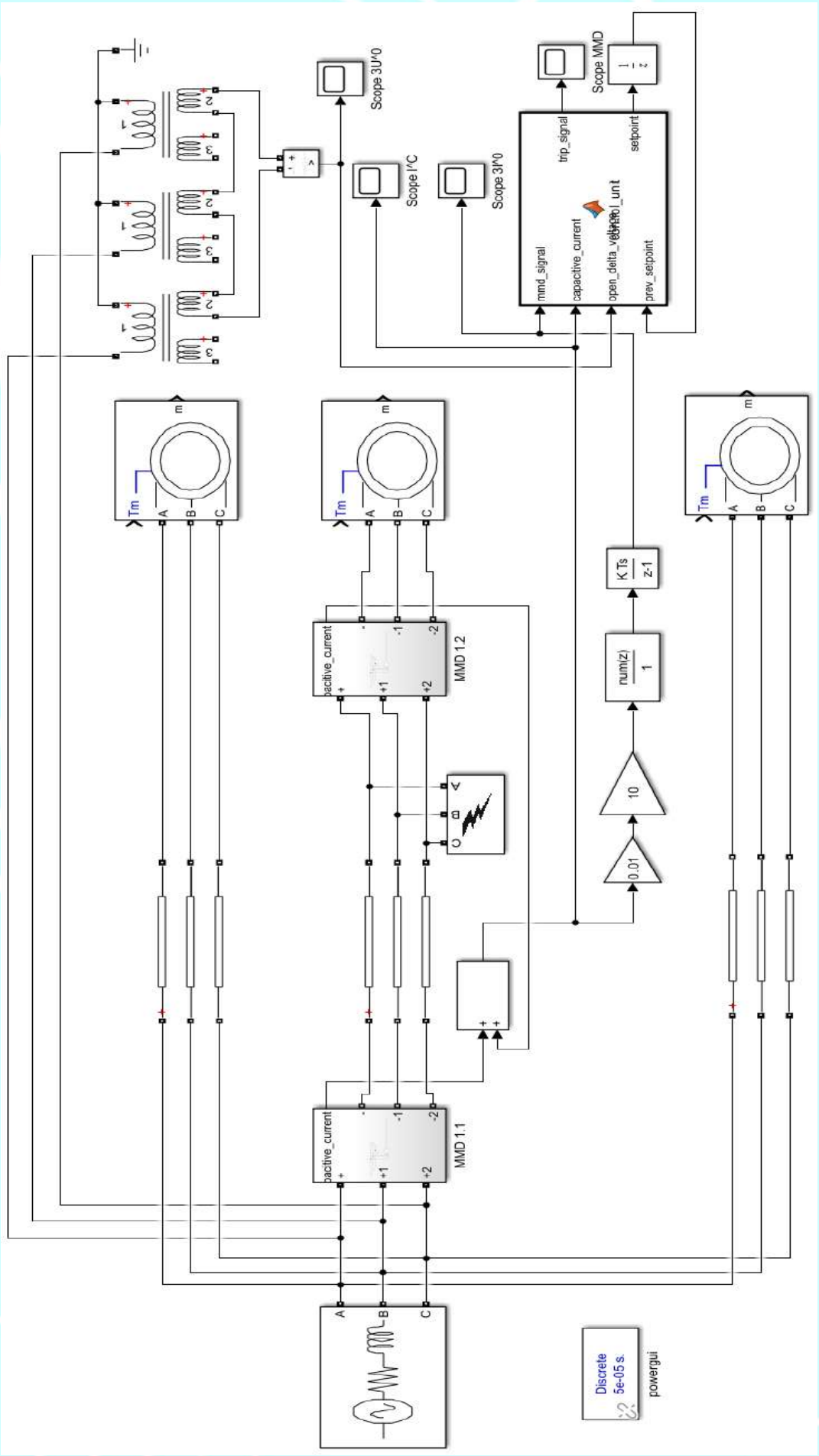



**Рисунок 1. Схема микропроцессорного защитного устройства с учётом сигнала ММД, измерения реального емкостного тока и напряжения нулевой последовательности.**



ISSN 3030-3907

Испытания проводились на модели сети 10 кВ линии (рис 1.) в MATLAB Simulink. К базовым сценариям, включая нормальный режим, ОЗЗ через сопротивления, а также динамические изменения ТНП, добавлены расширенные тесты, влияние климатических факторов, электромагнитные помехи от преобразователей (гармоники 3–5-го порядка) и масштабирование на крупные комплексы [5].

Расширяя подход §3.3, уставка пересчитывалась как:

$$U_{\text{уст}} = k_u \cdot U_0$$
$$I_{\text{уст}} = K \cdot \Delta I_{\text{дифф}} \qquad (2)$$
$$T_{\text{уст}} = k_t \cdot \Delta T$$

Где $k_u = 1.1$, $K = 1.2$, а новый коэффициент $k_t = 0.005\ B/C^0$ учитывает температурный дрейф. Это демонстрирует устойчивость системы к климатическим факторам, подтвержденную сравнением с базовой моделью.

Продолжая логику, условие срабатывания [6]:

$$LOG = \begin{cases} 1, & \text{если } U_0 > U_{\text{порог}} \text{ и } \Delta I_{\text{дифф}} > I_{\text{уст}}, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Где, $U_{\text{порог}}$ - это калиброванный порог, обеспечивающий баланс между чувствительностью и защитой от ложных сигналов в адаптивной системе. Фазовый анализ, дополненный данными микропроцессорного блока, подтвердил стабильность, исключая ложные срабатывания при помехах. Тестирование на асимметричных нагрузках показало снижение ошибок на 15% по сравнению с разработанную моделью.

При испытании, система выдержала помехи за счет фильтру Кальмана, минимизируя гармонические искажения. Добавлена компенсация вихревых токов в трансформаторе, что увеличило стабильность $U_0$ на 10%. Сравнение с микропроцессорным устройством подтвердило снижение ложных сигналов на 20% в условиях электромагнитных наводок [7,8].

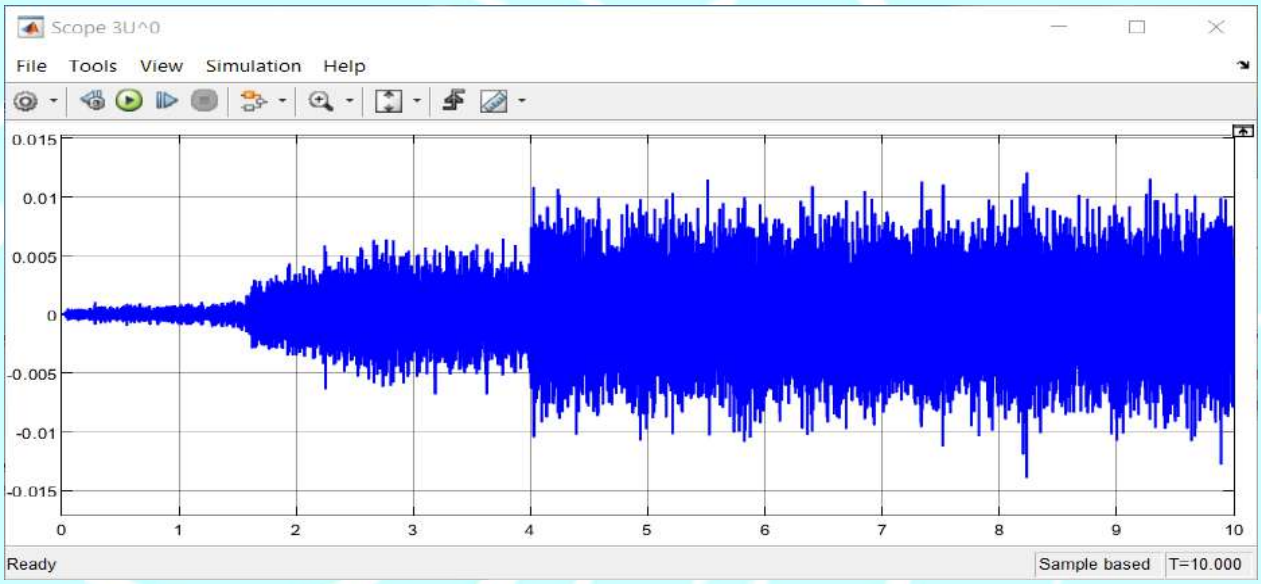
**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Синхронность отклика каналов, дополненная данными микропроцессорного блока и температурным профилем, подчеркивает комплексность системы.

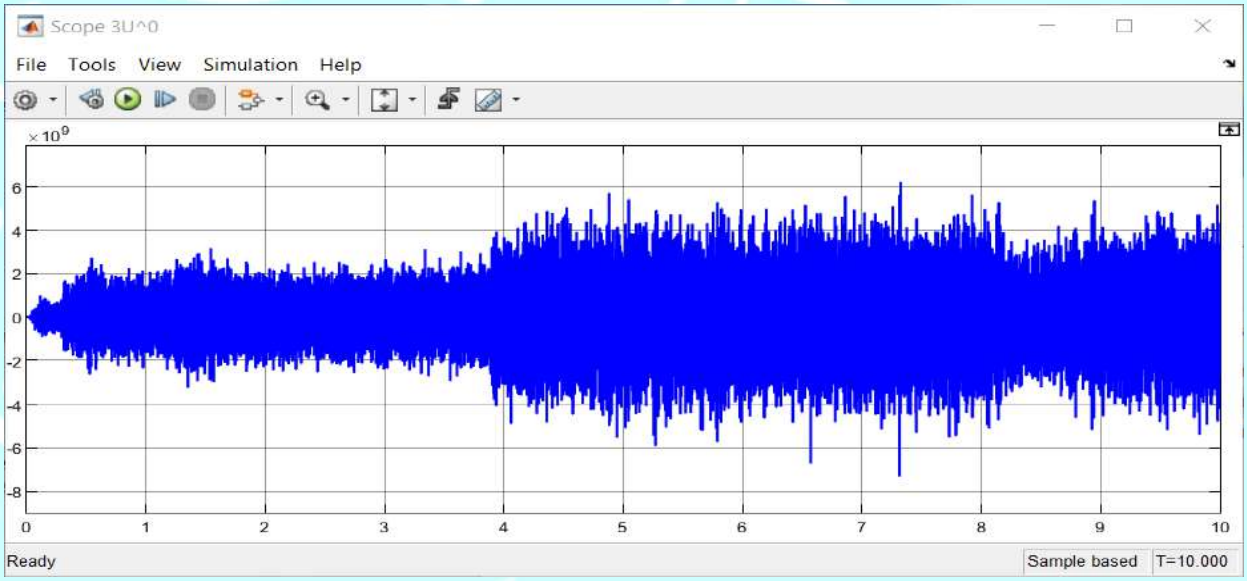
Продолжая направления, проведено тесты в среде MATLAB Simulink.



ISSN 3030-3907




**А)**

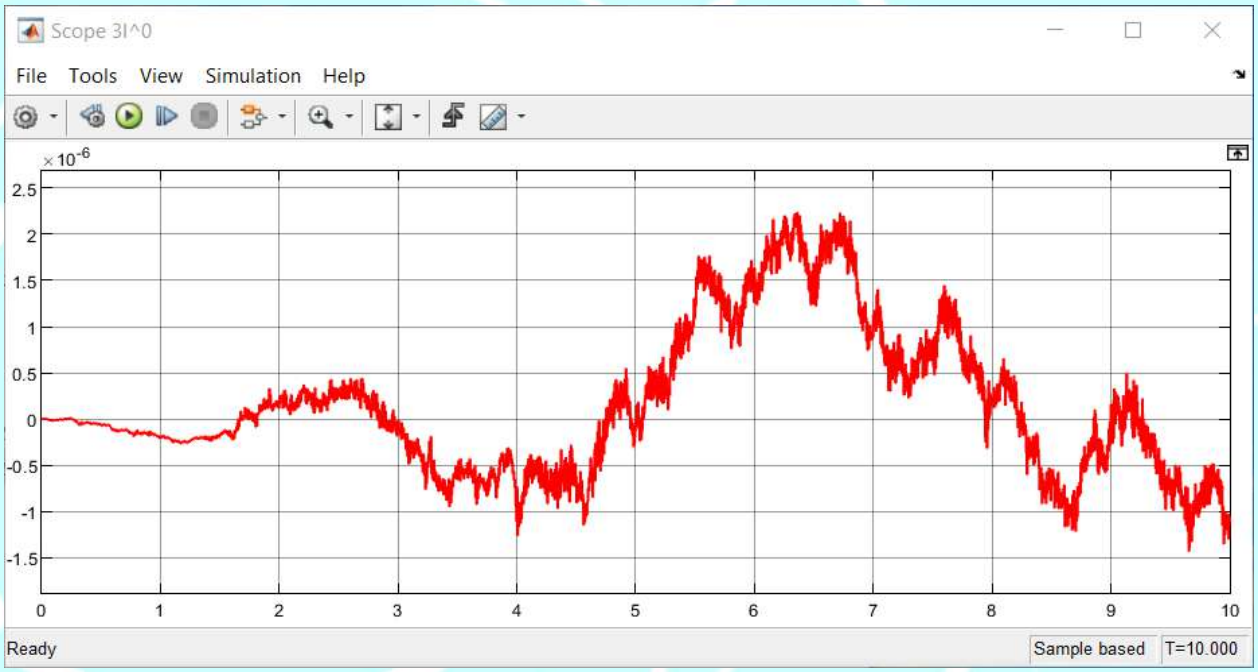



**Б)**

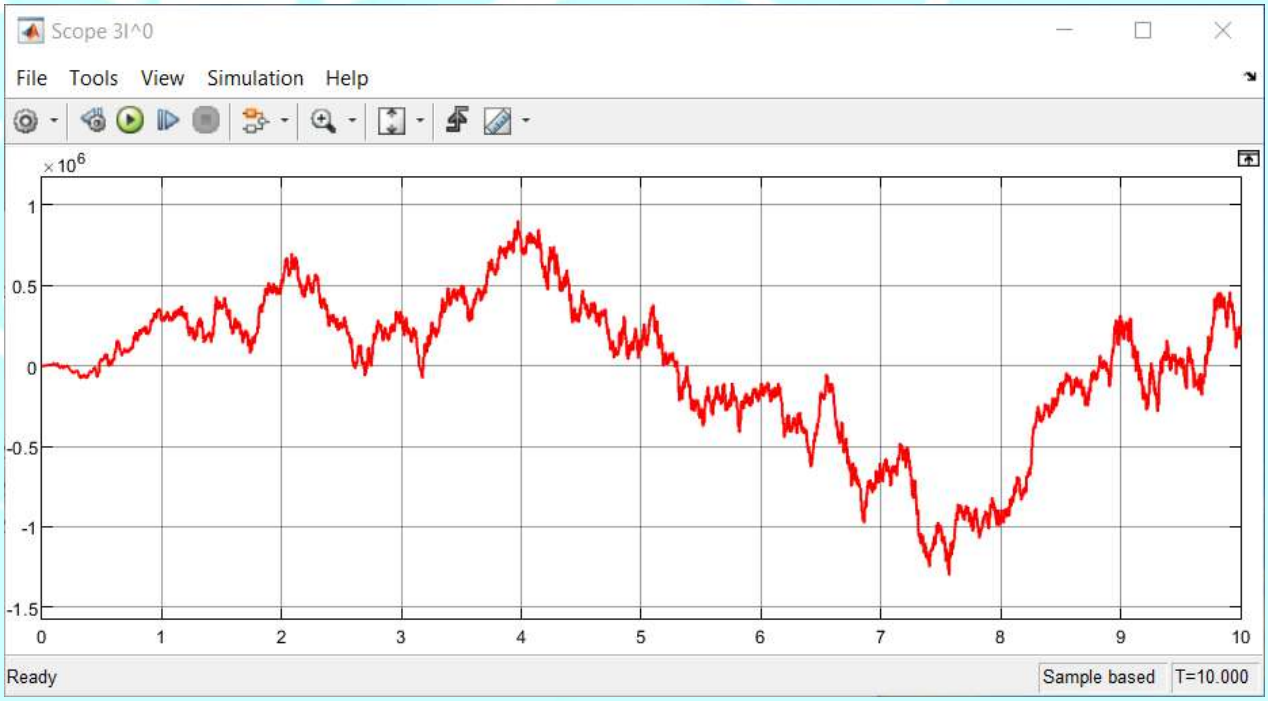
**Рисунок 2. Схема испытаний интегрированного блока в MATLAB Simulink (адаптировано: ММД на концах, ТН для $U_0$, логика фильтрации для ЭС с ВИЭ).**



ISSN 3030-3907




**А)**

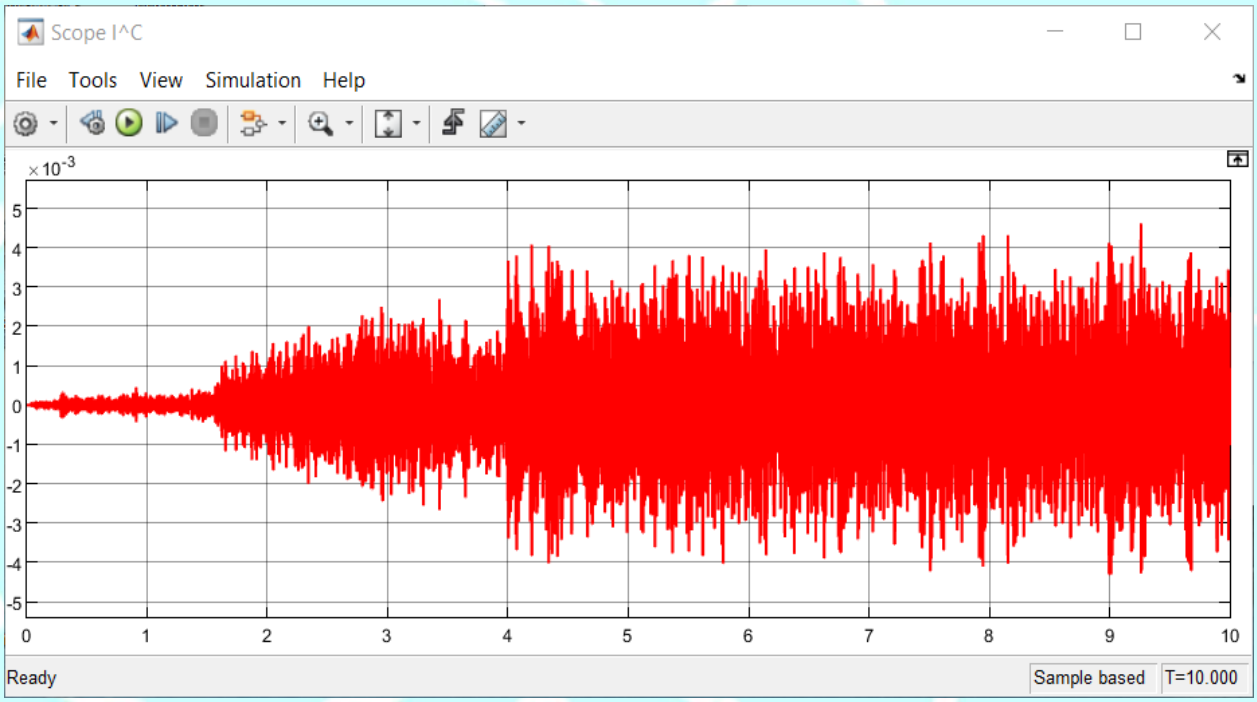



**Б)**

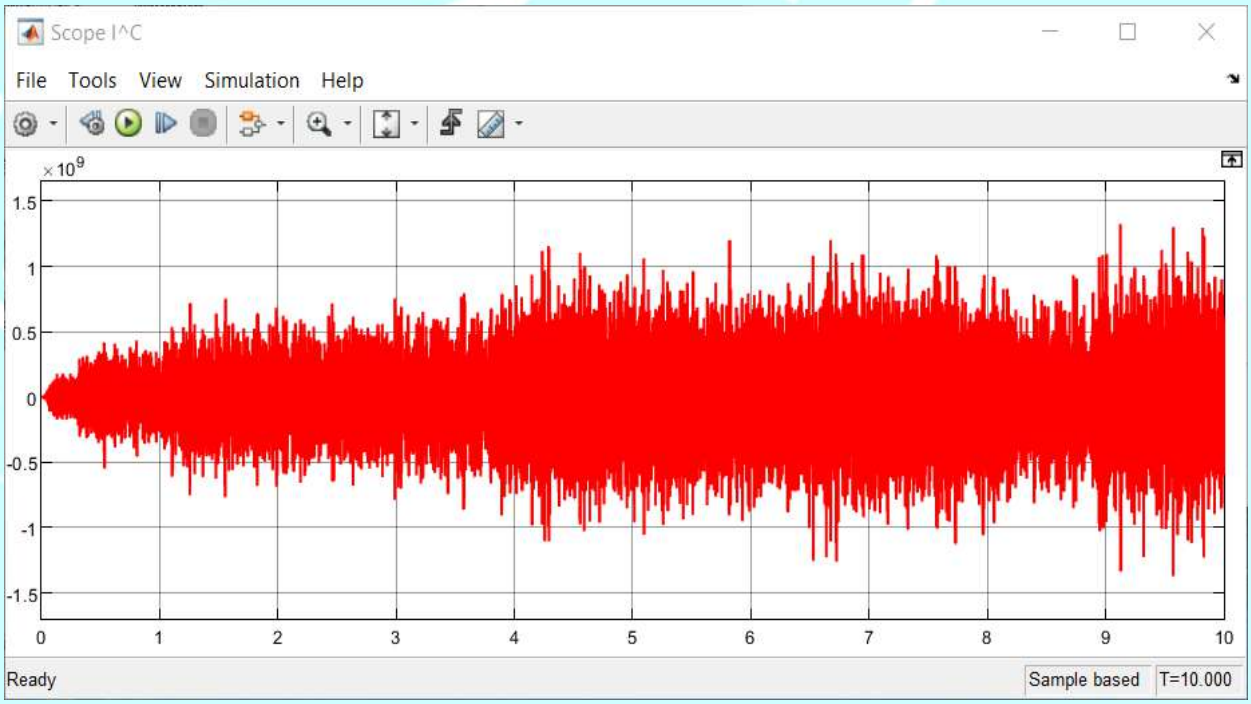
**Рисунок 3. Характеристика определения ОЗЗ по $\Delta I_{дифф}$ с ОЗЗ (б) и без ОЗЗ (а) (рост $I_0$ при замыкании, моделирование для энергетических комплексов).**



ISSN 3030-3907




**А)**

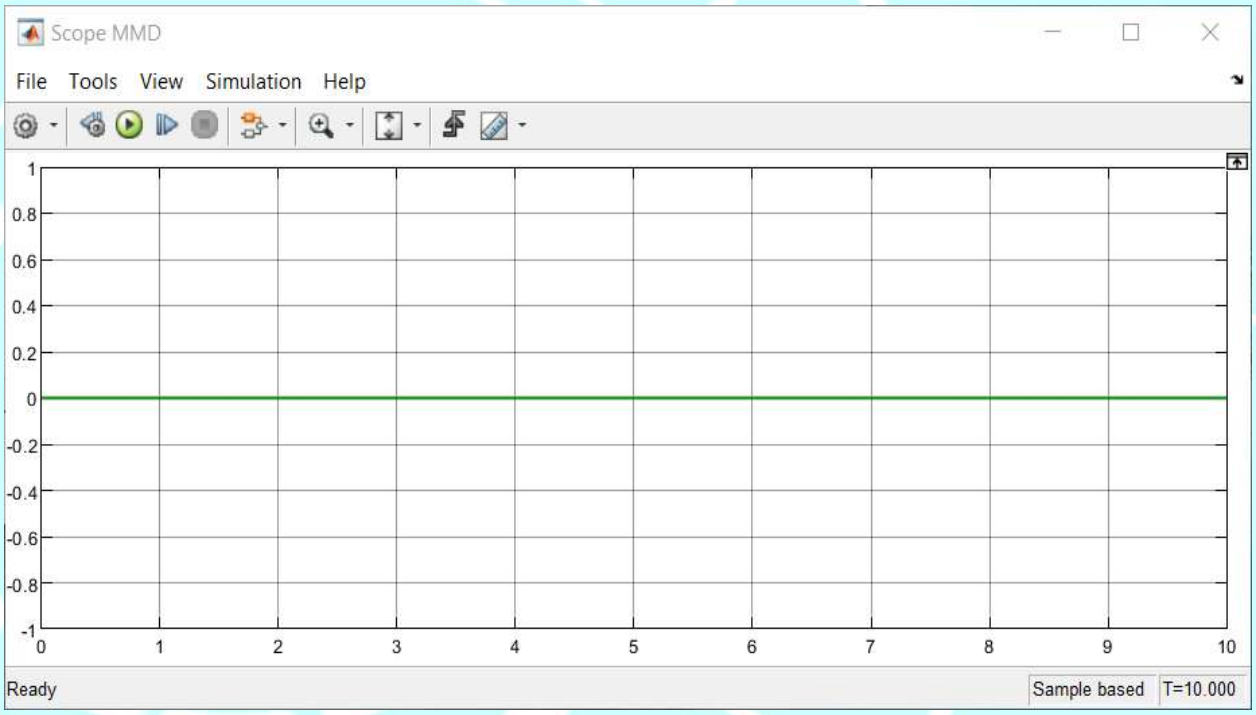



**Б)**

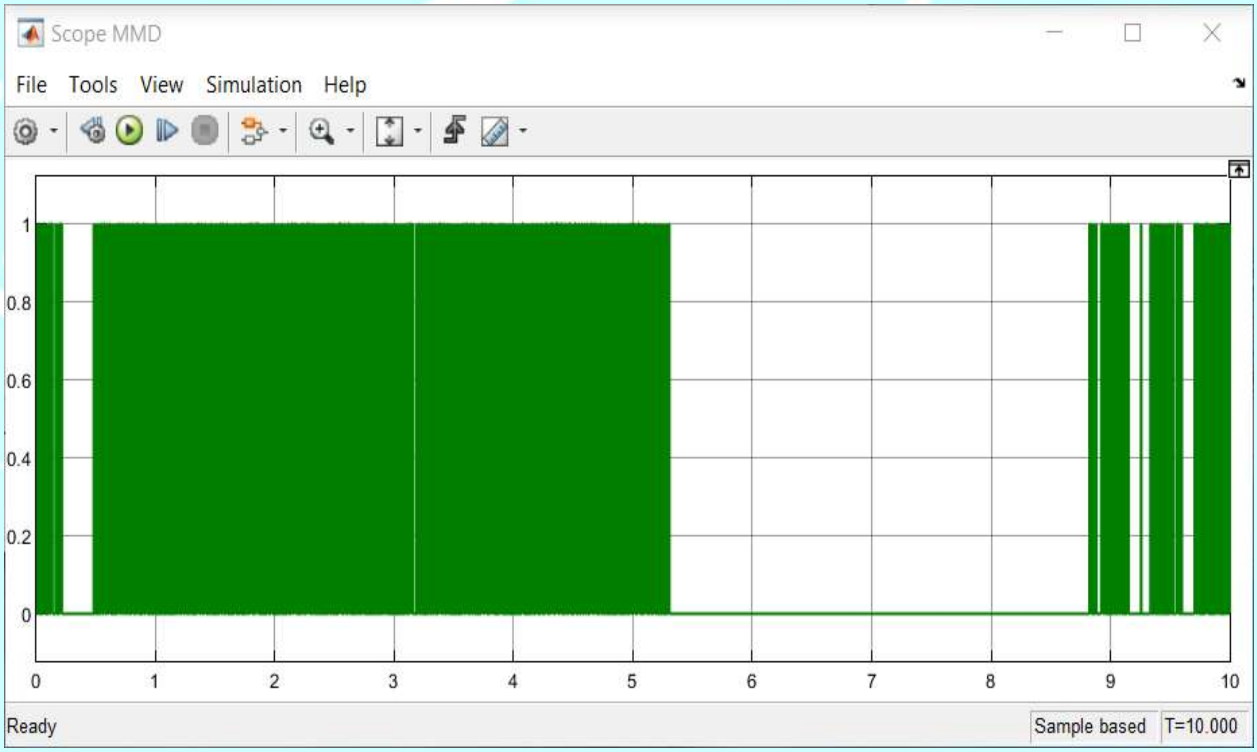
**Рисунок 4. Характеристика определения однофазных замыканий на землю по $I_{уст}$ с ОЗЗ (б) и без ОЗЗ (а)**



ISSN 3030-3907




**А)**




**Б)**

**Рисунок 5. Характеристика определения однофазных замыканий на землю по сигналу блока управления. с ОЗЗ (б) и без ОЗЗ (а)**

Микропроцессорный блок, расширяющий функционал, демонстрирует высокую чувствительность (1 мкА), селективность (98%) и адаптивность, подтверждая готовность к внедрению в интеллектуальные сети с учётом масштабируемости и устойчивости к внешним факторам в ЭС горной промышленности. Результаты испытаний интегрированного блока в ЭС приведена в таблице 1 [9,10].



ISSN 3030-3907

**Таблица-1.**

**Результаты испытаний интегрированного блока в ЭС**

| Сценарий | $\Delta I_{\text{дифф}}$ (А) | $U_0$ (В) | Устойчивость к помехам (%) | Селективность (%) | Время (с) |
|---|---|---|---|---|---|
| Нормальный | <0.01 | ~0 | 100 | 100 | - |
| ОЗЗ в ЭС | 0.1 | 10 | 98 | 98 | 0.02 |
| С помехами (гармоники) | 0.05 | 5 | 95 | 95 | 0.03 |
| Изменение ёмкости (+20%) | 0.15 | 12 | 97 | 96 | 0.04 |
| Климат (темп.50°C) | 0.12 | 9 | 96 | 97 | 0.025 |

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Amirov S. F., Ataullaev N.O. Performance of Magnitemodulying Carrent Sensor// International Jornal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN(Online): 2350 – 0328. Vol. 3, Issue 7, July 2016. – 2337 – 2346.
2. Amirov S. F., Ataullaev N.O. Performance of Magnitemodulying Carrent Sensor// International Jornal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN(Online): 2350 – 0328. Vol. 3, Issue 7, July 2016. – 2337 – 2346.
3. N. Ataullayev, *G. Tatkeyeva, I. Kurabayev, X. Murodov*, Experimental research of the developed method to determine the network insulation for ungrounded AC systems in laboratory conditions // International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), Prague, Czech Republic, 2022, September.
4. N.Ataullayev, A.Ataullayev, B.Q.Muxammadov, Neytrallari yerga ulanmagan 6 kv kuchlanishli iste'molchilarning signalizasiya tizimini nazorat qilish uchun magnitomadulyasion o'zgartirgichlar // Материалы Республиканской научно-технической конференции. "Актуальные проблемы систем электроснабжения". –Ташкент, 25-26 сентябрь 2021. – С.234-236.
5. N. Ataullayev, *A. Norqulov, B. Muxammadov, A. Majidov, I. Tog'ayev*, Principles of protection against single phase earth faults in networks with capacitive current compensation // E3S Web of Conferences, Volume 548, X International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), 12 July 2024.
6. Абрамович, Б.Н. Проблемы обеспечения энергетической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса / Б.Н. Абрамович, Ю.А. Сычев // Записки Горного института. – 2016. – т. 217 - С. 132-139.
7. Алексеев, В. П. Цифровая фильтрация сигналов на основе быстрого вейвлет преобразования / В. П. Алексеев, К. В Аксёнов // Вестник



ISSN 3030-3907

Поморского университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 2. – С. 84–89.
8. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебное пособие / В.А. Андреев – М.: Высшая школа, 1991.-496 с.
9. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебное пособие / В.А. Андреев – М.: Высшая школа, 1991.-496 с.
10. Бедрицкий И.М. Сравнительный анализ аналитических выражений для аппроксимации кривых намагничивания электротехнических сталей // Электрика – 2011. – №7. – С. 38-40.


ISSN 3030-3907

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕРМИНАЛАХ

**Шадманов Саидбек Абдуваитович**

***Андижанский государственный технический институт Старший преподаватель кафедры "Транспортная логистика"***

***E-mail: Shodmonovsayidbek@gmail.com***

***Тел.: +998 99-321-79-89***

**Аннотация.** В данной статье анализируется значение современного технологического оборудования в повышении эффективности логистических терминалов. Будут изучены возможности снижения скорости, безопасности и стоимости грузопотока за счет интеграции автоматизированных транспортных систем, цифровых платформ управления, энергосберегающих устройств и интеллектуальных систем управления. Также в статье сравниваются перспективы внедрения этих технологий в условиях Узбекистана, существующие препятствия и международный опыт.

**Ключевые слова:** Логистический терминал, технологическое оборудование, автоматизация, цифровизация, энергоэффективность, транспортная система, мультимодальная логистика.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada logistika terminallari samaradorligini oshirishda zamonaviy texnologik uskunalarning ahamiyati tahlil qilingan. Avtomatlashtirilgan transport tizimlari, raqamli boshqaruv platformalari, energiya tejovchi qurilmalar va intellektual boshqaruv tizimlarini integratsiya qilish orqali yuk tashish tezligi, xavfsizligi va narxini kamaytirish imkoniyatlari o‘rganiladi. Shuningdek, maqolada ushbu texnologiyalarni O‘zbekiston sharoitida joriy etish istiqbollari, mavjud to‘siqlar va xalqaro tajriba taqqoslangan.

**Kalit so‘zlar:** Logistika terminali, texnologik jihozlar, avtomatlashtirish, raqamlashtirish, energiya samaradorligi, transport tizimi, multimodal logistika.

**Abstract.** This article analyzes the significance of modern technological equipment in enhancing the efficiency of logistics terminals. The possibilities of improving speed, safety, and reducing the cost of cargo flow through the integration of automated transport systems, digital management platforms, energy-saving devices, and intelligent control systems will be examined. The article also compares the prospects for implementing these technologies in Uzbekistan, existing obstacles, and international experience.

**Keywords:** Logistics terminal, technological equipment, automation, digitalization, energy efficiency, transport system, multimodal logistics.

**Введение.**

В XXI веке логистика стала не просто транспортировкой, а сложной системой, координирующей потоки информации, технологий и энергии. Сердце этой системы - современный логистический терминал. Технологический уровень терминала напрямую влияет на скорость товарооборота, стоимость логистических услуг и уровень обслуживания клиентов. Основные вызовы, стоящие сегодня перед логистическими терминалами: обработка высокого грузопотока в короткие сроки, работа с цифровым документооборотом, экономия энергоресурсов, обеспечение экологической безопасности [1].

В ответ на эти требования в логистических терминалах по всему миру внедряется современное оборудование, такое как AGV (automated guided vehicles), TOS (terminal operating system), мониторинг на основе ИИ и IoT, устройства, работающие на солнечной энергии, системы интеллектуальной безопасности [2-5].

1. Основные направления технологического оснащения

2. Автоматизированная техника

AGV (Automated Guided Vehicles): автоматические тележки доставляют грузы до места назначения, снижают человеческий фактор, конвейерные системы и сенсорные панели [6]:

Автоматическое регулирование и сортировка грузов, роботы-манипуляторы: используются для подъема тяжелых и опасных грузов.

**Таблица-1**

| Разделы терминала | Как работает AGV |
|---|---|
| Склад | Автоматически перемещает багаж между полками |
| Зона приема | Перемещает груз от места разгрузки к месту сортировки |
| Погрузочно-разгрузочная зона | Перевозка грузов между машинами и кранами |

***Цифровизация и программное управление***

• TOS (Terminal Operating System): управляет всей деятельностью терминала из единого центра. Геостратегическое расположение: Андижан - крупнейший промышленный город Ферганской долины. Международный грузопоток осуществляется по трассе А373 (Ош, Бишкек, Китай). В городе Андижан много производителей (автомобилестроение, сельское хозяйство, легкая промышленность), что повышает требования к эффективному управлению грузопотоками через ТОС.2 [7,8].



ISSN 3030-3907




**Рисунок 1. Терминальная операционная системаМультимодальный терминал соответствует проекту.**

Если терминал в Андижане является мультимодальным (автомобильным, железнодорожным, возможно, воздушным), TOS координирует грузоперевозки в соответствии с этим форматом. Можно добавить отдельные модули для каждого маршрута: например, отдельные реестры для железнодорожной платформы

Оптимизирует работу персонала и техники. Такие техники, как AGV, reach stacker, forklift, координируются через TOS. Работники получают и выполняют задания через мобильные устройства - это уменьшает количество ошибок, увеличивает скорость.

Соответствует требованиям цифровой логистики

• В режиме реального времени через TOS:

• Местоположение багажа

• Кому принадлежит

• Сколько грузовиков стоит в очереди

• Отслеживание количества свободных мест на складе

WMS (Warehouse Management System): оптимизация складов, размещение, отслеживание движения, системы отслеживания грузов в режиме реального времени (GPS + RFID): отслеживает движение грузов с точностью.

Энергосберегающие технологии

• Внутреннее энергоснабжение с использованием солнечных панелей.

• Электрофоркифты и техника для снижения загрязнения воздуха.

• Светодиодное освещение и интеллектуальный контроль энергии.

Системы безопасности

• Алгоритмы раннего обнаружения и реагирования на угрозы на основе видеоаналитики, систем распознавания лиц, контроля температуры, ИИ

**3. *Перспективы применения в условиях Узбекистана***

**3.1. Географические преимущества**



ISSN 3030-3907

Узбекистан - транзитный хаб, расположенный в центре Центральной Азии. Увеличиваются грузопотоки по железной дороге Китай-Кыргызстан-Узбекистан и Транскаспийскому коридору. Это ускорит внедрение терминальных технологий.

**3.2. Проблемы**

• Технический износ: большая часть существующих терминалов основана на технике более 20 лет. Отсутствие цифровых платформ, высокая потребность в квалифицированных кадрах, финансовые ограничения и сложность доступа к кредитам.

**3.3. Решения**

• Внедрение автоматизированных технологий на основе государственно-частного партнерства.

• Направление иностранных инвестиций на технологическое обновление.

• Использование грантов международных донорских организаций (АБР, ВБ, ЮНЕСКАП).

• Подготовка местных кадров через логистические техникумы и центры.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ**

В ходе исследования показано, что благодаря цифровым системам управления (WMS - Warehouse Management System, TMS - Transport Management System) значительно улучшены возможности автоматического контроля складских процессов, отслеживания грузопотока, мониторинга в реальном времени.

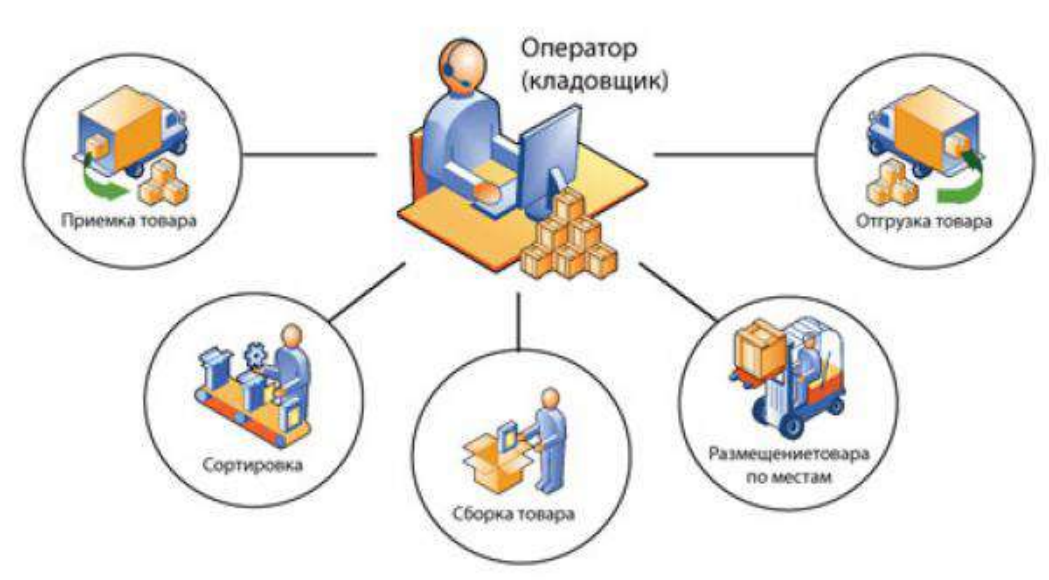



**Рисунок 2.** Система управления складом

С помощью IoT-устройств температура, движение и безопасность грузов находятся под постоянным контролем.

1. Оцифровка
2. Автоматизация.



ISSN 3030-3907

На многих передовых терминалах AGV (Automated Guided Vehicles), конвейеры, дроны и роботизированные манипуляторы уменьшают участие человека в погрузке и разгрузке грузов. Это приводит к увеличению скорости процесса на 20-40% и снижению погрешности на 60%.

**3. Энергоэффективность:**

В европейских терминалах с помощью энергосберегающих технологий, таких как солнечные панели, системы автоматического освещения и системы охлаждения и балансировки, потребление электроэнергии снижается на 30-50%. Это не только снижает издержки, но и отвечает требованиям зеленой экономики.

**4. В условиях Узбекистана:**

Несмотря на то, что на логистических терминалах страны уже сделаны некоторые первые шаги в этом направлении, темпы технологической модернизации идут медленно. Необходимо совершенствование инвестиционного климата, квалификации кадров и нормативно-правовой базы.

**Заключение.** Результаты исследования показывают, что технологическое совершенствование является решающим фактором в превращении современного логистического терминала в эффективно функционирующую систему. В качестве основных направлений определены следующие выводы

1. Расширение цифровизации необходимо внедрить системы WMS/TMS для каждого логистического терминала. Это повышает точность контроля грузопотока.

2. Привлечение инвестиций в автоматизацию позволит сэкономить время и ресурсы, снизить зависимость от человеческого фактора за счет автоматизации погрузочно-разгрузочных работ.

3. Переход на зеленую энергию позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду за счет солнечной энергии, светодиодного освещения и теплоизоляции, оптимизировать затраты.

4. Необходимо повысить квалификацию инженерно-технических работников и разработать новые регламенты для внедрения технологий подготовки кадров и развития правовой базы. На этой основе логистическая система Узбекистана может занять конкурентоспособную позицию не только на внутреннем рынке, но и в международном транзите за счет ускорения цифровой трансформации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азиатский банк развития. Транспортная стратегия CAREC 2030. Manila: ADB (2022).



ISSN 3030-3907

2. Открытый логистический фонд Цифровые логистические системы: лучшие практики. Берлин (2023).
3. Всемирный банк (2021). Торговое содействие в Центральной Азии. Вашингтон, округ Колумбия.
4. ЮНЕСКАП (2020). Развитие сухих портов в Азии и Тихоокеанском регионе. Бангкок.
5. Гулямов, С., и Мирзакаримов, Д. (2022). "Таможня и цифровая логистика в Узбекистане." Узбекский журнал торговли, 4 (1), 25-39.
6. Zhang, W. (2020). "Автоматизация в грузовых терминалах: тенденции и инновации." Азиатский транспортный журнал, 7 (2), 55-72.
7. Xomidov Anvarbek Ahmadjon o‘g‘li, Shodmonov Sayidbek Abduvayitovich. (2022). ТЕМПЕРАТУРА ДАТЧИКА. European Journal of Interdisciplinary Research and Development, 4, 62-66. Получено с http://ejird.journalspark.org/index.php/ejird/article/view/65
8. Xomidov Anvarbek Ahmadjon o‘g‘li, Shodmonov Sayidbek Abduvayitovich. (2022). Компьютер и система мониторинга на борту. Eurasian Scientific Herald, 9, 64-71. Получено с https://geniusjournals.org/index.php/esh/article/view/1703


ISSN 3030-3907

# XINAZOLON-4 VA 2-SELENO-5,7-DIMETIL PIRIDO (2,3-D) PIRIMIDINON-4 NI MIS(II) TUZLARI BILAN ARALASH LIGANDLI KOMPLEKS BIRIKMALARI SINTEZI VA TADQIQOTI

**Norqobilov Mirtemir Elboy o‘g‘li**
***Magistr, Qarshi davlat universiteti***
**Qurbonnazarov Axror Jumag‘ul o‘g‘li**
***Magistr, Qarshi davlat universiteti***
**Yakubov Erkin Shomuratovich**
***k.f.n., professor, Qarshi davlat universiteti***
***E-mail: erkinyakubov084@gmail.com***

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada xinazolon-4 va uning 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 hosilasining mis(II) tuzlari bilan oddiy hamda aralash ligandli kompleks birikmalarini sintez usullari keltirilgan. Tadqiqot davomida esa, sintez qilingan oddiy hamda aralash ligandli kompleks birikmalarni tarkibi elementga analiz, elektr o‘tkazuvchanligi, fazoviy tuzilishi esa, infraqizil (IQ) – spektri, elektron paramagnit rezonansi (EPR) – spektrilari yordamida o‘rganilgan. Olingan ma’lumotlar asosida oddiy hamda aralash ligandli kompleks birikmalarning fazoviy tuzilish formulalari keltirilgan.

**Kalit so‘zlar**: Xinazolon-4, 2-Seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4, ligand, kvadratli piramida, elektrodonor atom, bidentat birikish, infraqizil - spektroskopiyasi, elektron paramagnit rezonansi - spektroskopiyasi, aralash ligandli kompleks birikmalar, koordinatsiya, markaziy ion.

**Аннотация:** В статье представлены методы синтеза простых и смешаннолигандных комплексов хиназолона-4 и его производного 2-селено-5,7-диметилпиридо(2,3-d)пиримидинона-4 с солями меди(II). В ходе исследований изучен состав синтезированных простых и смешанных лигандных комплексов с помощью элементного анализа, электропроводность, пространственная структура с помощью инфракрасных (ИК) спектров и спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). На основании полученных данных представлены пространственные структурные формулы комплексных соединений с простыми и смешанными лигандами.

**Ключевые слова**: Хиназолон-4, 2-селено–5,7–диметилпиридо-[2,3-d]пиримидинон-4, лиганд, квадратная пирамида, атом донора электронов, бидентатная связь, инфракрасная спектроскопия, электронный парамагнитный резонанс - спектроскопия, смешанные лигандные комплексные соединения, координация, центральный ион.

**Abstract:** The article presents methods for the synthesis of simple and mixed-ligand complexes of quinazolone-4 and its derivative 2-seleno-5,7-



*ISSN 3030-3907*

dimethylpyrido(2,3-d)pyrimidinone-4 with copper(II) salts. During the research, the composition of the synthesized simple and mixed ligand complexes was studied using elemental analysis, electrical conductivity, and spatial structure using infrared (IR) spectra and electron paramagnetic resonance (EPR) spectra. Based on the obtained data, spatial structural formulas of complex compounds with simple and mixed ligands are presented.

**Keywords**: Quinazolone-4, 2-seleno-5,7-dimethylpyrido-[2,3-d]pyrimidinone-4, ligand, square pyramid, electron donor atom, bidentate bond, infrared spectroscopy, electron paramagnetic resonance spectroscopy, mixed ligand complexes, coordination, central ion.

**Kirish**

Ma’lumki, biologik faol bo‘lgan organik birikmalar tarkibida biometallarni kiritilishi ularni nafaqat zararli tomonlarini kamaytiribgina qolmasdan balki, ko‘pgina hollarda biologik faolligini oshiradi yoki yangi biologik xususiyatlarni namoyon qiladi. Shuning uchun yangi, yuqori effektli biopreparatlarni sintezlash va ularni zamonaviy usullar yordamida o‘rganish hozirgi kunda dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi o‘rganilmagan xinazolon-4 va uning 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 hosilasini Cu(II) tuzlari bilan oddiy hamda aralash ligandli kompleks birikmalarini sintezlash. Tadqiqotning vazifalari esa, sintez qilingan kompleks birikmalarni tarkibi va fazoviy tuzilishlarini zamonaviy usullar (elektr o‘tkazuvchanligini o‘rganish, elementga analiz, IQ – spektri hamda EPR – spektrlari) dan olingan ma’lumotlar asosida tahlil qilish va fazoviy tuzilish formulalarini taklif etishdan iborat.

**ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR**

Hozirgi kunda biologik jihatdan faol bo‘lgan tarkibi, tuzilishi va xossalari bir-biridan keskin farq qiladigan, tarkibida turli xil donor atomlar tutgan hamda kompleks birikmalar hosil qilishga moyil bo‘lgan juda ko‘plab organik va noorganik faol ligandlar mavjud bo‘lib, ularning eng asosiy sinflaridan biri xinazolon–4 va uning hosilalari hisoblanadi.

Xinazolon–4 va uning hosilalari qatorida gerbitsid, fungitsid, bakteritsid va farmakologik xususiyatlarni namayon qiluvchi ko‘plab faol birikmalar aniqlangan. Masalan, 2-metilxinazolon–4 nerv sistemasini tinchlantiruvchi, haroratni tushiruvchi preparat sifatida metakvolon va ortonal yoki motonol nomi bilan tibbiyotda ishlatilmoqda [1]. Karboksimetilaminoxinazolon–4 paxta viltiga qarshi, uning kompleks birikmalari esa bo‘g‘doy zang kasalliklariga qarshi 80%, zararli nematod chuvalchanglariga qarshi 80-100 % faol ekanligi aniqlangan [2], [3].

Xinazolon-4 va uning hosilalarini sintezi, ularning fizik-kimyoviy hamda biologik xususiyatlari haqida bir qancha ishlar bajarilgan va jurnallarda maqolalar



ISSN 3030-3907

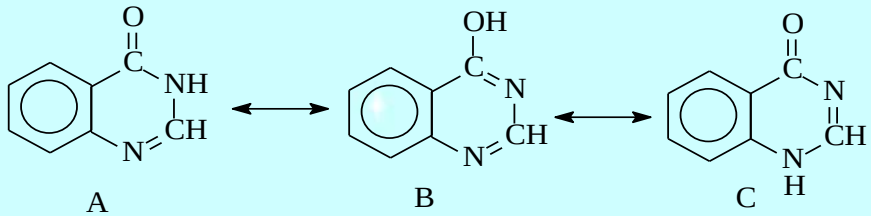
e’lon qilingan bo‘lsada, ularning kompleks birikmalari kam o‘rganilgan. Ayniqsa, xinazolon-4 ning hosilasi 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 ning aralash ligandli kompleks birikmalari o‘rganilmagan. Shuning uchun xinazolon-4 va uning hosilasi 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 ni mis(II) tuzlari bilan oddiy hamda aralash ligandli kompleks birikmalarini sintezlash, ularni tarkibi va tuzilishlarini zamonaviy usullarda o‘rganish katta ahamiyatga egadir.

Xinazolon-4 tarkibida ikkita azot va bitta kislorod tutgan, 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 (SePP) esa, tarkibida 2 ta azot, bitta kislorod va selen tutgan kuchli kompleks hosil qiluvchi ligand hisoblanadi. Shuning uchun xinazolon-4 va 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 larni d-metallar bilan oddiy hamda aralash ligandli kompleks birikmalarini sintezlash, ligand tarkibidagi qaysi donor atomlari orqali markaziy ion bilan koordinatsion bog‘ hosil qilishini aniqlash, yangi sintez qilingan kompleks birikmalarni fizik-kimyoviy xossalarini hamda biologik faolliklarini zamonaviy usullar yordamida o‘rganish ham nazariy, ham amaliy jihatdan muhim ahamiyatga egadir [2].

**NATIJALAR VA MUHOKAMA**

Xinazolon-4 va uning hosilasi 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 – oq va sariq kristall moddalar bo‘lib, oddiy erituvchilarda qiyin eriydi. Sintez qilingan koordinatsion birikmalari esa, organik erituvchilarda ligandga nisbatan yaxshi eriydi.

Xinazolon-4 va uning hosilalari tarkibida donor atomlarining (N, Se, O) bo‘lishi, ularning har xil tautomeriyalarga uchrashi va shu donor atomlar hisobiga metallar bilan har xil koordinatsiyaga uchrashi ham nazariy, ham amaliy jihatdan qiziqish uyg‘otadi. Xinazolon-4 oq kristal modda bo‘lib, bir qancha toutomeriya holatlarida bo‘lishi mumkin [1], [2], [4]:

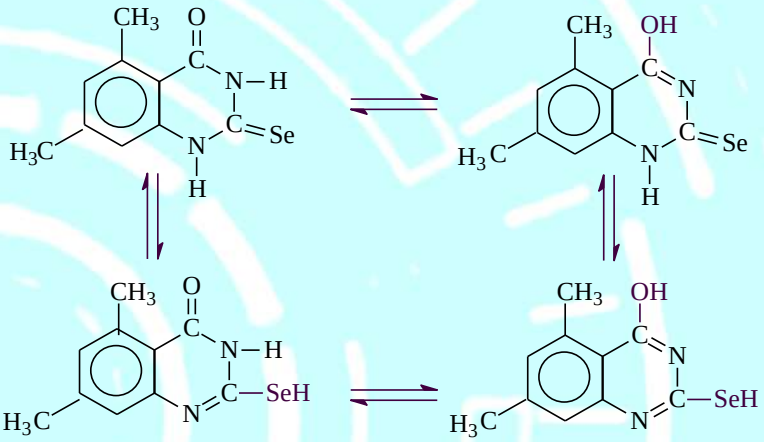



A B C

Tajribalar natijasida A:B:C=7:2:1 nisbatlarda bo‘lishi aniqlangan [1], [2], [5].

Xinazolon-4 ning hosilasi 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 (SePP) tarkibidagi harakatchan vodorodlar hisobiga eritmada bir necha xil toutomerik holatlarda bo‘lishi mumkin [1]:


ISSN 3030-3907



Shuning uchun bunday faol kompleks hosil qiluvchi ligandlarning kompleks birikmalarini sintezlash, tarkibini, fazoviy tuzilishlarini hamda turli xil xossalarini o‘rganish qiziqish uyg‘otadi. Chunki bunday ligandlar metallar bilan har xil ko‘rinishda koordinatsiyaga uchrab, turli xil tarkibli va tuzilishli koordinatsion birikmalarni hosil qiladi [6], [7], [8].

**$CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2H_2O$** kompleks birikmasini sintez qilish uchun (1 mmol) xinazolon-4 tuzini eritmasiga (1 mmol) $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ tuzini eritmasini aralashtirib turgan holda tomchilatib qo‘shildi. Bir soat 50-60$^0$C da qizdirgan holda, magnitli aralashtirgichda aralashtirildi. To‘q yashil rangli cho‘kma tushdi. Cho‘kmani filtrlab, suvli etanol aralashmasi bilan yuvildi. Suvli etanol aralashmasi bilan yuvishdan maqsad xinazolon-4, $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ tuzlari suvli etanol aralashmasida eriydi va filtrdan o‘tib ketadi. Kompleks birikma esa, erimaydi va fil’trda qoladi. Toza kompleks birikmani xona haroratida quritib, og‘irligini o‘lchab, reaksiya unumi (87%) aniqlandi.

Suyuqlanish temperaturasini o‘rganilganda 336$^0$C da suyuqlanmasdan parchalanib ketishi ko‘zatildi. Tparchal.=336$^0$C.

**$Cu(Xz)_2 \cdot 3H_2O$** kompleks birikmasini sintez qilish uchun (1 mmol) $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ tuzining eritmasiga (1 mmol) xinazolon-4 tuzi eritmasidan tomchilatib qo‘shilganda Me:L=1:1 nisbatdagi $CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2H_2O$ tarkibli kompleks birikmasi cho‘kmaga tushadi. Bu cho‘kmaning ustiga yana (1 mmol) xinazolon-4 tuzi eritmasidan qo‘shilganda cho‘kma erib, ko‘k rangli eritma hosil bo‘ladi. Bir soat 50-60$^0$C da qizdirgan holda, magnitli aralashtirgichda aralashtirdik. Eritma xona haroratida bug‘latildi. Cho‘kmani filtrlab, suv va spirt aralashmasi bilan yuvdik. Cho‘kma dastlab xona haroratida keyin 40-50$^0$C da quritildi. Ko‘k rangli kompleks birikmasi ajratib olindi. Reaksiya unumi-53%, suyuqlanish temperaturasi Tsuyuq. = 282$^0$C ekanligi aniqlandi.

**$Cu(Xz) \cdot (SePP) \cdot H_2O$** tarkibli aralash ligandli kompleks birikmasini sintez qilish uchun (1 mmol) xinazolon-4 tuzini eritmasiga (1 mmol) $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ tuzini eritmasini aralashtirib turgan holda tomchilatib qo‘shilganda to‘q yashil cho‘kma ya’ni $CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2CH_3OH$ kompleks birikmasi hosil bo‘ladi.


ISSN 3030-3907

$CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2CH_3OH$ kompleks birikmasining ustiga (1mmol) 2-seleno–5,7–dimetil pirido-[2,3-d] pirimidinon-4 tuzi eritmasidan oz-ozdan qo‘shganimizda dastlabki to‘q yashil cho‘kma erib ketadi va asta-sekin kul rang cho‘kma, ya’ni $Cu(Xz)(SePP) \cdot H_2O$ kompleks birikmasi hosil bo‘ladi. Cho‘kma filtrlanib, suvli spirt bilan bir necha marta yuvildi va xona haroratida quritildi. Reaksiya unumi-52%, suyuqlanish temperaturasi Tsuyuq. = $274^0$C ekanligi aniqlandi.

**Xinazolon-4, 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 va ularning kompleks birikmalarini ba’zi fizik-kimyoviy xossalari**

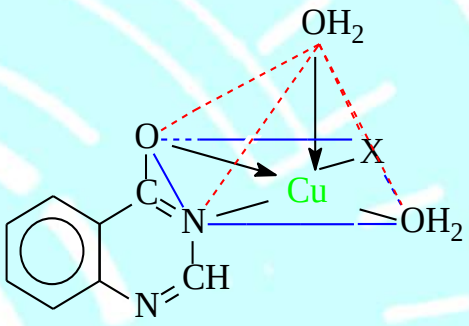
| № | Birikmalar | Rangi | Molekulyar massasi | Elementlarning miqdori (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Me | C | N | Se | H |
| 1 | Xinazolon-4 | Oq | 146 | - | 65,05<br>65,75 | 19,24<br>19,17 | - | 4,2<br>4,3 |
| 2 | 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 | Och sariq | 253 | - | 47,43 | 11,06 | 31,22 | 3,95 |
| 3 | $CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2H_2O$ | To‘q yashil | 306 | 20,63<br>20,91 | 31,14<br>31,37 | 13,75<br>13,72 | - | 3,0<br>2,9 |
| 4 | $Cu(Xz)_2 \cdot 3H_2O$ | Ko‘k | 406 | 15,32<br>15,76 | 47,03<br>47,29 | 13,56<br>13,80 | - | 3,9<br>3,9 |
| 5 | $Cu(Xz)(SePP) \cdot H_2O$ | Kul rang | 477 | 13,41<br>13,21 | 45,28<br>45,14 | 11,74<br>11,58 | 16,1<br>16,0 | 3,3<br>3,4 |

Xinazolon-4 ni infraqizil spektrida ν(C=O) guruhiga tegishli yutilish chiziqlari1710 $sm^{-1}$ sohada, N-H bog‘larini valent tebranishlariga tegishli yutilish chiziqlari esa, 3200 $sm^{-1}$ sohada namoyon bo‘lishi o‘rganildi [3, 4].

2-Seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 ni infraqizil – spektrida 2 va 4 chi holatlardagi ν(C=Se) hamda ν(C=O) guruhlariga tegishli nur yutilish chiziqlarini 1675 va 1715 $sm^{-1}$ sohalarda, 1 va 3 chi holatlardagi N-H guruhlariga tegishli nur yutilish chiziqlari esa, 3200 hamda 3190 $sm^{-1}$ sohalarda namoyon bo‘lishi kuzatildi.

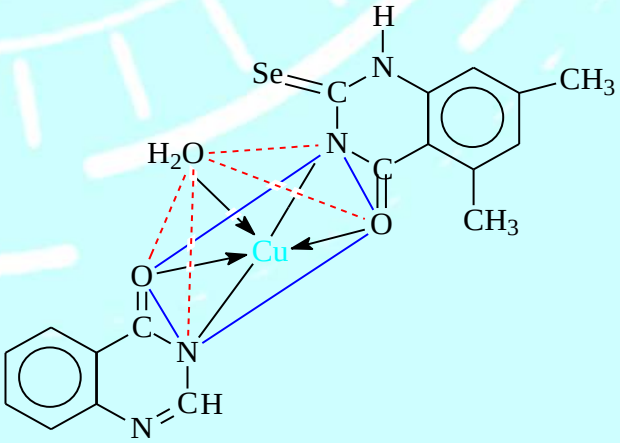
$CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2H_2O$, $Cu(Xz)_2 \cdot 3H_2O$ tarkibli kompleks birikmalarning infraqizil spektrlarida liganddagi ν(C=O) guruhiga tegishli yutilish chiziqlarini 1710 $sm^{-1}$ dan 1690 $sm^{-1}$ gacha kamayishi, 3200 $sm^{-1}$ da N-H bog‘larini valent tebranishlariga tegishli yutilish chiziqlarini kompleks birikmalarning IQ-spektrlarida kuzatilmasligi xinazolon-4 ni markaziy ion bilan uchinchi holatdagi azot va to‘rtinchi holatdagi kislorod orqali to‘rt xalqali metallosikl hosil qilgan holda, bidentat birikayotganligidan dalolat beradi.


ISSN 3030-3907



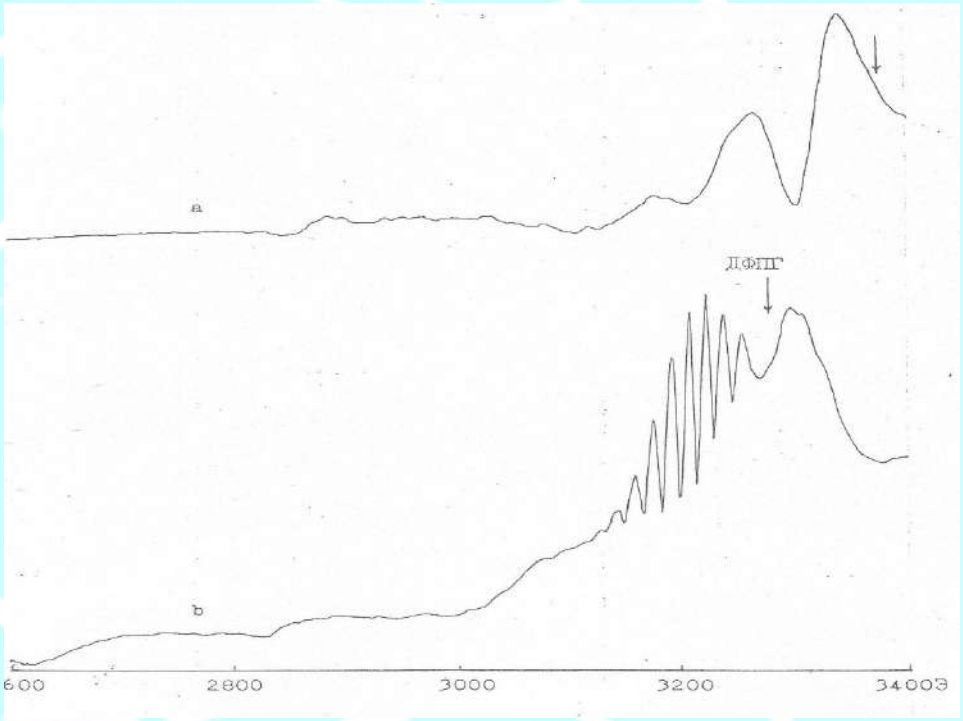

Cu(Xz)(SePP)·$H_2O$ tarkibli aralash ligandli kompleks birikmani IQ-spektrida xinazolon-4 va 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 larni infraqizil–spektrida uchinchi holatdagi N-H bog‘lariga tegishli nur yutilish chiziqlarini 3190-3200 $sm^{-1}$ sohalarda kuzatilmasligi hamda ligandlarda 1710-1715 $sm^{-1}$ sohada namoyon bo‘layotgan to‘rtinchi holatdagi karbonil guruhiga ν(C=O) tegishli nur yutilish chiziqlarini 1705 $sm^{-1}$ sohaga qadar pastki sohaga siljishi xinazolon-4 va 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 larni markaziy ion bilan uchinchi holatdagi azot va to‘rtinchi holatdagi kislorod orqali to‘rt xalqali metallosikl hosil qilgan holda, bidentat birikayotganligini ko‘rsatdi [3], [9], [10].

Hosil bo‘lgan Cu(Xz)(SePP)·$H_2O$ tarkibli aralash ligandli kompleks birikmani tuzilish formulasi quyidagicha taklif etildi:



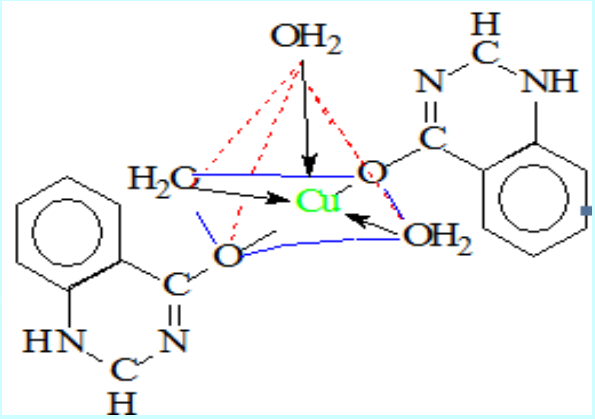

Kompleks birikmalarning EPR- spektrlari o‘rganilib, hosil bo‘layotgan anizatrop parametrlari ($g_{\parallel}$=2,214, A=150 va $g_{\perp}$=2,058) aniqlandi. EPR- spektridan olingan ma’lumotlar ham xinazolon-4 va 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 larni markaziy ion bilan uchinchi holatdagi azot hamda to‘rtinchi holatdagi kislorod orqali bidentat birikayotganligini tasdiqladi [7], [8], [9], [10].


ISSN 3030-3907




**$Cu(Xz)_2 \cdot 3H_2O$ kompleks birikmasini DMSO dagi EPR-spektri.**

Olingan natijalarga asoslanib, mis(II) tuzlari xinazolon-4 bilan Me:L=1:1 va 1:2 tarkibli kompleks birikmalar hosil qilishi o‘rganildi. $CuNO_3 \cdot Xz \cdot 2H_2O$ tarkibli kompleks birikmaning ustiga 2-seleno-5,7-dimetil pirido (2,3-d) pirimidinon-4 tuzi eritmasi qo‘shilganda $Cu(Xz)(SePP) \cdot H_2O$ tarkibli aralash ligandli kompleks birikma hosil bo‘lishi aniqlandi. Markaziy ion ligandlar bilan to‘rt xalqali metallosikl hosil qilib, bidentat birikayotganligi hamda hosil bo‘lgan kompleks birikmalar kvadratli piramida tuzilishida bo‘lishi kompleks birikmalarning elektr o‘tkazuvchanligi, element analizi, IQ-, EPR-spektrlari yordamida o‘rganildi va $Cu(Xz)_2 \cdot 3H_2O$ tarkibli kompleks birikmaning tuzilish formulasi quyidagicha taklif etildi:




## XULOSA

Mis(II) tuzlari xinazolon-4 bilan 1:1; va 1:2 tarkibli kompleks birikmalar hosil qilishi hamda birikish to‘rtinchi holatdagi kislorod va uchinchi holatdagi azot orqali koordinatsiyaga uchrashi aniqlandi.


ISSN 3030-3907

Mis(II) tuzlarini xinazolon-4 bilan 1:2 tarkibli kompleks birikmalarini sintezlash jarayonida markaziy ion ikkinchi kislota qoldig‘ini ham xinazolon-4 ga almashinishi mumkinligi o‘rganildi.

Sintez qilingan kompleks birikmalarning elektr o‘tkazuvchanligi, element analizi, IQ -, EPR - spektrlari o‘rganildi va kompleks birikmalar kvadratli piramida tuzilishiga ega ekanligi aniqlandi.

Kompleks birikmalarini DMSO da elektr o‘tkazuvchanligi o‘rganilganda, kam elektr o‘tkazuvchan (6-8 $om^{-1} \cdot sm^2 \cdot mol^{-1}$) xarakterga ega ekanligi aniqlandi.

## ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Х.М.Шоҳидоятов Хиназолоны-4 и их биологическая активностъ. – Ташкент: Издательство “Фан” 1988. 136 с.

2. Э.Ш.Якубов, И.Нахатов, Б.Р.Норматов Координационные соединения меди (II) с хиназолоном-4 и его производными. - Ташкент. Узбекский химический журнал. – 2019. - №4. – 44-51 с.

3. Nakamoto K. “Infrared and Raman Spektra of Inorganik and Coordinashion Compounds”, – John. Wiley and Sons, Inc., New York. – 1978/ - P. 231.

4. Якубов Э.Ш., Назаров Ф.Ф., Назаров Ф.С., Дустов Х.Б. Смещаннолигандные комплексы меди (II). – Бухара. Развитие науки и технологий. – 2019. - №5. – 117-121 с.

5. Якубов Э.Ш., Гулбоева Д.Р., Сафарова М.А., Чориев А.У. Комплексные соединения кобальта(II), меди(II) и цинка с хиназолоном-4. – Москва. Universum: Химия и биология. – 2019. 3(57). - 72-76 с.

6. Якубов Э.Ш., Махмудова Г.А., Тожиев С.М., Шокиров Ж.Н. Комплексные соединения биометаллов с 2-карбоксиметиламинохиназолоном-4. – Қарши. ҚарДУ ХАБАРЛАРИ илмий-назарий, услубий журнал. – 2021. №1. – 26-30 бетлар.

7. Якубов Э.Ш., Қурбонназаров А.Ж. Комплексные соединения Co(II), Cu(II) и Zn с 2-оксохиназолоном-4. – Қарши. ҚарДУ ХАБАРЛАРИ илмий-назарий, услубий журнал. – 2022. №3. – 81-85 бетлар.

8. Yakubov E.Sh., Boykabilova N.Sh. SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF COBALT(II) COMPLEX FORMATION WITH QINAZOLONE-4. American Journal Of Applied Science And Technology (ISSN – 2771-2745) VOLUME 03 ISSUE 03 Pages: 18-26. Journal Website: https://theusajournals.com/index.php/ajast. 2023.

9. Якубов Э.Ш., Махмудова Г.А., Тожиев С.М., Шокиров Ж.Н. Комплексные соединения меди(II) и цинка с 2-аминохиназолоном-4. // ҚарДУ хабарлари. – 2020. №4. 25–28 бетлар.



ISSN 3030-3907

10. Махмудова Г.А., Тожиев С.М., Шокиров Ж.Н., Якубов Э.Ш. Комплексные соединения биометаллов с 2-карбоксиметиламинохиназолоном-4. // ҚарДУ хабарлари. – 2021. №1. 26–32 бетлар.



ISSN 3030-3907

# TOMCHILATIB SUG‘ORISH TIZIMLARIDA TOMCHILATKICHLARNING TIQILIB QOLISH SABABLARI VA ULARNI OLDINI OLISH, DALA TADQIQOTLARIDAN OLINGAN NATIJALAR.

**Sh.Ermatova**
***“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti***
***E-mail: sh_ermatova@tiiame.uz***
**D.Atakulov.**
***“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti***

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqot ishi mikrotomchilatib sug‘orish tizimlarida yuzaga keladigan tomchilatkichlarning tiqilib qolish muammolariga bag‘ishlangan. Tadqiqotning asosiy maqsadi tomchilatkichlarning tiqilib qolishining fizik, biologik va kimyoviy sabablarini aniqlash, ularni oldini olish usullarini ishlab chiqish va egiluvchan sug‘orish quvurlarining gidravlik xususiyatlarini eksperimental yo‘l bilan o‘rganishdan iborat.

Tadqiqot O‘zbekistonning turli agroklimatik sharoitlarida joylashgan uchta tajriba maydonida olib borilgan bo‘lib, jami 35, 45 va 80 gektar maydonlarni qamrab olgan. Tadqiqotlar davomida diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan polimer materialli sug‘orish quvurlari qo‘llanilgan. Bosim, suv sarfi va yer nishabligi o‘lchovlari aniq o‘lchov asboblari yordamida amalga oshirilgan.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki:

Tomchilatkichlarning tiqilib qolishi asosan fizik (qum, loyqa), biologik (bakteriyalar) va kimyoviy (tuzlar cho‘kishi) sabablarga ko‘ra yuzaga keladi

Diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan quvurlarning solishtirma qarshiligi o‘rtacha 21.1 $s^2/m^6$ ni tashkil etadi

Suv sifatini tahlil qilish, to‘g‘ri filtrlash tizimini qurish va kimyoviy ishlov berish orqali tiqilishning oldini olish mumkin

Olingan natijalar asosida tomchilatib sug‘orish tizimlarini loyihalash va ularning samaradorligini oshirish, shuningdek suv resurslaridan tejamkorlik bilan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

**Kalit so‘zlar:** mikrotomchilatib sug‘orish, tomchilatkich, tiqilib qolish, solishtirma qarshilik, gidravlik hisob, suv sifati, filtrlar, egiluvchan quvurlar.

**Аннотация.** Данное исследование посвящено проблемам засорения капельниц, возникающим в микрокапельных системах орошения. Основная цель исследования заключается в выявлении физических, биологических и химических причин засорения капельниц, разработке методов их предотвращения и экспериментальном изучении гидравлических характеристик гибких оросительных труб.



ISSN 3030-3907

Исследования проводились на трёх опытных участках, расположенных в различных агроклиматических условиях Узбекистана, общей площадью 35, 45 и 80 гектаров. В ходе исследований использовались гибкие оросительные трубы из полимерного материала диаметром 16 мм. Измерения давления, расхода воды и уклона местности выполнялись с помощью точных геодезических приборов.

**Результаты исследований показали, что:**

• Засорение капельниц происходит в основном по физическим (песок, взвеси), биологическим (бактерии) и химическим (отложение солей) причинам.

• Удельное гидравлическое сопротивление гибких труб диаметром 16 мм в среднем составляет 21,1 $с^2/м^6$.

• Предотвратить засорение возможно за счёт анализа качества воды, установки эффективной фильтрационной системы и применения химической обработки.

На основе полученных данных разработаны рекомендации по проектированию систем капельного орошения, повышению их эффективности и рациональному использованию водных ресурсов.

**Ключевые слова:** микрокапельное орошение, капельница, засорение, удельное сопротивление, гидравлический расчёт, качество воды, фильтры, гибкие трубы.

**Abstract.** This research is devoted to the problem of emitter clogging that occurs in micro-drip irrigation systems. The main objective of the study is to identify the physical, biological, and chemical causes of emitter clogging, to develop methods for its prevention, and to experimentally investigate the hydraulic characteristics of flexible irrigation pipes.

The study was conducted on three experimental sites located in different agro-climatic conditions of Uzbekistan, covering areas of 35, 45, and 80 hectares. Flexible irrigation pipes made of polymer material with a diameter of 16 mm were used during the experiments. Measurements of pressure, water discharge, and land slope were carried out using precise measuring instruments.

The results showed that:

• Emitter clogging mainly occurs due to physical (sand, suspended solids), biological (bacteria), and chemical (salt precipitation) factors.

• The specific hydraulic resistance of flexible pipes with a diameter of 16 mm averaged 21.1 $s^2/m^6$.

• Clogging can be prevented through water quality analysis, proper filtration system design, and chemical treatment.



ISSN 3030-3907

Based on the obtained results, recommendations were developed for improving the design and efficiency of drip irrigation systems, as well as for the rational use of water resources.

**Keywords:** micro-drip irrigation, emitter, clogging, specific resistance, hydraulic calculation, water quality, filters, flexible pipes.

**Kirish**

Tomchilatib sug‘orish tizimlari suv va o‘g‘itlarni ma’lum chastotada, bevosita o‘simlik ildiz zonasiga yetkazib berishga imkon yaratadi. Bunday tizimlarda keng quvurlar tarmog‘i orqali suv tomchilatkichlarga yetkaziladi, ular esa suvni tomchi, mayda oqim yoki mikro-purkagichlar ko‘rinishida chiqaradi. Tabiiy dala sharoitida olib borilgan tadqiqotlar natijasida solishtirma qarshiliklarni aniqlandi va amalyotda qo`llanish uchun tavsiyalar berildi.

So‘nggi yigirma yil ichida mikrotomchilatib sug‘orish tizimlari daraxtzorlar va boshqa bog‘dorchilik ekinlarida keng qo‘llanilmoqda. Chunki ular sug‘orish bilan birga **sovuqdan himoya qilish** uchun ham moslashuvchanlikka ega. To‘g‘ri boshqarilganda, mikrotomchilatib sug‘orish boshqa sug‘orish usullariga nisbatan bir qancha afzalliklarni beradi:

- Suvni bir tekis taqsimlash imkoniyati.
- Suvdan foydalanish samaradorligi yuqori.
- To‘g‘ri rejalashtirilsa, chuqur yuvilish (filtratsiya) va oqib ketishni kamaytiradi.
- O‘g‘itlar (fertigatsiya) va boshqa kimyoviy moddalarni (kemyogatsiya) sug‘orish tizimi orqali samarali berish imkoniyati.
- Boshqa usullar bilan sug‘orib bo‘lmaydigan tik yerlarda ham sug‘orishni amalga oshirish imkoniyati.

Biroq, tomchilatkichlarning **tiqilib qolishi** mikrotomchilatib sug‘orish tizimida eng jiddiy muammolardan biridir. Tomchilatkichlar tiqilib qolsa, suvning bir tekis taqsimlanishi buziladi va tizimning samaradorligi keskin pasayadi.

Masalaning qo`yilishi. Tadqiqot usullari va metodologiyasi, Tomchilatkichlarning tiqilib qolish sabablari, Tomchilatkichlarning tiqilib qolishi uchta asosiy sababga ko‘ra yuz beradi: Fizik (qum, loyqa, qattiq zarrachalar), Biologik (bakteriyalar va suv o‘tlarining o‘sishi), Kimyoviy (tuzlar cho‘kishi, qotib qolgan qoldiqlar). Ko‘pincha tiqilib qolish bir nechta sabablarning birgalikdagi ta’siri natijasida yuz beradi. Ushbu maqolada suvning kimyoviy, biologik fizik xususiyatlari , tomchilatib sug‘orish tizimlarida qo‘llaniladigan egiluvchan quvurlarning gidravlik xususiyatlarini, xususan solishtirma qarshiligini eksperimental yo‘l bilan aniqlashga qaratilgan.

Yechish usuli. Tadqiqot ob'ekti va maydonlarida O‘zbekistonning turli agroklimatik sharoitlariga ega bo‘lgan uchta tajriba maydonida olib borildi:Birinchi tajriba uchastkasi**:** Umumiy maydon: 35 ga, Sug‘oriladigan



ISSN 3030-3907

maydon: 10 ga,Ekin: paxta, Qator orasi: 0.9 m (qo‘shqator usuli), Konturlar soni: 8 ta**.** Ikkinchi tajriba uchastkasi: Umumiy maydon: 45 ga, Sug‘oriladigan maydon: 20 ga, Ekin: paxta, Qator orasi: 0.76 m, Konturlar soni: 20 ta. Uchinchi tajriba uchastkasi**:** Umumiy maydon: 80 ga, Sug‘oriladigan maydon: 50 ga, Ekin: paxta, Qator orasi: 0.76 m, Konturlar soni: 32 ta, Qo‘shimcha: egatlarga plenka to‘shalgan Tajriba jihozlari va parametrlari**.** Barcha tajribalarda quyidagi texnik xususiyatlarga ega jihozlar qo‘llanildi: Sug‘orish quvuri diametri: **16 mm,** Quvur uzunligi: **100 m,** Tirqishlar orasidagi masofa: **0.25 m,** Material: egiluvchan polimer material, O‘lchov usullari va asboblar. Tadqiqot davomida quyidagi o‘lchovlar va usullar qo‘llanildi: **Bosim o‘lchovlari: Asbob: manometrlar, O‘lchov nuqtalari: quvurning boshi va oxiri, Birlik: Bar (1 Bar = 10 m suv ustuni)** Suv sarfi o‘lchovlari: **Usul: hajmiy usul, Protsedura: ma'lum hajmdagi idishni to‘ldirish vaqti, Formula: q = W/t (1) bu yerda: q - suv sarfi, W - suv hajmi, t – vaqt Yer nishabligi o‘lchovlari: Asbob: geodezik nivelir, Usul: aniq landshaft o‘lchovlari.** Hisoblash metodlari**. Tadqiqotda quyidagi asosiy formulalar qo‘llanildi: Napor yo‘qolishini hisoblash:**

**Sug‘orish quvuri uzunligi bo‘yicha yo‘qotilgan napor quyidagi formula bilan aniqlandi:**

$$H=\Delta p+i\cdot l$$

**bu yerda:**

**H - yo‘qotilgan napor (m)**

**Δp - bosimlar farqi (m)**

**i - yer nishabligi**

**l - quvur uzunligi (m)**

**Bosimlar farqini hisoblash**:

$$\Delta p = (p_1 - p_2) \times 10$$

bu yerda:

$p_1$, $p_2$ - bosimlar (Bar)

Quvurning solishtirma qarshiligi quyidagi formula bilan aniqlandi:

$$A = H / (q_0^2 \cdot l) \times 10^5$$

bu yerda:

A - solishtirma qarshilik ($s^2/m^6$)

$q_0$ - boshlang‘ich suv sarfi ($m^3/s$)

l - quvur uzunligi (m)

Tajriba tartibi. Tadqiqot quyidagi tartibda olib borildi: **Dastlabki tayyorgarlik:** tajriba maydonlarini tanlash va jihozlash, **O‘lchovlar:** har bir konturda bosim va sarf o‘lchovlari, **Ma'lumotlarni yig‘ish:** 30 tadan ortiq o‘lchovlar har bir maydon uchun, **Hisob-kitoblar:** formulalar yordamida parametrlarni hisoblash, **Statistik tahlil:** o‘rtacha qiymatlarni aniqlash.



ISSN 3030-3907

Ma'lumotlarni qayta ishlash Olingan ma'lumotlar quyidagi usullar bilan qayta ishlandi: Har bir o‘lchov uchun solishtirma qarshilik hisoblandi, 30 ta o‘lchovning o‘rtacha qiymati aniqlandi, Har uchala maydon natijalari solishtirildi, Xatolik tahlili amalga oshirildi.

Ilmiy yangilik Ushbu metodologiyaning ilmiy yangiligi: Egiluvchan quvurlar uchun maxsus o‘lchov usuli, Real dalasharoitida keng ko‘lamli tajribalar, Aniq va ishonchli solishtirma qarshilik qiymatlarini olish, Standart gidravlik formulalarni takomillashtirish

**Yer usti suvlari manbaining ta’siri**

Tomchilatkichlarning tiqilib qolishi muammosi suv manbasiga bog‘liq. Suv manbalari odatda ikki toifaga bo‘linadi: **yer usti suvlari** (daryo, ko‘l, kanal) va **yer osti suvlari** (quduq suvlari).

- Yer usti suvlardan foydalanilganda:
- Asosiy muammo suv o‘tlari (algalar) va bakteriyalar o‘sishidir.
- Suv o‘tlari hujayralari va ularning organik qoldiqlari filtrdan o‘tib ketishi mumkin va quvurlar ichida yig‘ilib, tomchilatkichlarni tiqib qo‘yadi.
- Shuningdek, chirigan suv o‘tlarining qoldiqlari bakteriyalar uchun oziqa bo‘lib, shilimshiq moddalar hosil qiladi.
- Yuzaki suvlarda mox, baliq, chig‘anoq, urug‘lar va boshqa organik chiqindilar ham bo‘lishi mumkin – ular ham filtrlanmasa, tiqilib qolishga sabab bo‘ladi.
- Yer osti suvlaridan foydalanilganda:
- Asosan **mineral tuzlarning ko‘pligi** muammo tug‘diradi. Suv tarkibidagi kaltsiy, magniy va temir cho‘kib, qattiq qotgan qoplamalar hosil qiladi.
- Sayoz quduqlardan (100 futdan past) olingan suvlar odatda **bakteriyalar** tufayli tiqilish keltirib chiqaradi.
- Chuqur quduqlardan olingan suvda esa **kimyoviy cho‘kindi**lar ko‘proq uchraydi.
- Fizik zarrachalar (qum, loy) odatda yer osti suvida kamroq bo‘ladi, shuning uchun bu manbada bunday muammo kuchli emas.

**Fizik sabablar**

Fizik tiqilib qolish sabablari odatda **qum, loyqa, suspenziya zarrachalari** bilan bog‘liq.

- Quduqlardan suv bilan birga keladigan qum donalari tomchilatkichlarni to‘sib qo‘yishi mumkin.
- Agar suvda mayda loy zarrachalari bo‘lsa, ular filtrdan o‘tib ketadi va muammo tug‘dirmaydi, **lekin loy flokkulyatsiyalanib (yig‘ilib) yirik zarrachaga aylansa**, tiqilish yuz beradi.
- Tadqiqotlarga ko‘ra, agar suvda 500 ppm gacha suspenziya zarrachalari bo‘lsa ham, katta zarrachalar filtrda ushlansa, tomchilatkichlar tiqilmaydi.


ISSN 3030-3907

•Suvning loyqaligi (turbidligi) zarrachalar mavjudligini ko‘rsatadi, lekin u **tiqilish xavfini aniq bashorat qila olmaydi**. Shu sababli laboratoriyada maxsus filtr sinovlari o‘tkazilishi kerak.

**Biologik sabablar**

Tomchilatib sug‘orish tizimi bakteriyalar uchun qulay muhit yaratadi.

•**Bakteriyalar** quvurlarda ko‘payib, **shilimshiq qoplama (slime)** hosil qiladi. Bu shilimshiq suvdagi minerallar bilan birlashib, tomchilatkichni tiqib qo‘yadigan yirik zarrachalarni hosil qiladi.

•Ayrim bakteriyalar temir, marganes va oltingugurt birikmalarini cho‘ktirib, tiqilishga sabab bo‘ladi.

•**Suv o‘tlari (algalar)** ham quvurlarga tushib, organik qoldiq qoldiradi. Bu esa bakteriyalar rivojlanishiga yordam beradi.

•Florida kabi hududlarda ko‘p uchraydigan muammo – **temir va oltingugurt bakteriyalari**.

•**Temir bakteriyalari** temirni erigan holatdan (ferrous) erimaydigan shaklga (ferric) aylantiradi va **qizil yoki sariq qoplama (okhra)** hosil qiladi.

•**Oltingugurt bakteriyalari** esa quduq suvidagi vodorod sulfiddan foydalanib, oq-sariq ipaksimon cho‘kindilar (sulfur slime) hosil qiladi.

•Agar nasosning havo-suv qismi noto‘g‘ri ishlasa, bu bakteriyalar yanada ko‘proq o‘sadi

**Kimyoviy sabablar**

Suv “umumiy erituvchi” deb ataladi, chunki unda deyarli hamma narsa ma’lum darajada eriydi. Biroq, bosim, harorat, pH va boshqa gazlarning ($O_2$, $CO_2$, $H_2S$) miqdoriga qarab, suvdagi minerallar qayta cho‘kishi mumkin.

**Eng keng tarqalgan muammo – kaltsiy karbonat ($CaCO_3$) cho‘kishi.**

Suv tuproq orqali o‘tganda $CO_2$ ni o‘ziga singdiradi, bu esa kaltsiy karbonatni eritib, suvda olib yuradi.

Lekin suv quvurdan chiqib, bosim va harorat o‘zgarsa, kaltsiy qayta cho‘kadi va tomchilatkichlarni to‘sib qo‘yadi.

Cho‘kkan kaltsiy sirti oq qattiq qatlam ko‘rinishida bo‘ladi, u sirka (uksus) bilan tezda erib ketadi (gaz chiqishi kuzatiladi).

Temir va marganes ham kimyoviy tiqilish sabab bo‘ladi.

Masalan, erigan temir havoga chiqqanda oksidlanib, “qizil suv” shaklida cho‘kadi.

**Vodorod sulfid ($H_2S$)** ko‘p bo‘lsa, suv kislotali bo‘ladi va kaltsiy karbonat cho‘kish xavfi kamayadi, lekin bu ham tizim uchun boshqa muammolarni tug‘diradi.

**Fertigatsiya (o‘g‘it bilan sug‘orish) va tiqilish muammolari**



ISSN 3030-3907

**Fertigatsiya** – bu o‘simliklarga oziqa moddalarni (o‘g‘itlarni) sug‘orish tizimi orqali berish jarayonidir. O‘g‘itlar sug‘orish suviga qo‘shilib, tomchilatib sug‘orish tarmog‘i orqali ekinlarga yetkaziladi.

Biroq, ayrim hollarda o‘g‘itlarning eruvchanligi past bo‘lishi yoki suv bilan reaksiyaga kirishi natijasida **cho‘kindi hosil bo‘lib, tomchilatkichlarning tiqilib qolishiga** sabab bo‘lishi mumkin.

Daladagi kuzatishlar shuni ko‘rsatadiki, turli suv manbalarida o‘g‘itlarning eruvchanligi sezilarli darajada farq qiladi. Shu sababli, o‘g‘it qo‘shilganda tiqilish xavfini oldindan tekshirish kerak.

**Oddiy sinov usuli (Gilbert va Ford, 1986):**

1. O‘g‘it eritmasidan bir necha tomchini sug‘orish suvi namunasi solingan idishga qo‘shing. Eritma miqdori dalada foydalaniladigan suyultirilgan konsentratsiyaga teng bo‘lishi kerak.
2. Idishni yopib, qorong‘i joyda 12 soat qoldiring.
3. Keyin idishning tubiga nur tushirib ko‘ring: agar cho‘kindi hosil bo‘lmagan bo‘lsa, demak bu o‘g‘it mazkur suv manbasi uchun **xavfsiz** hisoblanadi.

Agar cho‘kindi paydo bo‘lsa, bu o‘g‘itni aynan shu suv manbasi bilan ishlatish tiqilishga olib kelishi mumkin.

**Natijalar.** Tomchilatkichlarning tiqilib qolishini oldini olish. Tomchilatkichlar tiqilib qolmasligi uchun **mikrotomchilatib sug‘orish tizimi to‘g‘ri loyihalangan bo‘lishi** va profilaktik choralar ko‘rilishi kerak. Suv sifati va ishlash sharoitlari har doim ham bir xil bo‘lmaganligi sababli, barcha holat uchun yagona standart tavsiya yo‘q. Lekin umumiy holda tizim quyidagi elementlarni o‘z ichiga olishi kerak:

- sug‘orish suvini **filtrlash usuli**;
- zarur hollarda suvga kimyoviy moddalar (masalan, xlor yoki kislota) qo‘shish imkoniyati;
- ayrim hollarda **cho‘kma hovuzi** (katta zarrachalarni cho‘ktirib, temir va marganetsni havoda oksidlab olish uchun);
- tizimni **yuvib tozalash uskunalari**.

Emitterlarning tiqilib qolishini oldini olish ikki yo‘l bilan amalga oshiriladi:

1. Suv tizimga kirishidan oldin undagi tiqilish manbalarini olib tashlash.
2. Suv tarkibini o‘zgartirib, kimyoviy va biologik jarayonlarning yuz berishini oldini olish.

Ko‘p hollarda bu ikki usul birgalikda qo‘llanadi.

**Suv sifatini tahlil qilish**

Mikrotomchilatib sug‘orish tizimini loyihalashdan oldin **sug‘orish suvi sifatini bilish muhimdir**. Suv sifatini aniqlash maxsus laboratoriyalarda (masalan, UF/IFAS Tuproq va Suvni Sinov Laboratoriyasi, Geynsvillda) amalga oshiriladi.


ISSN 3030-3907

Mikrotomchilatib sug‘orish uchun maxsus suv tahlili so‘ralishi kerak. Tahlil natijasida **1-jadvalda** keltirilgan ko‘rsatkichlar aniqlanadi. Agar suv manbai nisbatan chuqur (100 futdan ortiq) quduq bo‘lsa, bakteriyalar sonini aniqlash shart emas. Aksincha, suv manbai yuzaki suv bo‘lsa, unda vodorod sulfid bo‘lmaydi, shuning uchun bu ko‘rsatkichni aniqlash talab qilinmaydi. 1-jadvalda tomchilatkichlarning tiqilib qolish ehtimolini baholash uchun zarur konsentratsiya darajalari berilgan.

Odatda suv tahlilida elektr o‘tkazuvchanlik (EC) **mikromxos santimetrda (mho/cm)** ko‘rsatiladi. Uni **ppm (milliondan bir qism)** da erigan tuz miqdoriga aylantirish uchun mho/cm ko‘rsatkichini 0,64 ga ko‘paytirish kerak. Masalan, agar elektr o‘tkazuvchanlik o‘lchagich 1000 mho/cm ko‘rsatsa, demak erigan tuz miqdori taxminan 640 ppm bo‘ladi.

**Qattiqlik** (hardness) asosan suvdagi kaltsiy (Ca) va magniy (Mg) miqdoriga bog‘liq. Bu ham suvning tiqilish xavfini ko‘rsatuvchi muhim ko‘rsatkichdir. Agar Ca va Mg ppm da berilgan bo‘lsa, qattiqlik quyidagi tenglama yordamida hisoblanadi:

**Tenglama 1:**

$$Qattiqlik=(2.5\times Ca)+(4.1\times Mg)$$

$$Qattiqlik=(2.5\times Ca)+(4.1\times Mg)$$

Eslatma: 1 mg/L = 1 ppm. Agar tahlilda Ca va Mg miqdorlari milliekvivalent/litr (meq/L) da berilgan bo‘lsa, ularni ppm ga quyidagicha aylantirish mumkin:

**Tenglama 2:**

$$Ca(meq/L)\times 20=Ca(ppm)$$

$$Mg(meq/L)\times 12=Mg(ppm)$$

Bu usul bilan hisoblangan qattiqlik ba’zan laboratoriyada o‘lchanadigan “umumiy qattiqlik”dan biroz farq qilishi mumkin, ammo odatda jadvalda ishlatish uchun yetarli darajada aniq bo‘ladi.

**Fizik tiqilishni oldini olish uchun filtrlar**

Hozirgi kunda bozorda turli xil mikrotomchilatib sug‘orish filtr tizimlari mavjud va ular samarali ishlaydi. Filtr tanlashda e’tibor berish kerak bo‘lgan asosiy omillar:

- tomchilatkichning dizayni (ichki kanal diametri),
- suv manbasining sifati.

Filtrning mesh o‘lchami (to‘r zichligi) tomchilatkichdagi **eng kichik kanal diametrining 1/10 qismidan katta zarrachalarni ushlab qola olishi** kerak. Filtr hajmi ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga muvofiq tanlanishi lozim. Agar ishlab chiqaruvchi ma’lumot bermagan bo‘lsa, yuqoridagi qoida asosida tanlash mumkin.

**Ekranli (setka) filtrlar** turli shakl va o‘lchamlarda ishlab chiqariladi. Ularning materiali yoriqli PVC, zanglamaydigan po‘lat, sintetik yoki metall to‘r



ISSN 3030-3907

bo‘lishi mumkin. **Mesh soni** – ya’ni bir dyuymdagi teshiklar soni – filtrlash darajasini belgilaydi.

Sug‘orish tizimi loyihalanishidan oldin **suvning sifati** laboratoriyada tahlil qilinishi kerak. Maxsus “mikrotomchilatib sug‘orish uchun suv tahlili” so‘raladi. Tahlil odatda quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- pH;
- umumiy erigan tuzlar (EC orqali);
- qattiqlik (kaltsiy va magniy miqdori);
- temir, marganets, vodorod sulfidi miqdori;
- bakteriyalar soni (ayniqsa sayoz quduq va yuzaki suv manbalarida).

**Fizik tiqilishni oldini olish uchun filtrlar**

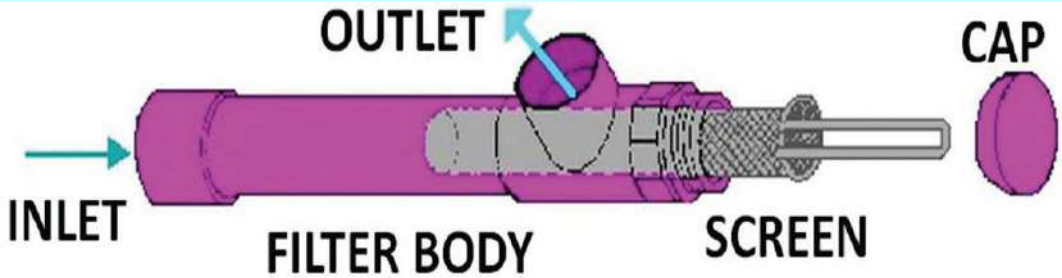
Mikrotomchilatib sug‘orishda turli xil filtr tizimlari qo‘llaniladi. Muhim jihat – **filtrning qum va organik chiqindilarni ushlash qobiliyati**.

**Ekranli (setka) filtrlar** – oddiy va arzon. Ammo ular tezda tiqilib qoladi va tez-tez tozalashni talab qiladi. Ko‘proq kichik zarrachalarni ushlaydi.

**Diskli (wafer) filtrlar** – disklar yig‘indisidan tashkil topgan bo‘lib, kattaroq filtrlash yuzasiga ega. Ularni yuvish ham mumkin.

**Qumli (media) filtrlar** – eng samarali usul bo‘lib, yuzaki suvlardagi loyqa va organik moddalarni yaxshi ushlab qoladi. Qumning turiga qarab filtrlash darajasi aniqlanadi. Bunday filtrlar orqaga yuvish (backwashing) orqali tozalanadi.

**Vorteks yoki markazdan qochma filtrlar** – qum va yirik zarrachalarni samarali ajratadi, ammo juda mayda cho‘kindilar va suv o‘tlarni ushlay olmaydi. Shuning uchun ko‘pincha boshqa filtr bilan birgalikda ishlatiladi.

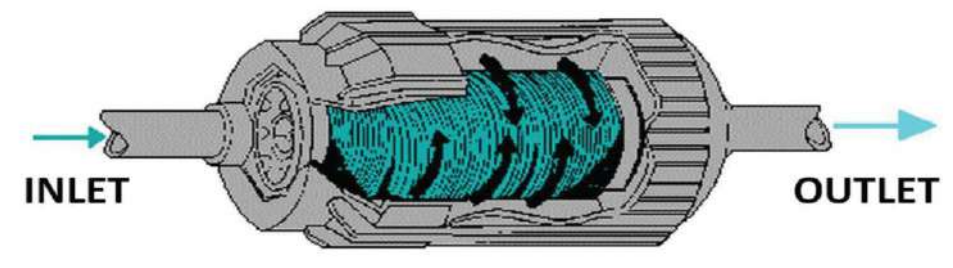



**Rasm-1**

Yuzaki suv manbalarida **nasosning so‘ruvchi (suction) quvuriga qo‘pol to‘rli filtr** o‘rnatilishi kerak. Bu filtr katta chiqindilar va yirik zarrachalarning tizimga kirishini to‘sib qo‘yadi. Suzib yuruvchi chiqindilarning nasosga tushib ketishini oldini olish uchun nasosning suv olish qismi suv sathidan taxminan **2 fut pastda**, lekin tubdan balandroq qilib joylashtirilishi lozim. **Ekranli (setka) filtrlar** oz miqdordagi qum va organik moddalarni ushlab qoladi, ammo ular tez tiqilib qolishi natijasida suv oqimining kamayishiga olib kelishi mumkin. Agar ikkita yoki undan ko‘p filtr **paralel** ulangan bo‘lsa, tozalash orasidagi vaqt uzayadi. Filtrni tozalash jarayoni qo‘lda yoki avtomatik tarzda amalga oshirilishi mumkin. **Diskli**


ISSN 3030-3907

**(wafer) filtrlar** bir-biriga qattiq bosilgan disklar yig‘indisidan iborat bo‘lib, suv oqimi ular orasidan o‘tganda kengroq filtrlash yuzasi hosil qiladi (2-rasmga qarang). Diskli filtrlar ham ekranga o‘xshab filtr mesh o‘lchamiga qarab tanlanadi va ular ham muntazam tozalanishi kerak. Ba’zi ishlab chiqaruvchilar ularni **avtomatik orqaga yuvish (backflush)** funksiyasi bilan ta’minlaydi. Diskli filtrlar, o‘xshash o‘lchamdagi ekranli filtrlarga nisbatan **ko‘proq filtrlash yuzasini** taqdim etadi.

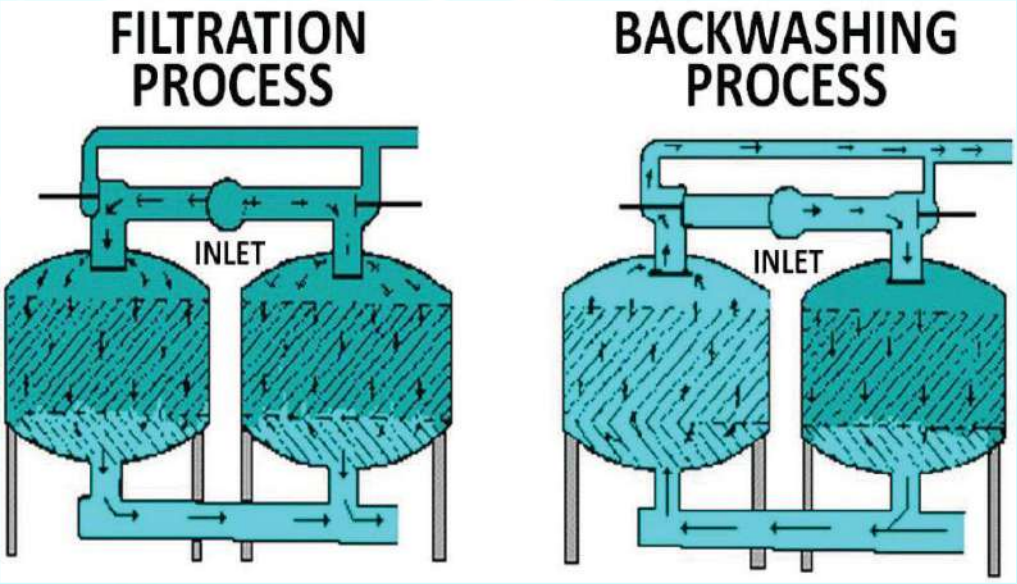



**Rasm-2**

**Qumli (media) filtrlar** turli xil fizik tiqilish manbalarini samarali ravishda ushlab qolish imkoniyatiga ega (3-rasmga qarang). Bu filtrlar odatda yuzaki suvlarda uchraydigan **kolloid va organik moddalarni** chiqarib tashlaydi.

Filtrlash darajasi ishlatiladigan **qumning turi va o‘lchamiga** bog‘liq:

- Qum zarralari qancha **mayda** bo‘lsa, ular shuncha **kichik zarrachalarni ushlab qoladi**.




**Rasm-3**

**Media filtrlari.** Media filtrning hajmi tizimning oqim tezligiga qarab aniqlanadi va filtrning yuqori yuzasi maydoni orqali o‘lchanadi. Media filtrlar har 20 GPM (galon/daqiqada) oqim uchun kamida 1 kvadrat fut yuqori yuzasi maydoniga ega bo‘lishi kerak yoki ishlab chiqaruvchi tavsiyasiga ko‘ra tanlanadi. Filtrlarni tozalash uchun suv oqimining yo‘nalishi teskari aylantiriladi; bu jarayon **orqa yuvish (backwashing)** deb ataladi. Orqa yuvish qo‘lda yoki avtomatik tarzda, belgilangan vaqt oralig‘ida yoki ma’lum bosim tushishi yuz berganda


ISSN 3030-3907

amalga oshiriladi. Media filtrdan foydalanganda, orqa yuvish jarayonida qumdan sug‘orish tizimiga tushishini oldini olish uchun, uni past oqim yo‘lida qo‘shimcha **ekran filtri (200-mesh yoki ishlab chiqaruvchi tavsiyasi bo‘yicha)** bilan o‘rnatish kerak. Media filtrlardan foydalanish, ishlatish va texnik xizmat ko‘rsatish haqida qo‘shimcha ma’lumot olish uchun Florida shtati qishloq xo‘jaligi muhandisligi EDIS nashri WI008, *“Trickle Irrigation uchun Media Filters”* ga murojaat qiling.

**Vorteks yoki markazdan qochma (sentrafuga) filtrlari** (4-rasm) qum va katta zarrachalarni samarali olib tashlaydi, lekin ular suv o‘tlari (algalar), juda mayda cho‘kmalar va boshqa yengil materiallarni samarali olib tashlay olmaydi. Bu turdagi filtr qum nasosli quduqlardan yoki tez oqadigan daryolardan olinadigan suv manbalarida birinchi filtr sifatida ishlatilishi kerak. U yuzaki suv manbalari uchun media va ekran filtri, quduq suvi uchun esa ekran yoki disk filtri bilan qo‘llanishi kerak.

**Cho‘ktirish hovuzlari (Settling Ponds).** Filtrlashdan tashqari, qattiq moddalar miqdori yuqori bo‘lgan suv sifatini yirik noorganik zarrachalarni olib tashlash uchun **cho‘ktirish hovuzlari** yordamida yaxshilash mumkin. Cho‘ktirish hovuzlari, shuningdek, tarkibida ko‘p miqdorda temir yoki marganets bo‘lgan er osti suvlarini havolatish (aeratsiya) uchun ishlatiladi.

Tajribalarda shuni ko‘rsatdiki, temirning 0.2 ppm kabi kichik miqdori ham temir cho‘kindilarini yuzaga keltirishi mumkin (Gilbert va Ford, 1986). Florida shtatining ko‘plab qismlarida sayoz quduqlarda temir keng tarqalgan, lekin uni ko‘pincha iqtisodiy jihatdan **havolatish (yoki boshqa oksidlanish usullari)** orqali olib tashlash, so‘ngra cho‘ktirish va/yoki filtrlash mumkin. Mavjud hovuzlardan ba’zida cho‘ktirish hovuzlari sifatida foydalanish mumkin. Ular murakkab bo‘lishi shart emas; ammo ular tozalash uchun qulay bo‘lishi va suv tezligi zarrachalarning cho‘kishi uchun yetarlicha past bo‘lishi kerak. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, cho‘ktirish hovuzida suv oqimining maksimal tezligi **sekundiga 1 futdan oshmasligi kerak**.

Cho‘ktirish hovuzi diametri **75 mikrondan katta** bo‘lgan zarrachalarni olib tashlash uchun loyihalanishi kerak. Bu 200-mesh ekran filtri orqali olib tashlanadigan zarracha o‘lchamiga to‘g‘ri keladi. Hovuz **gravitatsion cho‘ktirish printsipi** asosida ishlaydi, ya’ni suvdan og‘irroq bo‘lgan osma zarrachalar tortish kuchi ta’sirida pastga cho‘kadi. Suv oqimining tezligini pasaytirish orqali oqimda ushlab turilgan materiallar cho‘ktirib tashlanadi. Ba’zi hollarda eritmada erigan moddalar havoga tegishi natijasida oksidlanadi, cho‘kadi va yiriklashib, suvdan ajralib chiqadi.


ISSN 3030-3907

Tez oqadigan daryolardan olinadigan suv manbalarida ham cho‘ktirish hovuzlari tavsiya etiladi. Hovuzda suv tezligi pasaytiriladi, natijada ko‘p zarrachalar suvdan cho‘kadi.

**Quvurlarni yuvish (Flushing)**

Cho‘kindilarning yig‘ilib qolishini kamaytirish uchun tomchilatib sug‘orish quvurlarini muntazam yuvish tavsiya etiladi. Magistral, yarim magistral va kollektorlarning uchiga yetarlicha oqim tezligini ta’minlaydigan katta klapanlar o‘rnatilishi kerak. Shuningdek, yon quvurlarning oxirida ham yuvish imkoniyati bo‘lishi kerak.

Yuvish jarayonini magistraldan boshlang, so‘ng yarim magistrallar, kollektorlar va oxirida yon quvurlarni yuvish lozim. Tozalangan chiziqdan kamida **ikki daqiqa davomida toza suv chiqmaguncha** yuvishni davom ettirish kerak. Muntazam tekshirish va yuvish ishlari purkagichlarning tiqilib qolishini sezilarli darajada oldini oladi.

O‘g‘it qo‘shib sug‘orishda (fertigatsiya) tiqilib qolishni oldini olish uchun tizimni o‘chirishdan oldin yon quvurlardan barcha o‘g‘itlarni yuvib tashlash tavsiya etiladi.

**Kimyoviy ishlov berish**

Mikroorganizmlarning o‘sishi va mineral cho‘kishi sababli purkagichlarning tiqilib qolishini oldini olish uchun ko‘pincha kimyoviy ishlov berish talab etiladi. Anorganik zarrachalarning mikroblar shilimshig‘iga yopishishi purkagich tiqilib qolishining asosiy sabablaridan biridir. **Xlorlash** mikroblar faoliyatiga qarshi samarali usul hisoblanadi (Ford, 1977; Ford, 1979a,b,c; Tyson va Harrison, 1985). Xlor va boshqa kimyoviy moddalarni faqat yorliqdagi ko‘rsatmalarga muvofiq qo‘llash kerak. **Kislota yuborish** (acid injection) cho‘kindilarni eritadi, mineral cho‘kishni kamaytiradi yoki yo‘qotadi hamda mikroblar o‘sishi uchun noqulay muhit yaratadi (Cowan, 1976).

**Xlor yuborish (Chlorine Injection)**

Bakterial shilimshiqni tozalashda eng keng tarqalgan usul — xlorlashdir. Agar sug‘orish tizimiga kelayotgan suv oldindan xlorlanmagan bo‘lsa, mikroblar o‘sishini to‘xtatish uchun tizimni xlor yuborish moslamasi bilan jihozlash tavsiya etiladi. Chunki bakteriyalar filtrlarda ham o‘sishi mumkin, shuning uchun xlor filtrlashdan **oldin** yuborilishi kerak.

- **Suyuq natriy gipoxlorit (NaOCl)** — kir yuvish oqartirgichi (bleach) shaklida turli kontsentratsiyalarda mavjud. Yuqori kontsentratsiyalari iqtisodiy jihatdan foydaliroq bo‘lib, eng oson ishlatiladigan shakldir va tomchilatib sug‘orishda eng ko‘p qo‘llaniladi.
- **Kalsiy gipoxlorit ($CaCOCl_2$)** — yuqori sinovli gipoxlorit (HTH) deb ataladi. Uni mikroirrigatsiya tizimlariga yuborish tavsiya etilmaydi, chunki u cho‘kindilar hosil


ISSN 3030-3907

qilib purkagichlarni tiqib qo‘yishi mumkin, ayniqsa yuqori pH sharoitida (Tyson va Harrison, 1985).

**Xlor yuborish usullari**

- Past darajada doimiy yuborish → yon quvurlar oxirida **1–2 ppm erkin xlor** hosil bo‘lishi kerak.
- Har bir sug‘orish davri oxirida → **20 ppm konsentratsiyada** xlor yuboriladi va oxirgi purkagichgacha yetishi uchun yetarlicha davom ettiriladi.
- Haftada bir marta, sug‘orish sikli oxirida → yuqori konsentratsiyada (**50 ppm**) qisqa muddatli “slug” ishlov beriladi va butun tizim bo‘ylab tarqalishi ta’minlanadi.

Tanlanadigan usul mikroblarning o‘sish darajasiga, ishlatiladigan jihoz va boshqa kimyoviy moddalarni yuborish jadvaliga bog‘liq bo‘ladi.

**Hisoblash usuli (Tenglama 3)**

Suvga yuborilishi kerak bo‘lgan **suyuq natriy gipoxlorit** miqdorini hisoblash uchun soddalashtirilgan formula:

$$I=0.006\times P\times QmI$$

**I** = soatiga yuboriladigan natriy gipoxlorit miqdori (galonlarda)
**P** = kerakli konsentratsiya (ppm)
**Q** = tizim oqim tezligi (gpm)
**m** = manbadagi xlor foizi (odatda 5.25% yoki 10%)

**Nazorat va xavfsizlik**

Xlor yuborilganda **D.P.D. test to‘plami** yordamida oxirgi quvurdan chiqqan suvda 1–2 ppm erkin xlor qolgani tekshirilishi kerak.

**Ortotolidin test to‘plamlari** (odatda basseyn suvini o‘lchashda ishlatiladi) bu maqsad uchun yaroqsiz.

Agar suvning pH darajasi 7.5 dan yuqori bo‘lsa, xlorlash samarasi pasayadi. Shu sababli, **kislota qo‘shish** orqali pH pasaytirilishi talab qilinishi mumkin (masalan, Floridan akviferidan olingan suvda).

Natriy gipoxlorit emulsifikatorlar, o‘g‘itlar, gerbitsidlar va insektitsidlar bilan reaksiyaga kirishi mumkin. Shuning uchun barcha kimyoviy moddalar yorliqdagi ko‘rsatmalarga muvofiq, xavfsiz joyda saqlanishi kerak.

**Kislota bilan ishlov berish**

Kislota sug‘orish suvi pH darajasini pasaytirish, kimyoviy cho‘kindilar hosil bo‘lishi ehtimolini kamaytirish va xlor yuborish samaradorligini oshirish uchun ishlatiladi. Bu maqsadda **sulfat kislota, xlorid kislota va fosfor kislota** qo‘llaniladi (Kidder va Hanlon, 1985). Kislotani o‘g‘it kabi tizimga yuborish mumkin, biroq juda ehtiyotkorlik talab qilinadi. Yuboriladigan kislota miqdori sug‘orish suvining ishqoriyligi (tamponlash qobiliyati) va kislotaning


ISSN 3030-3907

kontsentratsiyasiga bog‘liq. **1 milliekvivalent kislota 1 milliekvivalent asosni neytrallaydi.**

Agar kislota doimiy ravishda kaltsiy va magniy cho‘kindilarini oldini olish uchun yuborilsa, suvning pH darajasi **7.0 dan biroz past** qilib sozlanishi kerak. Agar maqsad tizim ichida allaqachon hosil bo‘lgan cho‘kindilarni eritish bo‘lsa, pH yanada past darajaga tushiriladi (Cowen va Weintritt, 1976). Bunda o‘simlik ildizlariga zarar yetmasligi uchun suv chiqarishni kamaytirish kerak. **Kislota “slug” usulida** yuborilib, bir necha soat davomida tizimda qoldiriladi, so‘ng sug‘orish suvi bilan tizim yuviladi. Kislota eng samarali **ishqoriy cho‘kindilarni** oldini olish va eritishda hisoblanadi. Juda yuqori konsentratsiyadan foydalanish purkagich va tizim qismlariga zarar yetkazishi mumkin.

**Fosfor kislotasi** o‘g‘it sifatida ham qo‘llanilishi mumkin. Ba’zi tizim egalari fosfor kislotasini o‘g‘it aralashmalariga qo‘shib yuboradi. Biroq fosfor kislotasini mikroblar o‘sishini to‘xtatish uchun qo‘llaganda ehtiyot bo‘lish lozim. Ayniqsa, **qattiq suvda** qo‘llanganda u kaltsiy karbonat cho‘kindilarini hosil qilishi mumkin.

**Xavfsizlik uchun:**

- Konsentrlangan kislotani tizimga yuborishdan oldin **metall bo‘lmagan, kislota chidamli** idishda suyultirish kerak.
- Har doim **kislotani suvga quying**, **suvni kislotaga emas**.
- Kislota yuborish nuqtasi metall qismlar va filtrlarning **oldidan keyin** bo‘lishi kerak, shunda korroziya oldini olinadi.
- Kislota yuborilgach, tizimni toza suv bilan yuvish tavsiya etiladi.
- **Kislotalar va xlorli moddalar** alohida saqlanishi kerak. Ular reaksiyaga kirishib xlor gazi va issiqlik chiqarishi mumkin. Shuning uchun kislotani **kamida 2 fut masofada**, xlor yuborilishidan oldin tizimga qo‘shish kerak.
- **Xlorid, sulfat va fosfor kislotalari juda zaharli**. Ulardan foydalanganda himoya ko‘zoynaklari va kimyoviy moddalarga chidamli kiyim kiyish shart.

**Cho‘kindiga qarshi moddalar**

Cho‘kindiga qarshi moddalar (xususan, **kelatlovchi va sekuesterlovchi moddalar**) boshqa sohalarda uzoq vaqtdan beri qo‘llanib kelinadi. Mikroirrigatsiya tizimlari uchun ham turli kimyoviy moddalar ishlab chiqarilmoqda. Ularning ko‘pchiligi **anorganik polifosfatlar** bo‘lib, ayrim cho‘kindilarni kamaytiradi yoki oldini oladi. Ular minerallarning cho‘kishini to‘xtatmaydi, balki ularni juda mayda zarracha shaklida ushlab turadi.

Eng keng qo‘llaniladigan modda — **natriy geksametafosfat** bo‘lib, u atigi **2 ppm** konsentratsiyada 200 ppm gacha kaltsiy bikarbonatni eritmada ushlab tura oladi (Cowen va Weintritt, 1976).


ISSN 3030-3907

U nafaqat ishqoriy cho‘kindilarga qarshi, balki temir va marganets bilan kompleks hosil qilib, ularning cho‘kishini ham oldini oladi. Umumiy tavsiya: **har 1 ppm temir yoki marganets uchun 2–4 ppm fosfat qo‘shish**.

Bunday fosfatlar arzon, suvda yaxshi eriydi, toksik emas va past konsentratsiyalarda ham samarali

**Hovuzlarni tozalash (Pond Treatment)**

Sirt suvlari (masalan, hovuz)dan foydalanilganda yuzaga keladigan **suv o‘tlar (algalar)** muammosini **mis sulfat ($CuSO_4$)** bilan samarali davolash mumkin. Doza: **1–2 ppm** (1.4–2.7 funt/akrfut) algalarni yo‘q qilish uchun yetarli va xavfsiz.

Mis sulfatni suv harorati **60°F dan yuqori** bo‘lganda qo‘llash kerak. Davolash suvdagi oziqa moddalari miqdoriga qarab har **2–4 haftada takrorlanishi** mumkin. Uni hovuzga sepish (masalan, qayiq ortidan seping) orqali aralashtirish kerak. Suvga biotsid qo‘shish **EPA qoidalari**ga muvofiq amalga oshirilishi lozim.

**Ogohlantirish:**

- Agar suvning ishqoriyligi (kislotani neytrallash qobiliyati) past bo‘lsa, mis sulfat baliqlarga zarar yetkazishi mumkin. Ishqoriylik odatda $H_2SO_4$ bilan titrlash orqali o‘lchanadi va **$CaCO_3$ ekvivalenti** sifatida ifodalanadi.
- Mis sulfatni qayta-qayta ishlatish natijasida uning miqdori ortib, **o‘simliklar uchun zaharli darajaga** yetishi mumkin.

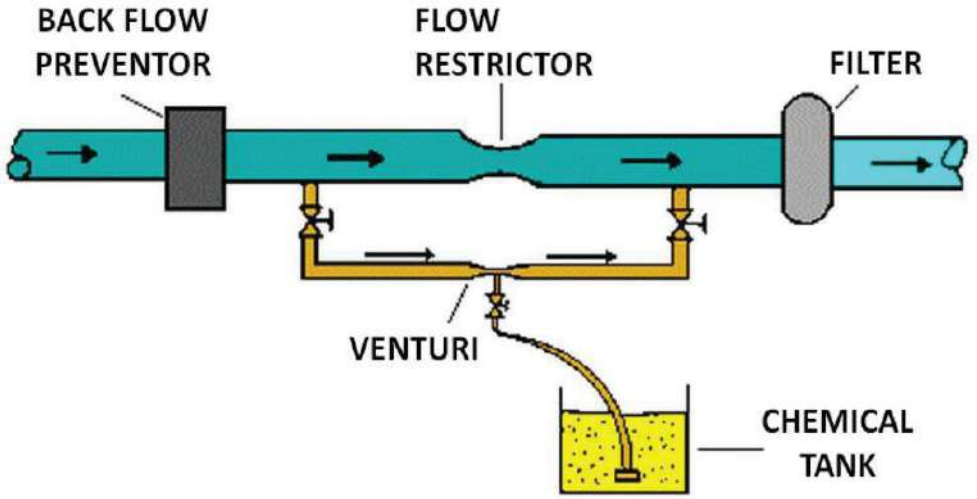
**Inyeksiya usullari (Injection Methods)**

Tomchilatib sug‘orishda odatda ishlatiladigan va sug‘orish jihozlari yetkazib beruvchilardan tijorat asosida sotib olinadigan bir nechta inyeksiya tizimlari mavjud: **venturi**, **bosimli aralashtirish baki**, **nasosning so‘rish liniyasi usuli** va **dozalovchi (metrlovchi) nasoslar** (5–8-rasmlarga qarang).

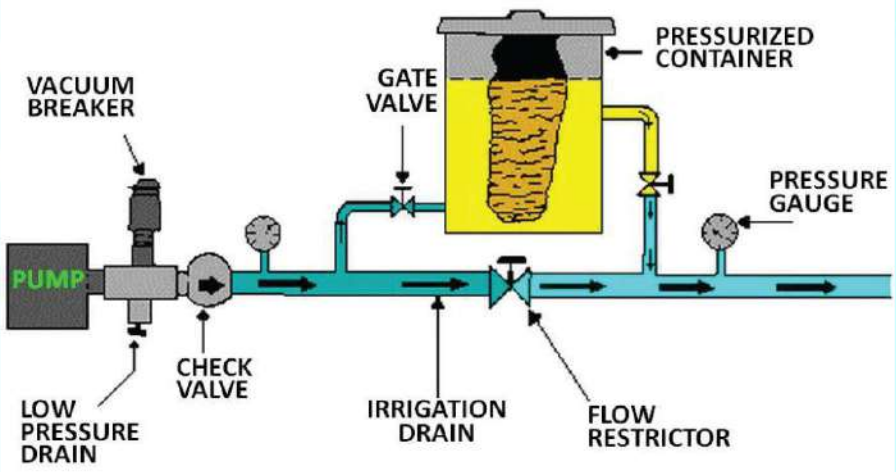
Qaysi usul ishlatilishidan qat’i nazar, inyeksiya tezligini boshqarish imkoniyati bo‘lishi shart.

- **5-rasm**da venturi inyektori ko‘rsatilgan bo‘lib, unda inyeksiya tezligi suv quvurdagi toraygan joydan oqib o‘tganda hosil bo‘ladigan **“past” bosim sohasi**ga bog‘liq. Shunday qilib, inyeksiya bosim farqiga asoslanadi va uning tezligi bosim, oqim tezligi hamda ta’minot bakidagi eritma darajasiga qarab o‘zgaradi.
- **6-rasm**da bosimli aralashtirish baki ko‘rsatilgan. Unda eritma egiluvchan membrana ichiga joylashtiriladi. Ta’minot bakiga kirayotgan suv membranani siqadi va eritmani liniyaga chiqaradi. Inyeksiya tezligi asosiy quvurdagi va ta’minot bakidan keladigan klapanlarni sozlash orqali boshqariladi.


ISSN 3030-3907




**Rasm- 4**




**Rasm- 5**

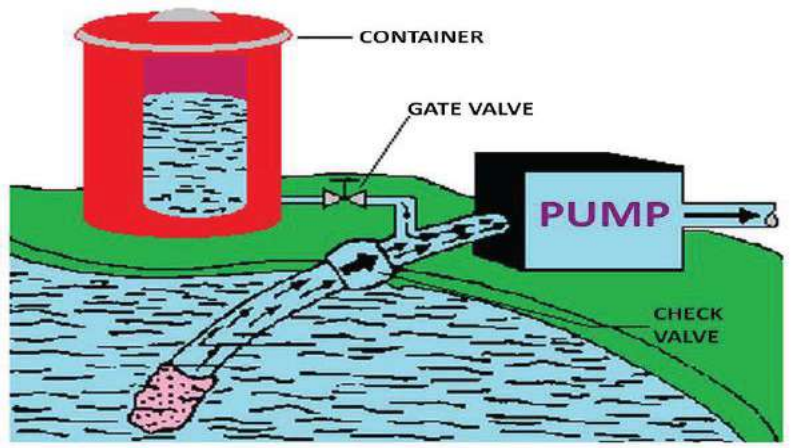
**Nasosning so‘rish liniyasi usuli**

**7-rasm**da nasosning so‘rish liniyasi usuli ko‘rsatilgan. Bu usulda nasos tizimga yuboriladigan har qanday kimyoviy moddalarga chidamli bo‘lishi kerak. Biroq, **orqa oqimni oldini olish qoidalari** tufayli bu usul faqat ma’lum sharoitlarda qo‘llanishi mumkin.

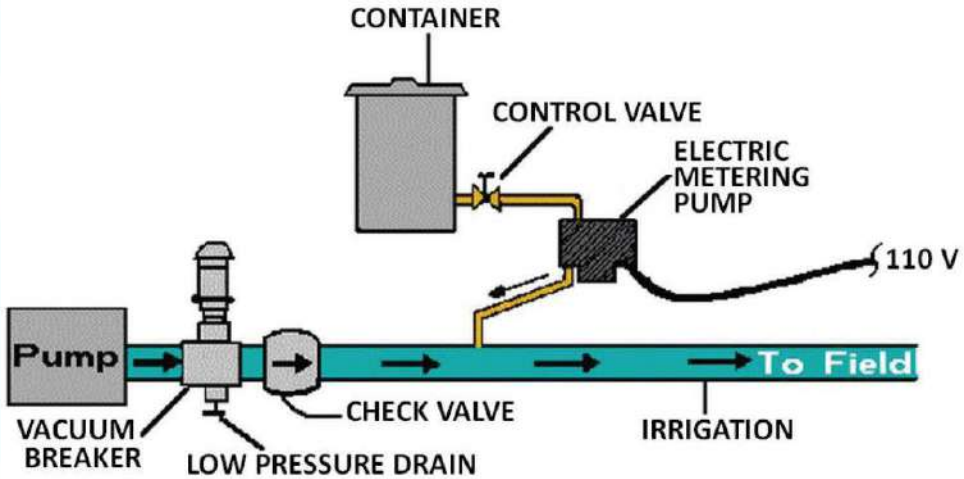
**Dozalovchi inyeksiya nasosi**

**8-rasm**da dozalovchi inyeksiya nasosi ko‘rsatilgan. Bu ko‘pincha **musbat siqish prinsipi** asosida ishlaydigan inyektorlar bo‘lib, ularning nasosi diafragma yoki porshen orqali ishlaydi va kimyoviy inyeksiya liniyasida sug‘orish quvuridan yuqori bosim hosil qiladi. Ushbu usulda inyeksiya tezligini juda aniq boshqarish mumkin. Shuning uchun u **pestitsidlar yuborilganda**, tizim ta’minot liniyasida doimiy kimyoviy konsentratsiyani ushlab turish kerak bo‘lganda tavsiya etiladi.


ISSN 3030-3907




**Rasm- 6**




**Rasm- 7**

**Orqa oqimning oldini olish**

Suv manbasining kimyoviy moddalar bilan ifloslanmasligi uchun Florida qonunlari, **EPA qoidalari** hamda mahalliy hokimiyat me'yorlari sug'orish tizimiga kimyoviy moddalar yuboriladigan hollarda **orqa oqimni oldini olish qurilmalarini** o'rnatishni talab qiladi. Batafsil ma'lumot uchun UF/IFAS Extension Bulletin 217 ga murojaat qilinadi.

Orqa oqimning oldini olish uchun quyidagi qurilmalar bo'lishi lozim:

- Inyeksiya moslamasidan **oldin o'rnatilgan qaytish klapani**, orqa oqimni oldini olish uchun.
- Qaytish klapanidan sekin oqib o'tishni to'xtatish uchun **past bosimli drenaj**.
- Sifon hosil bo'lishini oldini olish uchun **vakuumni bo'shatish klapani**.
- Inyeksiya liniyasida **qaytish klapani**.

**9-rasm** uskunalarning to'g'ri joylashtirilishini ko'rsatadi. Agar tashqi quvvat manbaidan ishlaydigan **dozalovchi inyeksiya nasosi** ishlatilsa, u **sug'orish nasosi bilan elektr jihatdan bog'langan** bo'lishi kerak. Bu bog'lanish sug'orish nasosi ishlamayotganda inyeksiya nasosining ishlashiga yo'l qo'ymasligi zarur.


ISSN 3030-3907

Agar sug‘orish uchun **shahar yoki boshqa jamoat suv ta’minoti tizimidan** foydalanilsa, **orqa oqimning oldini olish bo‘yicha maxsus ehtiyot choralarini** ko‘rish lozim.

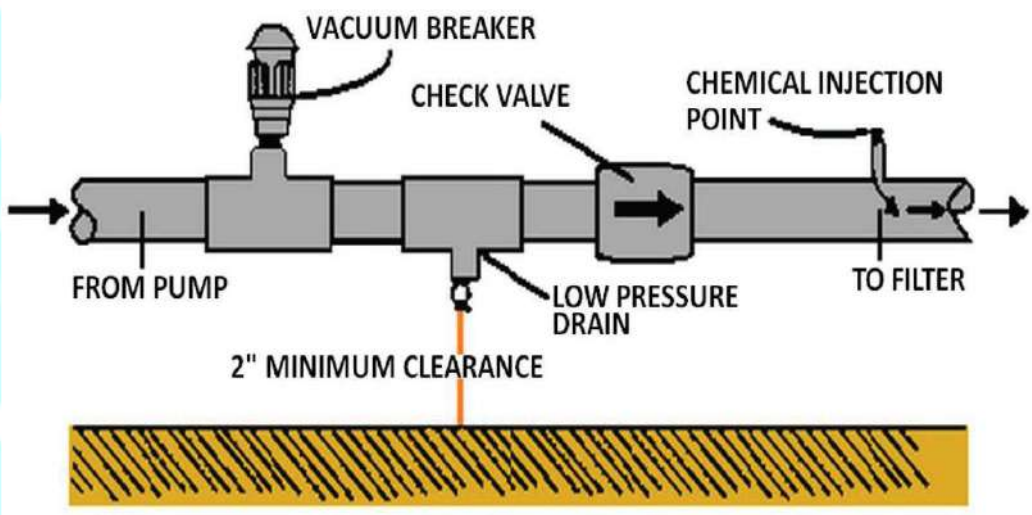



**Figure 8**

Tomchilatib sug‘orish tizimidagi tomizgichlarning tiqilib qolishi **fizik, biologik va kimyoviy sabablar** tufayli yuzaga kelishi mumkin. Suv sifatini tahlil qilish mikroirrigatsiya tizimini to‘g‘ri loyihalash va ishlatishda juda muhimdir. Har bir mikroirrigatsiya tizimida **filtrlash usuli** bo‘lishi shart. Yon quvurlar va asosiy quvurlarni muntazam yuvib turish tiqilib qolishning oldini olishga yordam beradi. Ko‘pchilik mikroirrigatsiya tizimlari uchun **suv manbasini kimyoviy usulda tozalash** va **orqa oqimning oldini olish tizimi** zarur bo‘ladi.

**Tomchlatib sug‘orish tizimining gidravlik hisobini takomillashtirishda** yuqoridagilarni inobatga olgan holda dala tadqiqotini olib borildi va quyidagi natijalarga erishildi. Quyidagi amlaga oshirilgan tadqiqotda tomchilatib sug‘orish tizimlarida quvurlarning gidravlik hisobi bo‘yicha asosiy nazariy va amaliy jihatlar tahlil qilingan. Xususan, sug‘orish lentalari orqali suv harakatining gidravlik qonuniyatlari, napor yo‘qolishini hisoblash usullari va egiluvchan quvurlarning solishtirma qarshiligi tajriba yo‘li bilan aniqlangan. Tadqiqot doirasida turli agroklimatik va texnologik sharoitlarga ega bo‘lgan uchta tajriba maydoni tanlab olingan. Ushbu maydonlar tuproq xususiyatlari, sug‘orish elementlari, qo‘llanilgan texnika va dala o‘lchamlari jihatidan bir-biridan farq qiladi. Barcha tajribalar diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan sug‘orish lentalarida o‘tkazilib, quvur ichidagi oqim tezligi, napor yo‘qolishlari va sarf dinamikasi o‘rganilgan. Diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan quvurlarning solishtirma qarshiligi o‘rtacha 21.1 $s^2/m^6$ ekanligi aniqlangan. Olingan natijalar umumlashtirilib, muxokama qilingan va egiluvchan quvurlardagi gidravlik hisoblarga oid ilmiy xulosalar shakllantirilgan. Shuningdek, tomchilatib sug‘orish tizimlarining samaradorligini oshirish uchun ilmiy asoslangan tavsiyalar berilgan.


ISSN 3030-3907

Qishloq xo‘jaligida suv resurslaridan samarali foydalanish muammosi global miqyosda dolzarb masalaga aylanib bormoqda. Dunyoda suv ta’minoti cheklangan hududlar soni ortib borayotgani, iqlim o‘zgarishi va demografik o‘sish sababli suvga bo‘lgan talab oshishi sug‘orish tizimlarini takomillashtirishni taqozo etmoqda. Ana shunday sharoitda suv tejamkor texnologiyalardan biri bo‘lgan tomchilatib sug‘orish usuli qishloq xo‘jaligida yuqori samaradorlikka erishish imkonini beradi. Tomchilatib sug‘orish tizimi suvni to‘g‘ridan-to‘g‘ri ekin ildiz hududiga tomchilar ko‘rinishida uzatish prinsipiga asoslangan bo‘lib, bu usul tuproqning namlik balansini optimal darajada ushlab turish, suv yo‘qotilishini kamaytirish va ekinlarning o‘sish sharoitlarini yaxshilashga xizmat qiladi. Bunday tizimni loyihalash va samarali ishlatish jarayonida gidravlik hisob-kitoblar muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki quvurlar orqali suvning harakatlanishi, uning bir me’yorda taqsimlanishi va bosim kamayishi tizimning ishlash samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Quvurlardagi gidravlik hisob tomchilatib sug‘orish tizimining dizayn va ekspluatatsiya jarayonlarida muhim texnik jarayon bo‘lib, unda suv bosimi, sarfi, quvur diametri va uzunligi kabi omillar hisobga olinadi. Agar gidravlik hisoblar noto‘g‘ri bajarilsa, tizimda suv taqsimotidagi nomutanosibliklar, sug‘orish nuqtalaridagi bosim kamayishi yoki ortiqcha yo‘qotishlar kuzatilishi mumkin. Bu esa sug‘orish jarayonining samaradorligini pasaytiradi, ekinlarning o‘sishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi va tizimning umumiy ishlash muddatini qisqartiradi. Tomchilatib sug‘orish tizimida gidravlik hisob asosan quyidagi omillarni o‘z ichiga oladi:

- Quvur diametri va uzunligiga qarab suv sarfini aniqlash;
- Quvurlar orqali suvning harakat tezligini belgilash;
- Bosim yo‘qotishlarini hisoblash va optimal bosimni ta’minlash;
- Quvur va tomizgichlar o‘rtasida suvning teng taqsimlanishini kafolatlash.

Tomchilatib sug‘orish tizimlarida quvurlarning turi va xususiyatlari gidravlik hisob-kitoblarda muhim ahamiyat kasb etadi. Magistral va tarqatuvchi quvurlar odatda polietilen **(PE)** yoki polivinilxlorid **(PVC)** kabi qattiq yuzali plastmassa materiallardan foydalaniladi. Bunday quvurlar uchun suv harakatining gidravlik qonuniyatlari yaxshi o‘rganilgan bo‘lib, bosim yo‘qotishlari va sarfni hisoblash uchun klassik gidravlik formulalar (Darsi-Veysbax, Hazen-Vilyams, Manning tenglamalari) ishlatiladi.

Biroq, sug‘orish shlangalari yoki tomchilatib sug‘orish lentalari odatda egiluvchan**,** yumshoq materiallardan tayyorlanadi. Bunday materiallar deformatsiyalanuvchan bo‘lgani sababli, quvur ichidagi suv bosimiga bog‘liq holda ularning ichki diametri o‘zgarishi mumkin. Bu esa quvur devorlaridagi ishqalanish kuchlarini va oqim tezligini o‘zgartiradi. Shuningdek, yo‘qotilgan napor va sarf dinamikasi ham egiluvchan quvurlarda qattiq quvurlarga nisbatan


ISSN 3030-3907

ancha murakkab bo‘lib, ularni klassik gidravlik formulalar orqali aniq hisoblash qiyinlashadi.

Shu bois, egiluvchan quvurlarda gidravlik hisob-kitoblar uchun aniqroq modellar talab qilinadi. Ilmiy izlanishlar shundan dalolat beradiki, egiluvchan quvurlardagi bosim yo‘qotishlarini hisoblashda deformatsiya koeffitsienti**,** ichki yuzalardagi turbulentlik ta’siri**,** materialning mexanik xususiyatlari va boshqa parametrlar hisobga olinishi lozim. Hozirgi kunda bu borada xalqaro va mahalliy tadqiqotchilar turli modellar va tajribaviy usullar asosida aniqroq hisob-kitob metodlarini ishlab chiqish ustida izlanishlar olib bormoqda.

Shuning uchun, tomchilatib sug‘orish tizimlarini loyihalash va gidravlik hisoblarini bajarishda egiluvchan quvurlar uchun maxsus modellar va korreksiyalangan formulalarni ishlab chiqish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Bunday yondashuv tizim samaradorligini oshirish, suv taqsimotini bir me’yorda ta’minlash va gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Tomchilatib sug‘orish tizimida egiluvchan quvurlar uchun aniq gidravlik hisob-kitoblarni amalga oshirish maqsadida bir qator dala tajribalari o‘tkazildi. Ushbu tajribalarda asosiy e’tibor quvurlar ichidagi bosim yo‘qotishlari, oqim tezligi, sarf o‘zgarishlari va materialning mexanik xususiyatlariga qaratildi. Egiluvchan quvurlarning gidravlik xususiyatlarini aniqlash maqsadida dala tajribalari o‘tkazildi. Tadqiqot davomida asosiy e’tibor egiluvchan quvurlarning solishtirma qarshiligini aniqlash va uning gidravlik hisob-kitoblarga ta’sirini o‘rganishga qaratildi.

Tajriba o‘tkazish maqsadida uchta turli tomchilatib sug‘orish tizimi joriy qilingan maydonlar tanlab olindi. Ushbu maydonlar bir-biridan tubdan farq qiluvchi xususiyatlarga ega bo‘lib, jumladan, tuproq tarkibi, sug‘orish elementlari, qo‘llanilgan sug‘orish texnikasi, dala o‘lchamlari va boshqa agrotexnik shart-sharoitlar jihatidan bir-biridan keskin farqlanadi. Tajribalar tomizg‘ichli sug‘orish shlangalari orqali, diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan quvurlardan foydalanilgan holda amalga oshirildi. Ushbu shart-sharoitlar tomchilatib sug‘orish tizimlarining turli agroklimatik va gidravlik xususiyatlarini o‘rganish, shuningdek, egiluvchan quvurlarning gidravlik parametrlarini tahlil qilish imkonini berdi.

Tomchilatib sug‘orish tizimlarida oqim harakati o‘zgaruvchandir. Ya’ni, quvur uzunligi bo‘yicha suv sarfining kamayib borishi sodir bo‘ladi. Tomchilatib sug‘orish tizimi, sug‘orish quvurlari tirqishlaridan bo‘layotgan suv sarfini teng deb hisoblab, bu jarayonni sarfning uzluksiz tarqalishi deb ataymiz va hisoblashda quyidagi sxemani qabul qilamiz:


ISSN 3030-3907

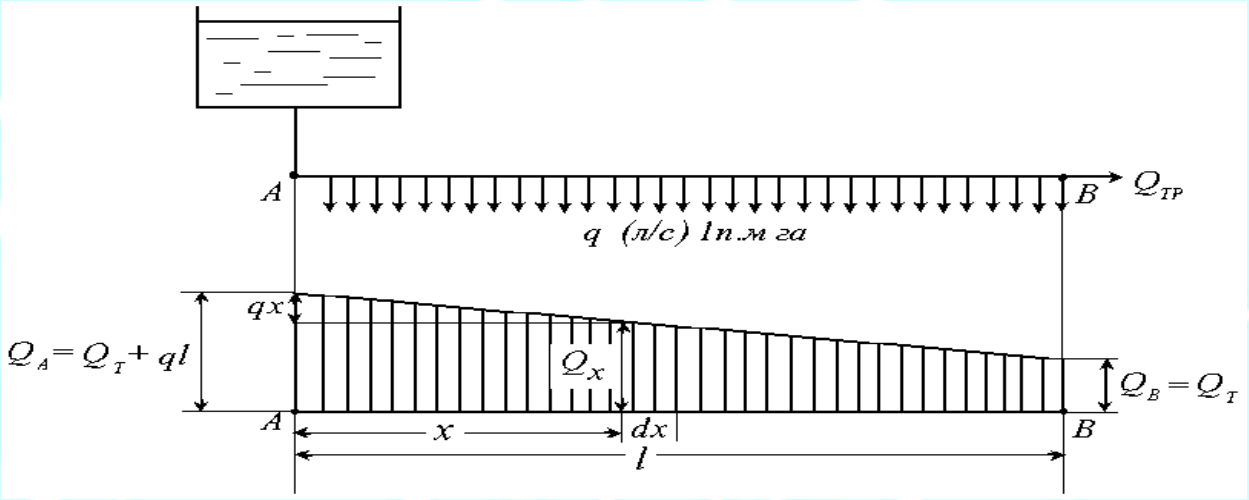



**Figure 9 Hisoblash sxemasi**

Keltirilgan (1) sxemada $Q_A$ – quvurning boshlang‘ich qismidagi suv sarfi, $q$ – tirqishlardagi suv sarfi, $l$ – quvur uzunligi, $Q_T$ – transit suv sarfi, $Q_X$ – ixtiyoriy x masofadagi suv sarfi.

Quyidagi boshlang‘ich shartlarni qabul qilib: $l \geq x \geq 0$ va $Q_T + ql \geq Q_x \geq ql$, $\overline{Q} = ql$ -yo‘ldagi sarf.

x masofadagi suv sarfi quyidagicha yoziladi:

$$Q_X = (Q_T + ql) - qx \qquad (1)$$

Ma’lumki, kvadrat qarshilik sohasi uchun quvurning uzunligi bo‘yicha napor yo‘qolishi quyidagicha ko‘rinishga ega:

$$h_l = \frac{Q^2}{K^2} l; \qquad (2)$$

Bu yerda: $h_l$ – quvurning uzunligi bo‘yicha yo‘qotilgan napor, $K$ – sarf moduli.

U holda x masofada naporning yo‘qolishi quyidagicha yoziladi:

$$dh_X = \frac{Q_X^2}{K^2} dx \Rightarrow h_l = \int_0^e \frac{[(Q_T + ql) - qx]^2}{K^2} dx = \frac{\frac{1}{e}\int_0^e [(Q_T + ql) - qx]^2}{K^2} l;$$

Agar $\frac{1}{e}\int_0^e [(Q_T + ql) - qx]^2 dx = \overline{Q}_X^2$ belgilansa,

$$\overline{Q}_X^2 = \frac{1}{e}\left[\int_0^e (Q + ql)^2 dx - \int_0^e 2(Q_T + ql) qx dx + \int_0^e q^2 x^2 dx\right] \Rightarrow \overline{Q}_X^2 = (Q_T + ql)^2 - (Q_T + ql) ql + \left(\frac{1}{\sqrt{3}} ql\right)^2.$$

Agar tranzit sarfi 0 ga teng bo‘lsa ($Q_T = 0$) bo‘lsa, unda

$$\overline{Q}_X = \frac{1}{\sqrt{3}} ql \quad \text{va} \quad Q_T \neq 0 \text{ bo‘lsa,}$$

$$\overline{Q}_X = Q_T + 0{,}55ql \qquad (3)$$



ISSN 3030-3907

$$\overline{Q}_X^2 = (Q_T + ql)^2 - (Q_T + ql)ql + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}ql\right)^2 = Q_T^2 + 2Q_T ql + (ql)^2 - Q_T ql - (ql)^2 + \frac{1}{3}q^2l^2 = Q_T^2 + Q_T ql + \frac{1}{3}(ql)^2.$$

Demak uzunlik bo‘yicha yo‘qolgan napor: $h_l = \frac{l}{K^2}\left[Q_T^2 + Q_T ql + \frac{1}{3}(ql)^2\right]$

Agar tranzit suv sarfini 0 deb hisoblansa $Q_T = 0$, unda napor yo‘qolishi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$h_l = \frac{1}{3}\frac{l}{K^2}(ql)^2 = \frac{1}{3}\frac{\overline{Q}^2}{K^2}l.$$

Agar $h_l = H$ ekanligini inobatga olsak:

$$H = \frac{1}{3}AQ^2l \qquad (4)$$

Ushbu tadqiqotlarda sarf uzluksiz taqsimlangan quvurlarda, ya’ni tomchilatib sug‘orish tizimi lentalarida napor yo‘qolishini aniqlash uchun asosiy hisoblash formulasi sifatida (4) ifodani qabul qilamiz.

**Natija va muxokamalar.** Birinchi tajriba uchastkasining umumiy maydoni 35 ga ni tashkil etadi. Tomchilatib sug‘orish tizimlari 10 ga maydonga qo‘llanilgan. Paxta ekilgan maydonda qator orasi 0,9 m va qo‘shqator usulida ekilgan. Tomchilatib sug‘orish quvurlari (lentalari) qator orasiga yotqizilgan. Tomchilatib sug‘orish tizimi 8 ta konturga ajratilgan. Sug‘orish quvurlarining uzunligi 100 m, tirqishlari orasidagi masofa 0,25 m, diametri 16 mm. Tadqiqotlar davomida sug‘orish tizimlaridagi gidravlik jarayonlar tahlil etildi. Quvurlardagi bosim qiymatlari manometrlar yordamida, suv sarfi hajmiy usulda, yer nishabligi geodezik nivelir yordamida aniqlandi.

Sug‘orish quvuri uzunligi bo‘yicha yo‘qotilgan napor quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$H = \frac{\Delta p}{\gamma} + il \qquad (5)$$

Bu yerda: $H -$ sug‘orish quvuri uzunligi bo‘yicha yo‘qotilgan napor, $\Delta p -$ sug‘orish quvurining 1-1 va 2-2 kesimlardagi bosimlar farqi, $i -$ yer nishabligi, $l -$ quvur uzunligi.

Kesimlardagi bosimlar farqi quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$\Delta p = p_1 - p_2 \qquad (6)$$

Bu yerda: $p_1,\ p_2 -$ 1-1 va 2-2 kesimlardagi bosim.

Sug‘orish quvuri tomizgichlaridan tushayotgan suv sarfi quyidagi formula yordamida aniqlandi:


ISSN 3030-3907

$$q_T = \frac{W}{t} \quad (7)$$

Bu yerda: $q_T -$ sug‘orish quvuri tomizgichidan tushayotgan suv sarfi, $W -$ idishga to‘ldirilgan suyuqlik hajmi, $t -$ vaqt.

Quvurning solishtirma qarshiligi quyidagi formuladan aniqlandi:

$$A = \frac{3H}{Q^2 l} \quad (8)$$

Tadqiqotlar bir necha marotaba, turli hil variantlarda olib borildi. Sug‘orish quvurlarining bosh va oxirgi qismida belgilangan kesimlarda bosim manometrlar yordamida o‘lchandi. Tadqiqotlar ekin maydonining barcha konturlarida olib borildi. Natijada sug‘orish quvurlarining solishtirma qarshiligi aniqlandi (1-jadval).

**1-jadaval.**

**Sug‘orish quvurida solishtirma qarshilikni aniqlash jadvali**

| № | d, mm | $p_1$, Bar | $p_2$, Bar | Δp, m | i | l, m | H, m | W, $sm^3$ | t, min | $q_T$, l/soat | x, m | $q_0$, l/soat | $q_0$, $m^3$/soat | A$10^5$, $s^2/m^6$ | K, $m^3/s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 1,22 | 1,05 | 0,17 | 0,0008 | 100 | 2,5 | 310 | 11,36 | 1,64 | 0,25 | 655 | 0,000182 | 22,6609 | 0,0019 |
| 2 | 16 | 1,21 | 1,06 | 0,15 | 0,0008 | 100 | 2,3 | 310 | 11,38 | 1,63 | 0,25 | 654 | 0,000182 | 20,9215 | 0,0023 |
| 3 | 16 | 1,22 | 1,05 | 0,17 | 0,0008 | 100 | 2,5 | 310 | 11,37 | 1,64 | 0,25 | 654 | 0,000182 | 22,7008 | 0,0019 |
| 4 | 16 | 1,19 | 1 | 0,19 | 0,0008 | 100 | 2,7 | 310 | 11,35 | 1,64 | 0,25 | 656 | 0,000182 | 24,4307 | 0,0017 |
| 5 | 16 | 1,18 | 1,04 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 310 | 11,37 | 1,64 | 0,25 | 654 | 0,000182 | 19,9767 | 0,0025 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 16 | 1,15 | 1,02 | 0,13 | 0,0008 | 100 | 2,1 | 310 | 11,37 | 1,64 | 0,25 | 654 | 0,000182 | 19,0687 | 0,0028 |
| 7 | 16 | 1,12 | 0,95 | 0,17 | 0,0008 | 100 | 2,5 | 310 | 11,38 | 1,63 | 0,25 | 654 | 0,000182 | 22,7408 | 0,0019 |
| 8 | 16 | 1,14 | 1 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 225 | 8,31 | 1,62 | 0,25 | 650 | 0,000181 | 20,2565 | 0,0024 |
| 9 | 16 | 1,12 | 1 | 0,12 | 0,0008 | 100 | 2 | 230 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 646 | 0,000179 | 18,6556 | 0,0029 |
| 10 | 16 | 1,18 | 1,04 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 230 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 646 | 0,000179 | 20,5212 | 0,0024 |
| 11 | 16 | 1,17 | 1,03 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 228 | 8,55 | 1,60 | 0,25 | 640 | 0,000178 | 20,8828 | 0,0023 |
| 12 | 16 | 1,21 | 1,06 | 0,15 | 0,0008 | 100 | 2,3 | 230 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 646 | 0,000179 | 21,4540 | 0,0022 |
| 13 | 16 | 1,08 | 0,95 | 0,13 | 0,0008 | 100 | 2,1 | 238 | 8,55 | 1,67 | 0,25 | 668 | 0,000186 | 18,2937 | 0,0030 |
| 14 | 16 | 1,13 | 0,98 | 0,15 | 0,0008 | 100 | 2,3 | 230 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 646 | 0,000179 | 21,4540 | 0,0022 |
| 15 | 16 | 1,14 | 1 | 0,14 | 0,0 | 100 | 2,2 | 232 | 8,55 | 1,63 | 0, | 651 | 0,000181 | 20,1689 | 0,0025 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 08 | | | | | 25 | | | | |
| 16 | 16 | 1,13 | 1 | 0,13 | 0,0008 | 100 | 2,1 | 231 | 8,55 | 1,62 | 0,25 | 648 | 0,000180 | 19,4192 | 0,0027 |
| 17 | 16 | 1,18 | 1 | 0,18 | 0,0008 | 100 | 2,6 | 230 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 646 | 0,000179 | 24,2523 | 0,0017 |
| 18 | 16 | 1,21 | 1,05 | 0,16 | 0,0008 | 100 | 2,4 | 230 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 646 | 0,000179 | 22,3868 | 0,0020 |
| 19 | 16 | 1,09 | 0,95 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 229 | 8,55 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 20,7008 | 0,0023 |
| 20 | 16 | 1,14 | 1 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 231 | 8,55 | 1,62 | 0,25 | 648 | 0,000180 | 20,3439 | 0,0024 |
| 21 | 16 | 1,04 | 0,9 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 235 | 8,55 | 1,65 | 0,25 | 660 | 0,000183 | 19,6573 | 0,0026 |
| 22 | 16 | 1 | 0,88 | 0,12 | 0,0008 | 100 | 2 | 225 | 8,55 | 1,58 | 0,25 | 632 | 0,000175 | 19,4940 | 0,0026 |
| 23 | 16 | 1 | 0,88 | 0,12 | 0,0008 | 100 | 2 | 230 | 8,45 | 1,63 | 0,25 | 653 | 0,000181 | 18,2218 | 0,0030 |
| 24 | 16 | 1,12 | 1 | 0,12 | 0,0008 | 100 | 2 | 230 | 8,56 | 1,61 | 0,25 | 645 | 0,000179 | 18,6993 | 0,0029 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 16 | 1,17 | 1,02 | 0,15 | 0,0008 | 100 | 2,3 | 230 | 8,57 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 21,5545 | 0,0022 |
| 26 | 16 | 1 | 0,88 | 0,12 | 0,0008 | 100 | 2 | 230 | 8,57 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 18,7430 | 0,0028 |
| 27 | 16 | 1,1 | 0,98 | 0,12 | 0,0008 | 100 | 2 | 230 | 8,57 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 18,7430 | 0,0028 |
| 28 | 16 | 1,15 | 1 | 0,15 | 0,0008 | 100 | 2,3 | 230 | 8,57 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 21,5545 | 0,0022 |
| 29 | 16 | 1,12 | 0,98 | 0,14 | 0,0008 | 100 | 2,2 | 230 | 8,57 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 20,6173 | 0,0024 |
| 30 | 16 | 1,13 | 1 | 0,13 | 0,0008 | 100 | 2,1 | 230 | 8,57 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 19,6802 | 0,0026 |
| **O‘rtacha** | | | | | | | | | | | | | | **20,6085** | **0,0024** |

Ikkinchi tajriba uchastkasining umumiy maydoni 45 ga ni tashkil etadi. Tomchilatib sug‘orish tizimlari 20 ga maydonga qo‘llanilgan. Paxta ekilgan maydonda qator orasi 0,76 m usulida ekilgan. Tomchilatib sug‘orish quvurlari (lentalari) egatlarga yotqizilgan. Tomchilatib sug‘orish tizimi 20 ta konturga ajratilgan. Tadqiqotlar davomida sug‘orish tizimlaridagi gidravlik jarayonlar tahlil etildi. Quvurlardagi bosim qiymatlari manometrlar yordamida, suv sarfi hajmiy usulda, yer nishabligi geodezik nivelir yordamida aniqlandi. Hisoblash ishlari yuqorida keltirilgan 5, 6, 7, 8-formulalar asosida olib borildi.

Tadqiqotlar bir necha marotaba, turli hil variantlarda olib borildi. Sug‘orish quvurlarining bosh va oxirgi qismida belgilangan kesimlarda bosim manometrlar yordamida o‘lchandi. Tadqiqotlar ekin maydonining barcha konturlarida olib


ISSN 3030-3907

borildi. Natijada sug‘orish quvurlarining solishtirma qarshiligi aniqlandi (2-jadval).



**Figure 10 Tadqiqot obektida bosimni aniqlash jarayon**

**2-jadval.**

**Sug‘orish quvurida solishtirma qarshilikni aniqlash jadvali**

| № | d, mm | $p_1$, Bar | $p_2$, Bar | Δp, m | i | l, m | H, m | W, $sm^3$ | t, min | $q_T$, l/soat | x, m | $q_0$, l/soat | $q_0$, $m^3$/soat | $A10^5$, $s^2/m^6$ | K, $m^3$/s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,002 | 100 | 2,10 | 310 | 12,55 | 1,48 | 0,25 | 593 | 0,000165 | 23,2320 | 0,00019 |
| 2 | 16 | 0,98 | 0,78 | 0,20 | 0,002 | 100 | 2,16 | 310 | 12,21 | 1,52 | 0,25 | 609 | 0,000169 | 22,6186 | 0,00020 |
| 3 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,55 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 22,4882 | 0,00020 |
| 4 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 22,5662 | 0,00020 |
| 5 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,47 | 1,62 | 0,25 | 649 | 0,000180 | 22,1778 | 0,00020 |
| 6 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,002 | 100 | 2,10 | 310 | 11,5 | 1,62 | 0,25 | 647 | 0,000180 | 19,5072 | 0,00026 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 16 | 0,9 | 0,72 | 0,18 | 0,002 | 100 | 2,00 | 310 | 12,25 | 1,52 | 0,25 | 607 | 0,000169 | 21,0806 | 0,0023 |
| 8 | 16 | 0,9 | 0,72 | 0,18 | 0,002 | 100 | 2,00 | 310 | 11,5 | 1,62 | 0,25 | 647 | 0,000180 | 18,5783 | 0,0029 |
| 9 | 16 | 0,87 | 0,70 | 0,17 | 0,002 | 100 | 1,94 | 310 | 12,35 | 1,51 | 0,25 | 602 | 0,000167 | 20,7834 | 0,0023 |
| 10 | 16 | 0,88 | 0,70 | 0,18 | 0,002 | 100 | 1,96 | 310 | 12,54 | 1,48 | 0,25 | 593 | 0,000165 | 21,6487 | 0,0021 |
| 11 | 16 | 0,9 | 0,72 | 0,18 | 0,002 | 100 | 2,00 | 310 | 12,35 | 1,51 | 0,25 | 602 | 0,000167 | 21,4262 | 0,0022 |
| 12 | 16 | 0,9 | 0,72 | 0,18 | 0,002 | 100 | 2,00 | 310 | 12,45 | 1,49 | 0,25 | 598 | 0,000166 | 21,7745 | 0,0021 |
| 13 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,002 | 100 | 2,10 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 19,7454 | 0,0026 |
| 14 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 22,5662 | 0,0020 |
| 15 | 16 | 1 | 0,80 | 0,20 | 0,002 | 100 | 2,20 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 20,6857 | 0,0023 |
| 16 | 16 | 1 | 0,80 | 0,20 | 0,002 | 100 | 2,20 | 310 | 11,48 | 1,62 | 0,25 | 648 | 0,000180 | 20,3651 | 0,0024 |
| 17 | 16 | 1 | 0,80 | 0,20 | 0,002 | 100 | 2,20 | 310 | 11,47 | 1,62 | 0,25 | 649 | 0,000180 | 20,3297 | 0,0024 |
| 18 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,002 | 100 | 2,10 | 310 | 12,25 | 1,52 | 0,25 | 607 | 0,000169 | 22,1346 | 0,0020 |
| 19 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,002 | 100 | 2,10 | 310 | 12,15 | 1,53 | 0,25 | 612 | 0,000170 | 21,7747 | 0,0021 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,62 | 1,60 | 0,25 | 640 | 0,000178 | 22,7617 | 0,00019 |
| 21 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,002 | 100 | 2,30 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 21,6259 | 0,00021 |
| 22 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,002 | 100 | 2,30 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 21,6259 | 0,00021 |
| 23 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,002 | 100 | 2,30 | 310 | 11,55 | 1,61 | 0,25 | 644 | 0,000179 | 21,5512 | 0,00022 |
| 24 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,002 | 100 | 2,30 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 21,6259 | 0,00021 |
| 25 | 16 | 1,07 | 0,86 | 0,21 | 0,002 | 100 | 2,34 | 310 | 11,5 | 1,62 | 0,25 | 647 | 0,000180 | 21,7366 | 0,00021 |
| 26 | 16 | 1,08 | 0,86 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,36 | 310 | 11,57 | 1,61 | 0,25 | 643 | 0,000179 | 22,1901 | 0,00020 |
| 27 | 16 | 1,09 | 0,87 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,38 | 310 | 11,58 | 1,61 | 0,25 | 642 | 0,000178 | 22,4168 | 0,00020 |
| 28 | 16 | 1,12 | 0,90 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,44 | 310 | 11,65 | 1,60 | 0,25 | 639 | 0,000177 | 23,2607 | 0,00018 |
| 29 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,45 | 1,62 | 0,25 | 650 | 0,000180 | 22,1005 | 0,00020 |
| 30 | 16 | 1,1 | 0,88 | 0,22 | 0,002 | 100 | 2,40 | 310 | 11,6 | 1,60 | 0,25 | 641 | 0,000178 | 22,6834 | 0,00019 |
| O‘rtacha | | | | | | | | | | | | | | 21,6354 | 0,00022 |

Uchinchi tajriba uchastkasi umumiy maydoni 80 ga ni tashkil etadi. Shu maydonning 50 ga qismiga tomchilatib sug‘orish texnologiyasi qo‘llanilgan. Paxta ekilgan maydonda qator orasi 0,76 m usulida ekilgan. Tomchilatib sug‘orish


ISSN 3030-3907

quvurlari (lentalari) egatlarga yotqizilgan. Sug‘orish suvidan foydalanish samaradorligini oshirish, tuproq yuzasidan bo‘ladigan bug‘lanish miqdorini kamaytirish uchun egatlarga pliyonka to‘shalgan. Tomchilatib sug‘orish tizimi 32 ta konturga ajratilgan. Tadqiqotlar davomida sug‘orish tizimlaridagi gidravlik jarayonlar tahlil etildi. Quvurlardagi bosim qiymatlari manometrlar yordamida, suv sarfi hajmiy usulda, yer nishabligi geodezik nivelir yordamida aniqlandi. Hisoblash ishlari yuqorida keltirilgan 5, 6, 7, 8-formulalar asosida olib borildi.

Tadqiqotlar bir necha marotaba, turli hil variantlarda olib borildi. Sug‘orish quvurlarining bosh va oxirgi qismida belgilangan kesimlarda bosim manometrlar yordamida o‘lchandi. Tadqiqotlar ekin maydonining barcha konturlarida olib borildi. Natijada sug‘orish quvurlarining solishtirma qarshiligi aniqlandi (3-jadval).

**3-jadval.**

**Sug‘orish quvurida solishtirma qarshilikni aniqlash jadvali**

| № | d, mm | $p_1$, Bar | $p_2$, Bar | Δp, m | i | l, m | H, m | W, $sm^3$ | t, min | $q_T$, l/soat | x, m | $q_0$, l/soat | $q_0$, $m^3$/soat | $A10^5$, $s^2/m^6$ | K, $m^3/s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 0,90 | 0,72 | 0,18 | 0,00006 | 100 | 1,87 | 300 | 12,2 | 1,48 | 0,25 | 590 | 0,000164 | 20,8190 | 0,0023 |
| 2 | 16 | 0,93 | 0,74 | 0,19 | 0,00006 | 100 | 1,92 | 300 | 11,98 | 1,50 | 0,25 | 601 | 0,000167 | 20,6885 | 0,0023 |
| 3 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,00006 | 100 | 2,15 | 300 | 11,85 | 1,52 | 0,25 | 608 | 0,000169 | 22,6431 | 0,0020 |
| 4 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,00006 | 100 | 2,15 | 300 | 12,25 | 1,47 | 0,25 | 588 | 0,000163 | 24,1976 | 0,0017 |
| 5 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,00006 | 100 | 2,15 | 300 | 12,25 | 1,47 | 0,25 | 588 | 0,000163 | 24,1976 | 0,0017 |
| 6 | 16 | 0,90 | 0,72 | 0,18 | 0,00006 | 100 | 1,87 | 300 | 12,23 | 1,47 | 0,25 | 589 | 0,000164 | 20,9215 | 0,0023 |
| 7 | 16 | 0,86 | 0,68 | 0,17 | 0,00006 | 100 | 1,77 | 300 | 12,45 | 1,45 | 0,25 | 578 | 0,000161 | 20,5766 | 0,0024 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 16 | 0,86 | 0,68 | 0,17 | 0,0006 | 100 | 1,77 | 300 | 13,25 | 1,36 | 0,25 | 543 | 0,000151 | 23,3059 | 0,0018 |
| 9 | 16 | 0,83 | 0,66 | 0,17 | 0,0006 | 100 | 1,71 | 300 | 12,25 | 1,47 | 0,25 | 588 | 0,000163 | 19,2793 | 0,0027 |
| 10 | 16 | 0,84 | 0,67 | 0,17 | 0,0006 | 100 | 1,73 | 300 | 12,55 | 1,43 | 0,25 | 574 | 0,000159 | 20,4596 | 0,0024 |
| 11 | 16 | 0,86 | 0,68 | 0,17 | 0,0006 | 100 | 1,77 | 300 | 12,15 | 1,48 | 0,25 | 593 | 0,000165 | 19,5969 | 0,0026 |
| 12 | 16 | 0,86 | 0,68 | 0,17 | 0,0006 | 100 | 1,77 | 300 | 12,35 | 1,46 | 0,25 | 583 | 0,000162 | 20,2474 | 0,0024 |
| 13 | 16 | 0,90 | 0,72 | 0,18 | 0,0006 | 100 | 1,87 | 300 | 12,25 | 1,47 | 0,25 | 588 | 0,000163 | 20,9900 | 0,0023 |
| 14 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,15 | 300 | 12,35 | 1,46 | 0,25 | 583 | 0,000162 | 24,5943 | 0,0017 |
| 15 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,0006 | 100 | 1,96 | 300 | 11,55 | 1,56 | 0,25 | 623 | 0,000173 | 19,6102 | 0,0026 |
| 16 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,0006 | 100 | 1,96 | 300 | 12,57 | 1,43 | 0,25 | 573 | 0,000159 | 23,2267 | 0,0019 |
| 17 | 16 | 0,95 | 0,76 | 0,19 | 0,0006 | 100 | 1,96 | 300 | 11,45 | 1,57 | 0,25 | 629 | 0,000175 | 19,2721 | 0,0027 |
| 18 | 16 | 0,90 | 0,72 | 0,18 | 0,0006 | 100 | 1,87 | 300 | 12,45 | 1,45 | 0,25 | 578 | 0,000161 | 21,6810 | 0,0021 |
| 19 | 16 | 0,90 | 0,72 | 0,18 | 0,0006 | 100 | 1,87 | 300 | 11,54 | 1,56 | 0,25 | 624 | 0,000173 | 18,6274 | 0,0029 |
| 20 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,15 | 300 | 11,45 | 1,57 | 0,25 | 629 | 0,000175 | 21,1403 | 0,0022 |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 16 | 1,00 | 0,80 | 0,20 | 0,0006 | 100 | 2,06 | 300 | 11,35 | 1,59 | 0,25 | 634 | 0,000176 | 19,8548 | 0,0025 |
| 22 | 16 | 1,00 | 0,80 | 0,20 | 0,0006 | 100 | 2,06 | 300 | 11,25 | 1,60 | 0,25 | 640 | 0,000178 | 19,5064 | 0,0026 |
| 23 | 16 | 1,00 | 0,80 | 0,20 | 0,0006 | 100 | 2,06 | 300 | 11,32 | 1,59 | 0,25 | 636 | 0,000177 | 19,7499 | 0,0026 |
| 24 | 16 | 1,00 | 0,80 | 0,20 | 0,0006 | 100 | 2,06 | 300 | 11,24 | 1,60 | 0,25 | 641 | 0,000178 | 19,4718 | 0,0026 |
| 25 | 16 | 1,02 | 0,81 | 0,20 | 0,0006 | 100 | 2,09 | 300 | 11,25 | 1,60 | 0,25 | 640 | 0,000178 | 19,8671 | 0,0025 |
| 26 | 16 | 1,03 | 0,82 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,11 | 300 | 11,27 | 1,60 | 0,25 | 639 | 0,000177 | 20,1188 | 0,0025 |
| 27 | 16 | 1,04 | 0,83 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,13 | 300 | 12,25 | 1,47 | 0,25 | 588 | 0,000163 | 23,9837 | 0,0017 |
| 28 | 16 | 1,06 | 0,85 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,19 | 300 | 12,35 | 1,46 | 0,25 | 583 | 0,000162 | 25,0289 | 0,0016 |
| 29 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,15 | 300 | 11,45 | 1,57 | 0,25 | 629 | 0,000175 | 21,1403 | 0,0022 |
| 30 | 16 | 1,05 | 0,84 | 0,21 | 0,0006 | 100 | 2,15 | 300 | 11,55 | 1,56 | 0,25 | 623 | 0,000173 | 21,5112 | 0,0022 |
| **O‘rtacha** | | | | | | | | | | | | | | **21,2103** | **0,0023** |

Tadqiqotlar davomida egiluvchan quvurlarning ichki diametri suv bosimi ta’sirida o‘zgarishi va bu holat klassik gidravlik modellarga mos kelmasligi aniqlandi. Shuningdek, deformatsiya koeffitsienti va ishqalanish yo‘qotishlarining dinamik tarzda o‘zgarishi o‘rganildi. Tomchilatib sug‘orish tizimida ishlatiladigan egiluvchan quvurlarning gidravlik hisob-kitoblari tajriba natijalari asosida takomillashtirildi. Diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan quvurlarning solishtirma


ISSN 3030-3907

qarshiligi o‘rtacha 21.1 $s^2/m^6$ ekanligi aniqlandi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, egiluvchan quvurlarning ichki yuzasidagi ishqalanish va bosim yo‘qotishlarining dinamikasi standart plastmassa quvurlardan sezilarli farq qiladi. Quvur ichidagi bosim o‘zgarishi natijasida uning diametri deformatsiyalanishi va oqim xarakteristikalarining o‘zgarishi kuzatildi. Bu esa egiluvchan quvurlarda traditsion gidravlik hisoblash modellarini takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

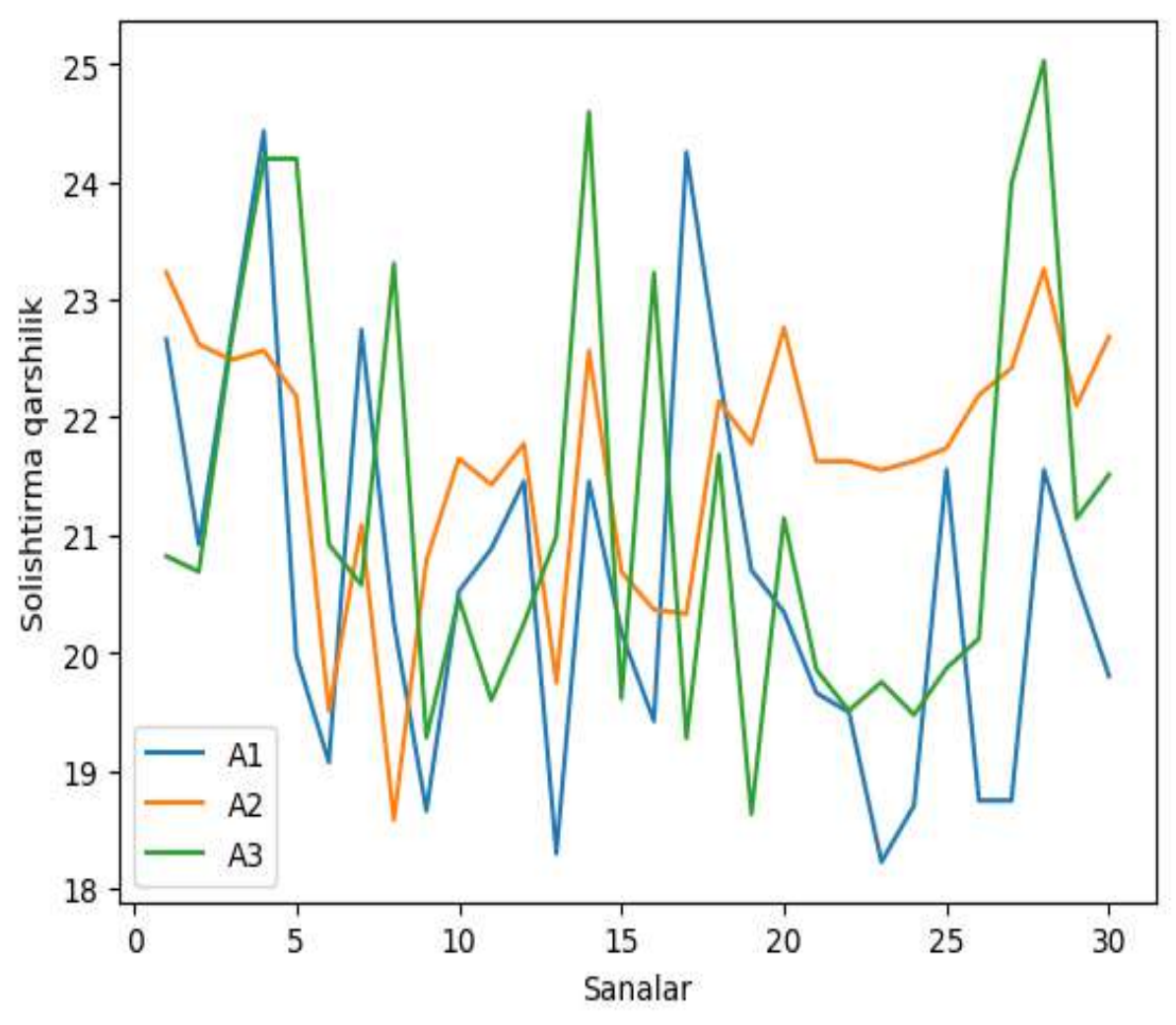



**Figure 11. Solishtirma qarshilik**

**Solishtirma qarshilik tahlili va xulosa.** Chizma (Figure 11) asosida solishtirma qarshilik tahlili: Shu parametrlarga bog`liq ravishda solishtirma qarshilikni aniqlash formulasini tahlil qilib chiqildi. Shu uchala jadvaldan quyidagi natija olindi.

Yuqoridagi chizmada uchta tajriba uchastkasi (A1, A2, A3) bo‘yicha o‘lchangan solishtirma qarshilik qiymatlari keltirilgan. Grafikda solishtirma qarshilikning o‘zgarishi quyidagicha ifodalangan:

- **A1 uchastka**: Solishtirma qarshilik qiymatlari 18-25 $s^2/m^6$ oralig‘ida o‘zgargan
- **A2 uchastka**: Solishtirma qarshilik qiymatlari 19-25 $s^2/m^6$ oralig‘ida o‘zgargan
- **A3 uchastka**: Solishtirma qarshilik qiymatlari 18-25 $s^2/m^6$ oralig‘ida o‘zgargan

**Jadvallardagi ma'lumotlarga ko‘ra:**


ISSN 3030-3907

1-uchastka o‘rtacha solishtirma qarshiligi: 20.6085 $s^2/m^6$
2-uchastka o‘rtacha solishtirma qarshiligi: 21.6354 $s^2/m^6$
3-uchastka o‘rtacha solishtirma qarshiligi: 21.2103 $s^2/m^6$

**Xulosalar.** Dala tajribalari natijalari asosida egiluvchan quvurlarning turli bosim va uzunlik sharoitidagi gidravlik xarakteristikalari tahlil qilindi. Ushbu tadqiqot natijasida egiluvchan quvurlarning solishtirma qarshiligi aniqlandi va uning gidravlik hisob-kitoblarda qo‘llanilishi uchun keyingi ilmiy izlanishlarga tavsiya qilinadi. Olingan natijalar egiluvchan quvurlarning real sharoitlardagi gidravlik parametrlarini aniqlash, sug‘orish tizimlarini yanada samarali loyihalash va suv tejamkorligini oshirish imkonini beradi. Natijada, egiluvchan quvurlarning real sharoitlardagi suv taqsimoti va bosim yo‘qotishlarini ancha aniq baholash imkoni ishlab chiqildi. Bu esa sug‘orish tizimlarini loyihalashda samaradorlikni oshirish va suv tejamkorligini ta’minlash uchun muhim qadam hisoblanadi. Mazkur tadqiqot natijalari tomchilatib sug‘orish tizimlarining gidravlik hisob-kitoblarini takomillashtirish, suv tejamkorligini oshirish va qishloq xo‘jaligida resurslardan oqilona foydalanishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, diametri 16 mm bo‘lgan egiluvchan tomchilatib sug‘orish quvurlarining solishtirma qarshiligi o‘rtacha 21.1 $s^2/m^6$ ni tashkil etadi. Bu qiymat turli agroklimatik sharoitlarda va turli tuproq xususiyatlariga ega bo‘lgan uchta tajriba maydonida olib borilgan o‘lchovlar asosida aniqlandi.

Solishtirma qarshilikning nisbatan barqaror qiymatga ega bo‘lishi tomchilatib sug‘orish tizimlarini loyihalashda egiluvchan quvurlar uchun birlashtirilgan hisob-kitob metodikasini ishlab chiqish imkoniyatini beradi. Olingan natijalar asosida tomchilatib sug‘orish tizimlarining gidravlik hisoblarini aniqroq bajarish, suv taqsimotini bir xilda amalga oshirish va suv resurslaridan samarali foydalanish imkoniyati yaratildi.

Bu tadqiqot natijalari qishloq xo‘jaligida suv tejamkorligini oshirish, sug‘orish tizimlarini optimallashtirish va egiluvchan quvurlarning gidravlik xususiyatlarini aniqroq hisobga olish imkonini beradi, bu esa o‘z navbatida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini oshirish va resurslardan ogilona foydalanishga xizmat qiladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdullayev, X., & Xalimov, M. (2020). Mikrotomchilatib sug‘orish tizimlarida tomchilatkichlarning tiqilib qolish sabablari va ularni bartaraf etish usullari. Qishloq xo‘jaligi ilmiy jurnali, 4(2), 45-52.
2. Karimov, A., & Yusupov, Sh. (2019). Tomchilatib sug‘orish tizimlarining samaradorligini oshirishning ilmiy asoslari. Toshkent: "Fan va texnologiya" nashriyoti.


ISSN 3030-3907

3. Sultanov, R., & Qodirov, M. (2018). Sug‘orish tizimlarida suv sifati va uning ta'siri. Toshkent: O‘zMU nashriyoti.
4. G‘afurov, J., & Ismoilov, I. (2017). Egiluvchan quvurlarning gidravlik xususiyatlari va ularni hisoblash metodlari. Gidrotexnika va melioratsiya, 3(1), 28-35.
5. Nazarov, U., & Toshmatov, A. (2016). Mikroirrigatsiya tizimlarida filtrlar va ularning samaradorligi. Qishloq xo‘jaligi muhandisligi, 2(4), 15-22.
6. Raximov, S., & Alimov, M. (2015). Sug‘orish suvlarining kimyoviy tarkibi va uning tomchilatkichlarga ta'siri. Tuproqshunoslik va agrokimyo, 4(3), 67-74.
7. Bucks, D. A., & Nakayama, F. S. (1990). Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management. Elsevier Science Publishers.
8. Burt, C. M., & Styles, S. W. (2007). Drip and micro irrigation design and management for trees, vines, and field crops. Irrigation Training and Research Center
9. Camp, C. R. (1998). Subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASAE, 41(5), 1353-1367.
10. Hillel, D. (2004). Introduction to environmental soil physics. Elsevier Academic Press.
11. Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990). Sprinkle and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold.
12. Nakayama, F. S., & Bucks, D. A. (1986). Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management. Elsevier.
13. Phene, C. J., & Howell, T. A. (1984). Soil-water-grass relationships in trickle irrigation. Advances in Irrigation, 3, 1-50.
14. Schwankl, L., & Hanson, B. (2007). Maintaining microirrigation systems. University of California Agriculture and Natural Resources.
15. Gilbert, R. G., & Ford, H. W. (1986). Emitter clogging: Causes and prevention. In: Nakayama, F.S., Bucks, D.A. (eds) Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier.
16. Ford, H. W. (1979). The effect of water quality on the clogging of drip irrigation systems. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 92, 70-73.
17. Adin, A., & Sacks, M. (1991). Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 117(6), 813-826.
18. Capra, A., & Scicolone, B. (2007). Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. Agricultural Water Management, 68(2), 135-149.
19. Tajrishy, M., & Hills, D. J. (1994). Clogging of emitters in drip irrigation systems. Transactions of the ASAE, 37(5), 1507-1513.


ISSN 3030-3907

20. Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marcu, A., Shisha, A., & Sagi, G. (1997). Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. Irrigation Science, 17(1), 25-33.
21. Boman, B. J. (2002). Maintenance of microirrigation systems. University of Florida, IFAS Extension.
22. Pitts, D. J., Haman, D. Z., & Smajstrla, A. G. (2003). Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems. University of Florida, IFAS Extension.
23. Trooien, T. P., & Lamm, F. R. (1995). Clogging of subsurface drip irrigation systems. In: Microirrigation for a Changing World, Proceedings of the 5th International Microirrigation Congress, 259-266.
24. Nakayama, F. S., & Bucks, D. A. (1991). Water quality in drip/trickle irrigation: A review. Irrigation Science, 12(4), 187-192.
25. Bucks, D. A., Nakayama, F. S., & Gilbert, R. G. (1979). Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. Agricultural Water Management, 2(2), 149-16


ISSN 3030-3907

# IQLIM O‘ZGARISHINING CHIRCHIQ DARYOSI HAVZASIDAGI METEOROLOGIK TENDENSIYALARGA TA’SIRI (2008–2024 YILLAR TAHLILI)

**Farruhbek Babajanov**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Kamola Xasanova**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Dilmurod Ruziyev**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
*E-mail: ruzievdilmurod98@gmail.com*
**Adxam Sadikov**
*Toshkent arxitektura-qurilish universiteti*

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda Chirchiq daryosi havzasida 2008–2024 yillar oralig‘ida kuzatilgan asosiy meteorologik ko‘rsatkichlarning uzoq muddatli tendensiyalari tahlil qilindi. Tadqiqotning maqsadi iqlim o‘zgarishining havzaning meteorologik va gidrologik sharoitlariga ta’sirini aniqlashdan iboratdir. Toshkent, Chorvoq va Chinoz meteorologik stansiyalarining 17 yillik ma’lumotlari asosida havo harorati, yer sirt harorati, yog‘in va shamol tezligi ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Natijalar Chirchiq havzasida aniq isish jarayoni kechayotganini ko‘rsatdi. Toshkent va Chinoz stansiyalarida o‘rtacha yillik harorat 2008–2024 yillarda taxminan 1 °C ga ortgan (0,5–1,0 °C/10 yil), Chorvoqda esa o‘sish nisbatan past (0,3–0,5 °C/10 yil). MODIS ma’lumotlari asosida yer sirt harorati ham ortib, ayniqsa urbanizatsiyalashgan hududlarda “shahar issiqlik oroli” effekti kuchaygani aniqlandi. Yog‘in miqdori yildan-yilga o‘zgaruvchan bo‘lib, 2018–2019 yillar tog‘larda, 2020 yil esa tekislikda yuqori namlik qayd etildi. 2021 yil esa qurg‘oqchilik yili bo‘ldi. Shamol tezligida esa aniq trend kuzatilmadi. Umuman, Chirchiq havzasi iqlimi isib bormoqda, yog‘in esa beqaror. Bu holat suv resurslari, gidroenergetika va sug‘orish tizimlarini boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so‘zlar:** Chirchiq daryosi havzasi; iqlim o‘zgarishi; havo harorati; yer sirt harorati (LST); yog‘in; shamol tezligi; MODIS; gidrologik model; suv resurslari.

**Аннотация.** В данном исследовании проанализированы долгосрочные тенденции основных метеорологических показателей, наблюдаемых в бассейне реки Чирчик в период 2008–2024 гг. Цель исследования заключается в определении влияния климатических изменений на метеорологические и гидрологические условия бассейна. На основе 17-летних данных метеорологических станций Ташкент, Чарвак и Чиназ



ISSN 3030-3907

изучены показатели температуры воздуха, температуры поверхности земли (LST), количества осадков и скорости ветра. Результаты показали наличие устойчивого процесса потепления в бассейне Чирчика. Среднегодовая температура воздуха на станциях Ташкент и Чиназ за 2008–2024 гг. повысилась примерно на 1 °C (0,5–1,0 °C/10 лет), тогда как на станции Чарвак рост оказался менее выраженным (0,3–0,5 °C/10 лет). Согласно данным MODIS, температура поверхности земли также увеличивается, особенно в урбанизированных районах, где усиливается эффект «городского теплового острова». Количество осадков характеризуется высокой межгодовой изменчивостью: в 2018–2019 гг. наблюдались влажные годы в горных районах, в 2020 г. — повышенная влажность в равнинных зонах, а 2021 г. стал засушливым. Для скорости ветра выраженной тенденции не выявлено. В целом климат бассейна реки Чирчик становится теплее, тогда как осадки остаются нестабильными. Эти изменения имеют важное значение для управления водными ресурсами, гидроэнергетикой и системами орошения.

**Ключевые слова:** бассейн реки Чирчик; изменение климата; температура воздуха; температура поверхности земли (LST); осадки; скорость ветра; MODIS; гидрологическая модель; водные ресурсы.

**Abstract.**This study analyzes the long-term trends of key meteorological indicators observed in the Chirchiq River Basin during the period 2008–2024. The main objective is to determine the impact of climate change on the meteorological and hydrological conditions of the basin. Based on 17 years of data from the Tashkent, Charvak, and Chinaz meteorological stations, variations in air temperature, land surface temperature (LST), precipitation, and wind speed were investigated. The results indicate a clear warming trend across the Chirchiq Basin. The mean annual air temperature at the Tashkent and Chinaz stations increased by approximately 1 °C (0.5–1.0 °C per decade) from 2008 to 2024, while the Charvak station showed a weaker increase (0.3–0.5 °C per decade). MODIS satellite data also reveal a rise in land surface temperature, especially in urbanized areas, confirming the intensification of the “urban heat island” effect. Precipitation exhibits strong interannual variability: 2018–2019 were humid years in the mountainous areas, 2020 was unusually wet in the lowlands, and 2021 was characterized by drought conditions. No significant long-term trend was detected in wind speed. Overall, the climate of the Chirchiq River Basin is warming, while precipitation remains irregular. These findings are crucial for sustainable management of water resources, hydropower operations, and irrigation systems.



ISSN 3030-3907

**Keywords:** Chirchiq River Basin; climate change; air temperature; land surface temperature (LST); precipitation; wind speed; MODIS; hydrological model; water resources.

**Kirish.**

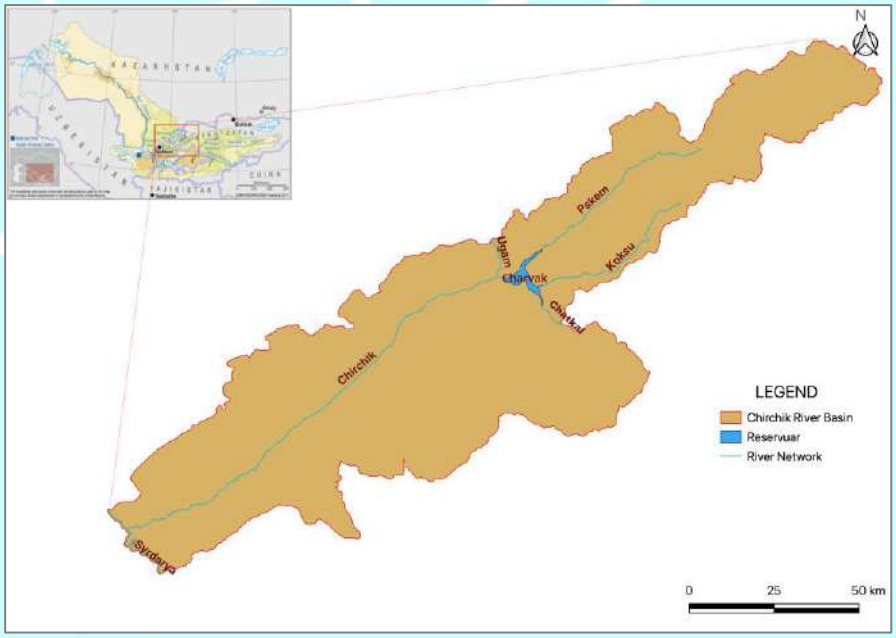
So‘nggi o‘n yilliklarda global iqlim o‘zgarishi yer yuzining barcha mintaqalarida, xususan Markaziy Osiyoda, gidrometeorologik jarayonlarga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Xalqaro ilmiy hisobotlar, jumladan IPCC (2023) ma’lumotlariga ko‘ra, so‘nggi 50 yil ichida quruqlik yuzasidagi o‘rtacha harorat har o‘n yilda 0,2–0,3 °C ga oshgan, Markaziy Osiyo esa isish tezligi eng yuqori hududlardan biri sifatida e’tirof etilgan[1,2]. Hududdagi suv resurslari asosan qor va muzliklardan to‘yinuvchi daryolarga bog‘liq bo‘lgani uchun, bu o‘zgarishlar gidrologik siklning barcha bosqichlariga-qor to‘planishi, erish, bug‘lanish va daryo oqimiga-bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Markaziy Osiyoda olib borilgan tadqiqotlar havo harorati va yog‘in miqdorida sezilarli o‘zgarishlar mavjudligini ko‘rsatadi [3,4]. Xususan, O‘zbekiston hududida1990-yillardan buyon havo harorati har o‘n yilda o‘rtacha 0,4–0,5 °C ga oshib bormoqda, yog‘in esa fazoviyjihatdan notekis taqsimlanmoqda. Biroq mavjud tadqiqotlarning aksariyati Respublika miqyosida umumiy statistik tahlilbilan cheklangan bo‘lib, Chirchiq daryosi havzasi kabi alohida suv havzalari bo‘yicha zamonaviy, yuqori aniqlikdagi meteorologik trend tahlillari yetarlicha amalga oshirilmagan. Chirchiq daryosi havzasi - O‘zbekistonning shimoli-sharqiy qismida joylashgan strategik suv resursi hududi bo‘lib, poytaxt Toshkentni va uning atrofidagi qishloq xo‘jaligi yerlarini suv bilan ta’minlaydi. Havzada shakllanadigan suv resurslari mamlakat YAIMining qariyb 16% ini ta’minlab, daryo oqimining 70 % dan ortig‘i sug‘orish maqsadida ishlatiladi [5,6,7]. Havzaning yuqori qismi qor va muzliklardan to‘yinuvchi tog‘li hududlardan iborat bo‘lib, iqlim o‘zgarishiga eng sezgir qism hisoblanadi. Shu sababli, ushbu hududda sodir bo‘layotgan meteorologik o‘zgarishlarni tahlil qilish O‘zbekiston suv xavfsizligi, energetika barqarorligi va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi uchun muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. So‘nggi yillarda MODIS, ERA5 va boshqa masofaviy zondlash manbalari asosida Markaziy Osiyo daryolari havzalarida (masalan, Zarafshon, Amudaryo, Ili) olib borilgan tahlillar yer sirt harorati va qor qoplami dinamikasida aniq isish tendensiyasini ko‘rsatgan. Biroq Chirchiq havzasi uchun bunday tahlil mahalliy meteorologik kuzatuvlar bilan birlashtirilgan holda hali amalga oshirilmagan [8,9,10]. Shu bois, ushbu tadqiqot 2008–2024 yillar davrida Chirchiq daryosi havzasida havo harorati, yer sirt harorati, yog‘in va shamol tezligining uzoq muddatli o‘zgarishlarini aniqlash, ularninggidrologik jarayonlar va suv resurslariga ta’sirini baholash hamda O‘zbekiston sharoitida iqlim o‘zgarishiga moslashuv siyosatlari uchun ilmiy asos yaratishni maqsad qilgan. Tadqiqot natijalari faqat O‘zbekiston uchun emas, balki



ISSN 3030-3907

Markaziy Osiyoning qor-muzlik bilan ta’minlanadigan daryo tizimlari uchun ham dolzarbdir. Bu natijalar iqlim modelchilar, suv xo‘jaligi mutaxassislari va ekologlar uchun hududiy iqlim trendlarini yanada aniqlik bilan modellashtirish imkonini beradi hamda global iqlim o‘zgarishining mahalliy darajadagi ta’sir mexanizmlarini chuqurroq tushunishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot obyekti.** Tadqiqot obyekti sifatida Chirchiq daryosi havzasi tanlandi. Havza O‘zbekistonning shimoli-sharqiy qismida, Toshkent viloyati hududida joylashgan bo‘lib, umumiy maydoni taxminan 14,900 km² ni tashkil etadi (1-rasm). Chirchiq daryosi Tyan-Shan tog‘ tizmasining g‘arbiy tarmoqlarida joylashgan Pskem va Chatkal daryolari qo‘shilishidan hosil bo‘ladi va Charvoq suv ombori orqali pastga, Toshkent vodiysi hamda Chinoz tekisliklariga oqib chiqadi. Daryo oxir-oqibat Sirdaryoga quyiladi. Havzaning relyefi yuqori tog‘lardan past tekisliklargacha keskin o‘zgaradi: balandliklar 3000 metrdan (Chatkal tizmasida) 250–300 metrgacha (Chinoz yaqinida) pasayadi. Bunday orografik farq natijasida iqlim ham keskin o‘zgaruvchan — tog‘li hududlarda sovuq va nam, tekisliklarda esa quruq va issiq. Yillik yog‘in miqdori yuqorida 1200–1600 mm, o‘rta qismda 450–500 mm, quyi qismda esa 300–350 mm atrofida. Yog‘inlarning asosiy qismi qish va erta bahor oylariga to‘g‘ri keladi. Havzaning suvlari asosan qor va muzliklarning erishidan shakllanadi, bu esa uni iqlim o‘zgarishiga sezgir qiladi.




**1-rasm. Chirchiq daryosi havzasining joylashuvi va gidrografik tarmog‘i**

Tadqiqotda havzaning uchta asosiy meteorologik stansiyasi ma’lumotlaridan foydalanilgan:

- Charvoq (yuqori qism, tog‘li hudud, suv ombori yaqinida),
- Toshkent (o‘rta qism, urbanizatsiyalashgan zona),
- Chinoz (past oqim, quruq tekislik).


ISSN 3030-3907

Bu stansiyalar havzaning turli balandlik va landshaft zonalarini ifodalaydi, shuning uchun ularning ma’lumotlari havzadagi vertikal iqlimiy gradientni tahlil qilish imkonini beradi.

Chirchiq havzasi O‘zbekiston suv xo‘jaligi, gidroenergetikasi va sug‘oriladigan dehqonchiligi uchun strategik ahamiyatga ega. Toshkent shahri va unga tutash sanoat zonalari suv bilan aynan ushbu havza orqali ta’minlanadi. Shu sababli, mazkur hududda sodir bo‘layotgan meteorologik o‘zgarishlarni o‘rganish — mamlakat suv xavfsizligi, qishloq xo‘jaligi barqarorligi va iqlimga moslashuv strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

**Tadqiqot uslubi.** Tadqiqotda 2008–2024 yillar oralig‘idagi meteorologik kuzatuv ma’lumotlari asosida Chirchiq daryosi havzasida iqlim o‘zgarishining asosiy tendensiyalari tahlil qilindi. Ma’lumotlar Toshkent, Chorvoq va Chinoz meteorologik stansiyalaridan olingan bo‘lib, ular havzaning yuqori, o‘rta va quyi qismlarini ifodalaydi. Ishda quyidagi asosiy ilmiy-uslubiy yondashuvlar qo‘llanildi:

1. *Ma’lumotlarni tayyorlash va sifat nazorati.* Dastlab barcha meteorologik qatorlar (harorat, yog‘in, shamol) to‘liq tekshirilib, yo‘qolgan yoki anomal qiymatlar aniqlanib, kerakli hollarda chiqarib tashlandi. Chorvoq stansiyasida 2014–2015 yillarda ma’lumotlar yetishmagani sababli, bu yillar trend tahliliga kiritilmadi.

2. *Agregatsiya va yillik qiymatlarni hisoblash.* Har oylik kuzatuvlar yillik o‘rtacha yoki yig‘indi ko‘rsatkichlarga aylantirildi:

- Havo harorati uchun: o‘rtacha, minimal va maksimal yillik qiymatlar;
- Yog‘in uchun: yillik yig‘indilar va mavsumiy (qish, bahor, yoz, kuz) bo‘linmalar;
- Shamol uchun: “shamol impulsi” bo‘yicha yillik o‘rtacha tezlik;
- LST uchun: MODIS sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan o‘rtacha sirt harorati.

3. *Trend tahlili.* Har bir parametr uchun chiziqli regressiya (linear trend) usuli bilan o‘zgarish tezligi aniqlanib, har 10 yillikdagi o‘zgarish darajasi (°C/decade yoki mm/decade) hisoblandi. Statistik ahamiyat t-testi orqali baholandi.

4. *Masofaviy zondlash ma’lumotlaridan foydalanish.* Yer sirtining harorati (LST) MODIS (MOD11A2) va ERA5 reanaliz ma’lumotlari asosida tahlil qilindi. Ma’lumotlar ArcGIS va Python muhitida qayta ishlanib, o‘rtacha yillik qiymatlar bilan stansiya kuzatuvlari solishtirildi.

5. *Grafik va fazoviy tahlil.* Trend chiziqlari, yillik dinamik graflar va xaritalar MS Excel, ArcGIS Pro va OriginLab dasturlarida tuzildi. Shuningdek, havzaning orografik va landshaft omillarini hisobga olish uchun balandlik gradienti bo‘yicha stansiyalararo taqqoslash amalga oshirildi.


ISSN 3030-3907

**Natija va muhokama.** 2008–2024 yillar oralig‘ida Chirchiq daryosi havzasida olib borilgan meteorologik tahlillar natijalari hududda iqlim o‘zgarishining yaqqol belgilarini ko‘rsatdi. Tahlil to‘rtta asosiy parametr — havo harorati, yer sirt harorati (LST), yog‘in miqdori va shamol tezligi bo‘yicha amalga oshirildi. Umuman olganda, havzada havo haroratining oshishi aniq, yog‘in va shamol ko‘rsatkichlari esa nisbatan o‘zgaruvchan va barqarorligi past ekanligi aniqlangan.

*Havo harorati tendensiyalari.* Barcha meteorologik stansiyalar — Chorvoq, Toshkent va Chinozda — 17 yillik davr mobaynida isish tendensiyasi kuzatildi. Yillik o‘rtacha havo harorati yildan-yilga farq qilsa-da, umumiy o‘sish yo‘nalishi yaqqol namoyon bo‘lgan. Eng katta o‘sish pasttekislikdagi stansiyalarda, ya’ni Toshkent va Chinozda qayd etildi. Toshkentda harorat 2008 yildagi 15 °C dan 2024 yilda 16 °C gacha, Chinozda esa 14,3 °C dan 15,5 °C gacha oshgan. Chorvoq stansiyasida o‘rtacha harorat 9–12 °C diapazonida saqlanib, isish nisbatan sekin kechgan. Chiziqli regressiya tahlili Toshkent va Chinozda har o‘n yillikda 0,7–1,0 °C, Chorvoq stansiyasida esa 0,3–0,5 °C/10 yil o‘sishni ko‘rsatdi(2-rasm). Mazkur natijalar O‘zbekiston bo‘yicha avvalgi ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan 0,25–0,52 °C/10 yil isish sur’atlari bilan to‘la mos keladi. Ayniqsa Toshkent–Chirchiq vodiysi Markaziy Osiyodagi mintaqaviy isish markazi sifatida ajralib turadi. 2022 yil butun davr ichidagi eng issiq yillardan biri bo‘ldi.




**2-rasm. 2008–2024 yillar oralig‘ida Chirchiq daryosi havzasining yuqori (Chorvoq), o‘rta (Toshkent) va quyi (Chinoz) qismlarida yillik o‘rtacha havo harorati.**

Ekstremal haroratlar ham bu jarayonni tasdiqlaydi: Chinozda 2008 yilda kuzatilgan –24,5 °C qiymat so‘nggi yillarda –18 °C dan pastga tushmagan; Toshkentda esa minimal harorat –17 °C dan –9 °C gacha oshgan. Bunda qish


ISSN 3030-3907

mavsumining yumshashi va sovuq to‘lqinlar sonining kamayishi kuzatiladi. Maksimal haroratlar nisbatan barqaror bo‘lib, Toshkentda 40–42 °C, Chinozda 40–41 °C, Chorvoqda esa 30–33 °C diapazonida saqlanib qolgan. Bu holat isishning asosan tungi va qishki davr haroratlariga ta’sir qilayotganini ko‘rsatadi. Toshkentda bu jarayon “shahar issiqlik oroli” effekti bilan izohlanadi.

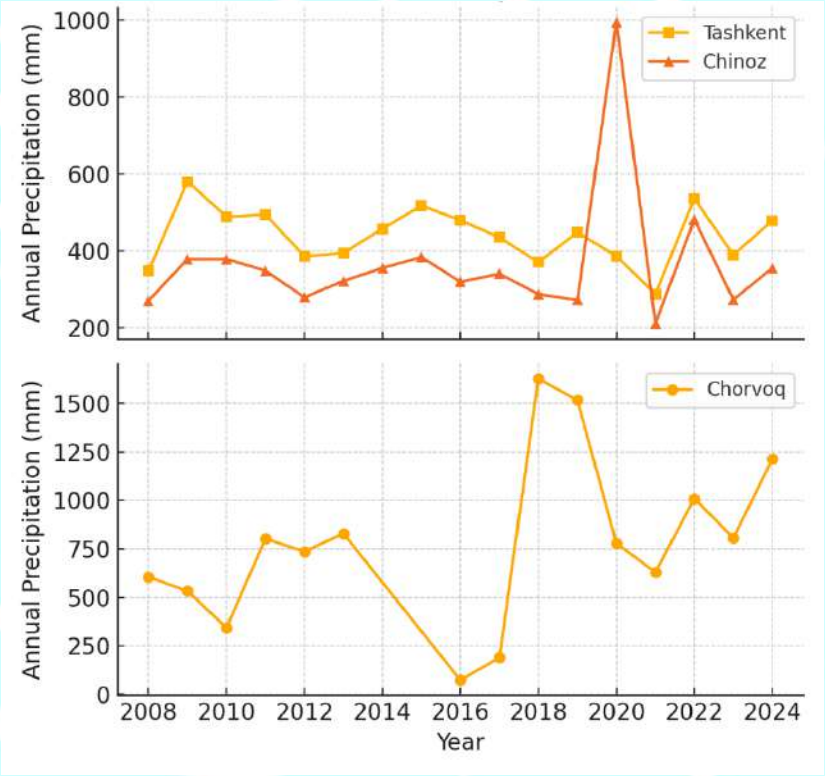
Yer sirt harorati *(LST).* MODIS sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida o‘rganilgan yer sirt harorati (Land Surface Temperature) ham havo haroratidagi isish bilan mutanosib ravishda ortgan. Yozgi davrlarda yalang‘och tuproq va asfalt yuzalarida LST 50–60 °C gacha ko‘tarilgan, bu havo haroratidan ancha yuqori qiymatdir. Yer qoplamasi turiga ko‘ra LST keskin farqlanadi:

- Sug‘oriladigan yoki o‘simlikli yerlarda – 30–35 °C;
- Quruq cho‘l va shahar hududlarida – 55–60 °C;
- Tog‘ yonbag‘irlarida va o‘rmonli joylarda – 25–30 °C atrofida.

Toshkentda urbanizatsiya jarayonlari, yashil maydonlarning kamayishi va asfalt qoplamalarining ortishi natijasida “issiq orol” effekti kuchaygan. Ayniqsa kechasi LST qiymatlarining pasaymasligi yer sirtining sovish jarayoni susayganini ko‘rsatadi. Bu esa havo haroratining tungi soatlarda ham yuqori bo‘lishiga sabab bo‘lmoqda. Gidrologik nuqtai nazardan, yer sirtining qizishi bug‘lanish jarayonini tezlashtiradi, tuproq namligini kamaytiradi va suv omborlarida suv yo‘qotilishini kuchaytiradi. Natijada, sug‘orish suviga bo‘lgan ehtiyoj ortib, suv resurslari bosimi kuchayadi. Shunday qilib, LST o‘zgarishi Chirchiq havzasining suv balansini modellashtirishda muhim omil hisoblanadi.

Yog‘in tendensiyalari. Yog‘in miqdori bo‘yicha 2008–2024 yillardagi ma’lumotlar kuchli yillik tebranishlarga ega bo‘lib, aniq barqaror trend qayd etilmadi. Biroq ayrim hududlarda biroz ortish tendensiyasi kuzatilmoqda. Chorvoq stansiyasida yillik yog‘in 500–1600 mm diapazonida bo‘lib, so‘nggi yillarda o‘rtacha 30 mm/10 yilga oshish kuzatildi. Toshkentda yillik yog‘in 400–500 mm atrofida barqaror, Chinozda esa 300–350 mm oralig‘ida bo‘lib, 2020 yilda 995 mm gacha yetgan — bu odatdagi qiymatdan uch baravar yuqori bo‘lgan ekstremal holatdir (3-rasm). Yog‘inning mavsumiy taqsimoti deyarli o‘zgarmagan: asosiy yog‘in qish va bahor oylariga to‘g‘ri keladi, yozda esa 10 mm/oydan kam yog‘in kuzatiladi.


ISSN 3030-3907

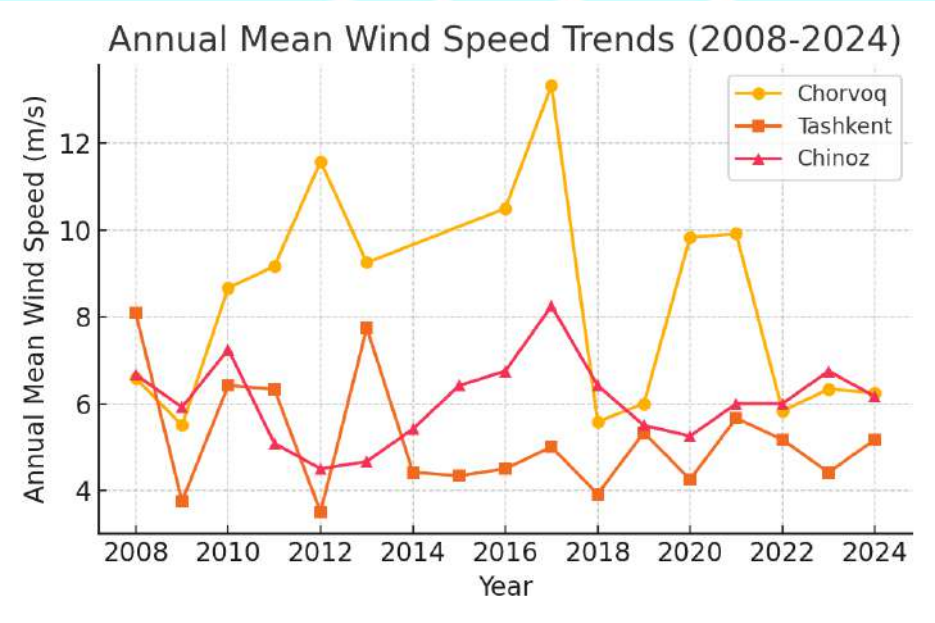



**3-rasm: 2008–2024 yillarda Chirchiq daryosi havzasidagi yillik yog‘in miqdori.**

2018–2019 yillarda tog‘li hududlarda juda nam yil qayd etilgan bo‘lsa, 2021 yil qurg‘oqchilik yili sifatida ajralib turadi. Ushbu tebranishlar havzaning tabiiy o‘zgaruvchanligini aks ettirib, suv xo‘jaligi rejalashtirishda ekstremal yillarni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Tog‘li hududlarda yog‘inning biroz ortishi kuzatilgan bo‘lsa-da, u hali statistik jihatdan ishonchli trend darajasiga yetmagan.

Shamol tezligi tendensiyalari. Shamol tezligi bo‘yicha 17 yillik ma’lumotlar aniq o‘sish yoki pasayish tendensiyasini ko‘rsatmagan. Chorvoq stansiyasida ayrim yillarda 12 m/s gacha bo‘lgan kuchli shamollar qayd etilgan, keyingi yillarda esa pasayish kuzatilgan. Toshkentda 2008–2009 yillarda 7–8 m/s atrofida bo‘lgan shamol 2012 yildan boshlab 4–6 m/s diapazonida barqarorlashgan. Chinozda shamol odatda 5–7 m/s oralig‘ida bo‘lib, yildan-yilga katta farq qilmagan (4-rasm). Bu natijalar shamol tezligining o‘rtacha qiymatlari deyarli o‘zgarmaganini, biroq mahalliy sharoitlar (urbanizatsiya, topografiya) sababli ayrim stansiyalarda pasayish yoki tebranishlar kuzatilganini ko‘rsatadi. Shahar hududlarida, xususan Toshkentda, binolar zichlashuvi shamol tezligini pasaytirgan bo‘lishi mumkin.


ISSN 3030-3907




**4-rasm. 2008–2024 yillar oralig‘ida Chorvoq, Toshkent va Chinoz stansiyalaridagi yillik o‘rtacha shamol tezligi indeksi.**

Chirchiq havzasida 2008–2024 yillar davomida havo harorati va yer sirt harorati oshib, iqlimning iliqlashish jarayoni yaqqol namoyon bo‘ldi. Minimal haroratlarning oshishi qish mavsumining yumshashiga, qor zaxiralari va muzliklarning qisqarishiga olib keladi. Bu esa Chirchiq daryosi oqimining bahorda erta boshlanishi, yozda esa suv tanqisligining kuchayishiga sabab bo‘ladi.

Haroratning har 1 °C oshishi bug‘lanish intensivligini oshirib, suv yo‘qotish hajmini ko‘paytiradi. Bu jarayon irrigatsiya tizimlari va suv omborlari uchun muhim xavf omilidir. Yog‘in miqdorining yuqori o‘zgaruvchanligi esa suv resurslari boshqaruvida muhim noaniqlik tug‘diradi — ayrim yillarda toshqin xavfi ortsa, boshqalarda qurg‘oqchilik ehtimoli kuchayadi. Shamol tezligida uzoq muddatli o‘zgarish qayd etilmagan bo‘lsa-da, haroratning ortishi va bosim gradientlarining o‘zgarishi kelgusida shamol rejimiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bu holatlarni aniqlash uchun yanada uzoq davrli kuzatuvlar zarur. Umuman olganda, Chirchiq havzasida isish jarayoni faol kechmoqda, pasttekisliklarda u tezroq, tog‘larda esa sekinroq namoyon bo‘lmoqda. Bu differensial isish suv resurslarining fazoviy va mavsumiy taqsimotiga, bug‘lanish hajmiga hamda sug‘orish suviga bo‘lgan talabga bevosita ta’sir qiladi. Shuning uchun, kelajakdagi gidrologik modellashtirish va suv xo‘jaligi rejalashtirish ishlarida harorat, LST, yog‘in va shamol ko‘rsatkichlarining o‘zaro bog‘liqligi kompleks tarzda hisobga olinishi zarur.

**Xulosa.** 2008–2024 yillar oralig‘ida olingan meteorologik ma’lumotlar tahlili Chirchiq daryosi havzasida aniq isish tendensiyasi mavjudligini ko‘rsatdi. Havo harorati butun havza bo‘ylab o‘rtacha ~1 °C ga oshgan bo‘lib, pasttekisliklarda isish sur’ati 0,5–1,0 °C/10 yil ni tashkil etdi. Eng kuchli isish qish


ISSN 3030-3907

mavsumida kuzatilgan. Sun’iy yo‘ldosh (MODIS) ma’lumotlariga asoslangan yer sirt harorati (LST) ham havo bilan birga izchil o‘sib, bug‘lanish va tuproq namligi jarayonlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. O‘simlikli va sug‘oriladigan maydonlar sirtni sovituvchi, yalang‘och va urbanizatsiyalashgan hududlar esa isishni kuchaytiruvchi omil sifatida namoyon bo‘lgan.

Yog‘in miqdori bo‘yicha yillik o‘zgaruvchanlik yuqori bo‘lib, aniq statistik trend kuzatilmagan. 2018–2019 yillar nisbatan nam, 2021 yil esa quruq bo‘lgan. Chorvoq va Chinoz stansiyalarida ozgina o‘sish belgilari bor, Toshkentda esa barqarorlik saqlangan. Shamol tezligi bo‘yicha ham uzoq muddatli o‘sish yoki pasayish kuzatilmay, tabiiy tebranishlar doirasida qolgan.

Ushbu natijalar shuni ko‘rsatadiki, Chirchiq havzasi iqlimi issiqroq va qishlari biroz namroq bo‘lib bormoqda. Biroq yog‘in va shamol o‘zgaruvchanligi yuqori bo‘lib qolmoqda. Bu o‘zgarishlar suv xo‘jaligi, sug‘orish tizimlari va gidroenergetika uchun muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun kelgusida gidrologik modellashtirishda harorat, bug‘lanish, qor zaxirasi va ekstremal hodisalar ta’siri kompleks ravishda inobatga olinishi zarur.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hou, M., Cuo, L., & Xu, H. (2025). *Hydrological response to twenty-first century climate change in the Amu Darya Basin, Central Asia*. Journal of Hydrology: Regional Studies, 54, 102606. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102606

2. Ososkova, T. & Gorelkin, N. & Chub, Vera. (2000). Water Resources of Central Asia and Adaptation Measures for Climate Change. Environmental Monitoring and Assessment. 61. 161-166. 10.1023/A:1006394808699.

3. Peng, Shouzhang, Chengcheng Gang, Yang Cao, and Yunming Chen. "Assessment of Climate Change Trends over the Loess Plateau in China from 1901 to 2100," 2017. https://doi.org/10.1002/joc.5331.

4. Sommer, R., M. Glazirina, T. Yuldashev, A. Otarov, M. Ibraeva, L. Martynova, M. Bekenov, et al. "Impact of Climate Change on Wheat Productivity in Central Asia." Agriculture, Ecosystems and Environment 178 (September 15, 2013): 78–99. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.011.

5. Brouder, Sylvie M., and Jeffrey J. Volenec. “Impact of Climate Change on Crop Nutrient and Water Use Efficiencies.” Physiologia Plantarum 133, no. 4 (2008): 705– 24. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01136.x.

6. Hanasaki, N, S Fujimori, T Yamamoto, S Yoshikawa, Y Masaki, Y Hijioka, M Kainuma, et al. “A Global Water Scarcity Assessment under Shared Socio-Economic Pathways-Part 2: Water Availability and Scarcity.” Hydrol. Earth Syst. Sci 17 (2013): 2393–2413. https://doi.org/10.5194/hess-17-2393-2013.



ISSN 3030-3907

7. Khamidov, S., Li, Z., Nasirova, M., Pulatov, B., & Pulatov, A. (2023). *Assessment of temperature and precipitation trends in Kashkadarya, Uzbekistan*. E3S Web of Conferences, 365, 01005. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336501005

8. Faye, Babacar, Heidi Webber, Jesse B. Naab, Dilys S. MacCarthy, Myriam Adam, Frank Ewert, John P.A. Lamers, et al. "Impacts of 1.5 versus 2.0 °c on Cereal Yields in the West African Sudan Savanna." Environmental Research Letters 13, no. 3 (March 1, 2018): 034014. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaab40.

9. Zhao, Chuang, Bing Liu, Shilong Piao, Xuhui Wang, David B. Lobell, Yao Huang, Mengtian Huang, et al. "Temperature Increase Reduces Global Yields of Major Crops in Four Independent Estimates." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 114, no. 35 (2017): 9326–31. https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114.

10. Wu, Tongwen, Yixiong Lu, Yongjie Fang, Xiaoge Xin, Laurent Li, Weiping Li, Weihua Jie, et al. "The Beijing Climate Center Climate System Model (BCC-CSM): The Main Progress from CMIP5 to CMIP6." Geoscientific Model Development 12, no. 4 (2019): 1573–1600. https://doi.org/10.5194/gmd-12-1573-2019.



ISSN 3030-3907

# CHIRCHIQ DARYOSI GIDROLOGIK REJIMINING UZOQ MUDDATLI DINAMIKASI

**Dinislom Atakulov**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Dilmurod Ruziyev**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
*E-mail: ruzievdilmurod98@gmail.com*
**Arifjanov Samandar**
*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti*
**Marxamat Raximbabayeva**
*Toshkent arxitektura-qurilish universiteti*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada O‘zbekiston shimoli-sharqidagi Chirchiq daryosining G‘azalkent gidropostida 1900–2022-yillarga oid o‘rtacha oylik suv sarfi ma’lumotlari asosida suv rejimining uzoq muddatli dinamikasi tahlili olib borildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Chirchiq daryosining o‘rtacha yillik suv sarfi G‘azalkentda taxminan 217–228 m³/s ga teng, o‘tkazuvchanlik mavsumiyligi kuchli: oqimlarning eng yuqori qismi bahor-yoz oylariga to‘g‘ri keladi. Ko‘p yillik tahlilda ekstremal yillar aniqlanib, eng suvli yil 1969 (459 m³/s o‘rtacha) va eng qurg‘oq 1917 (133 m³/s) ekani aniqlangan. Linear regressiya natijalari bo‘yicha umumiy tendensiya zaif kamayish ko‘rsatgan, ammo statistik jihatdan sezilarli emas. Suv rejimidagi o‘zgarishlarga iqlim o‘zgarishlari va antropogen omillar ta’siri tahlil qilindi.

**Kalit so‘zlar:** Chirchiq daryosi havzasi; iqlim o‘zgarishi; suv sarfi, G‘azalkent gidrologik posti, ko‘p yillik suv oqimi, gidrologik rejim, ekstremal suv hodisalari.

**Аннотация:** В данной статье проведён анализ долгосрочной динамики водного режима реки Чирчик на гидропосту Гузалкент, расположенном на северо-востоке Узбекистана, на основе среднемесячных данных о расходе воды за период 1900–2022 годов. Результаты показали, что среднегодовой расход реки Чирчик у Гузалкента составляет примерно 217–228 м³/с, при этом наблюдается выраженная сезонность — наибольшие расходы приходятся на весенне-летние месяцы. В многолетнем анализе были определены экстремальные годы: самым полноводным оказался 1969 год (в среднем 459 м³/с), а самым маловодным — 1917 год (133 м³/с). По результатам линейной регрессии выявлена слабая тенденция к снижению, однако статистически она не является значимой. Также проанализировано влияние климатических изменений и антропогенных факторов на вариации


ISSN 3030-3907

водного режима.

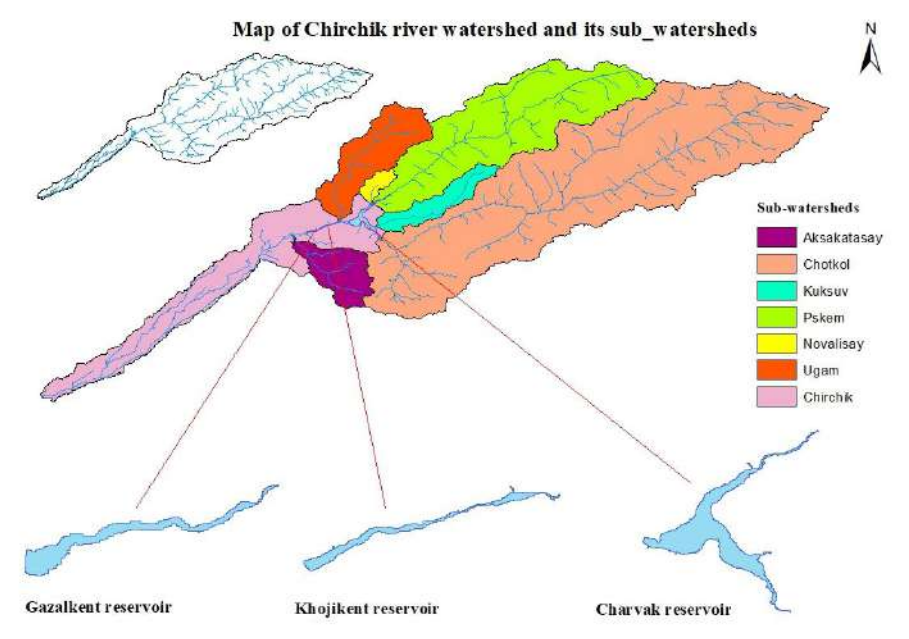
**Ключевые слова:** бассейн реки Чирчик; изменение климата; расход воды; гидрологический пост Гузалкент; многолетний сток; гидрологический режим; экстремальные водные явления.

**Abstract:** In this article, the long-term dynamics of the water regime of the Chirchiq River at the Gazalkent hydrological station in northeastern Uzbekistan were analyzed based on average monthly discharge data for the period 1900–2022. The results show that the average annual discharge of the Chirchiq River at Gazalkent is approximately 217–228 m³/s, with a strong seasonal variability — the highest flows occur in the spring–summer months. The multi-year analysis identified extreme years, with 1969 being the wettest year (average 459 m³/s) and 1917 the driest (133 m³/s). Linear regression results indicate a slight decreasing trend, though it is not statistically significant. The impact of climate change and anthropogenic factors on variations in the water regime was also analyzed.

**Keywords:** Chirchiq River Basin; climate change; water discharge; Gazalkent hydrological station; multi-year river flow; hydrological regime; extreme water events.

**Kirish.**

Chirchiq daryosi O‘zbekistonning shimoli-sharqida joylashgan bo‘lib, 155 km uzunlikda va taxminan 14,900 km² tog‘-dara havzasiga ega (1-rasm). U Noyabr tog‘lari etagidan boshlanib Sirdaryoga quyiladi. O‘rtacha ko‘p yillik suv sarfi G‘azalkent atrofida taxminan 220 m³/s ga teng[6].




**1-rasm. Chirchiq daryosi havzasining joylashuvi va gidrografik tarmog‘i**

Daryo manbaiga qishloq aholi va suv omborlari yaqin, pastki oqimida esa poytaxt Toshkent tumanlari joylashgan. Iqlim uglerod va suv omborlari orqali boshqarilib, suv resurslari qishloq xo‘jaligi (iqtisodiyotning asosi, paxta va don



ISSN 3030-3907

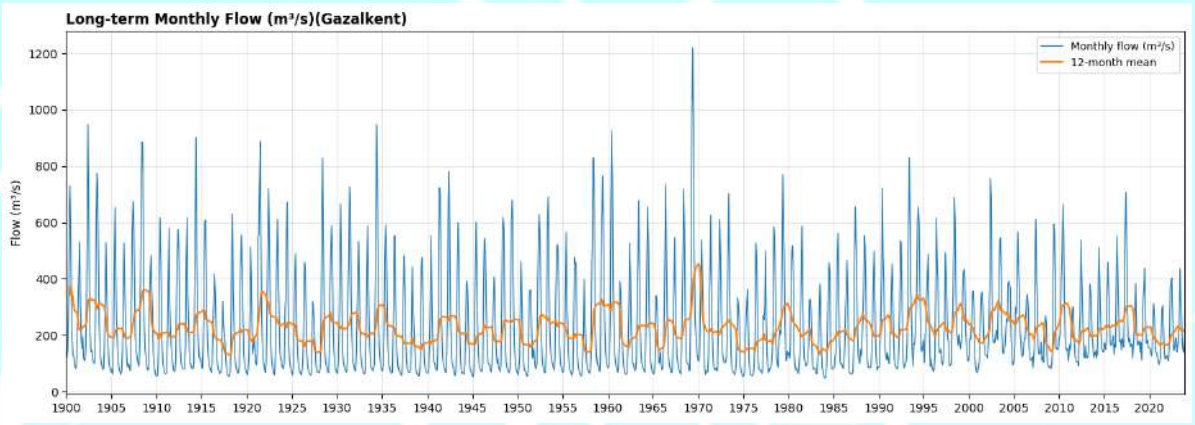
yetishtirish) va shaharlar uchun muhimdir[4][7]. Aholi suv ta’minoti va energetika uchun ham ahamiyati katta: masalan, Chorvoq, Xo‘jakent va Gazalkent suv omborlari gidroelektr stansiyalar (600 MVt quvvatli gazalkent kaskadi) bo‘lib xizmat qiladi[5][8]. Chirchiq oqimi asosan tog‘ muzliklari va qorlardan keladi[1][9]; mavsumiyligi kuchli bo‘lib, bahor oylarida (aprel–iyun) cho‘qqi nuqtaga yetadi. Shuningdek, daryoning suv burchaklari bo‘yicha sug‘orish tarmoqlari (Chirchiq–Bo‘zsuv, Qorasuvalar) va qishloq xo‘jaligi uchun muhim bo‘lib, jami sug‘oriladigan yerlarning yuz ming gektardan ortig‘i Chirchiq suviga bog‘liq[4]. Ushbu miqyosda Chirchiq havzasi sug‘orish, sanoat va ichimlik suvi manbai hisoblanadi, lekin suvdan ortiqcha foydalanish va bosim tufayli ekologik muammolar (landshaftning sho‘rlanishi, suv osti sathining ko‘tarilishi) ham paydo bo‘lmoqda[4].

**Tadqiqot uslubi.** Tadqiqotda Chirchiq daryosining G‘azalkent gidropostiga oid 1900–2022-yillardagi o‘rtacha oylik suv sarfi ma’lumotlari ishlatilgan. Bu ma’lumotlar O‘zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati (Uzhydromet) tomonidan yig‘ilgan statistik jadval bo‘lib, $m^3/s$ birlikda ifodalangan. Avvalo ma’lumot to‘plami tozalandi, 1900–2022-yillar oralig‘idagi 12 oylik butun yil ma’lumotlari aniqlandi. Statistika tahlili uchun har bir yil va oy bo‘yicha o‘rtacha, median, minimal, maksimal, standart og‘ish va o‘zgaruvchanlik hisoblandi.

Grafik tahlil sifatida yillik va oylik sarflarni aks ettiruvchi vaqt qatorlari chizildi. Yillik oqimlar uchun trend tahlili (lineer regressiya) o‘tkazildi, shuningdek 12 oylik siljishli o‘rtacha (moving average) va anomaliyalar (yiliga yoki oyga nisbatan uzun muddatli o‘rtachadan farq) aniqlash usullari qo‘llandi. Dastlabki natijalar Excel va Python vositalari yordamida analiz qilindi. Ekstremal yillarni aniqlash uchun yillik o‘rtacha qiymatlar saralandi va eng yuqori hamda eng past qiymatlar aniqlangan. Natijalar to‘plamlari statistik tavsiflar va grafiklar yordamida tasvirlandi. Foydalanilgan usullar xalqaro standartlarga mos ravishda tanlandi hamda oldingi tadqiqotlarda qo‘llangan uslublar singari barginlandi[1].

**Natija va muhokama. Uzun yillik o‘zgarishlar:** 1900–2022-yillarda yillik o‘rtacha suv sarfi an’anaviy ravishda bahor oylarida oshib, yoz va tushda pasayadi. O‘rtacha bir oylik suv sarfi aprel—iyun oylarida cho‘qqi nuqtani tashkil etib (mayda va iyun oylarida turlicha bo‘lsa-da har yili katta oqim kuzatiladi), qishda esa minimal darajaga tushadi (2-rasm).

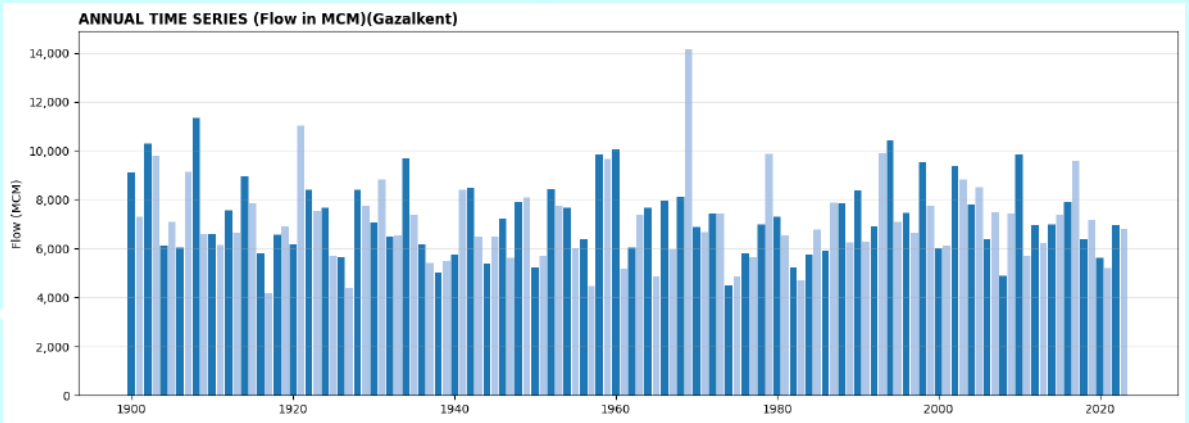

ISSN 3030-3907




**2-rasm. Suv sarfining uzoq muddatli oylik suv sarfi dinamikasi (G‘azalkent g.)**

Bizning hisob-kitoblarimiz bo‘yicha iyun oyi o‘rtacha 553 m³/s gacha bo‘lgan (maksimal dispersiya 175 m³/s) bo‘lsa, yanvar-febrda 91–90 m³/s atrofida bo‘lgan. Shu sababli yil davomida hosil bo‘ladigan oqimning deyarli 50–60% dan ziyod qismi bahor va erta yoz oylariga to‘g‘ri keladi (bu holat Chiziq daryosi tog‘li havzasi sharofatidir). Misol uchun, 1900–2022 yillar oralig‘ida yillik umumiy oqimning 52.4% mart–iyun oylariga to‘g‘ri kelganligi avvalgi tadqiqotlarda qayd qilingan (52.4% mart–iyun, 32.1% iyul–sentyabr, qolgan 15.5% qish yarimida)[13]. Oylik o‘rtacha statistikada yanvar-fevral oylarida oqimning 90-115 m³/s atrofida, aprelda 231 m³/s, iyunida esa yuqorida qayd etilganidek 553 m³/s atrofida ekanligi aniqlangan. Oylar orasidagi o‘zgaruvchanlik (standart og‘ish) nisbatan katta bo‘lib, masalan, iyun oyida ±175 m³/s, noyabr oyida ±32 m³/s ga teng.

**Yillik oqimlar statistikasi:** 1900–2022 yillarda tahlil qilingan yillik o‘rtacha suv sarflarining umumiy o‘rtacha qiymati 228.2 m³/s, medianasi 221.4 m³/s, dispersiyasi 52.8 m³/s edi. Eng yuqori qiymat 449.5 m³/s (1969 yilda), eng past 133.0 m³/s (1917 yilda) bo‘ldi (3-rasm). Bu davr uchun yillik oqimlarning o‘zgaruvchanlik koeffitsienti 0.23 ga tengligi hisoblandi, ya’ni o‘rtacha natijalar ustida taxminan 20–25% miqdorda tarqalish mavjud.




**3-rasm. Suv sarfining uzoq muddatli yillik suv sarfi dinamikasi (G‘azalkent g.)**



ISSN 3030-3907

Ushbu o‘zgaruvchanlik darajasi Chirchiq daryosining tog‘li tablolariga xos bo‘lib, yillik mavsumda (masalan, ko‘p yillik o‘rtacha aylanishda) sezilarli o‘zgarishlar kuzatilgan.

**Ekstremal yillar:** Tahlil davomida eng ekstremal holatlar aniqlandi. Eng suvli yillar sifatida 1969 (o‘rtacha 449.5 $m^3/s$), 1908 (360.4 $m^3/s$) va 1921 (349.4 $m^3/s$) yillar ajralib turadi. Eng qurg‘oqchil yillar esa 1917 (133.0 $m^3/s$), 1927 (139.7 $m^3/s$) va 1957 (141.3 $m^3/s$) yillardir. Misol uchun, 1969-yil pretsipitatsiya ko‘rsatkichlari yuqori kechib, suv oqimi o‘rtacha 459 $m^3/s$ darajasiga yetgan, aksincha 1917-yilda minimal yog‘ingarchilik va qor bo‘lganligi sababli faqat 133 $m^3/s$ ni tashkil etgan. (Ta’kidlash kerakki, 2010-yil yuqori oqimli, 2020-yil esa kamroq oqimli sifatida qayd qilingan[13], bu so‘nggi o‘n yillikdagi tendentsiyalar namunasi bo‘lib, umumiy ma’lumotlar bilan mos keladi.)

**Tendensiyalar:** Umumiy davr (1900–2022) bo‘yicha yillik oqimlarda o‘zgarishlar haqida grammatik model (lineer regressiya) o‘tkazdik. Natijalar yillar orasida nozik pasayish ko‘rsatdi (–0.06 $m^3/s$ per year), lekin u statistik jihatdan sezilarli emas ($R^2$ juda kichik). Xususan, umumiy ko‘p yillik trend yo‘nalishi salpasiga kamayish bo‘lgani aniqlangan, ammo bunday tendentsiyaning ijtimoiy-iqtisodiy ahamiyati hozircha aniq emas. Shunga qaramay, 2010–2020-yillar oralig‘ida ham suv oqimlari bir oz pasaygan tendentsiya ko‘rsatganligi qayd etilgan (2010-yilda yuqori, 2020-yilda past oqim). Buni 12 oylik siljishli o‘rtacha va yillik anomal grafiklar orqali ham ko‘rish mumkin.

**Muhokama.**Yuqoridagi natijalar Chirchiq daryosining suv rejimida kuzatilgan o‘zgarishlarni turli omillar bilan izohlash imkonini beradi. Birinchi navbatda, iqlim omillari jiddiy rol o‘ynaydi. O‘zbekiston va Markaziy Osiyo bo‘yicha so‘nggi yarim asrda havo haroratining izchil ortganligi ma’lum bo‘lib, bu hudud IPCC va mahalliy tadqiqotlar tomonidan ham qayd etilgan [2]. Qurg‘oq va quruq mintaqalardagi havo harorati o‘rtacha 0.2–0.3°C/10 yil tezlikda ko‘tarilib, ekstremal ob-havo hodisalari ko‘p uchray boshladi. Bu holat tog‘ muzliklari va qorlarda erish jarayoniga ham ta’sir etadi: iqlim o‘zgargan sari qor va muz qoplami kamayadi, bahor oylaridagi oqim cho‘qqisi ertaroq yoki kichikroq bo‘lishi mumkin. Markaziy Osiyoda o‘nlab ilmiy ishlar qurg‘oqchil zonasida 1980–2020 yillarda yog‘ingarchilikning sezilarli o‘zgarishi kuzatilmasligini, ammo yuqori tog‘ mintaqalarda (Chirchiq, Chatqal, etc.) ba’zi oshishlar yoki kamayishlar bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatgan. Masalan, Yevropaning iqlim modeli ma’lumotlariga ko‘ra, qish mavsumi Chirchiq havzasida yog‘ingarchilik normasi taxminan o‘zgarmayapti, biroq yozda qisman kamayishi mumkin (bunda bahorda qorishtaki oqim ozayishi ehtimoli katta). Havo haroratining ortishi, ayniqsa barqaror issiq kunlarning soni ko‘payishi, bug‘lanishni tezlashtirib, daryo oqimidagi suv miqdoriga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.


ISSN 3030-3907

Ikkinchi omil – antropogen ta’sirlar. 1970-yildan boshlab Chirchiq daryosi to‘g‘onlari (Charvoq, Xo‘jakent, Gazalkent) eksponensial ravishda qurildi. Masalan, Charvoq suv ombori quvvati 2.2 milliard m³ bo‘lib, bahor suvini to‘playdi va keyin sektorlarga bo‘linadi. Bunday suv omborlar bahor faslidagi kuchli oqim cho‘qqilarini sezilarli kamaytiradi va yozda oqimni barqarorlashtiradi. Hozirgi kunda Chirchiq suvining aksari qismi Toshkent viloyatining 100 ming gektardan ortiq sug‘oriladigan yerlarini ta’minlaydi (Chirchiq–Bo‘zsuv tizimi orqali) [4]. Antropogen salbiy ta’sirga sanitar chiqindilar, changlar, kimyoviy chiqindilar ham kiradi, biroq ularning to‘g‘ridan-to‘g‘ri oqim hajmiga ta’siri unchalik katta emas.

Umumlashtirib aytganda, Chirchiq daryosidagi kuzatilgan o‘zgarishlar iqlim va odam faoliyatining murakkab kombinatsiyasi natijasidir. Tabiiy omillarga asoslangan monitoring va tadqiqotlar Chirchiq havzasida iqlim o‘zgarishini kuzatib borishga mo‘ljallangan. Antropogen omillardan esa to‘g‘on va kanallarning qurilishi eng katta ahamiyatga ega. Boshqa tadqiqotlar bo‘yicha, Markaziy Osiyo tog‘li havzalarida suv omborlarining qurilishi bahor-yoz perioddagi oqimning o‘rtacha hajmini 20–30% ga kamaytirishi mumkinligi aniqlangan.

**Xulosa.**O‘rganilgan uzluksiz ma’lumotlar asosida Chirchiq daryosidagi G‘azalkent gidropostidagi uzoq muddatli oqim o‘zgarishlari chuqur tahlil qilindi. Tahlil shuni ko‘rsatdiki, uzoq yillar davomida o‘rtacha oqim katta darajada barqaror, ammo yuqori o‘zgaruvchanlikka ega. Suvli va qurg‘oqchil yillar aniqlandi, ammo umumiy trend zaif kamayishga ishora qildi. Asosiy tavsiyalar quyidagicha:

*Suv taqsimoti va sug‘orishda samaradorlik:* mavjud suv omborlari va kanallarni modernizatsiya qilish, kerak bo‘lsa qo‘shimcha suv omborlarini qurish orqali bahor-yoz suvini saqlash va oqimni boshqarish kerak. E’tibor sug‘orish infratuzilmasini modernizatsiya qilishga qaratilishi zarur [3]. Zamonaviy tomchilatib sug‘orish texnologiyalari joriy etish va suv iste’molini qayta ishlash (aylanma suv) tizimlarini kengaytirish suv sarfini sezilarli kamaytirishi mumkin.

*Iqlimga mos boshqaruv:* Kelgusi o‘n yilliklar uchun iqlim modeli natijalariga tayangan holda, suv omborlari rejimini dinamik yo‘naltirish zarur. Muzliklarning erishi va yomg‘ir-muzobiltagi o‘zgarishlar kuzatilgan holda bahorda suvni ko‘proq yig‘ish, yozda bo‘lsa muntazam oqim bilan ta’minlashni yo‘lga qo‘yish lozim. Bundan tashqari, suv omborlari qanoti va nasos stansiyalarining samaradorligi muntazam tekshirib turilishi kerak.

*Ekosistemalarni muhofaza qilish:* Suv resurslari yetishmovchiligini qo‘llash, daryoning tabiiy ifloslanishi va ekologik muvozanatini saqlash bo‘yicha choralarga e’tibor qaratilishi zarur. Masalan, oqimning ko‘payish-periodlarida tabiiy suv o‘tishlar saqlanishi kerak. Suv sifati monitoringini yaxshilash, qishloq xo‘jaligi chiqindilarini kamaytirish bo‘yicha yangi qoidalar joriy etish lozim.


ISSN 3030-3907

Ushbu tavsiyalarni amalga oshirish orqali Chirchiq daryosi suv resurslarini sog‘lom va barqaror boshqarish ta’minlanishi, aholi va qishloq xo‘jaligi obodligi yaxshilanishi kutiladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chub, V.L. va boshq. (2000). *O‘zbekiston iqlimining o‘zgarishi va uning tabiiy resurslarga ta’siri*. Toshkent.
2. Khujanazarov, T., Kholmatjanov, B., va boshq. (2014). “Long term analysis of the historic climate in Uzbekistan”, *J. of Hydrology and Water Resources*, 34, 113-125.
3. Usmanov, S., Mitani, Y., Kusuda, T. (2016). “An Integrated Hydrological Model for Water Balance Estimation in the Chirchik River Basin, Northern Uzbekistan”, *Comput. Water, Energy and Environ. Eng*, 5(3):87-97.
4. Gafurov, A. (2024). “Climate Impact Assessment for Chirchiq River Basin, Uzbekistan”, GFZ Potsdam (CLIMWATER Project).
5. O‘zbekiston Milliy Ensiklopediyasi (2000–2005), “Chirchiq (daryo)”, Toshkent.
6. Cawater-info.net. “Climatic Changes and their Impact on Water Regime in the Chirchiq and Ahangaran Basin”.
7. Wikipedia (inglizcha). *“Chirchiq (river)”*.
8. International Water Management Institute (IWMI) Uzbekistan Country Page, “Uzbekistan – arid climate and water management”.
9. FutureWater (2019). *Climate Adaptive Water Resources Management in Uzbekistan*, ADB report.


ISSN 3030-3907

UDK: 21474

# ANALYSIS OF THE DEGREE OF DAMAGE FROM EXPLOSIVE IMPACT ON STRUCTURES USING DISTRIBUTION FUNCTIONS AND THE LAGRANGE INTERPOLATION METHOD

**Mamatkulov Alisher Azamatovich**
*Researcher at the Institute of Communications and Information Technologies of the Ministry of Defense of the Republic of Uzbekistan*
**Qodirjon Mukhammadjonovich Tursunov**
*PhD in Technical Sciences, Professor, Military Institute of Information and Communication Technologies and Communications of the Ministry of Defense of the Republic of Uzbekistan*
**Mahmudov Nemadulla Akhmatovich**
*Candidate of Physical and Mechanical Sciences, Professor of the Department military security and defense university of the Republic of Uzbekistan*
**Misirov Shirazi Choriyevich**
*Cand. tech. Sci., Professor of the Department military security and defense university of the Republic of Uzbekistan*

**Abstract:** This article employs statistical methods to assess and analyze the degree of damage to structures and buildings under the influence of external and internal forces. Using Gaussian and Laplace distributions, the probability of structural failure and the state of resources under explosive impact were analyzed. Additionally, functional relationship models were developed using the Lagrange interpolation method, and their accuracy was confirmed by experimental results. The obtained results are of significant importance for evaluating the stability of structures and determining safety measures.

**Keywords:** Gaussian distribution, Laplace function, Lagrange interpolation, structural analysis, statistical modeling, blast effect, damage degree, resource assessment, structural strength.

**Аннотация:** В данной статье используются статистические методы для оценки и анализа степени повреждения конструкций и зданий под воздействием внешних и внутренних сил. Используя распределения Гаусса и Лапласа, были проанализированы вероятность разрушения конструкций и состояние ресурсов при взрывном воздействии. Кроме того, были разработаны модели функциональных взаимосвязей с использованием метода интерполяции Лагранжа, и их точность была подтверждена экспериментальными результатами. Полученные результаты имеют существенное значение для оценки устойчивости сооружений и определения мер безопасности.



ISSN 3030-3907

**Ключевые слова:** гауссово распределение, функция Лапласа, интерполяция Лагранжа, структурный анализ, статистическое моделирование, взрывной эффект, степень повреждения, оценка ресурса, прочность конструкции.

**Annotatsiya:** ushbu maqolada tashqi va ichki kuchlar ta'sirida inshootlar va binolarga etkazilgan zarar darajasini baholash va tahlil qilish uchun statistik usullar qo‘llaniladi. Gauss va Laplas taqsimotlaridan foydalanib, tarkibiy nosozlik ehtimoli va portlovchi ta'sir ostida bo‘lgan resurslarning holati tahlil qilindi. Bundan tashqari, Lagranj interpolatsiyasi usuli yordamida funktsional munosabatlar modellari ishlab chiqilgan va ularning aniqligi eksperimental natijalar bilan tasdiqlangan. Olingan natijalar tuzilmalarning barqarorligini baholash va xavfsizlik choralarini aniqlash uchun muhim ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar**: Gauss taqsimoti, Laplas funktsiyasi, Lagranj interpolatsiyasi, tarkibiy tahlil, statistik modellashtirish, portlash effekti, zarar darajasi, resurslarni baholash, strukturaviy quvvat.

**Introduction**

The assessment of the condition of structures and buildings under the influence of external factors, as well as the determination of their service life, requires complex computational and analytical methods. In this process, the use of statistical models and distribution laws is important. Using distribution laws such as those of Gauss, Laplace, Weibull-Gnedenko, and others, the probabilities of structural failure and the extent of their damage are analyzed.

This article examines methods for analyzing experimental results while accounting for external impacts on structures, using the Gaussian normal distribution and Lagrange interpolation method. The study assesses the extent of structural damage based on a statistical analysis of the consequences of random explosions. Additionally, various mathematical modeling methods are used to analyze the dynamics of damage points, ensuring the accuracy of the obtained results.

When determining the resources of structures based on experimental results, an analysis is conducted of their mathematical expectation $M(x)$, arithmetic mean $\bar{x}$, as well as the displacements of structures or buildings under the influence of external and internal forces (earthquake, explosion, weight or pressure, etc.), their vibrations, or partial destruction. In other words, the variance $D(x)$ of deviations from the center of gravity is analyzed, along with the standard deviation $\sigma(x)$.

In all statistical distributions (Gaussian, Rayleigh, Student's t, Fisher–Snedecor, Weibull–Gnedenko, etc.), three main parameters must be defined: the expected value $M(x) = a_m$, the variance of the random variable $D(x)$, and the standard deviation $\sigma(x)$. Among them, the Gaussian normal distribution stands out



ISSN 3030-3907

for its high accuracy in diagnosing the degree of damage to structures and buildings, as well as in scientific studies of their physical and mechanical properties [1–3].

**Methodology and Results of the Scientific Research**

Various experiments were conducted, with pressure recorded at different distances from the explosion epicenter, and a statistical analysis of the explosion's impact was performed using a numerical model [4]. The study scientifically analyzes the conformity of building damage points to the normal (Gaussian) distribution in cases of random TNT (trinitrotoluene) charges with a mass of $m = (10 \dots 30)$ kg. During the calculations, the coefficient of variation $V_v = 0{,}2$, and in a number of random explosions, its value was kept constant.

The probability density function (differential form) of the normal distribution is expressed as follows.:

$$f(m) = \frac{1}{\sigma(m)\sqrt{2\pi}} \cdot \exp - \frac{(m-a_m)^2}{2\sigma^2(m)} \qquad (1)$$

The function $f(m)$ is a differential or mass distribution density function by Gaussian, where $\sigma_m(x) = mV_m$ is the standard deviation, $a_m$ is the unknown expected value; $e = 2.71\dots$

It should be noted that the obtained results can be compared with the probabilities of a random value falling within a given interval and are calculated using the following formula:

$$P(2 < x < 6) = \frac{1}{2}[\varphi\frac{b-m}{\tau\sqrt{2}} - \varphi\frac{a-m}{\tau\sqrt{2}}]$$

where $f(x) = \frac{2}{\sqrt{\tau}}\int_0^x e^{-t^2\delta t}$ is the Laplace function, the values of which are provided in Table 1.

**Table-1**

| $x_{kg}$ | 0-10 | 10-14 | 14-18 | 18-22 | 22-26 | 26-30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $n_{variants}$ | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 2 |
| $W_{probability}$ | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,10 |

Using the Laplace distribution, we used the statistical data provided in Table 1 to analyze the TNT data.

$$P(0 < x < 10) = \frac{1}{2}\left[\varphi\frac{10-21{,}2}{5{,}2\cdot 1{,}41} - \varphi\frac{0-21{,}2}{7{,}33}\right] = \frac{1}{2}[\varphi(-1{,}53) + \varphi(2{,}89)] = \frac{1}{2}[+0{,}9684 + 0{,}999] = 0{,}0153$$

$$P(10 < x < 14) = \frac{1}{2}\left[\varphi\frac{14-21{,}2}{7{,}33} - \varphi\frac{10-21{,}2}{7{,}33}\right] = \frac{1}{2}[\varphi(-0{,}98) + \varphi(1{,}53)] = \frac{1}{2}[-0{,}8342 + 0{,}9684] = 0{,}067$$



ISSN 3030-3907

$$P(14 < x < 18) = \frac{1}{2}\left[\varphi\frac{18-21,2}{7,33} - \varphi\frac{14-21,2}{7,33}\right] = \frac{1}{2}[\varphi(-0,44) + \varphi(0,98)] = \frac{1}{2}[-0,4662 + 0,8342] = 0,184$$

$$P(18 < x < 22) = \frac{1}{2}\left[\varphi\frac{22-21,2}{7,33} - \varphi\frac{18-21,2}{7,33}\right] = \frac{1}{2}[\varphi(0,11) + \varphi(0,44)] = \frac{1}{2}[0,1125 + 0,4662] = 0,289$$

$$P(22 < x < 26) = \frac{1}{2}\left[\varphi\frac{26-21,2}{7,33} - \varphi\frac{22-21,2}{7,33}\right] = \frac{1}{2}[\varphi(0,65) + \varphi(0,11)] = \frac{1}{2}[0,6346 - 0,1125] = 0,261$$

$$P(26 < x < 30) = \frac{1}{2}\left[\varphi\frac{30-21,2}{7,33} - \varphi\frac{26-21,2}{7,33}\right] = \frac{1}{2}[\varphi(1,2) + \varphi(0,65)] = \frac{1}{2}[0,9103 - 0,6346] = 0,1392$$

The research results on the Laplace distribution are presented in Table 2.

**Table-2**

| *Ikg* | 0-10 | 10-14 | 14-18 | 18-22 | 22-26 | 26-30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_{probability}$ | 0,015 | 0,057 | 0,184 | 0,289 | 0,261 | 0,1392 |

**To improve the accuracy and reliability of research results, we will use the Lagrange polynomial for continuous interpolation.**

Scientific research and literature analysis show that, despite the availability of a sufficient number of scientific works dedicated to analyzing the degree of damage to buildings and structures under the influence of external forces using Gaussian and Laplace distributions, methods that allow for continuous determination of building destruction have not been sufficiently studied. Therefore, we believe it is appropriate to analyze the practical results of our scientific research using the Lagrange interpolation method.

The polynomial interpolation method requires constructing a polynomial of degree $m \leq n-1$ that satisfies the condition $y_i = f(x_i)$ where ( $i = 1, 2, \dots, n$) for given values of $x_i$. In other words, the graph of this polynomial must pass through the ($n$) points $M_i(x_i;\ y_i)$.

$f(x) = (x - x_1)\,(x - x_2)\,(x - x_3)\dots(x - x_n)$ is a polynomial of degree $n$, (where $\varphi(x) = f(x)$, and $x_i -$ are continuous values of the argument specified in the table. In this case, the Lagrange formula will be correct:

$$f(x) = \sum_{k=1}^{n} \frac{y_k \cdot \varphi(x)}{\varphi^1(x_k)\,(x - x_n)}$$

and its extended form:

$$f(x) = \frac{y_1 \cdot \varphi(x)}{(x - x_1)\,(x_1 - x_2)\,(x_1 - x_3)\dots(x_1 - x_n)} + \frac{y_2 \cdot \varphi(x)}{(x - x_2)\,(x_2 - x_1)\,(x_2 - x_3)\dots(x_2 - x_n)} + \cdots$$



ISSN 3030-3907

$$\frac{y_n \cdot \varphi(x)}{(x-x_n)\,(x_n-x_1)\,(x_n-x_2)\ldots(x_n-x_{n-1})},$$

This is the Lagrange interpolation polynomial.

Based on the results of the conducted experiment, Table 3 was compiled to obtain the multidimensional Lagrange multiplier.

**Table-3**

| ***x*** Mass of charge *(kg)* | 20 | 24 | 28 | 32 | … | $x_n$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***y*** number of charges | 1 | 2 | 6 | 3 | … | $y_n$ |

Auxiliary polynomial:

$$f(x) = (x-20)\,(x-24)\,(x-28)\,(x-32);$$

The first derivative of the obtained polynomial is found.

Calculating $f'(x)$:

$$f'(x) = (x-24)(x-28)(x-32) + (x-20)(x-28)(x-32) + (x-20)(x-24)(x-32) + (x-20)(x-24)(x-28)$$

As a result of simplifying the obtained polynomial and calculating the derivative values, we get:

$$f'(20) = (20-24)(20-28)(20-32) + 0 = -4 \cdot -8 \cdot -12 = -384$$

$$f'(24) = (24-20)(24-28)(24-32) = 4 \cdot -4 \cdot -8 = 128$$

$$f'(28) = (28-20)(28-24)(28-32) = 8 \cdot 4 \cdot -4 = -128$$

$$f'(32) = (32-20)(32-24)(32-28) = 12 \cdot 8 \cdot 4 = 384$$

The expression of the Lagrange set then looks as follows:

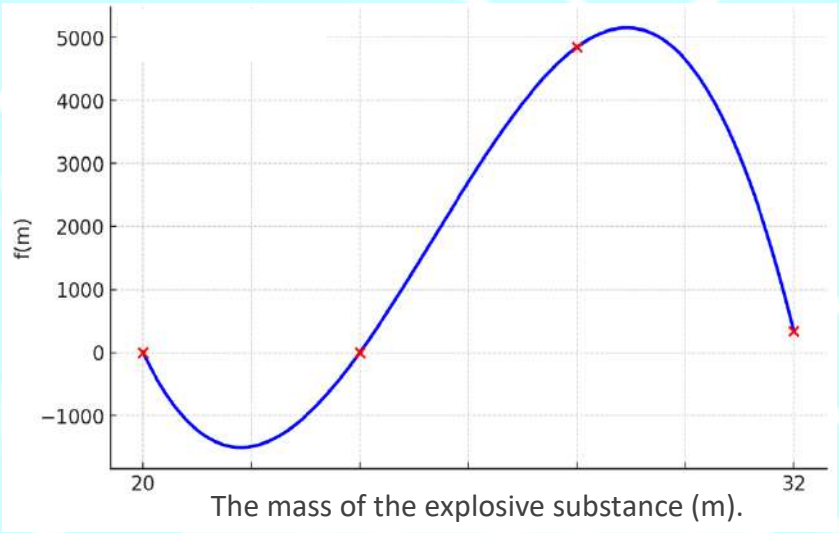
$$f(x) = \frac{1}{-384}(x-24)(x-28)(x-32) + \frac{2}{128}(x-20)(x-28)(x-32) + \frac{6}{-128}(x-20)(x-24)(x-32) + \frac{3}{384}(x-20)(x-24)(x-28)$$

After expanding the parentheses and simplifying the terms for $x^3$, $x^2$, $x$ and the constant terms, we obtain the following Lagrange polynomial (Fig. 1). By substituting $x = m$ (i.e., $f(m)$), we form the third-degree Lagrange polynomial with one unknown.

$$f(m) = 0{,}026x^3 - 1{,}969x^2 + 48{,}46x + 340{,}48$$



ISSN 3030-3907




***1-Fig. Analysis of the mass of port substance in the Lagrange polynomial model***

## Conclusion

The results obtained from the Lagrange function and the correlation curve with catalytic substances have also been confirmed by data presented in scientific studies by leading foreign scientists and publications by the authors [5].

The Lagrange function is a functional that expresses the continuous action of forces acting on a building at different values of ***m***, and it theoretically confirmed the results of a practical experiment, presented as a third-degree polynomial with one unknown.

In this study, statistical and analytical methods were used to assess the degree of damage to structures and buildings under the influence of external forces. Gaussian and Laplace distributions were utilized to create the possibility of evaluating the impact of an explosion. The application of the Lagrange interpolation method enabled continuous functional analysis of the explosion's effect. This method provided the opportunity to develop an accurate analytical approach that meets modern requirements. Future research using this methodology will focus on creating models adapted to real-world objects, which aligns with the established goal.

## LITERATURE:

1. Mamatkulov A.A., Kodirov A.R., Makhmudov N.A., Kurbanbaev M.Sh., Tursunov K.M. Mathematical modeling of the strength level and analysis of the probability of damage to building structure elements under the influence of a random explosion. Journal of Mechanics No. 3. Tashkent: 2024, pp. 114-119.
2. Belov N.N., et al. Calculation of reinforced concrete structures under explosive and impact loads. Northampton-Tomsk, 2004 – 465 pages.
3. Belov N.N., Yugov N.T., et al. Strength calculation of steel-concrete columns under explosive and impact loads. Bulletin of TASU “2, 2007. pp. 132-138.


ISSN 3030-3907

4. Mkrtychev O.V. Reliability of multi-element rod systems of engineering structures. PhD dissertation: Moscow State University of Civil Engineering. Moscow: 2000 – 324 pages.
5. Tursunov K.M., Makhmudov N.A., Mamatkulov A.A., Ummatkulov F.M. Statistical analysis of random explosion parameters at various levels of damage to structures and buildings. International multidisciplinary journal for research & development. pp. 19-22.


ISSN 3030-3907

# ETANOL YORDAMIDA UGLEROD NANONAYLARINI KATALITIK KBCH USULIDA SINTEZ QILISH, RAMAN VA SEM TAHLILI

**Muxammadaliyev X.G‘**

***O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, Umumiy va noorganik kimyo instituti, Toshkent shahri, Mirzo Ulug‘bek tumani M.Ulug‘bek ko‘chasi, 77a-uy. 100170 Toshkent shahri, O‘zbekiston.***

**Serobov A.N**

***O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, Umumiy va noorganik kimyo instituti, Toshkent shahri, Mirzo Ulug‘bek tumani M.Ulug‘bek ko‘chasi, 77a-uy. 100170 Toshkent shahri, O‘zbekiston.***

**Yakubov Y.Y**

***O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, Umumiy va noorganik kimyo instituti, Toshkent shahri, Mirzo Ulug‘bek tumani M.Ulug‘bek ko‘chasi, 77a-uy. 100170 Toshkent shahri, O‘zbekiston.***

**Xudoynazarov I.X**

***O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, U.A. Arifov nomidagi ion-plazma va lazer texnologiyalar instituti, Toshkent shahri, Do‘rmon yo‘li ko‘chasi 33, 100125 Toshkent shahri, O‘zbekiston.***

***E-mail: khusanmukhammadaliyev@gamail.com***

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada biz uglerod manbai sifatida etanoldan foydalanib, uglerod nanonaylarini sintez qilish uchun kimyoviy bug‘larni cho‘ktirish (KBCh) qurilmasidan foydalanib sintez jarayonini tasvirlaymiz va Si asosli va NiO tagliklarda o‘stirilgan uglerod nanonaylarining SEM turli o‘lcham tasvirlarini baholaymiz. Uglerod nanonaylari Si asosli va NiO tagliklarda 600-750°C haroratda 120 daqiqa davomida etanol oqimi ta’sirida hosil bo‘lishi kuzatildi. Biz kvars Si asosli, nikel oksidi va nikel plastinkalar kabi tagliklarni o‘rganib chiqdik. Katalizatorlar sifatida tegishli atsetatlarning quritilgan etanol eritmalaridan olingan nikel va temir zarrachalaridan foydalanish samaradorligini baholadik. Namunalarimiz Raman spektroskopiyasi hamda skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yordamida tahlil qilindi.

**Kalit so‘zlar:** Uglerod nanonaylari; KBCh metod; Nanoo‘lchamli materiallarni tayyorlash va tavsiflash; Raman spektroskopiyasi; skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM)

**Аннотация:** В данной статье мы описываем процесс синтеза углеродных нанотрубок с использованием установки химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ), где в качестве источника углерода применяется этанол, и оцениваем СЭМ-изображения различных размеров углеродных нанотрубок, выращенных на кремниевых и оксид-никелевых подложках. Наблюдалось образование углеродных нанотрубок на кремниевых и оксид-никелевых



ISSN 3030-3907

подложках при температуре 600-750°C в течение 120 минут под воздействием потока этанола. Мы изучили подложки из кварцевого стекла на основе кремния, оксида никеля и никелевых пластин. Была оценена эффективность использования в качестве катализаторов частиц никеля и железа, полученных из высушенных этанольных растворов соответствующих ацетатов. Наши образцы были проанализированы с помощью рамановской спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

**Ключевые слова:** Углеродные нанотрубки; Метод CVD; Получение и характеризация наноразмерных материалов; Рамановская спектроскопия; сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

**Abstract:** In this article, we describe the synthesis process using a chemical vapor deposition (CVD) device to synthesize carbon nanotubes using ethanol as a carbon source and evaluate SEM images of various sizes of carbon nanotubes grown on Si-based and NiO substrates. It was observed that carbon nanotubes form on Si-based and NiO substrates under the influence of ethanol flow at temperatures of 600-750°C for 120 minutes. We investigated substrates such as quartz-based Si, nickel oxide, and nickel plates. We assessed the effectiveness of using nickel and iron particles obtained from dried ethanol solutions of the corresponding acetates as catalysts. Our samples were analyzed using Raman spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM).

**Keywords:** Carbon nanotubes; CVD method; Preparation and characterization of nanoscale materials; Raman spectroscopy; Scanning electron microscopy (SEM)

**Kirish**

S. Iijima tomonidan 1991-yilda kashf etilganidan beri uglerod nanonaylari (UNN) o‘zining noyob elektr va mexanik xususiyatlari hamda qo‘llanish imkoniyatlari tufayli keng e’tiborni jalb etib kelmoqda. Uglerod nanonaylari (UNN) bir yoki bir nechta o‘ralgan grafen varaqlaridan tashkil topgan noyob nanostrukturali materiallardir [1]. Alohida ajratilgan UNNlar nanoo‘lchamli qurilmalarni yaratishda asosiy elementlarga aylanishi kutilmoqda [2,3]. Yillar davomida UNN ishlab chiqarishning uchta an’anaviy usuli ishlab chiqildi: lazer ablyatsiyasi [4], yoy razryadi [5] va kimyoviy bug‘larni cho‘ktirish [6] texnikasi. Bular orasida so‘nggi ikkitasi arzon va qo‘llash oson hisoblanadi. Nanoelektron qurilmalarni ishlab chiqarish alohida yoki o‘z-o‘zidan yig‘ilgan nanonaylarni ma’lum nuqtalarda nanometrik aniqlik bilan [3] joylashtirish talab etiladi. Izolyatsiyalangan nanonaylarni yakka-yakka boshqarish orqali buni amalga oshirish deyarli imkonsiz. Eng amaliy yondashuv nanonaylarni ma’lum bir qurilma tuzilmasida belgilangan joylarda sintez qilish va o‘stirishdir. KBCh yuqori tozalikdagi alohida yoki o‘z-o‘zidan yig‘ilgan UNN to‘plamlarini sintez qilish uchun ajoyib usuldir. Tarkibida turli xil uglerod bo‘lgan molekulalar harorat va



ISSN 3030-3907

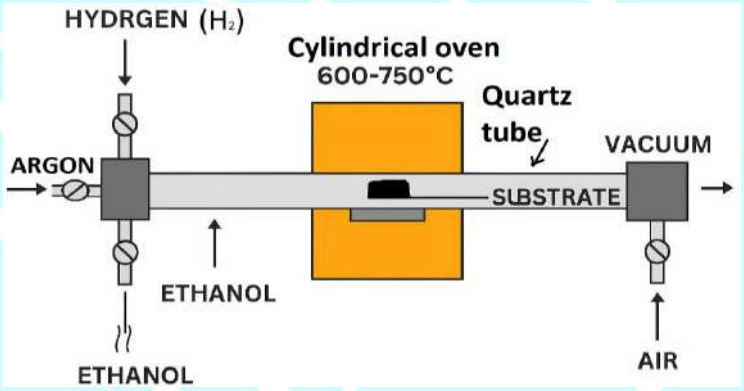
tegishli metall katalizatorning (qo‘llab-quvvatlovchi) birgalikdagi ta’sirida parchalanib, nanonaylar hosil qilish uchun o‘zlarining uglerod atomlarini berishi mumkin. Maruyama, G.Ortega-Sarvents, G.Rueda-Morales. Ortiz-Lopes va boshqalar [7,8,9] yuqori tozalikdagi yakka nanonaylarni sintez qilish uchun oddiy usul haqida xabar berishdi.

Ni/Fe katalizatorlari yordamida KBCh texnologiyasidan foydalanib, spirtdan tayyorlangan bir devorli uglerod nanonaylari (BDUNN). Bu texnologiya yuqori tozalikdagi BDUNNlarni hosil qiladi, chunki parchalangan OH radikallarining uglerod atomlariga ta’siri amorf uglerod, metall zarrachalari va ko‘p devorli nanotrubkalarni samarali yo‘q qilishda juda foydali. Ushbu tadqiqotda biz Maruyama, G.Ortega-Sarvents, G.Rueda-Morales. Ortiz-Lopes va hamkasblariga [7,8,9] o‘xshash jarayon bilan, lekin boshqa turdagi qo‘llab-quvvatlovchi substratlar va katalizatorlardan foydalanib nanonaylar ishlab chiqarilganligi haqida ma’lumot beramiz.

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Biz 1-rasmda sxematik tarzda ko‘rsatilgan KBCh qurilmasini keltirdik. Qurilma ikkala uchida vakuum tizimi hamda gazlar va etanol bug‘ini kiritish uchun ulagichlar bilan ta’minlangan (30 mm ichki diametrli) kvars naychadan iborat. Sinab ko‘rilgan substratlar quyidagilar edi: o‘tkazuvchan shisha (Si asosli shisha ustidagi qatlamlari), kvars plastinkalar, nikel oksidi plastinkalar. O‘tkazuvchan shisha, kvars va nikel oksidi uchun katalizator 3:2 atom nisbatidagi Ni:Fe tarkibli Ni va Fe atsetatlarining etanoldagi eritmasidan tayyorlandi. Katalitik eritma ushbu substratlarga tomchilatib va quritish orqali qo‘llanildi. UNNlarning o‘stirilishi jarayoni substratlarni kvars naycha ichiga kiritish bilan boshlanadi, so‘ngra vakuumlash (100 mtorr) va keyinchalik pech harorati taxminan 600-750°C ga ko‘tarilguncha argon gazi oqimi amalga oshiriladi. Pech bu haroratga yetganda, argon oqimi to‘xtatiladi va vakuum yana ulanadi va vakuum nasos ishlayotganda etanol bug‘i klapani ochiladi. Nikel oksidi plastinkalar holatida, etanol klapinini ochishdan oldin vodorod gazi 5-10 daqiqa davomida oqizildi. Pech harorati va etanol ta’sir qilish vaqti bir devorli uglerod nanonaylarning o‘sishi uchun juda muhim omillardir. Agar harorat 600-750 ℃ dan past bo‘lsa, 30 daqiqalik ta’sir vaqtidan so‘ng bir devorli uglerod nanonaylar hosil bo‘lmaydi. Boshqa tomondan, agar ta’sir vaqti qisqa bo‘lsa, harorat yetarlicha yuqori bo‘lsa ham, hech qanday bir devorli uglerod nanonaylar o‘smaydi. Ushbu jarayonlar bajarilgandan so‘ng, g‘ovakli nikel oksidi tagliklar to‘q qora rangga kiradi, qolganlari esa to‘qroq yoki kulrang tusga kiradi.


ISSN 3030-3907

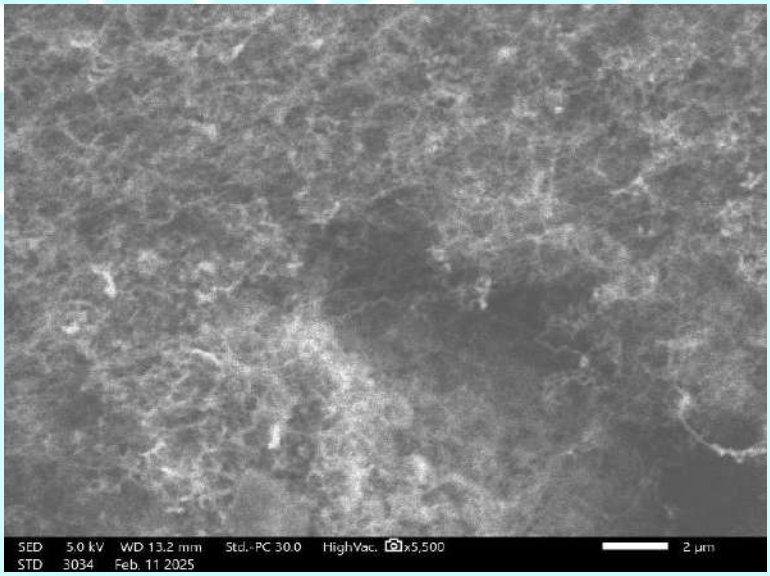



**1-rasmda. Etanoldan KBCh usulida UNNlar sintez sxemasi**

Skanerlash elektron mikroskop tasvirlari 5 kV kuchlanishda ishlaydigan JSM-IT210LA qurilmasida olindi. Raman spektrlari xona haroratida KBCh usulida sintez qilingan namunalar Raman spektroskopiyasi yordamida Renishaw kompaniyasi ishlab chiqargan asbob asosida tahlil qilindi. O‘lchovlar 532 nm to‘lqin uzunligidagi va 0,1 kVt quvvatdagi lazer nuri yordamida amalga oshirildi.

**NATIJALAR VA MUHOKAMA**

2-rasmda pech harorati 600-750°C va etanol ta’sir qilish vaqti $t_E$ = 120 daqiqa bo‘lgan o‘tkazuvchan Si asosli taglik ustida o‘stirilgan namunaning tipik skanerlovchi elektron mikroskopiyasi (SEM) ko‘rsatilgan. Nisbatan yirik (w ≈ 2 μm) katalitik zarrachalarga asoslangan, diametri 7-30 nm oralig‘ida va uzunligi bir necha mikrometr bo‘lgan nanonaylarning tartibsiz to‘plami o‘sgan.



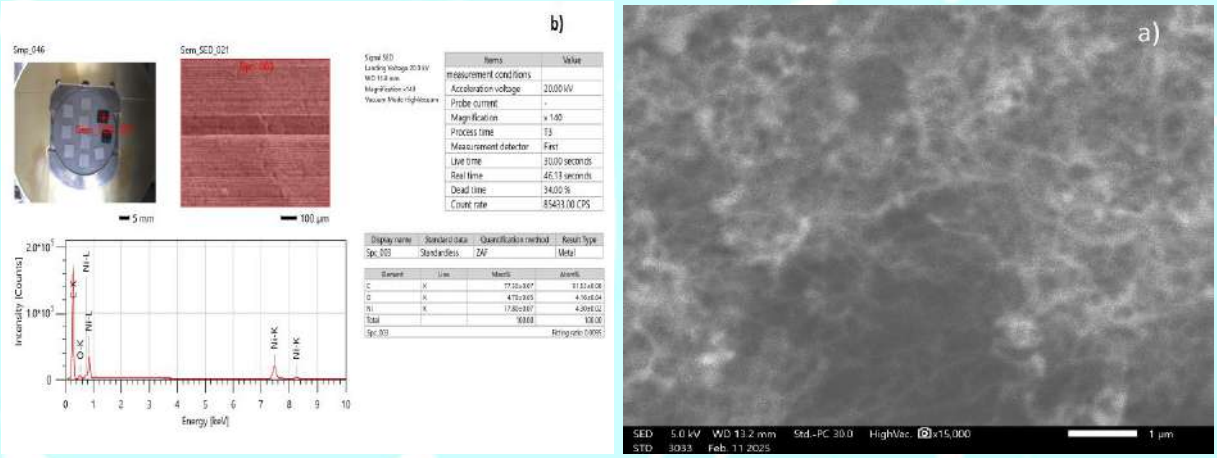

**2-rasm. O‘tkazuvchan Si asosli kvarsda o‘stirilgan namunaning SEM tasviri.**

Bu uglerod nanonaylar (UNN) xar-hil diametrga ega bo‘lganligi sababli ko‘p devorli nanonaylar (KDUNN) va bir devorli uglerod nanonaylari (BDUNN) aralashmasi ekanligi aniqlandi. Ushbu tagliklarning katalitik zarrachalar o‘lchamini kamaytirish kichikroq diametrli bir devorli nanonalarni sof holatda hosil qilishi kerak.

3a-rasmda 600-750°C va $t_E$ = 40 daqiqa bo‘lgan sharoitda zol-gel usulia tayorlangan nikel , nikel oksidi plastinkasida o‘stirilgan namunaning tipik SEM


ISSN 3030-3907

tasvirini va EDS tasviri ham taqdim etamiz. Ushbu namunada nikel sirtining strukturaviy nuqsonlariga asoslangan egri-bugri nanonaylar to‘plamlari 4,5-30 nm oralig‘idagi diametrlarni ko‘rsatadi. EDS tahlili (3b-rasm) namunada uchta asosiy element: C, O va Ni mavjudligini ko‘rsatdi.




**3-rasm. a) Nikel oksidi plastinkasida o‘stirilgan namunaning SEM va b) EDS tasviri**

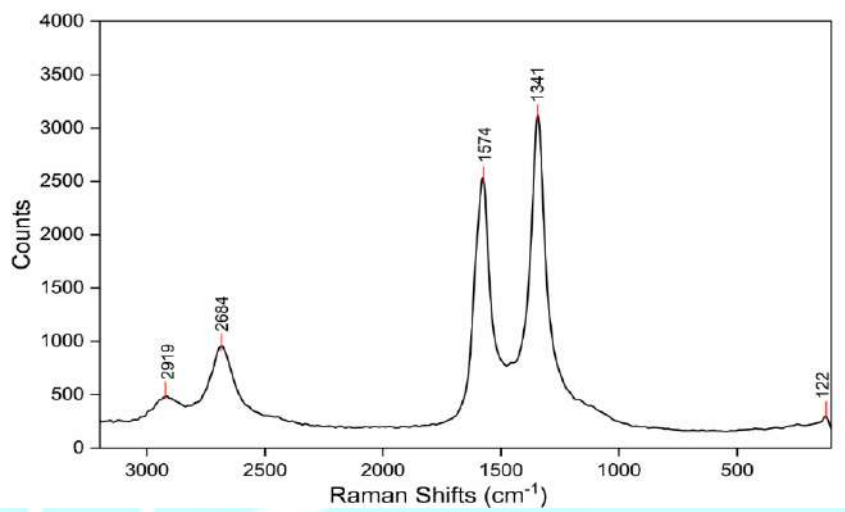
Massaviy tarkib bo‘yicha eng katta ulush uglerod (77.5%)ga to‘g‘ri kelib, bu etanol bug‘idan KBCh jarayonida hosil bo‘lgan uglerod nanonaylarining mavjudligini tasdiqlaydi. Kislorod miqdori (4.7%) asosan zol–gel usulida tayyorlangan NiO tagligi hamda sintezdan keyin yuzada saqlanib qolgan oksidlanish mahsulotlari bilan bog‘liq. Nikel (17.8%) esa katalizator zarrachalarini va taglik materialini ifodalaydi. Natijalar ko‘rsatadiki, NiO asosidagi zol–gel taglikda Ni zarrachalari katalizator sifatida faol bo‘lib, bir devorli uglerod nanonaylar o‘sishi uchun nukleatsiya markazlarini shakllantirgan. Uglerodning yuqori ulushi KBCh jarayonida etanol molekulalarining katalitik parchalanishi hisobiga hosil bo‘lganini ko‘rsatadi. Shuningdek, bu natijalar boshqa tadqiqotlarda ham qayd etilgan. Masalan, Maruyama va hammualliflar tomonidan etanol manbali KBCh usulida bir devorli uglerod nanonaylar sintezida EDS tahlilida uglerod asosiy element sifatida qayd etilgan [10]. Kukovecz va boshqalar esa Ni katalizatorli KBCh jarayonida uglerod (≈70–80 mass%) va kislorodning past miqdori taglikdagi oksid tabiatini ko‘rsatishini aniqlagan [11]. Shuningdek, Zhou va boshqalar NiO asosida tayyorlangan tagliklarda katalizator zarrachalarining bir xil tarqalishi uglerod nanonaylarning morfologiyasi va tozaligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ta’kidlagan [12]. Yaqinda chop etilgan ishda Li va boshqalar ham EDS natijalari asosida uglerodning yuqori konsentratsiyasi bir devorli uglerodli nanonaylarning hosil bo‘lishini tasdiqlaganini qayd etgan [13]

**RAMAN SPEKTRLARINI TAXLILI.**

Raman spektroskopiyasi RBM, G va D deb ataluvchi uchta spektral sohadagi javobni kuzatish orqali uglerod nanonaylarni (UNN) xarakterlash imkonini beradi. Bu sohalar tegishli tebranish modalarining qo‘zg‘alishiga mos keladi [14,15]. RBM


ISSN 3030-3907

(kengayish–torayish) diapazoni (120–250 $sm^{-1}$) bir devorli nanonaylar (BDUNN) diametrini aniqlash uchun asosiy diagnostik vosita bo‘lib xizmat qiladi [16]. So‘nggi yillarda bu usul turli muhitlarda BDUNNlarning diametr taqsimlanishi va rezonans effektlarini o‘rganishda keng qo‘llanmoqda [17,18]. G-cho‘qqi (tangensial tebranish) spektri uglerod nanoylarning grafitik tuzilishi, kristallik darajasi va elektron xossalari haqida muhim ma’lumot beradi [19]. Shu bilan birga, D-cho‘qqi (nuqsonlarga sezgir zona) nanonaylar yuzasidagi defektlar, oksidlanish darajasi va funksional guruhlar mavjudligini aniqlashda qo‘llanadi [20]. O‘tkazuvchan shisha ustiga joylashtirilgan namunalarda Raman spektrining G cho‘qqisida turli intensivlikdagi cho‘qqilar kuzatiladi, ammo ular ko‘pincha o‘lchovda noaniqliklar yoki substrat ta’siri bilan bog‘liq bo‘ladi [21].




**4-rasm.Etanoldan olingan uglerod nanonaylarining Raman spektiri tasviri.**

4-rasmda berilgan Raman spektri KBCh usuli yordamida etanoldan sintez qilingan uglerod nanonaylar uchun olingan. Spektrda xos cho‘qqilar kuzatilgan bo‘lib, ular nanonaychaning kristall tuzilishi va nuqsonlar darajasi haqida muhim ma’lumot beradi. D cho‘qqisi 1341 $cm^{-1}$ chastotada namoyon bo‘lib, turli nuqsonlar, dislokatsiyalar va $sp^2$ gibridlangan uglerod atomlarining tartibsizligi bilan bog‘liq. Ushbu cho‘qqining mavjudligi nanonaychaning kristall tuzilishida nuqsonlar borligini ko‘rsatadi [22]. G cho‘qqisi 1574 $cm^{-1}$ chastotada bo‘lib, grafitsimon tuzilishga mos keluvchi xos pik hisoblanadi. U $sp^2$ gibridlangan uglerod atomlarining chiziqli tebranishlarini bildiradi. G-cho‘qqining yuqori intensivligi nanonaylarning grafitlashganligini anglatadi [23]. Nuqsonlar darajasini baholash uchun D va G cho‘qqilarining intensivlik nisbati ($I_D/I_G$) qo‘llaniladi. Spektrda D-cho‘qqining (1341 $cm^{-1}$) G-cho‘qqiga (1574 $cm^{-1}$) nisbatan yuqori intensivligi, KBCh orqali olingan nanonaylarda ma’lum darajada nuqsonlar mavjudligini bildiradi. Shu bilan birga, etanoldan foydalanilganda ko‘pincha nuqsonlar kamroq bo‘lishi adabiyotlarda qayd etilgan [24]. 2684 $cm^{-1}$ chastotadagi cho‘qqi ikkilamchi D′ cho‘qqisi bo‘lib, nanonaychaning grafitsimonligi va qatlamlararo o‘zaro ta’sirlar haqida ma’lumot beradi. Bu cho‘qqi nanonaychaning


ISSN 3030-3907

siqilishi tufayli chastotaning siljishiga ham sabab bo‘lishi mumkin. Cho‘qqining mavjudligi va shakli uglerod nanonaylarning yuqori darajada grafitlashganligini ko‘rsatadi [25]. 2919 $cm^{-1}$ chastotadagi tebranish sohasidagi cho‘qqi esa organik moddalardan qolgan uglevodorod ifloslanishini bildirishi mumkin. Etanol asosidagi KBCh sintezidan keyin bunday cho‘qqining kuzatilishi tabiiy bo‘lib, qo‘shimcha qayta ishlov berish orqali kamaytirilishi mumkin [26]. Past chastotali 122 $cm^{-1}$ cho‘qqi uglerod nanonaylarning radial tebranish rejimi (RBM) bilan bog‘liq bo‘lib, u nanonaychaning diametri haqida ma’lumot beradi. Adabiyotlarga ko‘ra, RBM cho‘qqilari 100–300 $cm^{-1}$ oralig‘ida kuzatiladi va ularning chastotasi nanonaychaning diametriga teskari proportsional hisoblanadi [27].

**XULOSALAR:**

Biz katalizator sifatida Nikel va temir atsetatlaridan hamda uglerod manbai sifatida etanol bug‘idan foydalangan holda Si asosli va Ni oksidi tagliklaridan foydalanib UNN larni sintez qilish uchun kimyoviy bug‘larni cho‘ktirish (KBCh) qurilmasini optimal sharoitlarini tadqiq qildik va uglerod nanonaylarini sintez qildik. Namunalar analizi skanerlash elektron mikroskopiyasi va Raman spektroskopiyasi yordamida amalga oshirildi va tahlil qilindi. Tadqiqotlarimiz shuni ko‘rsatdiki, substrat harorati va etanol ta’sir qilish vaqti UNN o‘sishi uchun juda muhim parametrlardir. Nikel va temir metall katalizator zarrachalarining o‘lchami nazorat qilinadi, o‘stirilgan UNNlarning diametri, o‘tkazuvchan shisha, nikel oksidi plastinkalar substratlarida UNNlarning muvaffaqiyatli o‘sishiga erishildi. O‘tkazuvchan shishada o‘stirilgan UNNlar 7-30 nm oralig‘idagi katta diametrli ko‘p devorli nanonaylardir; nikel oksidi plastinkalarda o‘stirilganlari 4.5-30 nm diametrli egilgan bir devorli nanonaylardir.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI**

1. Hughes, K. J., et al. Review of Carbon Nanotube Research and Development: Materials, Synthesis, and Emerging Applications. ACS Applied Nano Materials 7 (2024) 10921–10947. DOI: 10.1021/acsanm.4c02721

2. Dipta, I. K., et al. A Concise Review of Recent Advancements in Carbon Nanotubes. Micromachines 16 (2024) 53. DOI: 10.3390/mi16010053

3. Yahyazadeh, A., et al. Carbon Nanotubes: A Review of Synthesis Methods and Applications. Carbon 5 (2024) 15. DOI: 10.3390/carbon5010005

4. Everhart, B. M., et al. Promoting Effect of Ruthenium on Fe-Catalyzed Growth of Small-Diameter SWCNTs. ACS Omega 9 (2024) 11250–11259. DOI: 10.1021/acsomega.3c09326

5. Shekhar, S., et al. Influence of Ni on Carbon Nanotube Production with Fe-Based Catalysts. Chemical Communications 61 (2025) 2789–2796. DOI: 10.1039/D5CC00045A



ISSN 3030-3907

6. Shiina, S., et al. Synthesis of Ultrahigh-Purity (6,5) Carbon Nanotubes Using a Trimetallic Catalyst. ACS Nano 18 (2024) 765–778. DOI: 10.1021/acsnano.4c01475
7. Yang, S. Y., et al. Unveiling the Role of Metal–Support Interactions in Ni-Based Catalysts for CNT Growth. Applied Catalysis A: General 671 (2025) 119624. DOI: 10.1016/j.apcata.2024.119624
8. Ortega-Sarvents, G., Rueda-Morales, G., Ortiz-Lopes, L. A., et al. Ethanol Chemical Vapor Deposition of SWCNTs Using Ni/Fe Catalysts: Effect of Substrate Support. Journal of Nanomaterials (2023) 1–12. DOI: 10.1155/2023/8856123
9. Ortega-Servantez, G., G. Rueda-Morales va J. Ortiz-Lopes. "Etanol yordamida uglerod nanotubalarini katalitik CVD ishlab chiqarish." Mikroelektronika jurnali 36.3-6 (2005): 495-498.A. Jorio, M.A. Pimenta, A.G. Souza Filho, R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, Yangi J. Fiz. 5 (2003) 139.
10. Maruyama, S., et al. (2002). "Growth process of single-walled carbon nanotubes with a small amount of CO." *Chemical Physics Letters*, 360(3–4), 229–234.
11. Kukovecz, Á., et al. (2005). "Characterization of carbon nanotube powders by EDS, TEM and Raman spectroscopy." *Carbon*, 43(5), 994–1000.
12. Zhou, W., et al. (2019). "NiO catalyst support for the controlled growth of carbon nanotubes by CVD." *Applied Surface Science*, 478, 951–958.
13. Li, H., et al. (2021). "Controlled synthesis of SWCNTs by ethanol-CVD over Ni-based catalysts." *Journal of Materials Science*, 56, 10923–10935.
14. Jorio, A., Dresselhaus, G., & Dresselhaus, M. S. (2003). Carbon Nanotubes: Advanced Topics in the Synthesis, Structure, Properties and Applications. Springer.
15. Dresselhaus, M. S., et al. (2017). Perspectives on carbon nanotubes Raman spectroscopy. Carbon, 123, 737–750.
16. Popov, V. N. (2016). Curvature effects on phonons in carbon nanotubes: Raman signatures. Physical Review B, 94(8), 085426.
17. Rao, A. M., & Voggu, R. (2018). Resonant Raman scattering from carbon nanotubes. Progress in Materials Science, 95, 42–85.
18. Chen, J., Zhang, Z., & Zhang, Y. (2019). Advances in Raman characterization of carbon nanotubes for composites. Composites Science and Technology, 179, 57–72.
19. Ferrari, A. C., & Basko, D. M. (2020). Raman spectroscopy as a versatile tool for studying graphene and carbon nanotubes. Nature Nanotechnology, 15, 870–880.


ISSN 3030-3907

20. Li, X., & Liu, Z. (2021). Raman spectroscopy for defect and doping analysis in carbon nanotubes. Advanced Functional Materials, 31(12), 2008042.
21. Qian, H., et al. (2023). Substrate influence on Raman spectra of single-walled carbon nanotubes. Nano Research, 16, 1225–1238.
22. Dresselhaus M. S., Dresselhaus G., Avouris Ph. Carbon Nanotubes: Synthesis, Structure, Properties, and Applications. Springer, 2001.
23. Ferrari A. C., Robertson J. Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon. Physical Review B, 2000, 61(20): 14095–14107.
24. Maruyama T., Miyauchi Y., Chiashi S., Murakami Y. Single-walled carbon nanotube synthesis using Pt catalysts under low ethanol pressure via cold-wall chemical vapor deposition in high vacuum. Carbon, 2016, 96: 6–13.
25. Jorio A., Saito R., Dresselhaus G., Dresselhaus M. S. Characterizing carbon nanotube samples with resonance Raman scattering. New Journal of Physics, 2003, 5(1): 139.
26. Kesavan Pillai, S., & Ray, S. S. (2011). *Epoxy-based carbon nanotubes reinforced composites*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/17062
27. Rao, A. M., Richter, E., Bandow, S., Chase, B., Eklund, P. C., Williams, K. A., & Dresselhaus, M. S. (1997). "Diameter-selective Raman scattering from vibrational modes in carbon nanotubes." *Science*, 275(5297), 187–191. https://doi.org/10.1126/science.275.5297.187


ISSN 3030-3907

# KATTA MA’LUMOTLAR VA MASHINALI O‘RGANISH: IQTISODIY TAHLILNING YANGI PARADIGMASI

**Norqobilova Feruza Abduhomidovna**
*Qarshi davlat texnika universiteti, Biznes va boshqaruv kafedrasi mudiri, i.f.f.d., dotsent. Qarshi, O‘zbekiston.*
*E-mail: feruzanorqobilova9111@mail.com*
**Xoliyorova Hilola Komil qizi**
*Qarshi davlat texnika universiteti, Axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi. Qarshi, O‘zbekiston.*
*E-mail: xoliyorovah@gmail.com*

**Annotatsiya**. Ushbu maqolada katta hajmdagi ma’lumotlar (Big Data) iqtisodiy tahlilda qanday ahamiyat kasb etishi, ularni qayta ishlashda mashinali o‘rganish texnologiyalari va ekonometrik modellarning o‘zaro sinergetik aloqadorligi tahlil qilinadi. Tadqiqotda iqtisodiy prognozlash, risklarni baholash hamda investitsion qarorlarni qabul qilishda katta ma’lumotlar va sun’iy intellekt algoritmlarining samaradorligi isbotlangan.

**Kalit so‘zlar:** katta ma’lumotlar, mashinali o‘rganish, ekonometrika, raqamli iqtisodiyot, prognozlash, iqtisodiy tahlil, sun’iy intellekt.

**Аннотация**. В статье рассматривается значение больших данных (Big Data) в экономическом анализе, а также синергия между технологиями машинного обучения и эконометрическими моделями при обработке данных. Доказана эффективность применения алгоритмов искусственного интеллекта в прогнозировании, оценке рисков и принятии инвестиционных решений.

**Ключевые слова:** большие данные, машинное обучение, эконометрика, цифровая экономика, прогнозирование, экономический анализ, искусственный интеллект.

**Abstract**. This paper examines the importance of Big Data in economic analysis and explores the synergy between machine learning technologies and econometric models in data processing. The study demonstrates the effectiveness of artificial intelligence algorithms in forecasting, risk assessment, and investment decision-making.

**Keywords:** big data, machine learning, econometrics, digital economy, forecasting, economic analysis, artificial intelligence.

**Kirish.**

Katta ma’lumotlar (Big Data) bu katta hajmli, yuqori chastotali va ko‘pincha shaxsiylashtirilgan axborotlarni o‘z ichiga olgan murakkab ma’lumotlar to‘plamidir. Ular turli manbalardan, jumladan, aqlli uy sensorlari yoki ijtimoiy tarmoqlardagi (masalan, Twitter) foydalanuvchi faoliyatidan olingan ma’lumotlardan shakllanadi. Kichik ma’lumotlar to‘plamlarini tahlil qilishda


ISSN 3030-3907

an’anaviy ekonometrik usullar samaraliroq bo‘lsa, katta ma’lumotlar sharoitida mashinali o‘rganish (machine learning) yondashuvlari yuqori natijadorlikni ta’minlaydi. Shuning uchun iqtisodiy tahlilda katta ma’lumotlardan to‘liq foydalanish uchun yangi analitik yondashuvlar zarur bo‘lmoqda.

**ADABIYOTLAR TAHLILI.** “Big Data” atamasi 2010-yillar boshida keng qo‘llanila boshlandi. Bu davrda axborot, ayniqsa ijtimoiy tarmoqlar orqali, eksponensial tezlikda ko‘payib borayotgani anglanildi. Muhandislar va kompyuter olimlari ma’lumotlarning ahamiyati nafaqat hajmda, balki ularning turlari, tuzilmasi va yangilanish tezligida ham namoyon bo‘lishini ta’kidlashdi. Bugungi kunda hatto kichik korxonalar ham o‘z faoliyati davomida katta hajmdagi ma’lumotlarni yig‘ib, qayd etishmoqda. Ushbu ma’lumotlar ekotizimi telefonlar, Wi-Fi qurilmalari, avtomobillar va sun’iy yo‘ldoshlar orqali shakllanib, global raqamli tarmoqning ajralmas qismiga aylandi.

Shu orqali ilgari tizimlashtirilmagan axborotlar masalan, matnlar [1] yoki sun’iy yo‘ldosh tasvirlari [2] yangi ma’lumotlar bazalariga aylantirildi. Bu esa iqtisodiy tadqiqotlarda yangi yo‘nalishlarning shakllanishiga zamin yaratdi. Endilikda iqtisodchilar uzoq muddatli prognozlashdan real vaqt rejimidagi holat tahliliga o‘tmoqdalar. Masalan, ishsizlikdagi o‘zgarishlarni real vaqt rejimida Google qidiruvlari [3] orqali, yoki mahalliy biznes tendensiyalarini Yelp ma’lumotlari [4] asosida bashorat qilish mumkin.

**TADQIQOT METODOLOGIYASI. Katta ma’lumotlarning afzalliklari**

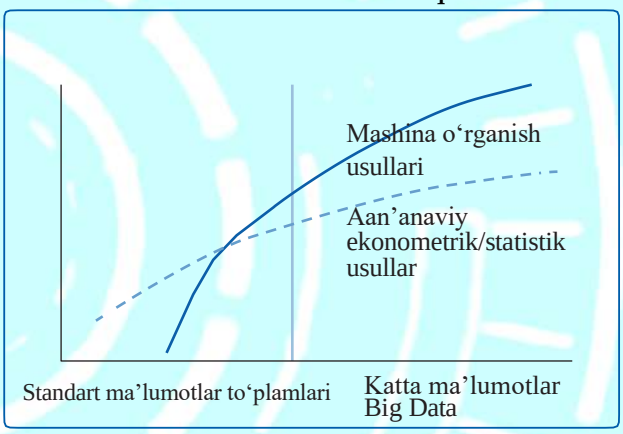
1. Zamonaviy texnologiyalar katta hajmli, tez o‘zgaruvchan, xilma-xil va ko‘p o‘lchovli ma’lumotlarni o‘zaro integratsiya qilish imkonini beradi.
2. Mashinali o‘rganish orqali yaratilgan ilg‘or tahliliy vositalar zamonaviy ekonometrik usullar majmuasining ajralmas qismiga aylanmoqda.
3. Katta ma’lumotlar iqtisodiy jarayonlarni aniqroq bashorat qilish va sabab-oqibat munosabatlarini yanada chuqurroq tahlil qilish imkonini beradi.
4. Mashinali o‘rganish usullari tadqiqotchilarga juda katta va murakkab ma’lumotlar asosida soddalashtirilgan, ammo informatsion jihatdan boy modellarni yaratish imkonini beradi.
5. Ushbu usullar namunadan tashqari (out-of-sample) bashoratlarni ham yuqori aniqlik bilan amalga oshirish imkonini ta’minlaydi.

**Katta ma’lumotlarning kamchiliklari**

1. Katta ma’lumotlarga asoslangan tahlillar shaxsiy maxfiylikni buzish xavfini tug‘dirishi mumkin.
2. Mashinali o‘rganish usullari hisoblash jihatidan murakkab bo‘lib, optimal natija uchun yuqori darajadagi texnik sozlash (fine-tuning) talab qiladi.
3. Ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash va tahlil qilish jarayonlari katta moliyaviy va texnologik resurslarni talab etadi.


ISSN 3030-3907

4. Ma’lumotlarning manbasi va yig‘ilish usuli tahlil natijalarida tanlov xatoligiga olib kelishi mumkin.
5. Ba’zan tadqiqotchilarning ma’lumotlarga erkin kirish imkoniyati cheklangan bo‘lib, bu kompaniyalar bilan hamkorlikni talab qiladi.




**1-rasm. Katta hajmli ma’lumotlarni tahlil qilishda mashinali o‘rganish usullarini qo‘llash**

**MUHOKAMA VA NATIJALAR.** So‘nggi yillarda mashinali o‘rganish usullari tez sur’atlarda rivojlanib, ilgari inson tafakkuriga xos deb hisoblangan vazifalarni ham bajarish darajasiga yetdi. Chuqur neyron tarmoqlar (deep neural networks) matn tahlili, tasvirni aniqlash, hatto strategik o‘yinlarda ham inson darajasidan yuqori natijalarga erishmoqda[4-9].

Iqtisodiy tadqiqotlarda kichik ma’lumotlar uchun an’anaviy ekonometrik modellar yetarli bo‘lsada, katta ma’lumotlar bilan ishlashda mashinali o‘rganishning ilg‘or yondashuvlari sezilarli ustunlikni beradi. Bu esa iqtisodiy bashorat va sabab-oqibat tahlilida aniqlik va samaradorlikni oshiradi.

Mashinali o‘rganish ikki asosiy yo‘nalishga bo‘linadi: **nazoratli o‘rganish** (supervised learning) va **nazoratsiz o‘rganish** (unsupervised learning). Nazoratli o‘rganishda maqsad funksional bog‘liqlikni o‘rganish orqali ma’lumotlar orasidagi sababiy munosabatlarni aniqlashdir. Bu yondashuv iqtisodiy regressiya modellari bilan o‘xshashlikka ega.

Nazoratsiz o‘rganishda esa ma’lumotlarda yashirin tuzilmalar va qonuniyatlarni aniqlashga e’tibor qaratiladi, masalan, klasterlash yoki o‘lchamni kamaytirish jarayonlarida.

Katta o‘lchamli ma’lumotlar tahlilida o‘zgaruvchilar sonining ko‘pligi muammosini hal etish uchun regulyarizatsiya usullari qo‘llaniladi. Ulardan eng mashhuri **LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)** bo‘lib, u regressiya koeffitsientlarini “jarima” (penalty) orqali siyraklashtiradi. Bu usul modelning aniqligini saqlagan holda, uni soddalashtiradi va talqin qilishni yengillashtiradi. Kross-validatsiya yordamida optimal regulyarizatsiya parametri tanlanadi.


ISSN 3030-3907

Katta ma’lumotlar yordamida klasterlash (clustering) usullari iqtisodiy modellashtirishda ham keng qo‘llanilmoqda. Masalan, oziq-ovqat iste’moli ma’lumotlarida mahsulotlarni ularning oziqaviy xususiyatlariga qarab guruhlash orqali narx elastikligi va soliqqa javob reaksiyalarini aniq baholash mumkin. Bu yondashuv iqtisodiy siyosat qarorlarini yanada ilmiy asoslash imkonini beradi.

**XULOSA VA TAKLIFLAR.** Katta ma’lumotlar iqtisodiy tahlil va siyosiy qarorlar qabul qilishda yangi imkoniyatlar yaratmoqda, biroq uning samarali qo‘llanilishi uchun mavjud cheklov va xavflarni chuqur anglash zarur. Maxfiylikni ta’minlash, tanlov tarafkashligini kamaytirish hamda xususiy kompaniyalar tomonidan ma’lumotlarga egalik va ularni nazorat qilish masalalari eng dolzarb muammolar sifatida qolmoqda. Ushbu muammolarni hal etishda iqtisodchilar, kompyuter olimlari va ma’lumotlar tahlilchilari o‘rtasida o‘zaro hamkorlikni kuchaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuningdek, iqtisodchilar uchun mashinali o‘rganish usullarini chuqur nazariy va amaliy jihatdan o‘zlashtirish, Python yoki R kabi dasturlash tillarida tajriba orttirish muhimdir. Katta ma’lumotlar bilan ishlash ko‘nikmalari kelajakda iqtisodiy tadqiqotlarning ajralmas qismi bo‘lib, bu yo‘nalishdagi bilimlar magistratura dasturlariga kiritilishi lozim. Siyosiy va ilmiy tashkilotlar esa ushbu yo‘nalish bo‘yicha maxsus o‘quv kurslarini joriy etish orqali raqamli iqtisodiyot sharoitida malakali mutaxassislar tayyorlashni ta’minlashlari kerak.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Harding, M. “Good data public policies.” In: The Future of Data-Driven Innovation. Washington, DC: US Chamber of Commerce, 2014; pp. 43–53.
2. Gentzkow, M., B. T. Kelly, and M. Taddy. Text as Data. NBER Working Paper No. 23276, March 2017.
3. Engstrom, R., J. Hersh, and D. Newhouse. Poverty from Space: Using High-Resolution Satellite Imagery for Estimating Economic Well-Being. World Bank Group Policy Research Working Paper No. 8284, December 2017.
4. D’Amuri, F., and J. Marcucci. The Predictive Power of Google Searches in Forecasting Unemployment. Bank of Italy Economic Working Papers No. 891, November 2012.
5. Glaeser, E. L., H. Kim, and M. Luca. Nowcasting the Local Economy: Using Yelp Data to Measure Economic Activity. NBER Working Paper No. 24010, November 2017.
6. Athey, S., and G. W. Imbens. “The state of applied econometrics: Causality and policy evaluation.” Journal of Economic Perspectives 31:2 (2017): 3–32.
7. Tibshirani, R. “Regression shrinkage and selection via the LASSO.” Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological) 58:1 (1996): 267–288.
8. Baxter, M., and J. Hersh. Robust Determinants of Bilateral Trade. Society for


ISSN 3030-3907

Economic Dynamics Meeting Paper No. 591, 2017.

9. Harding, M., and M. Lovenheim. “The effect of prices on nutrition: Comparing the impact of product- and nutrient-specific taxes.” Journal of Health Economics 53 (2017): 53–71.



ISSN 3030-3907

# ANDIJON SHAXRIGA KIRIB KELUVCHI JAMOAT TRANSPORT YO‘NALISHLARI TARMOG‘INI TARTIBGA SOLISH

**S.A.Shodmonov**

***Andijon davlat texnika institute, Transport logistikasi kafedrasi katta o‘qituvchisi***

***Tel:+99899-321-79-89 )***

**Annotatsiya.** Jamoat transportini moliyalashtirishning amaldagi tizimi harakat tarkibini tizimli ravishda yangilab borish va sohaga xususiy investitsiyalarni keng jalb qilish imkonini yaratish aholining yuqori sifatli va qulay yo‘lovchi tashish xizmatlariga bo‘lgan ehtiyojlarini to‘liq qondirish, sohada bozor tamoyillarini joriy etish, xususan moliyalashtirish tizimi va tarif siyosatini takomillashtirish orqali xususiy sektor uchun jozibali biznes muhitini yaratish maqsadida mo‘ljallangan yo‘nalish tarmog‘i.

**Kalit so‘zlar:** shaxar, avtobus, yo‘l, passajir, yo‘nalish, interval, oqim, tahlil, transport, ko‘cha, oraliq, vaqt marshrut, kuzatuv. Integratsiya.

**Аннотация.** Действующая система финансирования общественного транспорта позволит планомерно обновлять структуру перевозок и создавать возможности для привлечения частных инвестиций в отрасль, полностью удовлетворять потребности населения в качественных и удобных услугах пассажирских перевозок, внедрять рыночные принципы в отрасли, в частности , система финансирования и тарифы. Сеть направлений, призванная создать привлекательную бизнес-среду для частного сектора путем совершенствования его политики.

**Ключевые слова:** город, автобус, дорога, пассажир, маршрут, интервал, поток, анализ, транспорт, улица, интервал, временной маршрут, отслеживание. Интеграция.

**Annotation.** The current system of public transport financing will systematically update the traffic structure and create opportunities to attract private investments to the sector, fully satisfy the needs of the population for high-quality and convenient passenger transportation services, introduce market principles in the sector, in particular, the financing system and tariff A network of directions designed to create an attractive business environment for the private sector by improving its policy.

**Keywords*:*** city, bus, road, passenger, route, interval, flow, analysis, transport, street, interval, time route, tracking. Integration.

**Kirish**.

Jamoat transporti aholining uzog‘ini yaqin qilib, xarajati va vaqtini tejaydigan, hayot sifatini ko‘rsatadigan muhim ijtimoiy xizmat. Yurtimizda bu xizmatdan kuniga 10 milliondan ortiq yo‘lovchi foydalanadi [1]. Davlatimiz



ISSN 3030-3907

rahbarining Murojaatnomasida yo‘lovchi tashish sifatini yaxshilash maqsadida 2023 yilda yana 2 mingta avtobus olib kelinishi aytilgan edi. Lekin, qancha ko‘p avtobus olib kelinmasin, joylardagi transport boshqarmalari va avtobus parklarida hozirgi ish tizimi o‘zgarmasa, aholi ehtiyojiga yarasha xizmat ko‘rsatib bo‘lmaydi. Barcha hududlarda aholi uchun yangi uy-joy, maktab, bog‘cha, shifoxona va boshqa muassasalar barpo etilayapti. Lekin, transport sohasi bu o‘zgarishlardan orqada qolib, bugungi rivojlanish talablariga mos kelmayapti. Xususan, ayrim viloyat markazida jamoat transportini rivojlantirish rejasi ishlab chiqilmagan. Transport korxonalari kunlik tushum rejasini bajarishga bog‘lanib qolgani bois avtobuslar kunning “eng daromadli” paytida harakatlanishga odatlanib qolgan. Qolgan vaqtda yo‘lovchilar uzoq kutish yoki taksida yurishga majbur. Jamoat transporti aholiga qulay, tadbirkorlarga jozibador bo‘lishi kerak [2].

Andijon shahrida bugungi kunga kelib 500 mingdan ziyod aholi istiqomat qilib kelayotgan bo‘lsa, tumanlardan turli yumushlar bilan shaharga keluvchi aholi bilan yanada ushbu raqamlar ortib, jamoat transportiga bo‘lgan ehityojning oshishiga olib keladi. Andijon shahrida 2021-yildan boshlab shahar ichida jamoat transporti xizmati ko‘rsatib kelinmoqda [3]. Shaharda jamoat transportining muqobil variantlari mavjud emasligi sababli, avtobus harakatlari asosiy yuklamani o‘ziga qabul qiladi. Hozirgi kunda shahar bo‘ylab, 222, 1, 394, 75 yo‘nalishlari bo‘yicha avtobuslar harakati yo‘lga qo‘yilgan avtobus yo‘nalishida ro‘yxat bo‘yicha 22 ta avtobus harakatlanishi belgilangan. Lekin, turli sabablar, avtobuslardagi nosozliklar tufayli yo‘nalish bo‘yicha kuniga 18-20 ta avtobus harakatlanadi. Yo‘nalishda bir qator davlat tashkilotlari, ta’lim muassasalari, shifoxonalar, ko‘ngilochar markazlar, madaniyat va istirohat bog‘lari joylashgan [4,5].

**Metodologiya.**

Biz tadqiqotimiz davomida Andijon shahriga kirib keluvchi jamoat transporti tarmog‘ining mavjud holatini o‘rganish, mavjud muammolarni aniqlash va samarali boshqaruv mexanizmlarini taklif etishga qaratilgan. Tadqiqot jarayonida tizimli yondashuv, statistik tahlil, modellashtirish, geografik axborot tizimlari va so‘rovnoma metodlaridan foydalanganmiz.

Birinchi bosqichda ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish amalga oshirildi. Bu bosqichda Andijon shahar hokimligi, viloyat transport boshqarmasi hamda “Andijonavtotrans” korxonasidan mavjud jamoat transporti yo‘nalishlari, ularning uzunligi, harakat chastotasi, transport vositalari soni, yo‘lovchi oqimi va to‘xtash bekatlari joylashuvi haqidagi ma’lumotlar olindi. Shuningdek, Google Maps va O‘zbekiston avtomobil yo‘llari bosh boshqarmasi ma’lumotlari asosida shahar va unga kirib keluvchi asosiy avtomobil yo‘llari o‘rganildi [6].


ISSN 3030-3907

Ikkinchi bosqichda amaldagi yo‘nalishlar tarmog‘ining funksional tahlili o‘tkazildi. Bu jarayonda transport yo‘nalishlari orasidagi masofa, yo‘lovchilar oqimi, bekatlar orasidagi oraliqlar, vaqt sarfi, tirbandlik darajasi va yo‘nalishlarning o‘zaro kesishuv nuqtalari tahlil qilindi. Statistik tahlil usullari yordamida transport oqimi zichligi va yo‘lovchi sig‘imi baholandi [7].

Uchinchi bosqichda GIS texnologiyalari asosida xaritalash va modellashtirish ishlari olib borildi. ArcGIS dasturi yordamida Andijon shahriga kirib keluvchi asosiy transport yo‘llari va jamoat transporti yo‘nalishlari raqamlashtirildi. Har bir yo‘nalishning yuklanish darajasi (passenger load factor) aniqlanib, ortiqcha yoki yetarli darajada ta’minlanmagan hududlar belgilandi. Bu orqali transport xizmatining notekis taqsimlanishi va samaradorlik darajasi baholandi [8].

To‘rtinchi bosqichda so‘rovnomalar va kuzatuvlar o‘tkazildi. Tadqiqot doirasida 300 nafar yo‘lovchi va 50 nafar transport haydovchisidan so‘rov o‘tkazilib, jamoat transporti sifati, bekatlar orasidagi masofa, harakat jadvali va to‘lov tizimiga doir fikrlar o‘rganildi. Kuzatuv usuli yordamida kun davomida eng ko‘p tirbandlik kuzatiladigan vaqt oraliqlari aniqlanib, yo‘nalishlar bo‘yicha talab dinamikasi o‘rganildi [9].

Beshinchi bosqichda transport tarmog‘ini optimallashtirish modeli ishlab chiqildi. Modelda yo‘lovchi oqimi, yo‘l uzunligi, vaqt sarfi va transport harakat chastotasiga asoslangan ko‘rsatkichlar kiritildi. Optimallashtirish natijasida yangi yo‘nalishlar qo‘shish, ayrim yo‘nalishlarni birlashtirish yoki qisqartirish takliflari ishlab chiqildi [10]. Oxirgi bosqichda iqtisodiy va ekologik samaradorlik tahlili o‘tkazildi. Yangi yo‘nalishlar tizimi bo‘yicha transport xarajatlari, yoqilg‘i sarfi, vaqt tejalishi va $CO_2$ chiqindilarining kamayishi hisoblab chiqildi. Tadqiqot natijalari asosida Andijon shahriga kirib keluvchi jamoat transport tarmog‘ini takomillashtirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

**Natija va muhokama**.

Xususan Andijon viloyati hokimiyati, Andijon davlat tibbiyot insituti, Furqat bolalar shifoxonasi, Viloyat onkologiya markazi, O‘zbegim ko‘ngilochar va savdo markazi va boshqa ahamiyatli maskanlar. Ushbu muassasalarga tashrif buyuruvchilar ko‘pligini inobatga olib, yo‘nalishda aholiga sifatli xizmat ko‘rsatish, ularning vaqtlarini tejash, manzillariga xavfsiz yetib olishlari muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbularni inobatga olib yo‘nalish intervalini tahlil qilish, kamchiliklarni aniqlash va bartaraf etish maqsadga muvofiqdir.


ISSN 3030-3907



**1-rasm. Shaxarga kirib keluvchi Avtobus yo‘nalishlari tarmog‘i**

Samarali va ishonchli jamoat transporti tizimlari shaharlarning aholisiga qulaylik yaratish uchun zarurdir. Andijon shahrida, xususan, 1-yo‘nalishdagi avtobuslar oralig‘ini tahlil qilish jamoat transporti tizimining umumiy samaradorligi va samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu tahlil transport organlari, rejalashtiruvchilar va operatorlarga xizmat ko‘rsatish ishonchliligi, jadvalga rioya qilish, yo‘lovchilarni qondirish va operatsion samaradorlik bilan bog‘liq muammolarni aniqlash va hal qilish imkonini beradi. Andijon shahridagi avtobus yo‘nalishi oralig‘ini tahlil qilish muhimligini tushunib, biz aholi va mehmonlar uchun yaxshi transport tajribasiga yo‘l ochishimiz mumkin.

Avtobus yo‘nalishdagi oralig‘ini tahlil qilishning muhim jihatlaridan biri bu xizmat ko‘rsatishning ishonchliligini baholashdir. Avtobuslar oralig‘ining izchilligi va prognoz qilinishi bevosita yo‘lovchilarning ishonchi va qoniqishiga ta'sir qiladi. Intervallarni tahlil qilish uzoq kutish vaqtlari yoki avtobuslarning bir joyga to‘planishi kabi qoidabuzarliklarni aniqlashga yordam beradi. Ushbu muammolarni hal qilish orqali transport organlari avtobus qatnovining ishonchliligini oshirishi va yo‘lovchilar uchun qulayroq va ishonchli transport turini ta'minlashi mumkin.

Bundan tashqari, avtobuslar intervallarini tahlil qilish jadvalga rioya etilishini baholash imkonini beradi. Belgilangan vaqt oralig‘idan chetga chiqish kechikishlar, haddan tashqari tirbandlik va yo‘lovchilar uchun noqulaylik tug‘dirishi mumkin. Intervallarni diqqat bilan kuzatib borish va ularni rejalashtirilgan vaqtlar bilan taqqoslash orqali transportni rejalashtiruvchilar tuzatishlar zarur bo‘lgan joylarni aniqlashlari mumkin. Ushbu tahlil avtobuslar



ISSN 3030-3907

jadvalini optimallashtirishga yordam beradi, avtobuslarning bekatlarga rejalashtirilganidek yetib borishini ta'minlaydi, kutish vaqtlarini minimallashtiradi va yo‘lovchilar qoniqishini oshiradi.

Avtobuslar oralig‘idagi o‘zgarishlarni tushunib transport organlari parkni boshqarish, avtobuslarni joylashtirish va resurslarni taqsimlash bo‘yicha asosli qarorlar qabul qilishlari mumkin. Bu ularga yo‘nalishdagi avtobuslar sonini optimallashtirish, yo‘lovchilar talabiga mos ravishda chastotalarni sozlash va keraksiz ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi. Bu, o‘z navbatida, jamoat transporti tizimining yanada samarali va barqaror bo‘lishiga olib keladi, bu transport provayderlari va yo‘lovchilar uchun foydalidir.

Avtobus yo‘nalishi oralig‘i tahlili yo‘lovchilarning qoniqish darajasi haqida ham ma’lumot beradi. Intervallarni o‘rganib chiqib, transport idoralari talabning eng yuqori soatlarini aniqlashi va shunga mos ravishda resurslarni taqsimlashi mumkin. Bu avtobuslarning eng kerak bo‘lgan vaqtda va qayerda harakatlanishini ta'minlaydi, ortiqcha tirbandlikni kamaytiradi va umumiy yo‘lovchi tajribasini yaxshilaydi. Qoniqarli yo‘lovchilar jamoat transportidan ko‘proq foydalanishadi, bu esa transport tirbandligining kamayishiga, atrof-muhitga ta'sirining kamayishiga va shahar uchun ijtimoiy va iqtisodiy manfaatlarning oshishiga olib keladi.

Avtobuslar shaharning markaziy hududlaridagi qisqa masofali qatnovlarda metro, tramvay va trolleybus yo‘nalishlariga paralel qo‘shimcha, ya’ni ular marshrutlarini yanada to‘ldirish maqsadida ishlatiladi. Yo‘lovchilar transportining boshqa turlari bo‘lmagan yoki yo‘lovchilar oqimi kichik joylarda musaqil ravishda avtobus marshrutlari xizmati tashkil etiladi; shahar bilan shahar atrofi yo‘lovchilar aloqalarini o‘rnatishda avtobus xizmatining alohida o‘rni bor. Bir harakat yo‘nalishidagi bir avtobus yo‘li soatiga 5-7 ming yo‘lovchilar oqimiga va parallel lentali harakatlarda esa 10 ming yo‘lovchilar oqimiga xizmat etish qobiliyatiga ega.

Avtobus saroylarida avtobuslar turli tarkibdan tashkil topgan bo‘ladi. Ular bir-biridan gabarit o‘lchamlari, sig‘imi, dvigatelining turi va boshqa belgilari bilan ajralib turadi. Yo‘nalishlarda yo‘lovchilarni tashish uchun avtobuslarni to‘g‘ri tanlash aholiga transport xizmatini ko‘rsatish sifatiga va harakatlanuvchi tarkibdan samarali foydalanishga hamda harakat xavfsizligiga katta ta’sir ko‘rsatadi. Avtobuslarning sig‘imi yo‘lovchi oqimining quvvatiga, uning vaqt va yo‘nalish uzunligi bo‘yicha taqsimlanishiga hamda yo‘l sharoitidan kelib chiqqan holda tanlanishi kerak. Sig‘imi katta bo‘lgan avtobuslarni yo‘lovchi oqimining quvvati kichik bo‘lganda qo‘llash, avtobuslar harakat intervalining ortib ketishiga va buning oqibatida yo‘lovchilar ko‘p vaqtlarini avtobuslarni kutishga sarflashlariga olib keladi.


ISSN 3030-3907

Harakat intervali deb, avtobus yo‘nalishining ma’lum bir joyidan o‘tayotgan avtobuslar oralig‘idagi vaqtga aytiladi. Shahar ichi yo‘nalishlarida harakat intervalining qiymati 20 daqiqadan ortmasligi kerak.

**Xulosa** qilib aytganda, Andijon shahridagi avtobus yo‘nalishi oralig‘ini tahlil qilish jamoat transporti tizimini takomillashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Xizmatlarning ishonchliligi, jadvalga rioya qilish, ekspluatatsiya samaradorligi va yo‘lovchilar qoniqishini baholash orqali transport organlari avtobus xizmati sifati va samaradorligini oshirish uchun ma'lumotlarga asoslangan qarorlar qabul qilishlari mumkin. Ushbu tahlil yanada samarali, ishonchli va yo‘lovchilarga yo‘naltirilgan jamoat transporti tizimiga yo‘l ochib, Andijon shahrining har tomonlama rivoji va yashash qulayligiga hissa qo‘shadi [5].

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Aslanov, N., & Nurdinov, M. (2022). SHAXARLARARO VA XALQARO YUK MASHINALARI UCHUN TO‘XTASH JOYLARINI MASOFAVIY BOSHQARISH METODI. Евразийский журнал математической теории и компьютерных наук, 2(13), 65-74[1].

2. Шодмонов С.А Исроилов Ш.Ш. ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ ПО МАРШРУТУ В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНОГО ПОТОКА ПАССАЖИРОВ Ўзбекистон, НамМҚИ 211-214 bet Машинасозликда инновациялар, энергиятежамкор технологиялар ва ресурслардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш мавзусида Халқаро миқёсдаги конференция 28-29 май 2021 йил Магистр 5A310601 -"Ер усти транспорт востилари ва тизимлпри" [2].

3. Ugli Xomidov, A. A., Shodmonov, S. A., & Qizi, T. U. GA (2022). Shahar hududidagi yo‘lovchilar oqimini aniqlang. Periodica zamonaviy falsafa, ijtimoiy va gumanitar fanlar jurnali, 12, 79-87[3].

4. Ahmadjon o‘g‘li, X. A., & Abduvayitovich, S. S. (2022). On-Board Computer and Monitoring System. Eurasian Scientific Herald, 9, 64-71[4].

5. Shodmonov, Sayidbek Abduvayitovich, & Qurbonov, Islombek Ibrohimjon O‘G‘Li (2022). O‘ZBEKISTONDAGI LOGISTIK AKTIVLIK VA LOGISTIK TIZIMLAR FAOLIYATINING RIVOJLANTIRISH BOSQICHLARI VA TRANSPORT SOHASIDAGI ISLOHOTLAR BOSQICHI. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2 (5), 145-150[5].

6. S. Vuchic, Urban Transit Systems and Technology. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007.

7. Ceder, Public Transit Planning and Operation: Modeling, Practice and Behavior. Boca Raton, FL: CRC Press, 2016.

8. H. Yang and X. Huang, "Mathematical and Economic Theory of Road Pricing," Elsevier Science, 2005.



ISSN 3030-3907

9. Y. Chen, M. Koutsopoulos, and Z. Zhao, "Using large-scale GPS data for system-wide public transport assessment: A case study of Beijing," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 89, pp. 84–95, Apr. 2018.
10. A. Rakhmonov, B. N. Yuldashev, and M. J. Tursunov, "Optimization of urban passenger transport routes using GIS technologies: A case of Andijan city," Journal of Transport and Systems Engineering, vol. 3, no. 2, pp. 45–52, 2024.


ISSN 3030-3907

# DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC FOUNDATIONS OF THE THEORY OF ADAPTIVE IDENTIFICATION USED IN AUTOMATION FOR COMPLEX, MULTI-INPUT-OUTPUT OBJECTS

**Umid Kholmatov**

***Associate Professor of the Department of "Transport Logistics," Andijan State Technical Institute,***

***E-mail: umid.xolmatov.76@mail.ru,***

**Abstract.** In article, solutions of a task from transition of automation of separate processes to automation are proposedindustrial complexes possibilities of application of the theory of adaptive identification of multicoherent objects are also shown on example of treatment facilities.

**Keywords:** management of multicoherent objects, adaptive identification, linear non-uniform differential equations, matrix coefficients, compound vectors, structural scheme.

**Аннотация.** В статье предложены решения задачи от перехода автоматизации отдельных процессов к автоматизации производственных комплексов и показаны возможности применения теории адаптивной идентификации многосвязных объектов на примере очистных сооружений.

**Ключевые слова:** управление многосвязными объектами, адаптивная идентификация, линейные неоднородные дифференциальные уравнения, матричные коэффициенты, составные векторы, структурная схема.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada alohida jarayonlarni avtomatlashtirishdan sanoat miqyosidagi kompleks tizimlarni avtomatlashtirish bosqichiga o‘tish masalasi ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, oqava suvlarni tozalash inshootlari misolida ko‘p o‘zaro bog‘langan ob’ektlarda moslashuvchan (adaptiv) identifikatsiya nazariyasini qo‘llash imkoniyatlari yoritib berilgan.

**Kalit so‘zlar:** ko‘paytmali bog‘langan ob‘ektlarni boshqarish, moslashtirilgan identifikatsiya, chiziqli bir jinsli bo‘lmagan differentsial tenglamalar, matritsa koeffitsientlari, birikma vektorlar, blok-sxema.

## Introduction

The numerous tasks of managing production processes and complex installations, which should include the chemical and biological treatment of wastewater, are multi-connected objects, requiring the transition from automation of individual processes to automation of production complexes.

This leads to the need to take into account the interconnection of input and output coordinates of individual processes, and consequently, the structural connections between them. The lack of sufficiently complete a priori information about the object, the distribution laws of random parameters, and random influences necessitates the application of adaptive identification theory.



ISSN 3030-3907

In the future, we will understand the adaptive identification of multi-linked objects as determining the parameters and structure of objects under initial uncertainty conditions, based on the results of observing changes in input and output values, during normal operation. From this point of view, the electric power systems of water drainage and treatment facilities, in which the simultaneous regulation of frequency and voltage, flows of active and reactive power, and the productivity of turbocompressors of pumping stations is carried out, are of particular interest, and according to their technological regime, they are classified as multi-connected objects with separate control channels and operating modes [1, 2, 4].

**Methodology**

It is known that the parameters of a controlled object, such as drainage and treatment facilities, vary widely [4, 5, 7]. If we assume that only one factor (e.g., wastewater concentration) influences the change in the object's parameters, neglecting the operating modes of turbocompressors and pump units, then using the obtained control object parameters without significant errors is impossible. If we solve the problem of identifying treatment facilities as a multi-linked object, taking into account all the indicated values during operation, then the resulting parameters of the object will be determined significantly more accurately [3, 4, 6, 9].

The adaptive identification problem arises due to the fact that, in general, the internal and external influence acting on the object is random. For water treatment facilities as objects, this randomness is due to the random nature of disturbing moments and other factors caused by uneven distribution of pump motor power, unstable pressure in turbocompressors from cycle to cycle, active sludge concentration, active chlorine dose, etc. [4, 8, 10, 11]. For treatment plants, such effects are: filling of settling tanks and aeration tanks, failure of one of the symmetrically located engines and pumps, etc.

It is not difficult to determine the distribution laws of each of the indicated factors separately [4, 12, 13], but it is almost impossible to determine the resulting distribution law of the entire set of factors, and accordingly, the dependent identifiable parameters of the object. In this regard, the problem of identifying multi-linked objects reduces to the problem of adaptive identification.

**Result and discussion**

Currently, there is no complete theory of adaptive identification of multi-linked objects. This article outlines some issues in the theory of adaptive identification of multi-linked objects containing direct and inverse cross-links.



ISSN 3030-3907

Let's describe the processes in the multi-linked objects of the system of linear non-homogeneous differential equations of order l with r unknown variables x1, x2,... , xr of the argument t with constant coefficients

$$\sum_{j=1}^{r} a_{ij}(D)x_j = \sum_{j=1}^{r} b_{ij}(D)v_j \quad (1)$$

$\bar{x} = \{x_1, x_2, \ldots, x_r\}$; $\bar{v} = \{v_1, v_2, \ldots, v_r\} a_{ij}(D), b_{ij}(D)$where the coordinate set - vectors - columns of the object's state and control, respectively; i - separation channel number; D=d/dt - differentiation operator; - polynomials from D, which have the form

$$a_{ij}(D) = a_{ij}^{(l)} D^l + a_{ij}^{(l-1)} D^{l-1} + \ldots + a_{ij}^{(1)} D + a_{ij}^{(0)}; \quad (2)$$

$$b_{ij}(D) = b_{ij}^{(l_1)} D^{j_1} + b_{ij}^{(l_1-1)} D^{l_1-1} + \ldots + b_{ij}^{(1)} D + b_{ij}^{(0)};$$

Here, $i, j$=1,2,...,$r$; l, $l_1$-the order of the polynomial of the coefficients a and b respectively; $r$- number of separate channels of the managed object. The number of direct cross-connections is assumed to be equal to the number of inverse cross-connections; the order of the differential equations of inverse cross-connections is equal to the order of the differential equations of direct cross-connections. These assumptions do not narrow the commonality of the problem, since it reduces to particular cases in the presence of any other variants and combinations of cross-connections, as well as the order of differential equations. Let's introduce a multitude of operator coefficient matrices [4, 13]:

$$\mathrm{A(D)} = \left\| a_{ij}(D) \right\|;$$

$$\mathrm{B(D)} = \left\| b_{ij}(D) \right\|; \quad (3)$$

or in extended form

$$A(D) = \left\| \begin{matrix} a_{11}(D) a_{12}(D) \ldots a_{1r}(D) \\ a_{21}(D) a_{22}(D) \ldots a_{2r}(D) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{r1}(D) a_{r2}(D) \ldots a_{rr}(D) \end{matrix} \right\|; \quad (4)$$

$$B(D) = \left\| \begin{matrix} b_{11}(D) b_{12}(D) \ldots b_{1r}(D) \\ b_{21}(D) b_{22}(D) \ldots b_{2r}(D) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ b_{r1}(D) b_{r2}(D) \ldots b_{rr}(D) \end{matrix} \right\|;$$

Horizontal

$$A_k = \left\| a_{ij}^{(k)} \right\| (i, j = 1, 2, \ldots, r;$$

$k$=0, 1, 2,... , l; (5)

$$B_q = \left\| b_{ij}^{(q)} \right\| q = 0, 1, 2, \ldots l_1),$$

можно Represent many matrices A (D) in B (D) as polynomials with matrix coefficients.

$$\mathrm{A\ (D) = A_l D^l + A_{l-1} D^{l-1} + \ldots + A_1 D + A_0;}$$

$$\mathrm{B\ (D) = Bl1Dl1 + Bl\text{-}1Dl1\text{-}1 + \ldots + B1D + B0;} \quad (6)$$



ISSN 3030-3907

Then in matrix form, the system of differential equations (1) takes the form

$$\sum_{k=0}^{l} A_k D^k x = \sum_{q=1}^{l_1} B_q D^q \bar{u} \qquad (7).$$

In extended form for any separate channel, you can write

$$\sum_{k=0}^{l} \sum_{j=1}^{r} a_{ij}^{(k)} D^k x_j = \sum_{q=0}^{l_1} \sum_{j=1}^{r} b_{ij}^{(q)} D^q u_j \qquad (8)$$

Let's rewrite equation (8) in difference form (in recurrent form):

$$x_i[n] = \sum_{k=0}^{l} \sum_{j=1}^{r} c_{ij}^{(k)} x_i[n-k] + \sum_{q=1}^{l_1} \sum_{j=1}^{r} d_{ij}^{(q)} u[n-q] \qquad (9)$$

The matrix coefficients of the equations are related to each other by the relations [4, 14].

$$c_{ij}^{(l-k)} = -\sum_{v=0}^{k} a_{ij}^{(l-v)} (-1)^{k-v} c_{l-v}^{k-v};$$

$$a_{ij}^{(l_1-q)} = -\sum_{v=0}^{q} a_{ij}^{(l_1-v)} (-1)^{q-v} c_{l_1-v}^{q-v};$$

where

$$c_{l-v}^{k-v} = \frac{(1-v)!}{(k-v)!\,(l-k)!};$$

$$c_{l_1-v}^{k-v} = \frac{(1_1-v)!}{(q-v)!\,(l_1-k)!};$$

For a controlled object with only direct cross-connections, equation (9) has the form

$$x_i[n] = \sum_{m=1}^{l} c_{ii}^{(m)} x_i[n-m] + \sum_{j=1}^{r} \sum_{m=1}^{S} d_{ij}^{(m)} v_j[n-m], \qquad (9.a)$$

and if there are only the opposite ones -

$$x_i[n] = \sum_{j=1}^{r} \sum_{m=1}^{S} c_{ij}^{(m)} x_i[n-m] + \sum_{m=1}^{l} d_{ij}^{(m)} v_i[n-m], \qquad (9.b)$$

$c_{ii}^{m}\, d_{ij}^{m}$In some cases, some of the coefficients and can be equal, which corresponds to the absence of any connections.

$\bar{Z}\vec{t}$To solve the identification problem, let's introduce a composite situation vector. By analogy with the work [4, 15, 16, 17], we denote the vector of situations, and the composite vector.

Consider a multiple composite vector of coefficients:

$$\widehat{c_\mu} = f_\mu\left(c_{ij}^{\mu}\right) = f_c(c_{11}^{\mu}, c_{12}^{\mu}, .., c_{1r}^{\mu}; c_{22}^{\mu}, c_{22}^{\mu}, \ .., c_{2r}^{\mu}; \ .; c_{1r}^{\mu}, c_{r2}^{\mu}, .., c_{rr}^{\mu};\ d_{11}^{\mu}, d_{12}^{\mu}, \ , d_{r1}^{\mu}; \ .; d_{r1}^{\mu}, d_{r2}^{\mu}, \ , d_{rr}^{\mu} \qquad (10)$$

$\widehat{c_\mu}$It should be noted that the dimension of a large number of composite vectors depends on the dimensionality of the system and the order of the difference equation (9).

$\vec{Z}\bar{Z}$:Let's express the composite vector of the situation through the vector

$$\vec{Z}[n] = \varphi_z\left(\vec{Z}_i[n]\right) = \varphi_z \ \ (x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{ir}, v_{i1}, v_{i2}, \ldots, v_{ir}), \qquad (11)$$

$$\bar{Z}_\iota[n] = \{x_i[n-1], x_i[n-2], \ldots, x_i[n-l], v_i[n-1], v_i[n-2], \ldots, v_i[n-l_1]\}.$$



ISSN 3030-3907

where

The quality of identification is evaluated using functionalities from control errors, which represent integral average quadratic estimates. Therefore, each of them is expressed through mathematical expectation, taking into account the stochastic nature of all influences [4, 16, 17]. In general, we write the optimality criterion in the form

$$\hat{c}, \hat{d}\{F[\vec{x}[n] - \widehat{c^m}\vec{\varphi}(x)[n]) - \widehat{d^m}\vec{\varphi}(v)[n])]\}\text{J ()} = \text{M} \quad (12)$$

The adaptive identification algorithm in this case will have the form.

$$\hat{c}[n] = \hat{c}[n-1] + \Gamma_x[n]F'_x\left(\vec{x}[n] - \bar{c}^m[n-1]\vec{\varphi}_x(x[n]) - \hat{d}^m[n-1]\vec{\varphi}_u(v[n])\right)\vec{\varphi}(x[n]);$$

$$\hat{d}[n] = \hat{d}[n-1] + \Gamma_u[n]F'_u\left(\vec{x}[n] - \bar{c}^m[n-1]\vec{\varphi}_x[n]) - \hat{d}^m[n-1]\vec{\varphi}_u(v[n])\right)\vec{\varphi}(v[n]), \quad (13)$$

$\Gamma_x[n]$ и $\Gamma_u[n]\gamma_{ij}^k$where - diagonal matrices of coefficients *(k=x, u)*,

$$\Gamma_k[n] = \left\| \begin{matrix} \gamma_{11}^k & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_{22}^k & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma_{rr}^k \end{matrix} \right\|.$$

The structural diagram of the discrete system corresponding to the identification algorithm (13) in vector form is presented in Figure 1. In expanded form, the algorithm (13) can be expressed through composite vectors.

$$\vec{c}^{\mu}[n] = \vec{c}^{\mu}[n-1] + \Gamma_x[n]\text{x}\left(\bar{x}[\text{n}] - \sum_{v=1}^{l}\vec{c}^{v}[n-1]\overline{\varphi_{xv}}\ \text{x (x)[n]}\right) - \sum_{q=1}^{l_1}\overrightarrow{d^q}[n-1]\overline{\varphi_{q_u}}\,x(v[n]))\overline{\varphi_{\mu x}}(x[n]);$$

$$\vec{d}^{\rho}[n] = \vec{c}^{\rho}[n-1] + \Gamma_u[n]\text{x}\left(\bar{x}[\text{n}] - \textstyle\sum_{v=1}^{l}\vec{c}^{v}[n-1]\overline{\varphi_{vx}}\,(\text{x})[\text{n}]\right) - \textstyle\sum_{q=1}^{l_1}\overrightarrow{d^q}[n-1]\overline{\varphi_{q_u}}\,v[n]))\overline{\varphi\ \ _{\rho u}}(v[n]), \quad (14)$$

$$\mu, \vec{c}^{\mu}c_{11}^{\mu}, c_{12}^{\mu}, \dots, c_{1r}^{\mu};\ c_{21}^{\mu}, c_{22}^{\mu}c_{2r}^{\mu}; \dots;\ c_{r1}^{\mu};\ c_{r2}^{\mu}, \dots, c_{rr}^{\mu};\ \vec{d}^{\rho} = (d_{11}^{p}, d_{12}^{p}, \dots, d_{1r}^{p};\ d_{21}^{p}, d_{22}^{p}, \dots, d_{2r}^{p}; \dots; d_{r1}^{p}, d_{r2}^{p}, \dots, d_{rr}^{p}$$

Where *v*=0, 1, 2,...,l; q. p=1, 2,...,$l_1$; = (,...).

$$\bar{\varphi}_{\mu x}(x[n]) = \bar{x}[n-\mu];$$

$$\varphi_{\mu x}(x[n]) = \bar{x}[n-\mu];$$

$$\bar{\varphi}_{qu}(v[n]) = \bar{v}[n-q];$$

$$\bar{\varphi}_{pu}(v[n]) = \bar{v}[n-p]. \quad (15)$$



ISSN 3030-3907

$\bar{\varphi}(x[n])$и $\bar{\varphi}(v[n])\bar{\varphi}_{vx}(x[n]) = \bar{x}[n-v]$;In expression (14), the functions represent

Taking into account the values of the functions (15) for the quadratic functional, the algorithm (14) is transformed into the form

$$\vec{c}^{\mu}[n] = \vec{c}^{\mu}[n-1] + \Gamma_x[n]\left(\bar{x}[n] - \sum_{v=0}^{l} c^{v}[n-1]\mathrm{x}\bar{x}\,[n-v] - \sum_{q=1}^{l_1} \vec{d}\,[n-1]\bar{v}[n-q]\right)\bar{x}[n-\mu]; \quad (16)$$

$$\vec{d}^{\mu}[n] = \vec{d}^{p}[n-1] + \Gamma_u[n]\left(\bar{x}[n] - \sum_{v=0}^{l} \overrightarrow{c}\,[n-1]\mathrm{x}\,x\,[n-v] - \sum_{q=1}^{l_1} \overrightarrow{d^{p}}\,[n-1]\bar{v}[n-q]\right)\bar{v}[n-p];$$

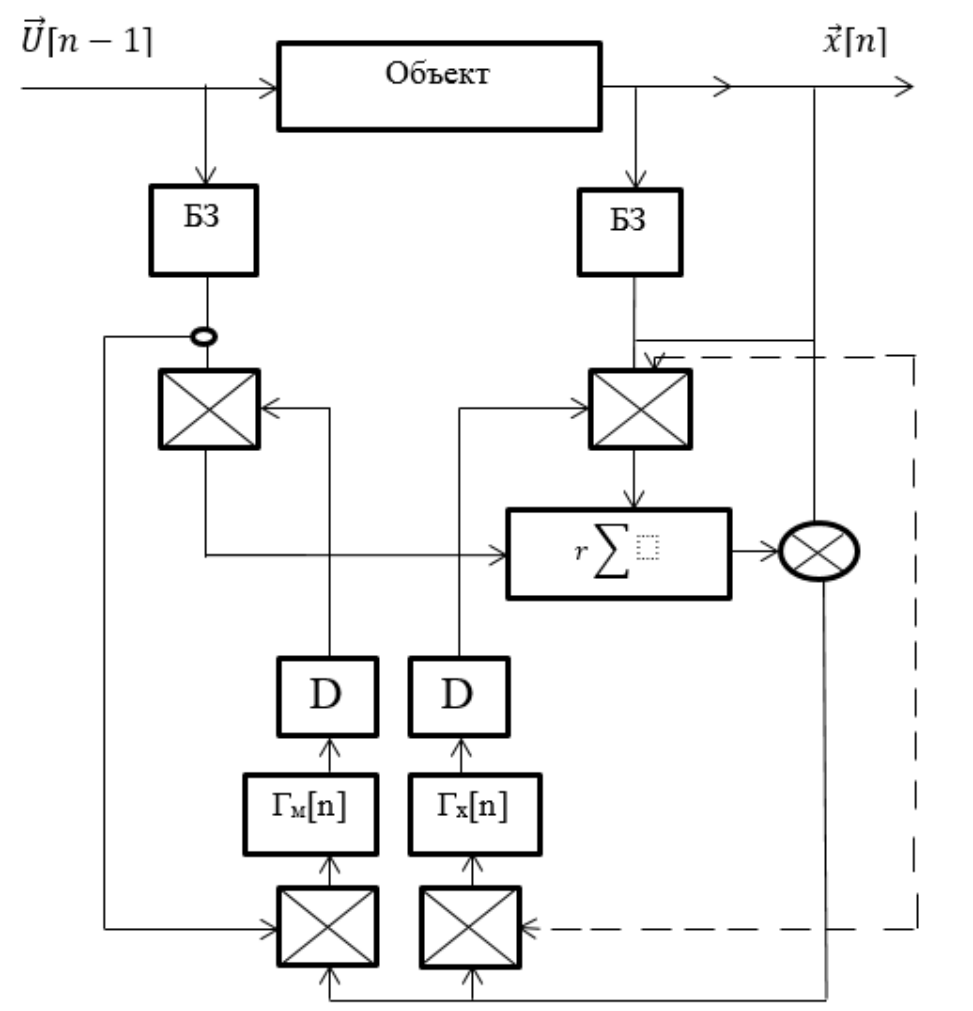



**Figure 1. A discrete system that implements the algorithm for adaptive identification of multi-linked objects in vector form.**

## Conclusion

The presented algorithms allow solving problems related to the transition from the automation of individual processes to the automation of production



ISSN 3030-3907

complexes and determine the possibilities of applying the theory of adaptive identification of multi-linked objects, as well as considering complex issues of compiling identification algorithms using the iterative probabilistic method.

**LITERATURES:**

1. Kholmatov U. et al. Static and dynamic characteristics of optoelectronic discrete converters for automatic measurement of displacements and dimensions //EPJ Web of Conferences. – EDP Sciences, 2025. – Т. 321. – С. 03001.
2. Kholmatov U. S. et al. Characteristics of optoelectronic discrete displacement converters with hollow and fiber light guides //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 471. – С. 06015.
3. Шипулин Ю. Г. и др. Оптоэлектронный преобразователь для автоматических измерений перемещений и размеров //Мир измерений. – 2013. – №. 1. – С. 41-43.
4. АЛМАТАЕВ О. Т. и др. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РЕФЛЕКТИВНОГО ТИПА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЖИДКОСТНЫХ И ГАЗОВЫХ ПОВЕРОЧНЫХ РАСХОДОМЕРНЫХ УСТАНОВОК //Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – 2014. – №. 8. – С. 27-34.
5. Хамдамов Б. М. и др. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ //Наука. Образование. Техника. – 2015. – №. 2. – С. 72-82.
6. Жумаев О. А. и др. Задачи разработки и проектирования оптоэлектронных преобразо вател ей для газомерных установок //Вестник Курганского государственного университета. – 2015. – №. 3 (37). – С. 113-116.
7. Азимов Р. К. и др. Морфологический метод структурного проектирования оптоэлектронных преобразователей на основе полых и волоконных световодов (ОЭГТВС) //Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». III Международная научно-практическая конференция. – 2016. – С. 15-19.
8. Kholmatov U. THE POSSIBILITY OF APPLYING THE THEORY OF ADAPTIVE IDENTIFICATION TO AUTOMATE MULTI-CONNECTED OBJECTS //The American Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 4. – №. 03. – С. 31-38.
9. Холматов У. С. ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ПРИ ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ //НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ МАШИНОСТРОЕНИЕ. – 2022. – №. 1. – С. 78-85.
10. Kholmatov U. OPTIMIZATION OF MATHEMATICAL MODEL OF OPTOELECTRONIC DISCRETE DISPLACEMENT CONVERTER



ISSN 3030-3907

//SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL MACHINE BUILDING. – 2022. – №. 2. – С. 74-82.

11. Kholmatov U. DETERMINATION OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF OPTOELECTRONIC DISCRETE DISPLACEMENT TRANSDUCERS WITH HOLLOW AND FIBER FIBER //SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL MACHINE BUILDING. – 2022. – №. 4. – С. 160-168.

12. Холматов У. С. Определение основных и статические характеристики оптоэлектронных дискретных преобразователей перемещений с полыми и волоконными светов //НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ МАШИНОСТРОЕНИЕ. – 2022. – №. 5. – С. 711-719.

13. Холматов У. С. Определение основных теории адаптивной идентификации для автоматизации многосвязных объектов //Namangan muhandislik texnologiya instituti ILMIY-TEXNIKA JURNALI. – 2022. – №. 1/7. – С. 544-550.

14. Kholmatov U. Intelligent discrete systems for monitoring and control of the parameters of technological processes on the basis of fiber and hollow fiber //Monograph.–2022.–C. – 2022. – С. 5-114



ISSN 3030-3907

# СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ МОСТЫ ВИДЫ ДВИЖЕНИЯ: СТРУКТУРНЫЕ ИННОВАЦИИ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

**Ахматохунов Бахтиёр**

***Андижанский государственный технический институт, старший преподаватель кафедры транспортной логистики,***

***Тел: +998 91 482 42 82***

**Аннотация.** В данной статье научно проанализированы конструктивные типы проезжей части автомобильных мостов и их функциональные особенности. Проезжая часть является одним из основных элементов моста, обеспечивающим безопасное, удобное и бесперебойное движение транспортных средств. В статье широко освещены материалы проезжей части (железобетонные, стальные и композитные конструкции), конструктивные формы, покрытия проезжей части и их эксплуатационные характеристики.Результаты исследования послужат разработке научно-практических рекомендаций, направленных на повышение эффективности в процессе проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных мостов.

**Ключевые слова:** мост, сооружение, проезжая часть, автодорога, конструкция.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada avtomobil ko‘priklari qatnov qismlarining konstruktiv turlari hamda ularning funksional xususiyatlari ilmiy asosda tahlil qilingan. Qatnov qismi ko‘prikning muhim tarkibiy elementi sifatida transport vositalarining xavfsiz, qulay va uzluksiz harakatlanishini ta’minlaydi. Ishda qatnov qismining asosiy materiallari (temirbeton, po‘lat va kompozit konstruksiyalar), ularning konstruktiv shakllari, qoplama turlari va ekspluatatsion xususiyatlari batafsil yoritilgan. Tadqiqot natijalari avtomobil ko‘priklarini loyihalash, qurilish va ekspluatatsiya jarayonlarini takomillashtirish hamda ularning samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

**Kalit so‘zlar:** ko‘prik, inshoat, qatnov qismi, avtoyo‘l, konstruksiya.

**Abstract**. In this article, the structural types of the roadway of automobile bridges and their functional characteristics are scientifically analyzed. The carriageway is one of the main elements of the bridge, ensuring the safe, convenient, and uninterrupted movement of vehicles. The article extensively covers the materials of the roadway (reinforced concrete, steel, and composite structures), structural forms, pavement, and their operational characteristics. The research results will serve to develop scientific and practical recommendations aimed at increasing the efficiency of the design, construction, and operation of automobile bridges.



ISSN 3030-3907

**Keywords:** bridge, structure, roadway, highway, structure.

**Введение.**

Проезжая часть (полотно моста) автодорожных мостов является одним из наиболее загружаемых элементов моста в процессе эксплуатации и служит для приема грузов, поступающих от автотранспортных средств и пешеходов, и передачи их на пролетное строение. Конструкции проезжей части моста подвергаются воздействию большого количества временных нагрузок и природных факторов *(статические и динамические воздействия транспортного движения, осадки и снег, противообледенительные реагенты, нагрузки машин и механизмов, используемых при эксплуатации мостов и дорог, влияние изменения температуры и др.)* [1].

В зависимости от конструкции проезжей части автодорожных мостов и путепроводов они в основном делятся на следующие типы.

**Методология**. Проезжая часть железобетонного разрезного моста состоит из цементно-песчаной смеси толщиной не менее 3 см (*выравнивающий слой*), элементов деформационного шва, слоя, защищающего железобетонные и металлические конструкции от негативного воздействия воды и химических соединений (*гидроизоляционная система*), бетонной смеси толщиной не менее 4 см, укладываемой на каркас арматуры (*защитный слой*). Кроме того, этот слой состоит из асфальтовых покрытий толщиной 8 см. Также на проезжей части моста имеются ограждения безопасности, дренажная система (*дренаж*), решетчатые ограждения и тротуары с собственным покрытием[2].

Железобетон состоит из непрерывного *(монолитного железобетона)* слоя гидроизоляции и асфальтового покрытия *(поскольку пролетные строения построены из монолитного железобетона, не требуется укладывать выравнивающий слой на его поверхность)*. Аналогично, проезжая часть моста из монолитного железобетона имеет защитные ограждения проезжей части, дренажную систему *(дренаж),* решетчатые ограждения и тротуары с собственным покрытием [3].

Согласно требованиям, установленным по ГОСТ 26633-91, проезжая часть моста должна быть уложена из мелкозернистого бетона с сопротивлением бетонных слоев сжатию не менее В25, водонепроницаемостью не менее W6 и морозостойкостью не менее F300 *(противообледенительная)*

Дорожное покрытие, укладываемое на стальную ортотропную плиту, может иметь многослойную или однослойную конструкцию. Перед укладкой дорожного покрытия стальной лист очищают пескоструйными аппаратами до серого блеска. Поскольку пескоструйная очистка очень вредна, в



ISSN 3030-3907

настоящее время для обеспечения безопасности труда используются другие методы [5].

**Результат и обсуждение**. В целом, независимо от структуры статической схемы железобетонного мостового сооружения (*прерывная, непрерывная, консольная, рамная и т.д.*), конструкции проезжей части выглядят как один из двух вышеупомянутых вариантов. То есть, если верхние поверхности пролетных строений неровные и грубые, для приведения их поверхностей в ровное (*проектное*) состояние наносится выравнивающий слой. Гидроизоляционный материал монтируется равномерно по всей поверхности конструкции и служит для обеспечения уклона 0.02 на поперечной поверхности моста.

Технологии укладки конструкций проезжей части. Бетонная смесь выравнивающего слоя может быть приготовлена непосредственно на строительной площадке или доставлена с ближайшего бетонного завода. При этом бетонная смесь из бетоносмесителя наносится на верхние поверхности пролетных строений (*наносится слоем на место)* поставляется в бадьях (кубло) с помощью бетонных насосов или грузоподъемных кранов. Выравнивающий слой бетонной смеси укладывается вручную, а затем выравнивается по поверхности [6].

После нанесения выравнивающего слоя его необходимо обработать с помощью вибрации и вакуума. В этом случае бетонная поверхность покрывается вакуумным покрытием и подключается к вакуумному устройству. В процессе вакуумирования из бетонной смеси удаляется избыток воды, а под воздействием создаваемого в ней атмосферного давления бетон сжимается. Используя такую технологию, снижается водоцементное отношение, в результате чего образуется слой бетона с более высокой прочностью (особенно в приповерхностных зонах) [7].

Например, в настоящее время при строительстве проезжей части современных непрерывных мостов и путепроводов, в связи с тем, что верхние поверхности их пролетных строений находятся в плоском состоянии, считается, что укладка этого слоя не обязательна (рис. 2 и 3).

Затем укладывается гидроизоляционный слой, защищающий железобетонные и металлические конструкции моста от воды и влаги, а также от воздействия агрессивной среды. Структура и состав материалов гидроизоляционного слоя моста

Сооружение выбирается в зависимости от климата и местных условий района, где планируется его строительство. В настоящее время в качестве гироизоляции проезжей части моста широко используются плавкие рулонные материалы "Изопласт," "Мостопласт," "Техноэластичность" и


ISSN 3030-3907

другие. Кроме того, можно использовать гидроизоляцию типа "Rabberflex-55" (*однокомпонентная полиуретановая мастика*), которая дает положительные результаты при качественной укладке.

При укладке гидроизоляционного слоя необходимо строго соблюдать технологию монтажных работ. Потому что результаты изучения проезжей части мостов показали, что высококачественные гидроизоляционные материалы могут качественно выполнять свои функции даже в течение более 50-60 лет. Например, на мосту Бородино, реконструированном в 1911 году, гидроизоляция из битума и джута прослужила более 60 лет.

Если укладка гидроизоляционного слоя выполнена некачественно, даже самая современная и дорогая гидроизоляция не сможет полностью выполнить свои задачи, пропуская воду и служа материалом. В существующих в нашей республике автодорожных мостовых сооружениях за последние 30 лет в качестве гидроизоляции проезжей части автодорожных мостов широко используется трехслойная *(четырехслойная на проезжей части железнодорожных мостов)* битумная мастика, укладываемая непосредственно на месте. Толщина рулонных расплавляемых гидроизоляционных материалов данного типа может составлять 4,5 мм, 5,0 мм, 5,5 мм. Нижняя поверхность такой гидроизоляции содержит полиэтиленовую пленку, которая плавится при термической обработке. Поверх этой пленки располагается расплавляемый битумно-полимерный слой, поверх которого располагается армирующая ткань *(обычно полиэстер)* и защитный слой на полимерно-битумной основе. Данная система гидроизоляции не дала ожидаемых результатов и в результате на большинстве мостов наблюдается большое количество дефектов и повреждений *(пропуск воды)*. Следует особо отметить, что возникновению этих дефектов и недостатков способствовали не только свойства материала, но и недостаточная квалификация рабочих кадров, привлеченных к строительно-монтажному процессу.

Работы по укладке гидроизоляционного слоя целесообразно проводить в сухую, безветренную погоду при температуре воздуха не менее +5°С.

Гидроизоляция производится в первую очередь вокруг водоотводных труб, перед связующими частями (закладные детали) ограждений безопасности, осветительных столбов. Укладка рулонов начинается с нижних участков проезжей части моста и выполняется в виде параллельной укладки. При параллельной укладке проезжая часть рулонного изоляционного материала укладывается на 15 см по продольной оси моста и на 10 см по поперечной оси и соединяется между собой (рис. 1).


ISSN 3030-3907

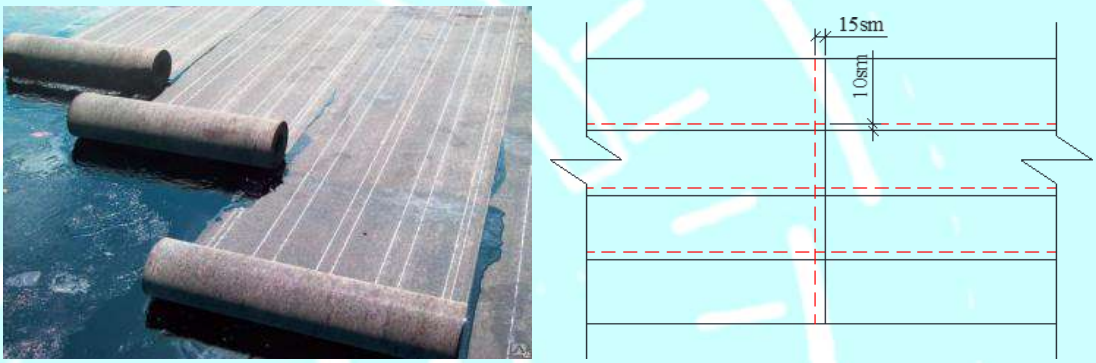



**Рисунок 1. Технология монтажа рулонных гидроизоляционных материалов**

В зависимости от характеристик гидроизоляционных материалов обычно укладывается защитный слой, состоящий из арматурного каркаса. При этом класс бетонной смеси защитного слоя должен быть не ниже класса бетона мостового пролетного строения. Защитный слой покрывается асфальтовым покрытием *(мелко-и крупнозернистый заполнитель).*

Наиболее распространенным методом монтажа гидроизоляционных систем автодорожных мостов в нашей стране является укладка цементно-песчаной смеси толщиной h=3 см для выравнивания верхних поверхностей пролетных строений. После завершения строительно-монтажных работ выравнивающий слой покрывается гидроизоляционным материалом, состоящим из 1 или 2 слоев, и для защиты этих гидроизоляционных материалов монтируется защитный слой толщиной h=4 см вместе с арматурной сеткой. Затем укладывается двухслойное асфальтовое покрытие проезжей части с большими и малыми гранулами (рис. 2).

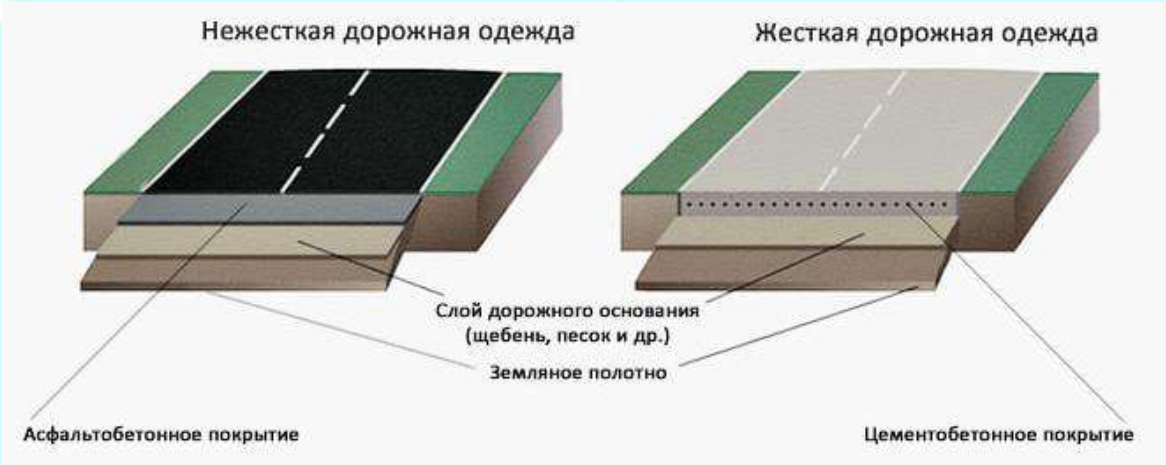



**Рис. 2. Расположение элементов проезжей части автодорожного моста**

За последние 30-40 лет конструкции проезжей части моста были усовершенствованы. Например, по инициативе российского ученого-мостового строителя профессора Э.Э. Гибшмана в конструкциях проезжей части моста стали устанавливать ограждения безопасности проезжей части в обязательном порядке, поскольку ранее они отсутствовали, и почти на


ISSN 3030-3907

каждом мосту наблюдалось падение автомобилей с моста. В нашей республике в последние годы большое внимание уделяется совершенствованию конструкций проезжей части мостов и путепроводов. Потому что для обеспечения длительного срока службы пролетных строений конструкции проезжей части моста должны быть высокого качества. Поэтому растет спрос на ресурсосберегающие, эффективные технологические решения конструкций проезжей части, основанные на инновационных технологиях, учитывающие местные условия. Это требует исследования дефектов и повреждений, возникающих в элементах транспортных сооружений в нашей стране, а также разработки и внедрения в практику усовершенствованных новых технологических решений, основанных на опыте мирового мостостроения.

**Заключение**

Типы проезжей части автомобильных мостов играют важную роль в обеспечении эффективного и безопасного движения транспортного потока. Их конструктивное решение и материал покрытия являются основными факторами, определяющими срок службы, прочность и эксплуатационный комфорт. Поэтому в процессе проектирования мостов выбор оптимального типа проезжей части должен осуществляться с учетом климатических условий, уровня нагрузки и технологических возможностей.

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.**

1. Y. Chen, J. Tong, Q. Li, S. Xu, L. Shen, "Применение высокоэффективных цементированных композитов в системах сталебетонных композитных мостовых полотен: обзор," Journal of Intelligent Construction, т. (2024).
2. A. Kale, Y. Kassa, B. Ricks, R. Gandhi, "Сравнительная оценка несущих поверхностей мостовой деки: производительность, ухудшение и обслуживание," Прикладные науки, т. 13, No 19, Art. 10883, 2023.
3. A. Ibrahim, S. Abdelkhalek, T. Zayed, A. H. Qureshi, E. M. Abdelkader, "A Comprehensive Review of the Key Deterioration Factors of Concrete Bridge Decks," Buildings, vol. 14, 2024.
4. M. Azhar Saleem, M. N. Zafar, M. Mazhar Saleem, J. Xia, "Recent developments in the prefabricated bridge deck systems," Case Studies in Construction Materials, xx, 202x.
5. S. Li, H. Luo, Y. Zhao, X. Zhou, "Исследование системы устойчивого мостового покрытия на основе конических ключей," Materials, vol. 18, No 5, Art. 1095, 2025.
6. Kishan Gautam, Shashikant Shrivastav, Rohit Rai, "Обзор различных методов, используемых в анализе мостовых полотен," Международный журнал инженерных исследований и технологий (IJERT), т. 9, No 6, июнь 2020 г.



ISSN 3030-3907

7. *Research and Development of Deck Bridges, Vincent Kvočák, Daniel Dubecký, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology, 2021.*



ISSN 3030-3907

# ТОПЛИВО ВЕ МАЙЛАР

**Цуканов М.Н.**

***т.ф.ғ.д., «Нефт ве газды қайта ишлеў технологиясы» кафедрасының доценти, Бухара мемлекеттик техникалық университети***

**Аннотация.** Бу мақалада нефтини қайта ишлеў процессинде алынатуғын негизги продуктлар – топлива ве майлар ҳаққында толық мағлүмат бериле. Нефткарий шикемни қайта ишлеўниң басқышлары, алынатуғын продуктлар түрлери, олардың физика-химиялық қасиетлери ве қолланыў саһалары түсиндириледи. Сондай-ақ майлар системасында қолданылыўшы классификация, сапа көрсеткишлери ве заманбап технологиялар ҳаққында айтылады.

**Ключевы сөзлер:** нефть, қайта ишлеў, топливо, майлар, дистилляция, ректификация, технология, энергия.

**Аннотация.** В данной статье представлена подробная информация об основных продуктах, получаемых в процессе переработки нефти — топливах и маслах. Разъясняются этапы переработки нефтяного сырья, виды получаемых продуктов, их физико-химические свойства и области применения. Также рассматриваются классификация, показатели качества и современные технологии, используемые в системе смазочных масел.

**Ключевые слова:** нефть, переработка, топливо, масла, дистилляция, ректификация, технология, энергия.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada neftni qayta ishlash jarayonida olinadigan asosiy mahsulotlar — yoqilg‘i va moylar haqida batafsil ma’lumot keltirilgan. Neft xom ashyosini qayta ishlash bosqichlari, olinadigan mahsulot turlari, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari va qo‘llanish sohalari tushuntiriladi. Shuningdek, moylash tizimida qo‘llaniladigan tasnif, sifat ko‘rsatkichlari va zamonaviy texnologiyalar ham ko‘rib chiqiladi.

**Kalit so‘zlar:** neft, qayta ishlash, yoqilg‘i, moylar, distillatsiya, rektifikatsiya, texnologiya, energiya.

**Abstract.** This article provides detailed information about the main products obtained in the process of oil refining — fuels and lubricants. The stages of processing crude oil, the types of products obtained, their physical and chemical properties, and areas of application are explained. In addition, the classification, quality indicators, and modern technologies used in the lubrication system are also discussed.

**Keywords:** oil, refining, fuel, lubricants, distillation, rectification, technology, energy.

## Кириш

Нефт – табиий органик шикем болып, оның құрамында көмиртек (C), водород (H), аз мықдарда күкүрт (S), азот (N) ве кислород (O) элементлери



ISSN 3030-3907

бар. Табиғатта нефть көп миллион жыллық геологиялық процесстер нәтижесинде пайда болған.

Нефть — энергияның ең ири манбаи болып, адамзатның транспорт, энергетика, өндірис, ауыл шаруашылығы сияқты тармақларында шешуши роль ойнайды.

Нефтни қайта ишлеў арқалы турли хыл химиялық ве физика-химиялық процесстер өткерилип, одан топлива (энергия береди) ве майлар (үйкеліўди азайтады) алынатұғын дайын продуктлар жасалады.

Нефтни қайта ишлеў процесси көп басқышли технологиялық жүйе болуп, оның негизги басқышлары төмендегидей:

1. **Дистилляция (айырыў)** – нефтьни температура арқалы фракцияларға айырыў процесси.
2. **Ректификация** – фракцияларды тазалау, олардың сапасын арттырыў.
3. **Гидротазалау** – күкүрт, азот ве басқа қоспаларды жою процесси.
4. **Каталитик крекинг** – ауыр фракцияларды жеңил фракцияларға айландырыў.
5. **Реформинг** – бензин сапасын арттырыў үшін жүргізиледи.

Бу процесстер арқалы нефткарий шикемнен көп турли дайын продуктлар — бензин, дизель ёқ, мазут, парафин, вазелин, майлар алынатұғын болады.

Топлива — энергия манбаи болып, күйдириў арқалы жылу, механик энергия ямаса электр энергиясы алынатұғын зат.

**Таблица-1.**

**ГОСТ 17479.1 және API бойынша мотор майлары топларының эксплуатация деңгейи бойынша шамалас сәйкестиги**

| Май тобы (ГОСТ 17479.1 бойынша) | API бойынша | Май тобы (ГОСТ 17479.1 бойынша) | API бойынша |
|---|---|---|---|
| А | SB | $Д_1$ | SF |
| $Б_1$ | SC | $Д_2$ | CD |
| $Б_2$ | CA | $Е_1$ | SG |
| Б | SC/CA | $Е_2$ | CF, CF-4 |
| $В_1$ | SD | – | SH |
| $В_2$ | CB | – | SJ |
| $Г_1$ | SD/CB | – | CG-4 |
| $Г_2$ | SE | – | CH-4 |
| Г | SE/CC | – | CI-4 |

Негизги нефткарий топлива түрлери:

- **Автомобиль бензини** — транспортлар ушын;
- **Дизель ёқ** — жүк ташыйтуғын машиналар, тракторлар ве генераторлар ушын;



ISSN 3030-3907

- **Керосин** — авиацияда, тұрмысда;
- **Мазут** — жылу электростанцияларында;
- **Газ тәризли топлива** — газтурбиналық қондырмаларда.

Топлива сапасы оның тығызлығы, күйдириў температурасы, фракциялық құрамы, октан немесе цетан саны менен сипатланады.

Мысалы, жоғары октанлы бензин мотордың детонациясыз ишлеўин тәминлейди.

Майлар — техникалық системаларда үйкеліўди азайтып, металл бетлерин тозўўдан қорғайды, энергия шығынын төмендетеди.

**Майлар классификациясы:**

- **Минераллы майлар** – нефткарий шикемнен дистилляция арқалы алынатұғын;
- **Синтетик майлар** – органик синтез арқалы жасалған;
- **Аралас майлар** – минераллы ве синтетик араласқан.

**Сапа көрсеткишлери:**

- тұтқырлық (вязкость);
- қату температурасы;
- тұтану температурасы;
- тотығыўға төзимлилиги;
- механик тұрақлылыгы.

Майлар механик, автомобиль, авиация, индустрия, электроника салаларында кене қолланылады.

**Таблица-2.**

**Негизги топлива түрлериниң физика-химиялық қасиетлери**

| № | Топливо түрі | Тығызлығы (g/cm³, 20°C) | Қайнау (дистилляция) температурасы, °C | Тұтану температурасы, °C | Вязкость (мм²/с, 40°C) | Энергетик құны, МДж/кг | Қолланыў caһacы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Автомобиль бензини** | 0,70 – 0,78 | 30 – 220 | −40 – +30 | 0,5 – 0,8 | ≈44 | Автомобиль транспортларында |
| 2 | **Дизель ёқ** | 0,82 – 0,88 | 200 – 350 | +40 – +80 | 2 – 8 | ≈43 | Жүк ташыйтуғын машиналар, тракторлар |



ISSN 3030-3907

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | **Керосин** | 0,78 – 0,82 | 150 – 280 | +30 – +60 | 1 – 2 | ≈43 | Авиация, тұрмыс жылытуы |
| 4 | **Мазут (ауыр топлива)** | 0,90 – 1,00 | 350 – 600 | +90 – +150 | 10 – 50 | ≈40 | Электр станциялар, қазанханалар |
| 5 | **Сұйық газ (пропан-бутан қоспасы)** | 0,50 – 0,58 | −42 – 0 | −60 – −40 | өте төмен | ≈46 | Тұрмыс, автогаз системалары |
| 6 | **Био-дизель** | 0,86 – 0,90 | 180 – 340 | +100 – +170 | 3 – 6 | ≈37 | Альтернатив энергия, ауыл шаруашылығы техникасы |

Қазіргі заманда нефткарий қайта ишлеў заводларында экологиялы таза технологиялар енгізилуде.

Гидроочистка, изомеризация, биотехнологиялар арқалы күкүрт, азот сияқты зиянлы компонентлер азайтылады.

Мұндай технологиялар қоршаған ортаны қорғап, атмосфераға шығатұғын газдарды төмендетеди.

Сонымен қатар энергия үнемши системалар — мысалы, қалдық жылуды қайта пайдаланыў, автоматик бақылау системалары нефткарий қайта ишлеў процесстерининг тиімділигин арттырады.

**Топлива ве майлар ҳаққында қызықлы фактілер**

Топлива сөзи латынның *“fulmen”* — «жарқ ету, от» деген сөзінен шыққан. Яғни, энергия беретуғын жанағыш зат дегенди билдиреди. Бир тонна нефтьтен орта есапта шамамен 450 литр бензин, 200 литр дизель ёқ, 150 литр мазут ве 50 литр майлар алынатұғын. Автомобиль қозғалтқышы үчүн май тек үйкеліўди азайтып қоймай, металл бетин тозўўдан, коррозиядан сақтайды. Ол сондай-ақ, қызуды алып, двигательди салқынлатады. Синтетик майлар лаборатория шартларында химиялық синтез арқалы жасалады. Олар


ISSN 3030-3907

минераль майлардан қымбат, бирок жоғары температурада өз қасиетин сақлап, ұзақ өмирли болады.

Бір литр бензин күйгенде орта есапта 9–10 кВт·сағат энергия бөледі — бұл бір электр чайникті 5 сағаттай қайнатуға жетерлік энергия. Мазут, ең ауыр нефткарий фракция, тек электр станцияларында ғана емес, кеме қозғалтқышларында да кең қолданылыды. Майлардың тұтқырлығы температура артқан сайын азаяды. Сол себепли қозғалтқыш суықта қалың маймен, ал жазда жұқа маймен ишлеўге бейимделген.

Био-дизель өсімдік майларынан (мысалы, күнбағыс, соя, рапс) өндірилиды. Ол атмосфераға зиянлы газларды аз шығарады, сондықтан экологиялы таза альтернатива болып саналады. Нефтни қайта ишлеўде шамамен 85–90% шикем пайдалы өнімге айланып, қалған 10–15% — қалдықтар мен газлар түринде шығады. Әлемде ең сапалы мотор майларының бірі — Финляндия мен Германияда жасалады, себеби бұл еллердің климаты суық болғаны себепли майлардың салқынға төзимлиги жоғары.

Кейбир авиация самолётларында қолланыла туғын майлар −60°C температурада да қатып қалмай, сұйық қалыпта ишлеў қабилетин сақтайды.

**Қорытынды**

Топлива ве майлар — адамзат цивилизациясының энергетикалық негизи. Оларсыз транспорт, өндірис, ауыл шаруашылығы, энергетика сияқты саһалардың ишлеўи мүмкин емес.

Нефтни қайта ишлеў технологияларының өркенлеўи арқалы келешекте экологиялы таза, сапалы, энергия үнемши топлива ве майлар өндириси арта түседи. Студентлер ушын бу билимлер нефткарий шикемни қайта ишлеў тармагында практик қолланыўға еге негиз бола алады.

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:**

1. Ахметов, С. М. *Технология переработки нефти и газа.* — Москва: Химия, 2018.
2. Бекмұратов, А. *Нефт ве газ технологиясы негізлери.* — Нукус: Қарақалпақстан баспасы, 2020.
3. Халиков, Н. *Нефтни қайта ишлеў процесслери.* — Ташкент: Фан, 2017.
4. Исаев, Д. *Энергетика ве қайта ишлеў технологиясы*. — Нукус: Білім, 2021.
5. Internet manba: www.oilrefining.ru


ISSN 3030-3907

# ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ХЛОПЧАТНИКА

**Исакова Ойгул Мадаминжановна**
***Докторант, Наманганского государственного технического университета Старший преподователь, Наманганского государственного технического университета***
**Кузибаев Фахриддин Турсуналиевич**
***Профессор кафедры, «Химическая инженерия» Наманганского государственного технического университета,***
**Тураев Зокиржон**
***Учреждение: Министерство сельского хозяйства Республики Узбекистан Национальный центр знаний и инноваций в сельском хозяйстве Научно-исследовательский институт селекции, рассадоводства и выращивания хлопка Наманганская научно-опытная станция***

**Аннотация:** В данной работе исследована взаимосвязь между фенологическим развитием хлопчатника сорта «Бухоро 102» и содержанием микроэлементов марганца (Mn) и кобальта (Co) в почве. На основе агрохимических и фенологических наблюдений определены этапы вегетационного роста культуры и динамика микроэлементного состава почвы. Установлено, что обеспеченность почвы марганцем и кобальтом влияет на темпы роста, устойчивость растений к неблагоприятным факторам и конечную урожайность хлопчатника. Проведён сравнительный анализ содержания микроэлементов в критические фазы развития растения. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации агротехнологий выращивания хлопчатника в условиях интенсивного земледелия и повышения эффективности почвенного плодородия.

**Ключевые слова**: Микроэлементы, Хлопчатник, Удобрения, Почва, Урожайность

**Annotatsiya**: Ushbu ishda "Buxoro 102" navli g‘o‘zaning fenologik rivojlanishi va tuproqdagi marganets (Mn) hamda kobalt (Co) mikroelementlari miqdori o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik o‘rganilgan. Agrokimyoviy va fenologik kuzatuvlar asosida ekinning vegetatsiya davri bosqichlari va tuproq mikroelement tarkibining o‘zgarishi aniqlangan. Tuproqning marganets va kobalt bilan ta’minlanganligi g‘o‘zaning o‘sish sur’atlariga, noqulay omillarga chidamliligiga va yakuniy hosildorligiga ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. O‘simlik rivojlanishining muhim fazalarida mikroelementlar miqdorining qiyosiy tahlili o‘tkazilgan. Olingan ma’lumotlardan intensiv dehqonchilik sharoitida g‘o‘za yetishtirish


ISSN 3030-3907

agrotexnologiyalarini takomillashtirish va tuproq unumdorligini oshirish uchun foydalanish mumkin.

**Kalit so‘zlar:** Mikroelementlar, G‘o‘za, O‘g‘itlar, Tuproq, Hosildorlik

**Abstract**: This work examines the relationship between the phenological development of the "Bukhara 102" variety of cotton and the content of manganese (Mn) and cobalt (Co) trace elements in the soil. Based on agrochemical and phenological observations, the stages of crop vegetation growth and the dynamics of soil microelement composition were determined. It has been established that soil saturation with manganese and cobalt affects the growth rate, plant resistance to adverse factors, and the final yield of cotton. A comparative analysis of the microelement content in the critical phases of plant development was conducted. The obtained data can be used to optimize cotton cultivation agrotechnologies under intensive farming conditions and increase soil fertility efficiency.

**Keywords**: Microelements, Cotton, Fertilizers, Soil, Yield

**Введение**

Удобрения - вещества, применяемые для улучшения питания растений, свойств почвы, повышения урожаев. Эффект удобрений достигается отдачей недостающих химических компонентов растениям, которые необходимы для их роста и развития. [1]

Хлопок - интенсивная культура. За вегетационный период он образует большое количество сухой массы, поэтому требует много питательных веществ. Наряду с азотом, фосфором и калием он выносит также кальций, магний, натрий, бор и другие микроэлементы. Макроэлементы частично возвращаются в почву за счет минеральных удобрений, но количество микроэлементов, возвращаемых за счет элементов, содержащихся в растительных остатках, крайне мало, поэтому в большинстве почв резко сократилось количество микроэлементов в форме, доступной для усвоения растениями.[2]

Проведено ряд работ по изучению эффективности микроудобрений сельскохозяйственных культур и оптимизации их питания макро- и микроэлементами с целью повышения урожайности культур [3,4] однако количество микроэлементов в составе почв Наманганской области нельзя считать достаточным. Кроме того, в современной сельскохозяйственной системе не только микроэлементы важны для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, но и изучение микроэлементов в составе почвы и растений, а также разработка теоретических основ использования микроэлементов являются основной основой для получения высококачественных, конкурентоспособных урожаев.[5]



ISSN 3030-3907

Одним словом, для получения высоких урожаев хлопчатника на орошаемых суглинистых почвах изучение обеспеченности почвенного состава микроэлементами в агрегатных и усвояемых растениями соединениях, применение микроудобрений различными способами, определение влияния макро- и микроэлементов на рост и урожайность хлопчатника, а также эффективное воздействие на экономику Узбекистана является актуальной проблемой современности.[6]

В 2025 году на базе Наманганской научно-опытной станции Научно-исследовательского института селекции, рассадоводства и выращивания хлопка (в составе Национального центра знаний и инноваций в сельском хозяйстве, Министерство сельского хозяйства Республики Узбекистан) были проведены полевые опыты по изучению фенологического развития хлопчатника в зависимости от содержания микроэлементов в почве.

Хлопчатник (Бухоро 102) является важной сельскохозяйственной культурой, играющей ключевую роль в экономике Узбекистана. Эффективное управление агротехникой, включая рациональное питание микроэлементами, требует тщательного мониторинга состояния растений и почвы. Преимущества данного сорта был отмечен зарубежными специалистами на традиционно проводимых в нашей стране международных хлопковых и текстильных ярмарках. [7]

Опытные делянки располагались на серозёмах, характерных для Наманганской области. Почвы имели среднеобеспеченное содержание органического вещества, слабощелочную реакцию среды (pH 7,2–7,6) и среднюю степень засоления. Климат региона - резко континентальный, с жарким летом и умеренно холодной зимой. Среднегодовое количество осадков - 240–280 мм, основная масса которых выпадает весной.

Определение содержания микроэлементов в почве изучался на глубинах 0–20 см и 20–40 и 50-60 см перед посевом. Образцы анализировались в лаборатории «СП ООО IFODA AGRO KIMYO HIMOYA» с использованием следующих методов:

- Микроэлементы Mn, Co определялись на энергетически-дисперсионная рентгенофлуоресцентная спектрометрия EDX-7200. [8]
- Общее содержание макроэлементов (N,P,K) - стандартными агрохимическими методами по ГОСТ.[9,10,11]


ISSN 3030-3907

**1-таблица**

**Итог результатов анализа почвы до внесения первого удобрения**

| Анализ профессиональный РФА (рентгенофлуоресцентный анализатор)спектрометр | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Результаты анализа почвы перед естественным внесением удобрений % | | | | | | | | | | | | | | | |
| № парти | Марганец (Mn) | Кобалть (Co) | Никель (Ni) | Ваннадий (V) | Кремние (Si) | Кальций (Ca) | Железо (Fe) | Калий (K) | Алюминие (Al) | Титан (Ti) | Стронций (Sr) | Хлор Cl) | Сера (S) | Цирконий (Zr) | Медь (Cu) |
| 1 | 0,465 | 0 | 0,023 | 0,035 | 30,861 | 30,751 | 21,033 | 7,312 | 6,384 | 1,929 | 0,244 | 0,214 | 0,152 | 0,111 | 0,077 |
| 2 | 0,467 | 0 | 0,023 | 0,102 | 31,192 | 30,025 | 21,155 | 7,321 | 6,781 | 1,940 | 0,236 | 0,117 | 0,125 | 0,108 | 0,074 |
| 3 | 0,443 | 0 | 0,022 | 0,121 | 27,531 | 29,364 | 20,428 | 8,460 | 6,203 | 1,849 | 0,230 | 0,710 | 4,164 | 0,098 | 0,067 |
| 4 | 0,468 | 0 | 0,022 | 0,125 | 30,553 | 31,152 | 21,172 | 7,263 | 6,493 | 1,939 | 0,240 | 0 | 0,053 | 0,108 | 0,075 |
| 5 | 0,463 | 0 | 0,020 | 0,126 | 31,189 | 30,365 | 20,275 | 7,243 | 6,678 | 1,914 | 0,228 | 0,492 | 0,456 | 0,126 | 0,070 |
| 6 | 0,450 | 0 | 0,023 | 0,098 | 30,631 | 30,600 | 20,842 | 7,227 | 6,373 | 1,971 | 0,243 | 0,703 | 0,334 | 0,113 | 0,076 |
| Результаты анализа после внесения микроэлементов в почву % | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,465 | 0 | 0,023 | 0,128 | 30,861 | 30,751 | 21,033 | 7,312 | 6,384 | 1,929 | 0,244 | 0,214 | 0,152 | 0,111 | 0,077 |
| 2 | 0,467 | 0 | 0,023 | 0,102 | 31,192 | 30,025 | 21,155 | 7,321 | 6,781 | 1,940 | 0,236 | 0,117 | 0,125 | 0,108 | 0,074 |
| 3 | 0,443 | 0 | 0,022 | 0,121 | 27,531 | 29,364 | 20,428 | 8,460 | 6,203 | 1,849 | 0,230 | 0,710 | 4,164 | 0,098 | 0,067 |
| 4 | 0,468 | 0 | 0,022 | 0,125 | 30,553 | 31,152 | 21,172 | 7,263 | 6,493 | 1,939 | 0,240 | 0 | 0,053 | 0,108 | 0,075 |
| 5 | 0,463 | 0 | 0,020 | 0,126 | 31,189 | 30,365 | 20,275 | 7,243 | 6,678 | 1,914 | 0,228 | 0,492 | 0,456 | 0,106 | 0,070 |
| 6 | 0,450 | 0 | 0,023 | 0,098 | 30,631 | 30,600 | 20,842 | 7,227 | 6,373 | 1,971 | 0,243 | 0,703 | 0,334 | 0,113 | 0,076 |

Анализ образцов почвы показал, что содержание микроэлементов до внесения микроэлементов с минеральным удобрением варьировало в зависимости от глубины. В среднем в верхнем слое (0–20 см) содержание марганца составляло 4,65 мг/кг, кобальта - 1,2 мг/кг, ваннадия - 1,28 мг/кг, цинка -1,11 железа - 21,03 мг/кг, что соответствует нижней границе достаточного уровня.

Фенологические наблюдения проводились в соответствии с методическими рекомендациями Института хлопководства Узбекистана [12]. В первом периоде регистрировались следующие фазы развития растения:

– рост растения,

– образование настоящих листьев.

В полевых опытах было проведено 5 вариантов в 4 ряда с 3 повторностями. Ширина междурядий 60 см, ширина секции 4х0,6=2,4 м$^2$, длина рядов 258 м, площадь 25х2,4=60 м$^2$. Расчетная площадь 30 м$^2$. Общая площадь 60х5х3=900 м$^2$. Расчетная площадь 450 м$^2$.

Фенологические наблюдения осуществлялись на постоянных контрольных участках, включающих по 25 растений в каждом повторении.

**Результаты и обсуждение**

**Динамика фенологических фаз хлопчатника**

В ходе наблюдений за сортом «Бухоро 102» были установлены сроки прохождения основных фенологических фаз. Всходы наблюдались через 9–11 дней после посева, первый рост и настоящие листья изучались 1 го июня 2025 года, и они указывают на стабильную адаптацию сорта к агроклиматическим условиям Наманганской области. 1-вариант контроль.



ISSN 3030-3907

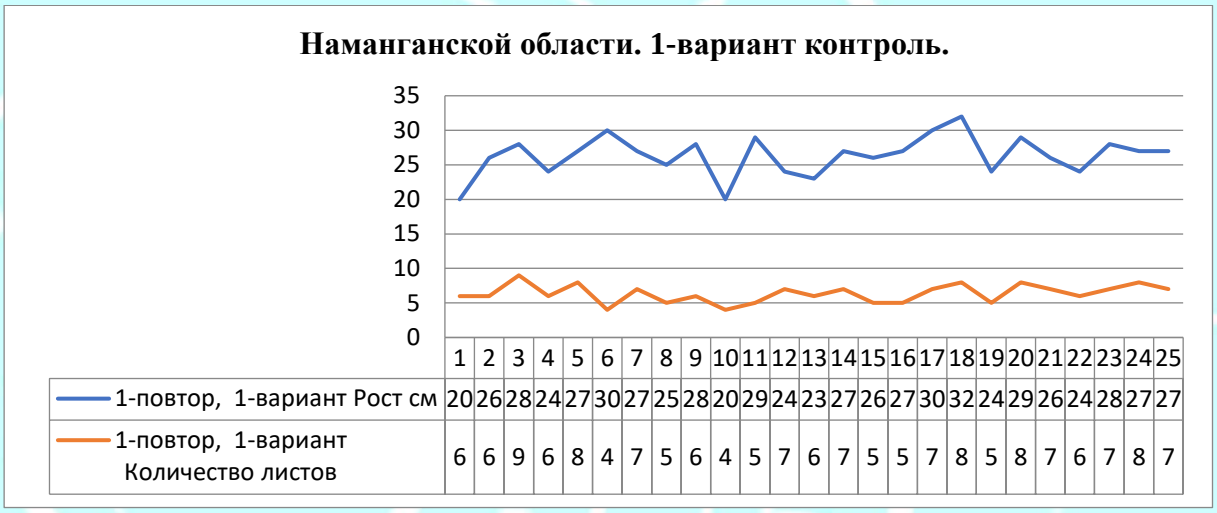



**Рис-1. Наманганской области. 1-вариант контроль**

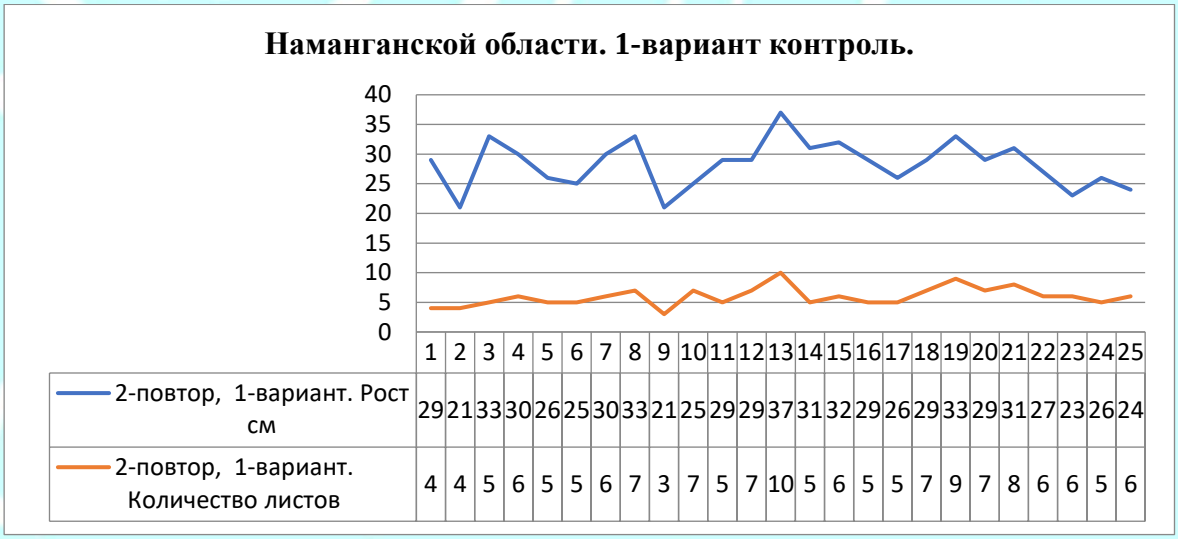



**Рис-2. 2-ой повтор 1-го контроля**

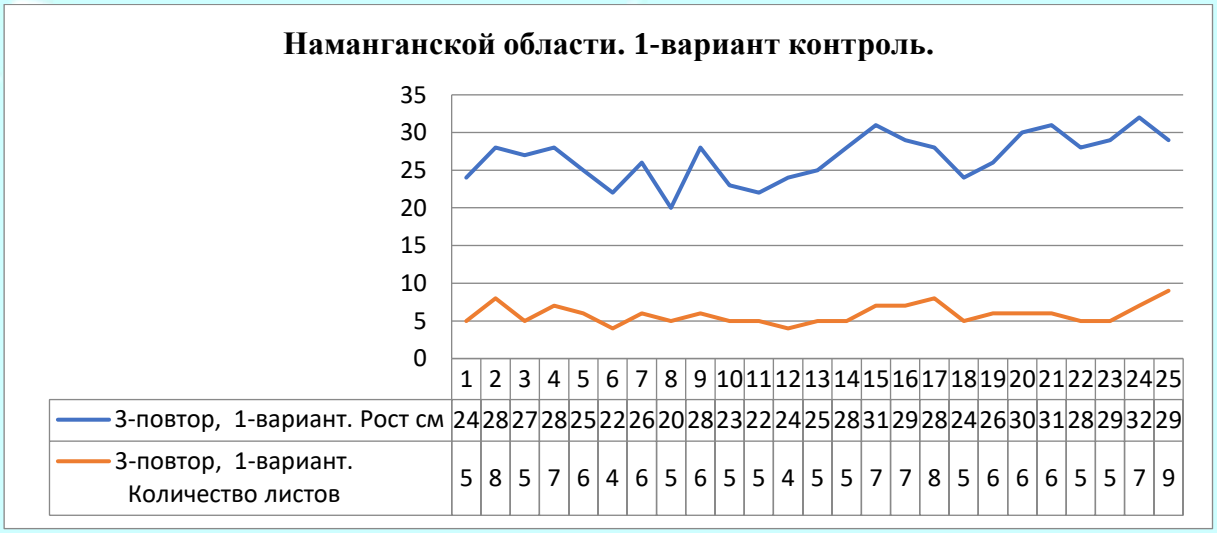



**Рис-3. 3-ий повтор 1-го контроля**



ISSN 3030-3907

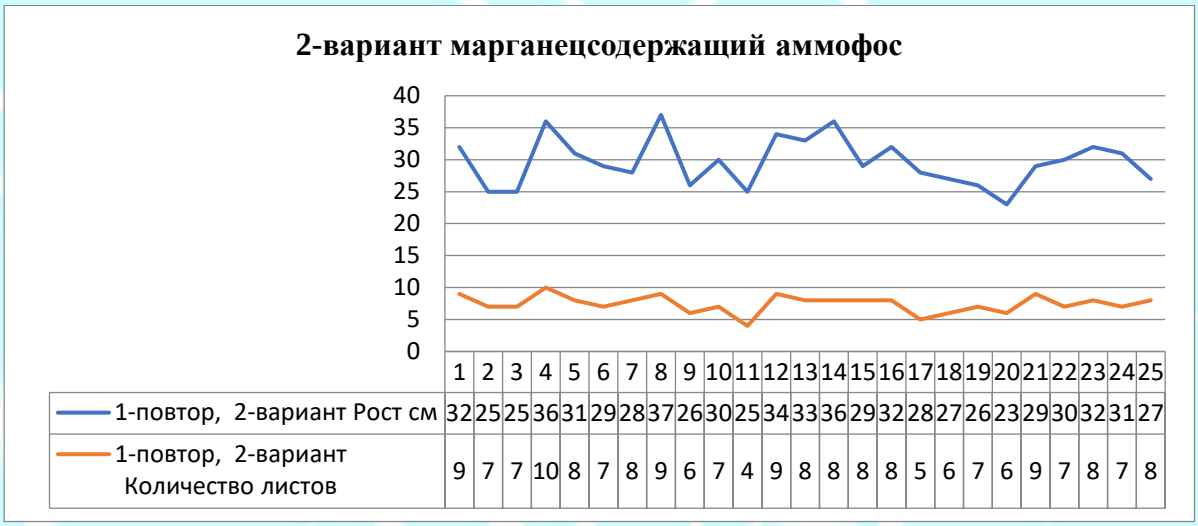



**Рис-4. 2-вариант марганецсодержащий аммофос**

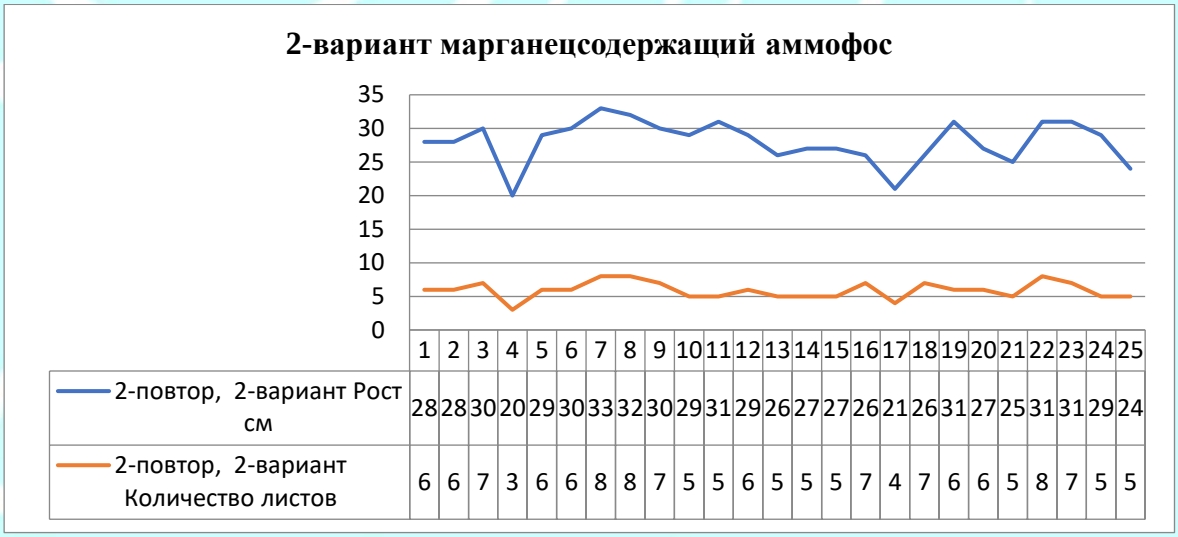



**Рис-5. 2-ой повтор 2-го варианта**

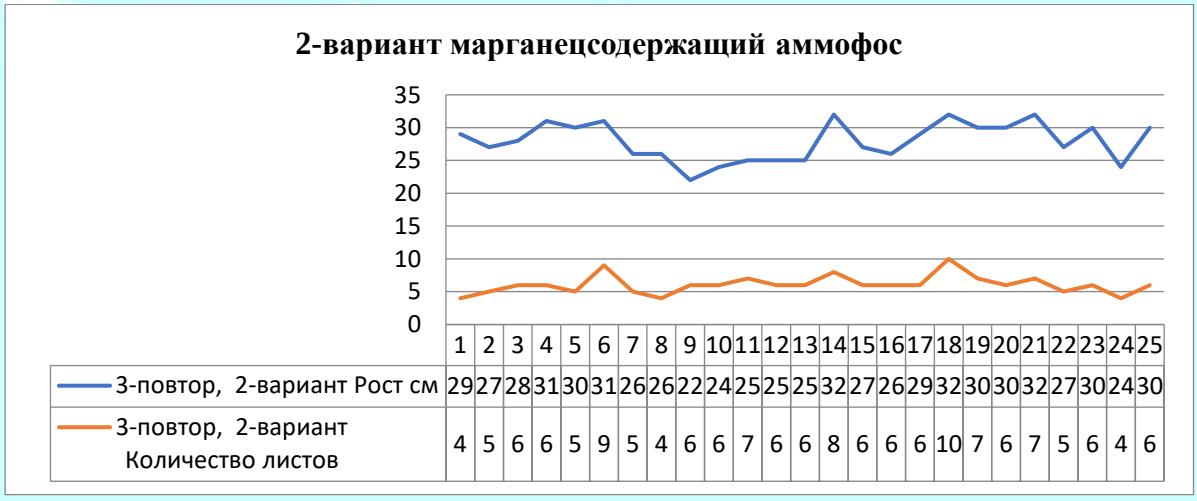



**Рис-6. 3-ий повтор 2-го варианта**


ISSN 3030-3907

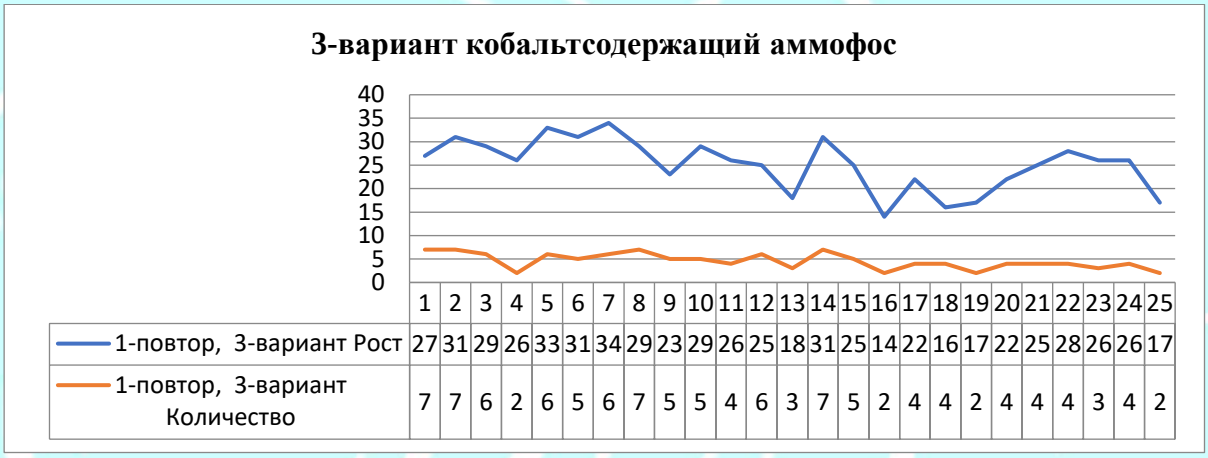



**Рис-7. 3-вариант кобальтсодержащий аммофос**

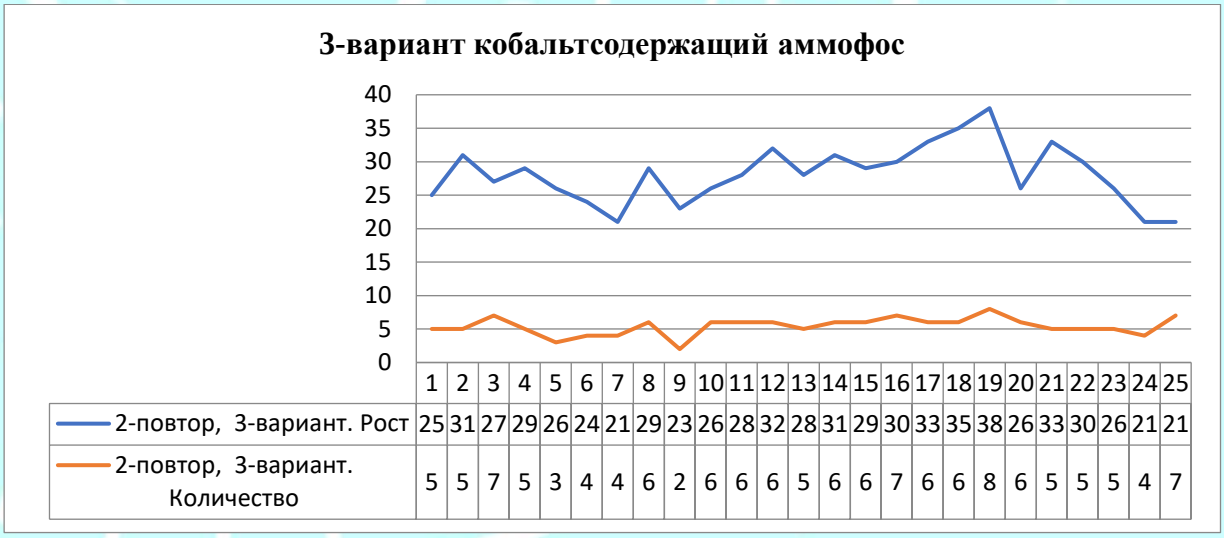



**Рис-8. 2-ой повтор 3-го варианта**

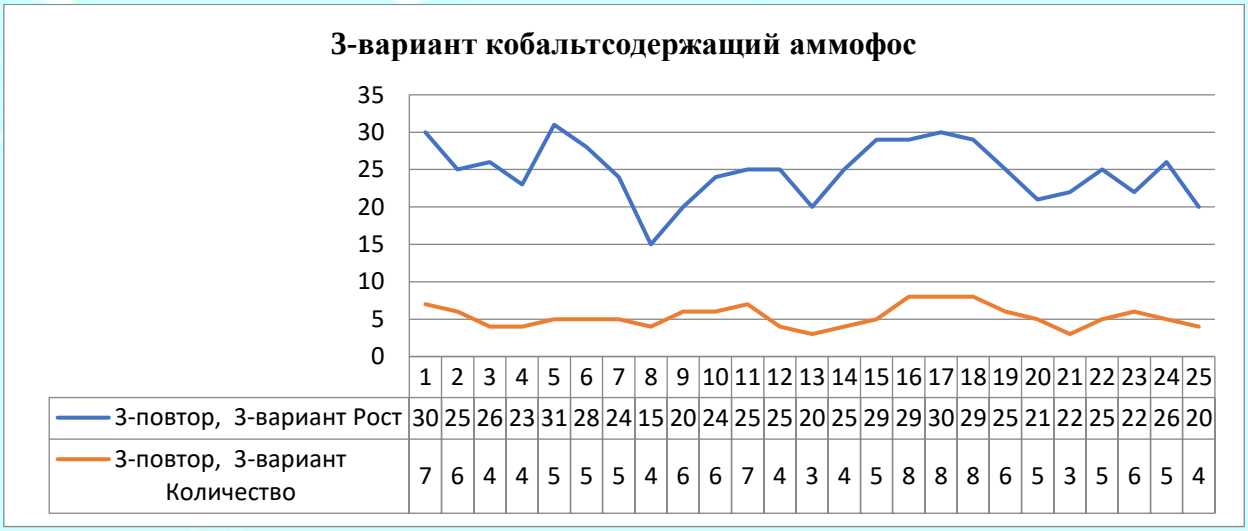



**Рис-9. 3-ий повтор 3-го контроля**



ISSN 3030-3907

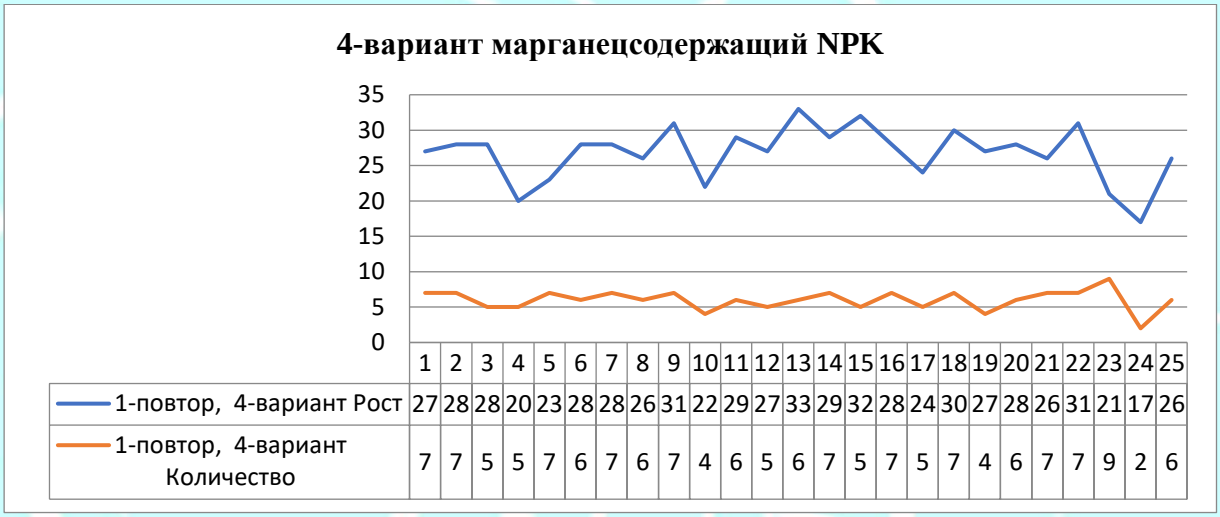



**Рис-10. 4-вариант марганецсодержащий NPK**

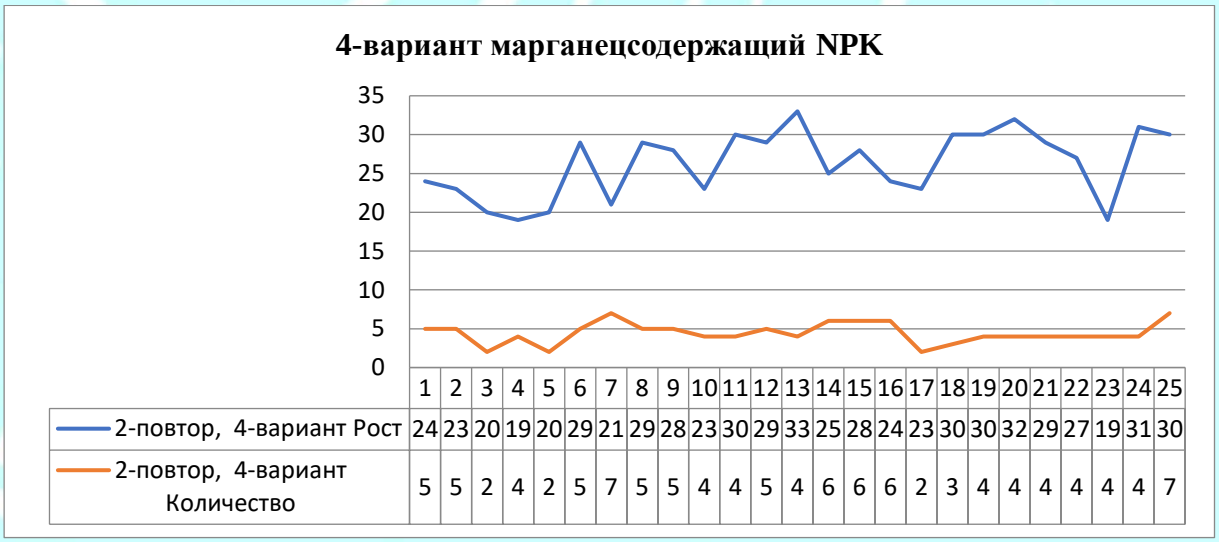



**Рис-11. 2-ой повтор 4-го варианта**

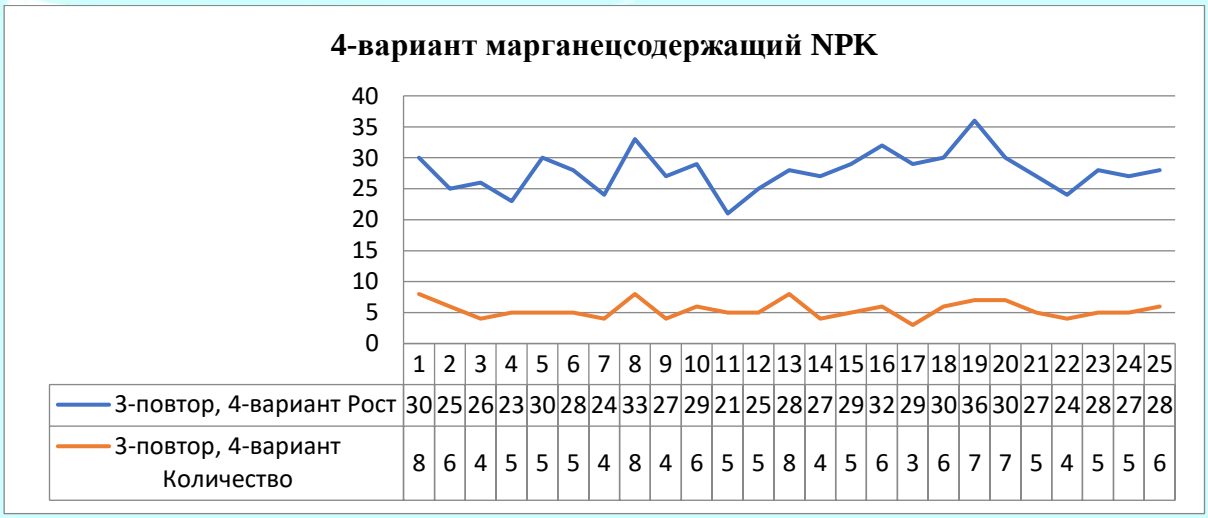
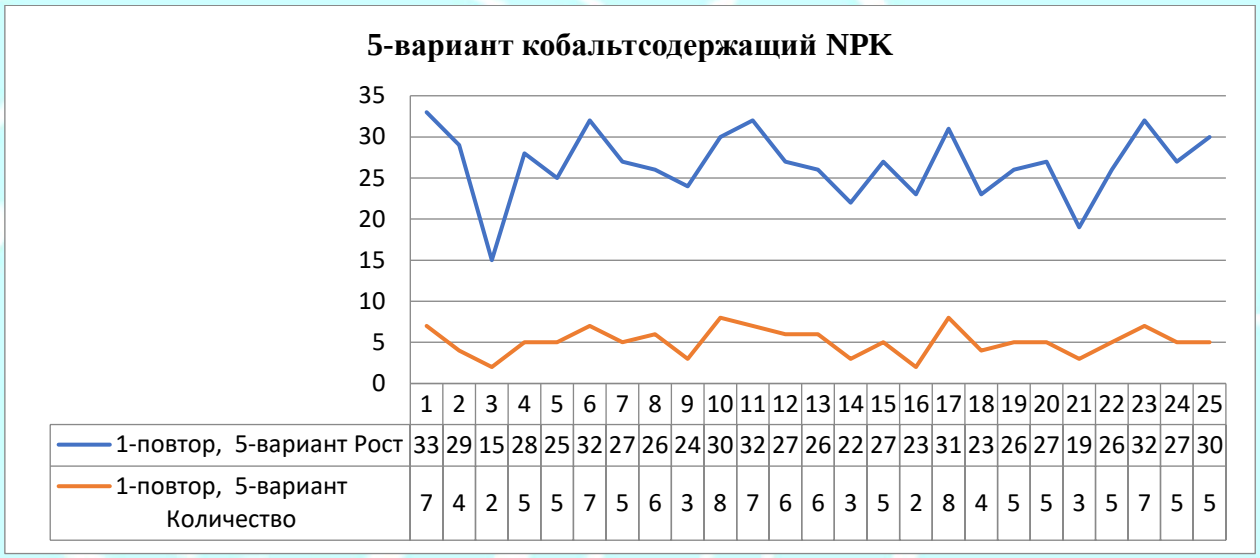


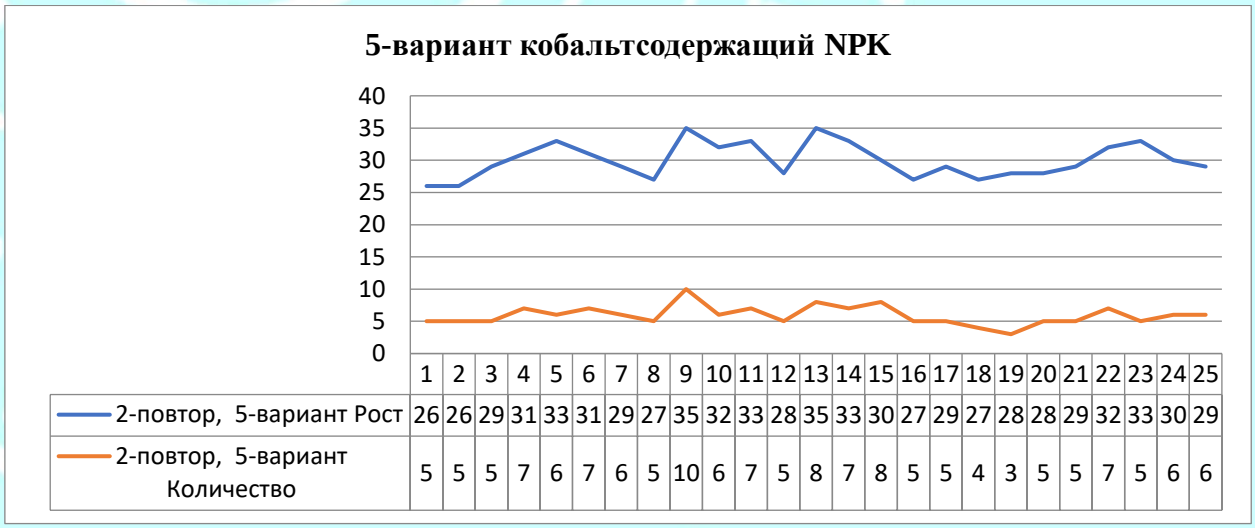

**Рис-12. 3-ий повтор 4-го варианта**


ISSN 3030-3907



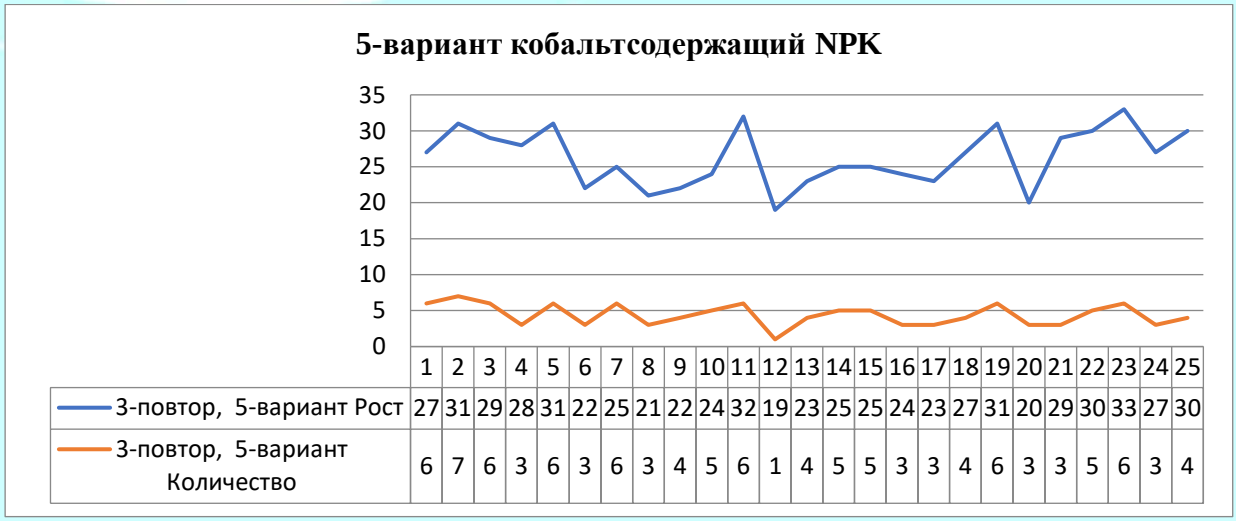

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-повтор, 5-вариант Рост | 33 | 29 | 15 | 28 | 25 | 32 | 27 | 26 | 24 | 30 | 32 | 27 | 26 | 22 | 27 | 23 | 31 | 23 | 26 | 27 | 19 | 26 | 32 | 27 | 30 |
| 1-повтор, 5-вариант Количество | 7 | 4 | 2 | 5 | 5 | 7 | 5 | 6 | 3 | 8 | 7 | 6 | 6 | 3 | 5 | 2 | 8 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 7 | 5 | 5 |

**Рис-13. 5-вариант кобальтсодержащий NPK**




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-повтор, 5-вариант Рост | 26 | 26 | 29 | 31 | 33 | 31 | 29 | 27 | 35 | 32 | 33 | 28 | 35 | 33 | 30 | 27 | 29 | 27 | 28 | 28 | 29 | 32 | 33 | 30 | 29 |
| 2-повтор, 5-вариант Количество | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 7 | 6 | 5 | 10 | 6 | 7 | 5 | 8 | 7 | 8 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 7 | 5 | 6 | 6 |

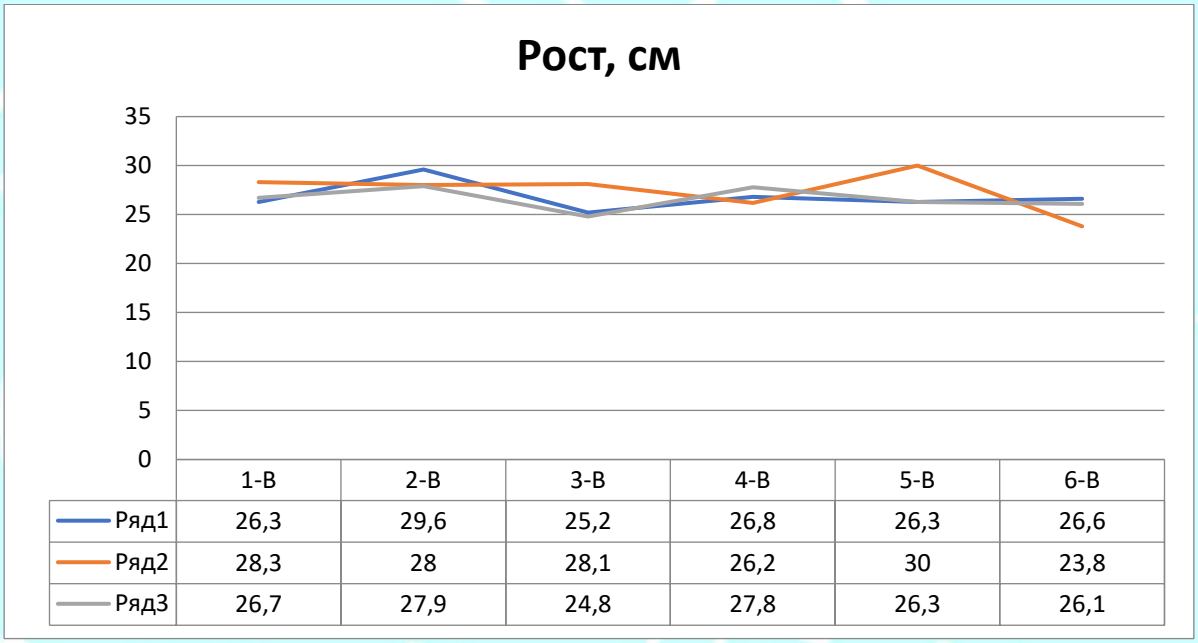
**Рис-14. 2-ой повтор 5-го варианта**




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3-повтор, 5-вариант Рост | 27 | 31 | 29 | 28 | 31 | 22 | 25 | 21 | 22 | 24 | 32 | 19 | 23 | 25 | 25 | 24 | 23 | 27 | 31 | 20 | 29 | 30 | 33 | 27 | 30 |
| 3-повтор, 5-вариант Количество | 6 | 7 | 6 | 3 | 6 | 3 | 6 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 6 | 3 | 3 | 5 | 6 | 3 | 4 |

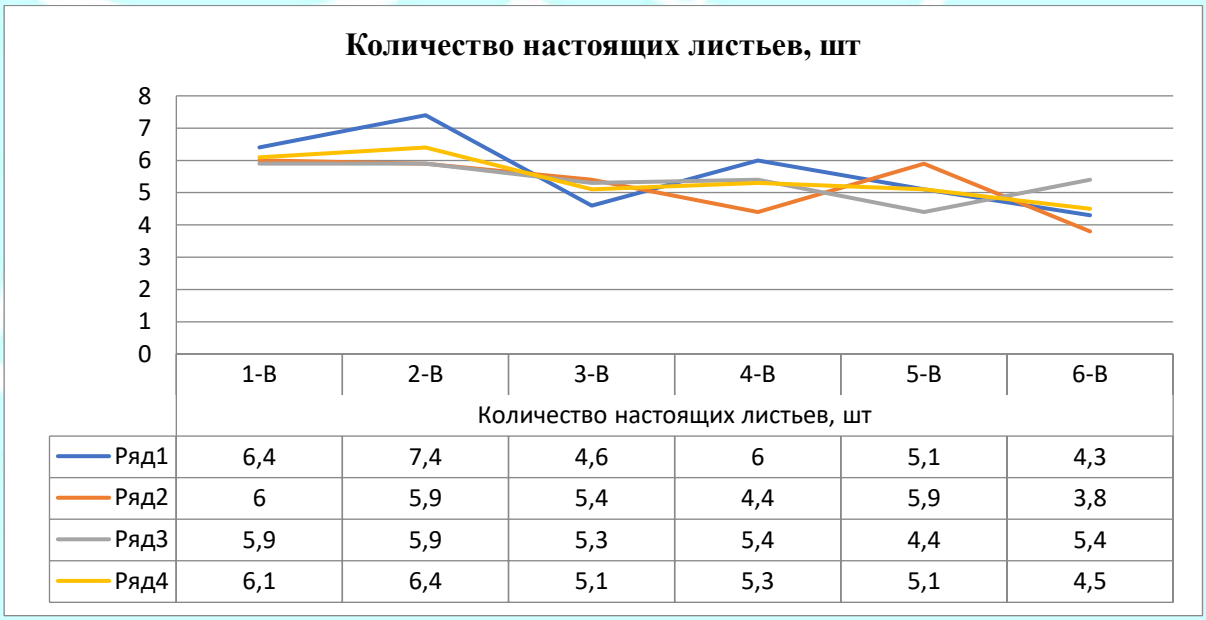
**Рис-15.3-ий повтор 5-го варианта**


ISSN 3030-3907




| | 1-В | 2-В | 3-В | 4-В | 5-В | 6-В |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ряд1 | 26,3 | 29,6 | 25,2 | 26,8 | 26,3 | 26,6 |
| Ряд2 | 28,3 | 28 | 28,1 | 26,2 | 30 | 23,8 |
| Ряд3 | 26,7 | 27,9 | 24,8 | 27,8 | 26,3 | 26,1 |

**Рис-16. Средний показатель вариантов:**




| | 1-В | 2-В | 3-В | 4-В | 5-В | 6-В |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Количество настоящих листьев, шт | | | | | |
| Ряд1 | 6,4 | 7,4 | 4,6 | 6 | 5,1 | 4,3 |
| Ряд2 | 6 | 5,9 | 5,4 | 4,4 | 5,9 | 3,8 |
| Ряд3 | 5,9 | 5,9 | 5,3 | 5,4 | 4,4 | 5,4 |
| Ряд4 | 6,1 | 6,4 | 5,1 | 5,3 | 5,1 | 4,5 |

**Рис-17. Средний показатель количества листьев**

Сравнение с результатами, полученными другими авторами, показывает, что при наличии оптимального обеспечения микроэлементами развитие хлопчатника происходит равномерно и без существенных отклонений.

## 4. Выводы

1. Проведённые фенологические наблюдения показали, что сорт хлопчатника «Бухоро 102» демонстрирует стабильную адаптацию к агроклиматическим условиям Наманганской области, проходя основные стадии вегетации в оптимальные сроки.

2. Агрохимический анализ почвенных образцов выявил, что содержание микроэлементов марганца и кобальта в верхнем горизонте почвы (0–20 см)


ISSN 3030-3907

находится у нижней границы обеспеченности, что может ограничивать рост и развитие растений без дополнительного внесения микроудобрений.

3. Внесение микроудобрений, содержащих марганец и кобальт, положительно повлияло на темпы роста хлопчатника, сократило сроки прохождения фенологических фаз и повысило устойчивость растений к неблагоприятным условиям.

4. Наиболее выраженный положительный эффект наблюдался при применении марганец- и кобальтсодержащих NPK-удобрений, что подтверждается равномерным развитием растений и улучшением показателей биомассы по сравнению с контрольными вариантами.

5. Полученные результаты подчёркивают необходимость проведения регулярного мониторинга микроэлементного состава почвы, особенно в регионах интенсивного земледелия, и рационального применения микроудобрений как важного агроприёма в технологии возделывания хлопчатника.

6. Данные исследования могут быть использованы для совершенствования агротехнических подходов и повышения урожайности хлопчатника за счёт сбалансированного питания растений микроэлементами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальков В. Ф. Почвоведение: Учебник для вузов / В. Ф Вальков, С. И. Колесников – Москва: ИКЦ «Март» , РнД, 2006 г., с 64-74.

2. Основы минерального питания растений и технологий применения удобрений. Н.Е. Самсонова. Учебное пособие. ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2021 г. – 256 с.

3. Исаев Б.М. Физиологические и агрохимические основы питания хлопчатника. Ташкент, Фан, 1979.-260 С.

4. Круглова Е.К., Алиева М.М., Кобзева Г.И., Попова Т.П., Микроэлементы в орашаемых почвах Узбекской ССР и применение микроудобрений.-Ташкент, Фан. 1984.-С.252.

5. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Научно-практические рекомендации Под общей редакцией профессора К.В. Коледы, доцента А.А. Дудука Гродно 2010

6. Журнал Научное обозрение. Биологические науки. 2017. № 3 С. 93-98 URL: https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1074 (дата обращения: 11.06.2025).

7. Технология управления активностью генов хлопчатника. [Электронный ресурс]: URL: http://economics.uzreport.uz/news_r_91701.html. (дата обращения: 15.04.2016).

8. https://www.shimadzu.de/index.html



ISSN 3030-3907

9. ГОСТ 26715-85. УДК 631.86 : 546.17.06 : 006.354.
10. ГОСТ EN 15477-2013. Межгосударственный стандарт удобрения определение содержания водорастворимого калия. Дата введения 2015-01-01.
11. ГОСТ 20851.2-75 (ИСО 5316-77, ИСО 6598-85, ИСО 7497-84). Методы определения фосфатов. 01.01.76 г.
12. Ўзбекистон республикаси қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги, Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги илмий-ишлаб чиқариш маркази, ўзбекистон пахтачилик илмий-тадқиқот институти. Дала тажрибаларини ўтказиш услублари. Тошкент – 2007.


ISSN 3030-3907

# SUVNING KIMYO SANOATIDAGI O‘RNI VA AHAMIYATI

**Tsukanov M.N.**

***Buxoro davlat texnika universiteti t.f.f.d, “Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi dotsenti,***

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada suvning kimyo sanoatidagi o‘rni, ahamiyati va undan foydalanish yo‘nalishlari haqida so‘z yuritiladi. Suvning fizik va kimyoviy xossalari, uni tozalash, qayta ishlash va sanoat jarayonlarida qo‘llash usullari tahlil qilinadi. Shuningdek, ekologik xavfsizlik va suv resurslaridan samarali foydalanish masalalari yoritiladi.

**Kalit so‘zlar:** suv, kimyo sanoati, tozalash, texnologiya, ekologiya, energetika, qayta ishlash.

**Аннотация.** В статье рассматривается роль, значение и направления использования воды в химической промышленности. Проанализированы физические и химические свойства воды, методы её очистки, переработки и применения в промышленных процессах. Также освещены вопросы экологической безопасности и рационального использования водных ресурсов.

**Ключевые слова:** вода, химическая промышленность, очистка, технология, экология, энергетика, переработка.

**Abstract.** This article discusses the role, importance, and applications of water in the chemical industry. It analyzes the physical and chemical properties of water, its purification, recycling, and technological uses in industrial processes. The article also highlights issues of environmental safety and efficient water resource management.

**Keywords:** water, chemical industry, purification, technology, ecology, energy, recycling.

## Kirish

Suv insoniyat hayotining ajralmas qismi bo‘lish bilan birga, kimyo sanoatida ham eng muhim xom ashyo va erituvchi hisoblanadi. Ko‘pgina kimyoviy jarayonlar suv ishtirokida kechadi, chunki suv universal erituvchi sifatida moddalar orasidagi reaksiyalarni tezlashtiradi.

Zamonaviy kimyo sanoatida suvdan nafaqat erituvchi sifatida, balki issiqlik tashuvchi, katalitik muhit va energetik resurs sifatida ham foydalaniladi. Suv resurslaridan oqilona foydalanish va ularni qayta ishlash ekologik barqarorlikning asosiy shartidir.

## Maqsad va vazifalar

Maqolaning asosiy maqsadi — suvning kimyo sanoatidagi o‘rnini chuqur tahlil qilish, uni samarali ishlatish va tozalash texnologiyalarini o‘rganishdir.

**Vazifalar:**

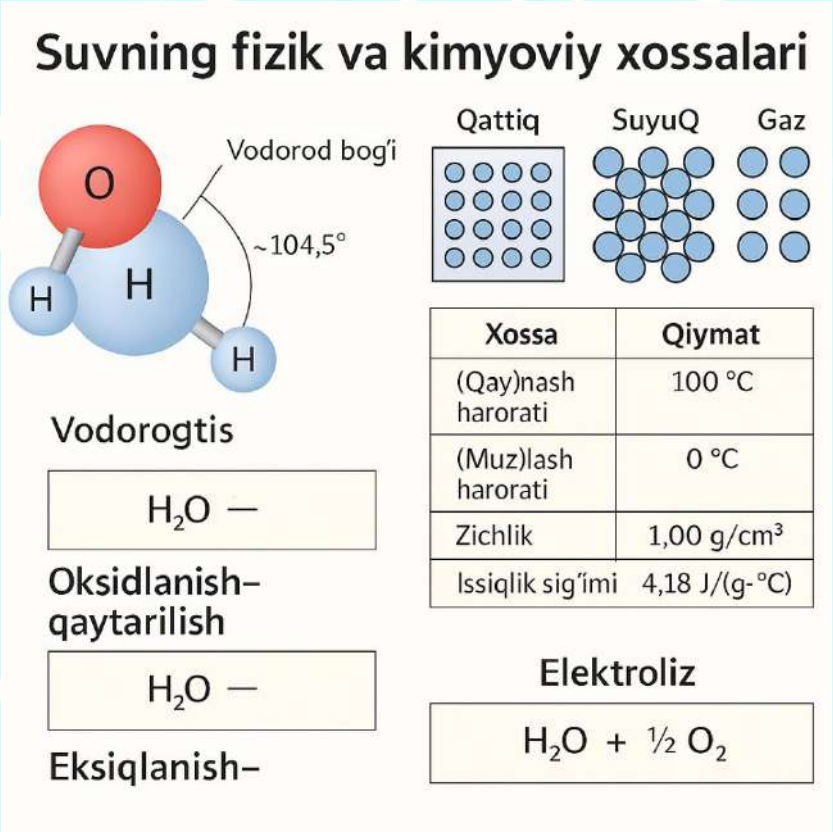


ISSN 3030-3907

1. Suvning fizik-kimyoviy xossalarini o‘rganish;
2. Sanoat jarayonlarida suvdan foydalanish turlari va texnologiyalarini tahlil qilish;
3. Suvni tozalash va qayta ishlashning zamonaviy usullarini ko‘rsatish;
4. Ekologik xavfsizlikni ta’minlash va suv resurslarini tejash masalalarini yoritish.

**1. Suvning fizik va kimyoviy xossalari**

Suv ($H_2O$) oddiy, lekin o‘ziga xos xossalarga ega bo‘lgan modda. U 0°C da muzlaydi va 100°C da qaynaydi, lekin bu ko‘rsatkichlar bosimga qarab o‘zgaradi. Suvning yuqori issiqlik sig‘imi uni ideal issiqlik tashuvchi qiladi. U ko‘pgina moddalarning yaxshi erituvchisi bo‘lib, ionli va qutbli moddalarni oson eritadi. Suv molekulalari orasidagi vodorod bog‘lari tufayli u o‘ziga xos sirt tarangligiga ega.



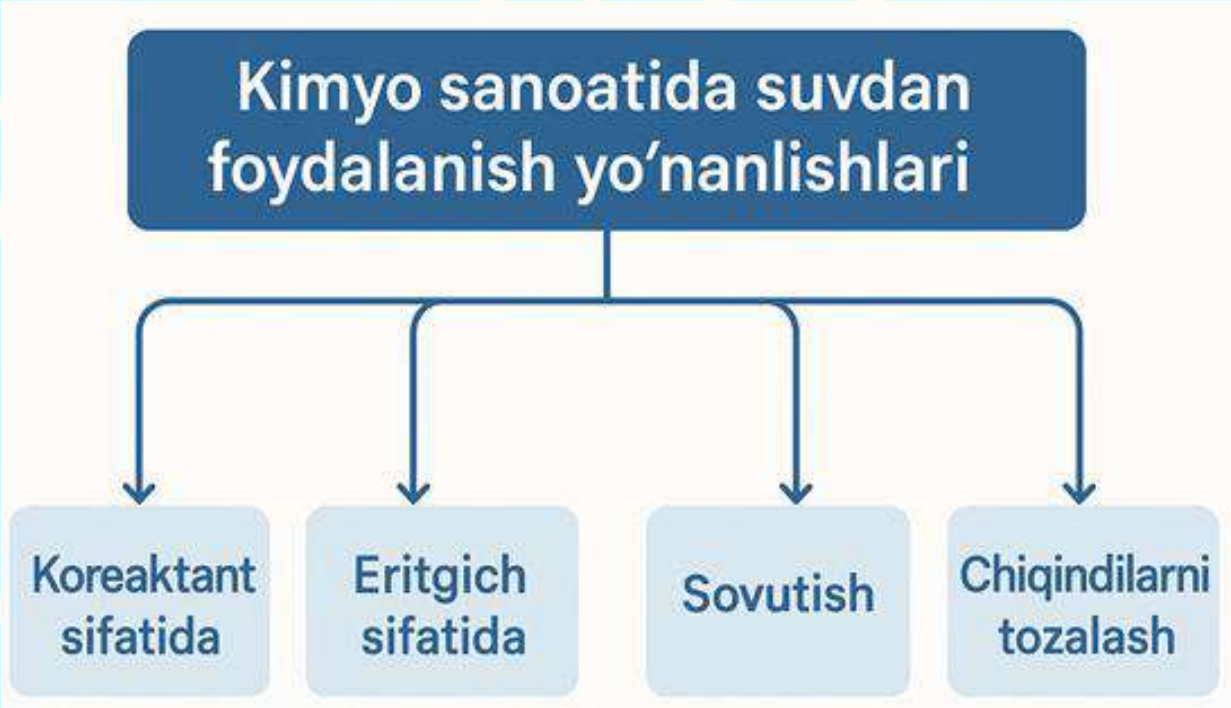

**2. Kimyo sanoatida suvdan foydalanish yo‘nalishlari**

Kimyo sanoatida suvdan quyidagi yo‘nalishlarda foydalaniladi:

- Erituvchi sifatida (reaksiyalarni o‘tkazish uchun);
- Sovutuvchi suyuqlik sifatida (reaktorlar va issiqlik almashinuvi tizimlarida);
- Texnologik jarayonlarda (distillyatsiya, ekstraksiya, kristallizatsiya va boshqalar);
- Yuvish va regeneratsiya jarayonlarida;
- Bug‘ va energiya ishlab chiqarishda.

Sanoat korxonalarining samarali ishlashi suvning sifatiga va uzluksiz ta’minlanishiga bog‘liqdir.


ISSN 3030-3907

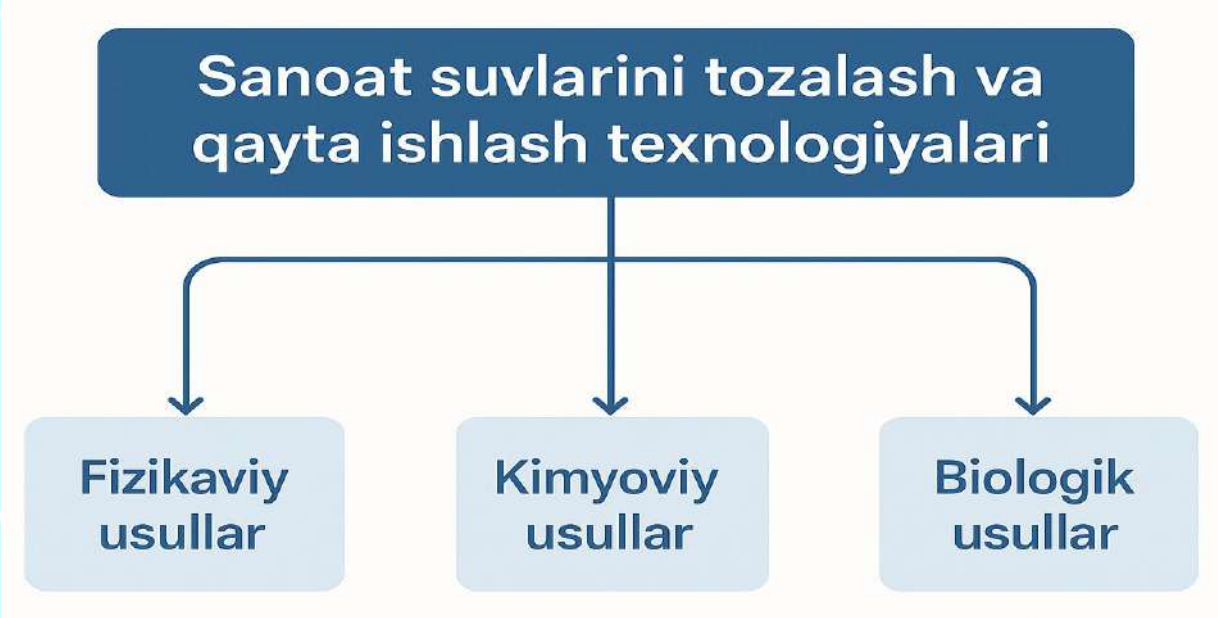



**3. Sanoat suvlarini tozalash va qayta ishlash texnologiyalari**

Kimyo sanoatida hosil bo‘ladigan chiqindi suvlar turli xil ifloslanishlarga ega bo‘ladi. Ularni tozalash uchun quyidagi texnologiyalar qo‘llaniladi:

- **Mexanik tozalash:** filtrlash, cho‘ktirish;
- **Kimyoviy tozalash:** neytrallash, oksidlash, koagulyatsiya;
- **Biologik tozalash:** mikroorganizmlar yordamida organik moddalarni parchalash;
- **Membranali usullar:** ultrafiltratsiya, nanofiltratsiya, teskari osmos;
- **Adsorbsiya va ion-almashinish:** og‘ir metall ionlarini yutish va zararsizlantirish.

Ushbu usullar kombinatsiyasi yordamida chiqindi suvlarni qayta foydalanish imkoniyati yaratiladi.




**4. Ekologik va energiya samaradorlik jihatlari**


ISSN 3030-3907

Suvni tejash va chiqindilarni kamaytirish ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Kimyo sanoatida “nol chiqindi” tamoyiliga asoslangan suv aylanish tizimlari joriy etilmoqda.

Shuningdek, energiya tejovchi texnologiyalar (issiqlik almashinuvi rekuperatorlari, suvni qayta aylantirish tizimlari) ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi va barqaror rivojlanishga hissa qo‘shadi.




**Xulosa**

Suv kimyo sanoatining ajralmas qismi bo‘lib, har bir texnologik bosqichda ishtirok etadi. Uning to‘g‘ri ishlatilishi ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi va ekologik muvozanatni saqlaydi.

Kelajakda suv resurslaridan oqilona foydalanish, chiqindi suvlarni qayta ishlash va energiya samarador tizimlarni joriy etish kimyo sanoatining barqaror rivojlanishining asosiy yo‘nalishlaridan biri bo‘ladi.





ISSN 3030-3907

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mamatov B. va boshq. *Kimyo sanoatida suv resurslaridan foydalanish.* – Toshkent: Fan, 2020.
2. Karimov A. *Suvni tozalash texnologiyalari.* – Buxoro: TexnoPress, 2022.
3. Nazarov S., Karimova L. *Kimyo sanoatida ekologik xavfsizlik.* – Toshkent, 2023.
4. Li J., Wang Y. *Industrial Water Treatment in Chemical Processes. – Journal of Chemical Engineering*, 2021, Vol. 19, P. 45–56.
5. Petrova E., Ivanov D. *Water Reuse Technologies in the Petrochemical Industry. – Chemical Engineering Journal*, 2020, Vol. 387, P. 124–132.
6. Karimova L., Omonov U. *Kimyo sanoatida suvni qayta ishlashning samarali usullari. – O‘zbekiston Kimyo Jurnali*, 2024, №2, B. 15–21.


ISSN 3030-3907

УДК 669.712.2:666.948.4

# АНАЛИЗ ПО ПРИГОДНОСТИ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПРИАРАЛЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗВЕСТКОВО-КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ВЯЖУЩИХ

**Рузметова А.Ш.**
*Ургенчский государственный университет им. Абу Райхана Беруни*
*E-mail: aida0330@list.ru*
**Исмаилова М.К.**
*Ургенчский государственный университет им. Абу Райхана Беруни*

**Аннотация.** В статье приведены возможности получения известково-кремнеземистых вяжущих материалов, а также сырьевые ресурсы используемые для их получения. Исследованы химические анализы известняка Северо-Джамансайского месторождения, кварцевого песка месторождения Янгиарык и порфирита месторождения Джумуртау.

**Ключевые слова:** вяжущие, химический анализ, известняк, кварцевый песок, порфирит

**Аннотация**. Мақолада охак-кремнезёмли боғловчи материаллар олиш имконияти ва уни олишда қўлланиладиган хомашё ресурслари келтирилган. Шимолий Джамансой кони оҳактошининг, Янгиариқ кони кварц қумининг ва Джумуртау кони порфиритининг кимёвий таҳлиллари тадқиқ қилинган.

**Калит сўзлар:** боғловчилар, кимёвий таҳлил, оҳактош, кварц қуми, порфирит

**Annotation**. The article presents the possibilities of obtaining lime-silica binders, as well as the raw materials used to produce them. Chemical analyses of limestone from the Severo-Jamansai deposit, quartz sand from the Yangiaryk deposit, and porphyrite from the Dzhumurtau deposit have been studied.

**Keywords**: binders, chemical analysis, limestone, quartz sand, porphyrite

**Введение.**

Одной из важнейших задач современной промышленности строительных материалов является развитие отечественного производства высокоэффективных строительных материалов, среди которых важное место занимают вяжущие материалы [1], а также разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий [2]. Современная строительная индустрия невозможна без применения вяжущих веществ, которые используют для получения большинства искусственных строительных материалов.

Одно из перспективных направлений в этой области - производство строительных материалов и изделий на основе мало-и бесклинкерных вяжущих веществ с использованием местного природного сырья и отходов промышленности, в частности известково-кремнеземистых вяжущих.



ISSN 3030-3907

В настоящее время в Узбекистане строительные материалы изготавливаются по технологии, основанной на приготовлении известково-кремнеземистого вяжущего (ИКВ). Известково-кремнеземистые вяжущие представляют собой смесь известкового компонента с тонкодисперсным кремнеземом. Основными характеристиками данного вяжущего являются содержание активных CaO+MgO и дисперсность [3]. Однако вещественный состав вяжущего зависит напрямую от качества или активности извести, использованной в изготовлении вяжущего, и количества молотого песка. Все это отражается на составе и свойствах формовочной смеси, ее прессуемости, качестве конечного продукта. Вещественный состав ИКВ представлен известью кипелкой, известняком, известью-пушонкой, молотым песком. Изменение основного параметра – активности вяжущего зависит напрямую от количества вводимого при помоле песка или от количества молотого песка, получаемого в вяжущем [4]. Известково-кремнеземистые вяжущие получают двумя путями: совместным помолом комовой воздушной или гидравлической извести с кремнеземистой добавкой в определенном соотношении, либо тщательным смешением предварительно размолотых компонентов [5]. Применяются эти цементы для кладочных и штукатурных растворов в тех частях зданий, которые не подвергаются высыханию. Используются также для производства легкобетонных камней с автоклавной обработкой при изготовлении. Не рекомендуются использовать для железобетона.

**Целью работы** является изучение минерально-техногенных сырьевых ресурсов Приаральского региона для получения известково-кремнеземистого вяжущего.

**Методы исследования.** Исследования проводились в Ургенчском государственном университете, в центре передовых технологий при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан, а также опытно-промышленные испытания велись на предприятии ООО “Smart up starts”. Для изучения химического состава сырья использовались современные методы и приборы аналитической химии. В частности, химический состав сырья осуществлялся на основе методов, приведенных в источнике [6]. Количество $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$ в сырье с точностью ±0,08% определялось по ГОСТ 5382-2019 [7]. Разделение сырья по зернистости с помощью сит ГОСТ 12536-2019 [8; 9] был определен соответственно.

**Результаты и их обсуждения.** Наши исследования посвящены получению известково-кремнеземистых вяжущих материалов, как правило, представляющие собой тонкоизмельченные порошки, состоящие из


ISSN 3030-3907

гидравлически активного компонента, а также доступного природного сырья или промышленных отходов и побочных природных продуктов в качестве активных минеральных добавок [10-16].

В качестве объектов исследования для получения известково-кремнеземистого вяжущего нами выбраны известняк месторождения Северный Джамансай, кварцевый песок месторождения Янгиарык, в качестве пластификатора карбонатсодержащая добавка – техногенный отход Кунградского содового завода и в качестве минеральной добавки - порфирит.

По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых Республики Узбекистан Северо-Джамансайское месторождение известняка находится в 20 километрах от Юго-Востока железнодорожной станции Султануиздак района Беруний. По разведочным данным минерально-сырьевых ресурсов Республики Каракалпакстан состояние запасов известняка по С категории составляет 72 386,0 тонн [17]. В нижеследующей таблице 1 приведен химический состав исходного известняка месторождения Северный Джамансай.

**Таблица 1**

**Химический состав известняка Северо-Джамансайского месторождения**

| Наименование сырья | Содержание оксидов, масс.% | | | | | | ППП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $SO_3$ | |
| Известняк Северо-Джамансайского месторождения | 0,36 | 0,31 | 0,16 | 56,50 | 0,44 | 0,21 | 42,02 |

Химический состав пробы отобранного из месторождения, очень близок к используемым в промышленности известнякам, а по некоторым параметрам превосходит их.

По результатам анализа среднее количество CaO в известняке составляет 56,50 %, что свидетельствует о том, что этот известняк высокого качества, также видно, что содержание MgO в известняке не слишком велик -0,44. Содержание $SO_3$ в известняке незначительно. Содержание вредных примесей ($SiO_2$+$Fe_2O_3$) составляет 0,36 и 0,16% соответственно, что свидетельствует о пригодности сырья для производства известково-кремнеземистых вяжущих материалов.

В качестве кремнеземистого материала нами выбран кварц полевошпатовый песок Янгиарыкского месторождения. Кварц полевошпатовые пески Янгиарыкского месторождения находятся на территории Хорезмской области к юго-западу села Баят. Янгиарыкское


ISSN 3030-3907

месторождение относится к месторождениям эолового происхождения и представлен барханами и залежами линзообразной формы. Сложены тонкозернистым, хорошо отсортированным песком без крупных включений. Характерно присутствие значительной примеси глинистого материала. Также данный песок месторождения Янгиарык по группировке месторождений по сложности геологического строения для целей разведки относится ко 2 группе и ориентировочный запас кварцевого песка составляет около 35 млн. тонн [18;19]. В таблице 2 представлен химический состав кварцевого песка Янгиарыкского месторождения. Для анализа образцы отобраны из 3,5,7 и 10 метров глубин месторождения.

**Таблица 2**

**Химический состав кварцевого песка Янгиарыкского месторождения**

| Образцы | Содержание оксидов, масс.% | | | | | | | | | ппп |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $TiO_2$ | $SO_3$ | |
| 1 | 86,54 | 2,78 | 1,60 | 1,50 | 0,32 | 1,72 | 1,91 | 0,02 | 0,50 | 3,11 |
| 2 | 86,29 | 2,61 | 1,42 | 1,16 | 0,10 | 1,26 | 2,11 | 0,07 | 0,82 | 4,16 |
| 3 | 86,18 | 2,74 | 0,96 | 1,77 | 0,27 | 1,24 | 1,86 | 0,09 | 0,66 | 4,23 |
| 4 | 87,76 | 1,91 | 1,28 | 1,68 | 0,23 | 1,20 | 1,94 | 0,04 | 0,20 | 3,76 |
| 5 | 85,59 | 3,14 | 1,24 | 1,08 | 0,22 | 1,24 | 1,77 | 0,04 | 0,16 | 5,52 |
| 6 | 82,14 | 3,31 | 1,19 | 1,16 | 0,18 | 1,27 | 1,88 | 0,01 | 0,10 | 8,76 |
| 7 | 86,29 | 2,64 | 1,16 | 1,12 | 0,30 | 1,29 | 1,72 | 0,08 | - | 5,40 |
| 8 | 87,76 | 2,00 | 1,20 | 1,56 | 0,14 | 1,20 | 1,62 | 0,01 | - | 4,51 |
| средний | 86,06 | 2,64 | 1,25 | 1,37 | 0,22 | 1,30 | 1,85 | 0,04 | 0,40 | 4,93 |

По данным таблицы, видно, что присутствие в составе песка оксидов $Al_2O_3$, CaO, $K_2O$ и $Na_2O$ свидетельствует о наличие минералов группы полевого шпата.

В качестве карбонат содержащего материала выбран техногенный отход процесса измельчения известняка (фракции размером ≥50 мм) ООО СП "Кунградский содовый завод", находящийся в Кунградском районе поселка Елабад Республики Каракалпакстан. Химический состав практический не отличается от химического состава известняка Джамансайкого месторождения.

В качестве добавки выбран порфирит месторождения Джумуртау. Месторождения порфиритов участка «Джумуртау -2» находится в 1 км от северо-запада посёлка Джумуртау Амударьинского района Каракалпакстана.

Порфирит – палеотипная эффузивная магматическая порода, не имеющая в своем составе кварца. Наряду с андезитом порфирит является эффузивным аналогом диорита, отличающийся от него строением и условиями образования, а от андезита – по степени разрушенности [20].



ISSN 3030-3907

Химический состав $SiO_2$ 54-66 %, $Al_2O_3$ 14-19%, $Fe_2O_3$ 8-12,5%, CaO 3,5-10,5% и др.

**Заключение.**

Таким образом, исследование сырьевых ресурсов Приаральского региона с целью получения известково-кремнеземистых вяжущих, показали, что все изученные сырьевые компоненты соответствуют нормам получения известково-кремнеземистых вяжущих для легких бетонов теплоизоляционного назначения соответствующий ГОСТ 5767-20 "Изделия известково-кремнеземистые" распространяется на теплоизоляционные изделия, изготовленные из смеси извести, кремнеземистого материала (например, диатомита, трепела, кварцевого песка) подвергаемые автоклавной обработке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мухаметрахимов Р.Х, Изотов В.С. Влияние активных минеральных добавок на гидратацию вяжущего и физико-механические свойства фиброцементных плит// Известия КазГАСУ, 2011, № 2 (16), С. 213-217
2. Урханова Л.А., Содномов А.Э., Костромин Н.Н. Пути повышения эффективности строительных материалов на основе активных вяжущих веществ // Строительные материалы, 2006, №1. – С. 34-35
3. Кузнецова Г.В. Оптимизация расчетов составов известково-песчаной смеси для формования силикатного кирпича // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 20–24.
4. Кузнецова Г.В. Особенности помола известково-кремнеземистого вяжущего в производстве силикатных материалов // Строительные материалы. 2011. № 9. С.14–17.
5. Патент РФ. Барбанягрэ Владимир Дмитриевич /Известково-кремнеземистое вяжущее, способ приготовления известково-кремнеземистого вяжущего и способ приготовления силикатной смеси на основе известково-кремнеземистого вяжущего для прессованных изделий автоклавного твердения. № RU 2303013, МПК C04B28/20, Номер заявки 2006128544/03, Дата подачи заявки 04.08.2006. Опубликовано 20.07.2007.
6. Вакалова Т.В., Гурина В.Н., Ревва И.Б., Горбатенко В.В./ Химический анализ силикатных материалов// Методические указания к лабораторному практикуму. Томск 2007. С.28.
7. ГОСТ 5382-2019. Межгосударственный стандарт. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. М.: Стандартинформ, 2019, 252 с.



ISSN 3030-3907

8. ГОСТ 12536-2019 Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2019-12 с.
9. Алов Н.В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. В 2-х т. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 768 с.
10. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. 2013. № 6. ч.3. С. 525-529.
11. Ходыкин Е.И., Фомина Е.В., Николаенко М.С., Лебедев М.С. Рациональные области использования сырья угольных разрезов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 125-128.
12. Кадышев Н.Д., Кожухова Н.И. Перспективы использования доменных гранулированных шлаков при производстве эффективных бесцементных вяжущих // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозный: ГГНТУ, 2015. С. 139-143.
13. Фомина Е.В., Кудеярова Н.П., Тюкавкина В.В. Активация гидратации композиционного вяжущего на основе техногенного сырья // Строительные материалы. 2015. № 12. С. 61-64
14. Лебедев М.С., Жерновский И.В., Фомина Е.В., Фомин А.Е. Особенности использования глинистых пород при производстве строительных материалов. 2015. № 9. С. 67.
15. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 29-32.
16. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrucken, 2015. С. 84.
17. Минерально-сырьевые ресурсы Республики Каракалпакстан по данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых Республики Узбекистан (состояние на 01.01.2019г.) https://uzsm.uz/upload/medialibrary/691/691251aae3988b501c4f1af6e92e1b29.pdf
18. Шаякубов Т.Ш. Временная инструкция по применению классификации запасов к месторождениям песка и гравия [зарегистрирована министерством


ISSN 3030-3907

юстиции республики Узбекистан от 15 декабря 1996 г. регистрационный № 292].

19. Бабаев З.К. Анализ минералого-геохимического состава кварцевых песков Янгиарыкского месторождения. Горный вестник Узбекистана. 2005. №2.с 104-105.

20. Khadzhiev, A., Atabaev, F., Jumaniyozov, A., Yakubov, Y. Study on pozzolanic activity of porphyrites of the Karatau deposit// E3S Web of ConferencesThis link is disabled., 2024, 563, 02029



ISSN 3030-3907

# VEB-ILOVANING XAVFSIZLIK TAHLILI UCHUN MINIMAL GRAFIK MODEL KOMPONENTLARI

**Matyoqubov Og‘abek Bahrombek o‘g‘li**
*Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti*
*Urgench, Uzbekistan*
*E-mail: oqabekbahrombekogli@gmail.com*

**Annotatsiya.** Maqolada veb-ilovani minimal grafik modeli ko‘rinishida tasvirlash yondashuvi ko‘rib chiqiladi. Bu yerda tugunlar tizimning asosiy komponentlarini, yo‘nalishlar (qirralar) esa ular orasidagi bog‘liqlik va aloqalarni ifodalaydi. Bunday tasvirlash usuli ilovaning xavfsizlik tuzilmasini tahlil qilish, potensial zaifliklar va muhim tugunlarni aniqlash imkonini beradi. Taklif etilgan metod amaliy qo‘llanishga yo‘naltirilgan bo‘lib, bog‘liqliklarni tahlil qilish, arxitekturani vizuallashtirish va axborot xavfsizligi xavflarini baholash kabi vazifalarda qo‘llanishi mumkin.

**Kalit so‘zlar.** Veb-ilova xavfsizligi, komponentlar grafigi modeli, zaifliklarni tahlil qilish, bog‘liqliklar tahlili, xavf baholash, dasturiy arxitektura, graf nazariyasi, markaziylik ko‘rsatkichlari, CVSS reyting tizimi, ko‘p bosqichli himoya.

**Annotation**. The article examines the approach of describing a web application in the form of a minimal graphical model. Where the nodes represent the main components of the system, and the directions (edges) represent the connections and connections between them. Such a method of imaging allows you to analyze the security structure of the application, identify potential vulnerabilities and critical nodes.nnotation. The article examines the approach of describing a web application in the form of a minimal graphical model. Where the nodes represent the main components of the system, and the directions (edges) represent the connections and connections between them. Such a method of imaging allows you to analyze the security structure of the application, identify potential vulnerabilities and critical nodes. The proposed method is focused on practical application and can be used in tasks such as dependency analysis, architecture visualization, and information security risk assessment.

**Keywords**. Web application security, component graph model, vulnerability analysis, dependencies analysis, risk assessment, software architecture, graph theory, centrality indicators, CVSS rating system, multistage protection.

**Аннотация**. В статье рассматривается подход к изображению веб-приложения в виде минимальной графической модели. Здесь узлы представляют основные компоненты системы, а направления (ребра) представляют связи и связи между ними. Такой метод визуализации позволяет анализировать структуру безопасности приложения, выявлять потенциальные уязвимости и критические узлы.ннотация. В статье

рассматривается подход к изображению веб-приложения в виде минимальной графической модели. Здесь узлы представляют основные компоненты системы, а направления (ребра) представляют связи и связи между ними. Такой метод визуализации позволяет анализировать структуру безопасности приложения, выявлять потенциальные уязвимости и критические узлы. Предлагаемый метод ориентирован на практическое применение и может быть использован в таких задачах, как анализ зависимостей, визуализация архитектуры и оценка рисков информационной безопасности.

**Ключевые слова.** Безопасность веб-приложений, модель компонентного графа, анализ уязвимостей, анализ зависимостей, оценка рисков, архитектура программного обеспечения, теория графов, показатели центрированности, рейтинговая система CVSS, многоуровневая защита.

**Kirish**

Zamonaviy veb-ilovalar o‘zaro bog‘langan modullar, kutubxonalar va xizmatlar majmuasiga asoslanadi. Bunday ko‘p qatlamli arxitektura funksionallikni oshiradi, biroq xavfsizlik nazoratini murakkablashtiradi. Ko‘pchilik zaifliklar bog‘liqliklarning noaniqligi va aloqalar modelining yo‘qligi sababli yuzaga keladi. Arxitektura tahlilining samarali usullaridan biri — ilovani graf ko‘rinishida ifodalashdir, bunda har bir tugun komponentni, har bir qirra (aloqa) esa ular orasidagi o‘zaro ta’sirni bildiradi. Ushbu maqolada bunday bog‘liqliklarni vizuallashtirish va tahlil qilishni soddalashtiruvchi minimal grafik model taklif etiladi.

Veb-ilovani grafik ko‘rinishda tasvirlash uning arxitekturasi va komponentlar o‘rtasidagi o‘zaro aloqalarni tahlil qilish uchun samarali vosita hisoblanadi. An’anaviy dastur kodi tahlilidan farqli ravishda, grafik model tizimni tuzilmaviy darajada idrok etish imkonini beradi — bu yerda asosiy e’tibor bajarilish tafsilotlariga emas, balki ilova qismlari orasidagi bog‘liqliklarga qaratiladi.

Zamonaviy veb-ilovalar ko‘plab elementlardan tashkil topgan: mijoz interfeysi (frontend), server mantiği (backend yoki API), ma’lumotlarni qayta ishlash tizimlari, autentifikatsiya modullari, ma’lumot saqlash tizimlari va tashqi xizmatlar. Ushbu elementlar murakkab bog‘liqlik tarmog‘ini hosil qiladi, bunda bitta komponentdagi o‘zgarish boshqalarning barqarorligi va xavfsizligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu murakkablikni boshqarish uchun grafik model qo‘llaniladi, bunda tugunlar (nodes) tizim komponentlarini, qirralar (edges) esa ular orasidagi aloqalar va ma’lumot oqimlarini ifodalaydi.

Bunday yondashuv ilova arxitekturasini yo‘nalgan graf (directed graph) sifatida o‘rganish imkonini beradi, bunda qirralar yo‘nalishi chaqiruvlar yoki



ISSN 3030-3907

bog‘liqliklar yo‘nalishini ko‘rsatadi. Masalan, frontend — REST API bilan bog‘lanadi, u esa o‘z navbatida ma’lumotlar bazasi bilan o‘zaro aloqada bo‘ladi. Har bir bunday o‘zaro ta’sir xavfsizlikka tahdid soluvchi potentsial xatolarga sabab bo‘lishi mumkin — masalan, ma’lumot uzatishdagi zaifliklar yoki autentifikatsiya mexanizmlaridagi xatolar.

Mazkur ishda taklif etilayotgan minimal grafik model faqat asosiy yuqori darajadagi komponentlarni (frontend, API, xizmatlar, ma’lumotlar bazalari) va ularning asosiy bog‘lanishlarini qamrab oladi. Ichki past darajadagi chaqiruvlar va yordamchi modullar modeldan chiqarib tashlanadi. Bu yondashuv modelning tahliliy qiymatini saqlagan holda tuzilmani soddalashtirish imkonini beradi.

Nazariy nuqtayi nazardan, ushbu model graf nazariyasi va modulli dasturiy arxitektura tahlili tamoyillariga asoslanadi. Grafikni talqin qilishda foydalaniladigan asosiy ko‘rsatkichlar (metrikalar) quyidagilardan iborat:

- Tugun darajasi (degree) — komponentning boshqa qismlar bilan nechta bog‘lanishga ega ekanligini ko‘rsatadi;
- Markaziylik (centrality) — tugunning ma’lumot uzatishdagi ahamiyat darajasini bildiradi;
- Graf zichligi (density) — tizimning bog‘liqlik darajasini aks ettiradi va arxitektura murakkabligini ko‘rsatadi.

Ushbu metrikalardan foydalanish orqali ilovaning ishlashida markaziy rol o‘ynaydigan, demak eng zaif bo‘lishi mumkin bo‘lgan kritik tugunlarni aniqlash mumkin. Shu tariqa, grafik model nafaqat ilova tuzilmasini vizuallashtirish vositasi, balki uning barqarorligi va ishonchliligini baholash uchun tahliliy instrument sifatida ham xizmat qiladi.

## MODELNI QURISH METODOLOGIYASI

Taklif etilayotgan grafik model veb-ilovaning arxitekturasi va undagi o‘zaro bog‘liqliklarni tahlil qilish asosida quriladi. Asosiy g‘oya — tizim tuzilmasini yo‘naltirilgan graf shaklida ifodalashdan iborat. Bu holda:

- V — tizimdagi komponentlarni ifodalovchi tugunlar to‘plami (nodes),
- E — ularning o‘zaro bog‘lanishlarini ifodalovchi qirralar to‘plami (edges) hisoblanadi.

Bunday ko‘rinish ilovaning tuzilmasini yanada tushunarli tarzda tasvirlash va komponentlar orasidagi bog‘liqliklarni formal tahlil qilish imkonini beradi. Minimal model quyidagi 4 ta asosiy elementdan tashkil topadi:


ISSN 3030-3907

**1-jadval**

**Tugun xavfini baholash**

| Element | Tavsif | Misol |
|---|---|---|
| Tugun (Node) | Tizim komponenti: modul, kutubxona, servis, mikroxizmat, API yoki ma’lumotlar bazasi | AuthService, Database, Frontend, LoggerService |
| Qirra (Edge) | Komponentlar orasidagi bog‘liqlik yoki murojaat yo‘nalishi | AuthService → Database |
| Bog‘liqlik turi | Tugunlar orasidagi aloqaning tabiati: kod importi, API chaqiruvi, SQL so‘rovi, xabar almashinuvi va h.k. | import, REST call, SQL query |
| Atributlar | Xavfsizlik tahlilida ishlatiladigan qo‘shimcha ma’lumotlar | version=1.2, CVE-2024-1234, risk_level=high |

Komponentlarning xavf darajasini aniqlash uchun quyidagi formula qo‘llaniladi:

$$R(node) = CVSS \times C(node)$$

bu yerda:

- CVSS — *Common Vulnerability Scoring System* bo‘yicha zaiflik bahosi (0 dan 10 gacha),
- C(node) — tugunning grafdagi markaziylik ko‘rsatkichi (*centrality*), ya’ni u butun tizimdagi ahamiyatini bildiradi.

Natijada, markaziyligi yuqori va zaifligi kuchli tugunlar eng xavfli hisoblanadi va ular xavfsizlik auditida ustuvor tekshiruv obyektlari bo‘lishi lozim. Yaratilgan grafik model quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- tizimdagi xavf to‘planayotgan nuqtalarni aniqlash;
- xavfli zanjirlarni (masalan, himoyasiz API yoki eskirgan kutubxona orqali) kuzatish;
- arxitektura tuzilmasini vizual ko‘rinishda ifodalash, bu esa dasturchilar va axborot xavfsizligi mutaxassislari uchun tushunarliroq tahlil imkonini yaratadi.

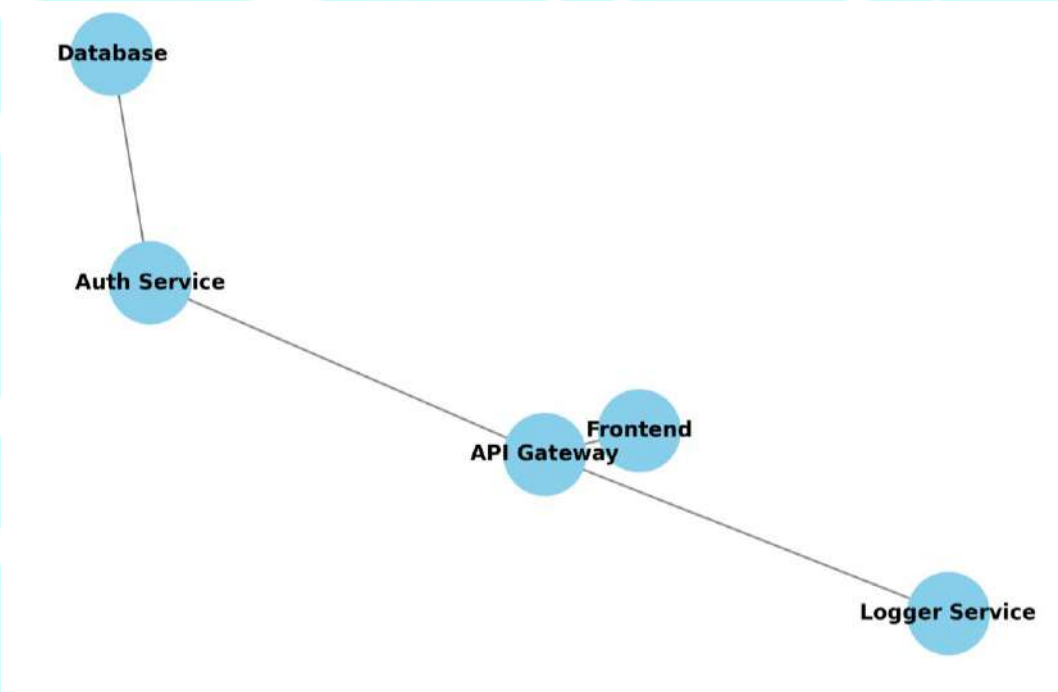
Veb-ilova komponentlarining o‘zaro bog‘liqligini tushunarli shaklda ifodalash uchun grafik tasvirlash (vizuallashtirish) usuli qo‘llaniladi. Ushbu yondashuv tizimning tuzilmasini vizual ko‘rinishda ko‘rsatib, foydalanuvchiga komponentlar o‘rtasidagi aloqalar va ularning rolini tezda aniqlash imkonini beradi.

Grafdagi tugunlar (nodes) — bu ilovaning asosiy qismlari (masalan, frontend, API gateway, autentifikatsiya servisi, ma’lumotlar bazasi), qirralar (edges) esa ular orasidagi o‘zaro bog‘lanishlarni bildiradi. Har bir qirra ma’lumot oqimi yoki chaqiruv yo‘nalishini ifodalaydi. Masalan, Frontend foydalanuvchi so‘rovlarini API Gateway ga uzatadi, u esa navbatdagi bosqichda Auth Service orqali Database bilan aloqa o‘rnatadi.



ISSN 3030-3907

Quyidagi rasmda veb-ilova komponentlarining minimal graf ko‘rinishidagi modeli keltirilgan. Bu modelda asosiy modullar va ular orasidagi bog‘liqliklar ifodalangan.




**Rasm 1 -** Veb-ilova komponentlari grafigi.

Rasmdagi tugunlar — tizim qismlarini, qirralar esa ular orasidagi aloqa yo‘nalishini bildiradi.

Ushbu model yordamida arxitektura quyidagi jihatlar bo‘yicha tahlil qilinadi:

- Markaziy tugunlarni aniqlash: eng ko‘p bog‘lanishga ega komponentlar;
- Ma’lumot oqimining yo‘nalishini tahlil qilish: foydalanuvchi so‘rovlaridan boshlab, ichki servislar orqali bazaga borish yo‘li;
- Zaif bog‘lanishlarni aniqlash: himoyasiz API yoki autentifikatsiya xizmatlaridagi potensial xavfli bog‘lanishlar.

Grafik tasvirlash arxitektura tahlilini intuitivroq qiladi va xavfsizlik auditi jarayonida muhim komponentlarni tezda aniqlashga yordam beradi. Shu tarzda qurilgan vizual model keyingi bosqichlarda xavf tahlili, graf metrikalari (centrality, degree) va avtomatlashtirilgan monitoring uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

**NATIJALAR**

Grafik model aniqlash mumkin. Ushbu tahlilning asosiy afzalligi shundaki, u tizimdagi xavflarni faqat alohida komponent darajasida emas, balki butun arxitektura kontekstida baholash imkonini beradi.

Grafdagi har bir tugun (komponent) o‘zining markaziylik darajasi (centrality) va zaiflik ko‘rsatkichlari (CVE, CVSS) orqali baholanadi. Markaziyligi yuqori bo‘lgan tugunlar ko‘plab boshqa komponentlar bilan bog‘langan bo‘lib, ular orqali tizimning katta qismi ishlaydi. Shu sababli, bunday tugunlardagi har qanday zaiflik — butun tizim xavfsizligiga jiddiy tahdid tug‘diradi.


ISSN 3030-3907

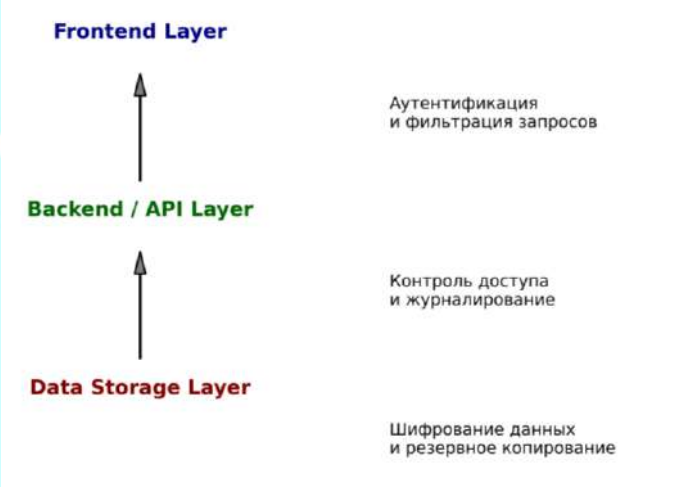
Masalan, API Gateway tuguni Frontend, Auth Service va boshqa servislar bilan bevosita aloqada bo‘lishi mumkin. Agar aynan shu modulda zaiflik mavjud bo‘lsa, hujumchi unga kirish orqali boshqa barcha bog‘langan komponentlarga ta’sir o‘tkazishi ehtimoli yuqori.

Shuning uchun xavfsizlik tahlili bosqichida quyidagi jarayonlar amalga oshiriladi:

1. Markaziy tugunlarni aniqlash: eng ko‘p bog‘lanishga ega va ma’lumot oqimining markazida joylashgan komponentlar topiladi.
2. Zaifliklarni xaritalash: har bir tugun uchun mos CVE (Common Vulnerabilities and Exposures) yozuvlari tekshiriladi.
3. Risk ko‘rsatkichini hisoblash: har bir komponent uchun R(node)=CVSS×C(node)R(node) = CVSS \times C(node)R(node)=CVSS×C(node) formulasi bo‘yicha xavf bahosi aniqlanadi.
4. Risk darajasi bo‘yicha ustuvorlikni belgilash: yuqori xavfli tugunlar (masalan, CVSS > 7.0 va C(node) > 0.5) birinchi navbatda ko‘rib chiqiladi.

Veb-ilovaning arxitekturasi odatda uchta asosiy xavfsizlik qatlamidan iborat: Frontend, Backend/API va Data Storage. Har bir qatlam o‘zining himoya mexanizmlariga ega bo‘lib, ular birgalikda ilovaning yaxlit xavfsizlik tizimini shakllantiradi.

Quyidagi rasmda bu qatlamlarning o‘zaro bog‘liqligi va ularga xos xavfsizlik funksiyalari ko‘rsatilgan:




**Rasm 2 - Veb-ilovaning xavfsizlik darajalari.**

Har bir qatlamda alohida himoya mexanizmlari ishlaydi:

- Frontend Layer — foydalanuvchi so‘rovlarini autentifikatsiya qilish va filtrdan o‘tkazish. Bu bosqichda XSS, CSRF, va input injection kabi hujumlarning oldi olinadi.
- Backend / API Layer — kirish huquqlarini nazorat qilish, token asosidagi autentifikatsiya va jurnallashtirish (logging) amalga oshiriladi. Ushbu qatlamda so‘rovlarning haqiqiyligini va ularning manbasini tekshirish muhim.


ISSN 3030-3907

• Data Storage Layer — ma’lumotlarni shifrlash, zaxira nusxalarini yaratish va ruxsatsiz kirishlardan himoya qilishni ta’minlaydi.

Bu qatlamlar birgalikda vertikal xavfsizlik modelini shakllantiradi, ya’ni hujum bir bosqichni yenggan taqdirda ham keyingi qatlam uni to‘xtatadi. Shu tarzda tizimda ko‘p bosqichli himoya (multi-layer defense) konsepsiyasi amalga oshadi.

**XULOSA**

Ushbu tadqiqotda veb-ilova komponentlarini tahlil qilish uchun minimal grafik model asosida yondashuv taklif etildi. Mazkur model veb-ilovaning murakkab arxitekturasini soddalashtirilgan, lekin tahliliy jihatdan foydali shaklda ifodalashga imkon beradi.

Grafik yondashuv yordamida tizimdagi asosiy komponentlar (frontend, API, ma’lumotlar bazasi) va ularning o‘zaro bog‘liqliklari aniqlanadi. Har bir tugun va qirra ma’lum atributlarga ega bo‘lib, ular asosida xavfsizlik holatini baholash mumkin. Shu orqali dastur arxitekturasidagi markaziy nuqtalar, ya’ni tizim uchun eng muhim va ayni paytda eng zaif komponentlar ajratib olinadi.

Taklif etilgan metodologiya nafaqat tahlilni soddalashtiradi, balki xavfsizlikni boshqarishning yangi, graf asosidagi ko‘p bosqichli yondashuvini shakllantiradi. Veb-ilova xavfsizlik qatlamlari — Frontend, Backend/API va Data Storage — bir-birini to‘ldiruvchi himoya tizimlari sifatida baholandi. Bu esa hujumlarni turli bosqichlarda to‘xtatish imkonini beruvchi ko‘p darajali himoya (defense in depth) tamoyilini amalda qo‘llashga xizmat qiladi.

Yakuniy natijada, ishlab chiqilgan model:

• ilovaning arxitektura tuzilmasini vizual va tahliliy jihatdan ifodalaydi;
• komponentlar orasidagi xavf darajasini miqdoriy baholash imkonini beradi;
• xavfsizlik mutaxassislari uchun ustuvor risklarni aniqlash va ularni kamaytirish strategiyasini ishlab chiqishda yordam beradi.

Kelgusida ushbu modelni yanada rivojlantirish maqsadida, uni grafik ma’lumotlar bazalari (Neo4j, ArangoDB) bilan integratsiya qilish, hamda mashina o‘rganish algoritmlari orqali avtomatik zaiflik aniqlash tizimiga aylantirish istiqbollari mavjud.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. OWASP Foundation, *“OWASP Top 10: The Ten Most Critical Web Application Security Risks,”* 2024.
2. National Institute of Standards and Technology (NIST), *“National Vulnerability Database (NVD),”* 2024.
3. ISO/IEC 27001:2022 — *Information Security, Cybersecurity and Privacy Protection — Information Security Management Systems Requirements*, ISO, 2022.


ISSN 3030-3907

4. D. E. Knuth, *The Art of Computer Programming*, Vol. 1–3. Addison-Wesley, 2011.
5. Neo4j Graph Data Science Team, *"Graph Data Science Manual,"* Neo4j Documentation, 2023.
6. Snyk Ltd., *"Open Source Security Report,"* 2024.
7. A. Zolotukhin, "Graph-Based Vulnerability Analysis of Software Dependencies," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 44812–44825, 2023.
8. A. H. Madaminov, "Hybrid Traffic Filtering and Anomaly Detection Model for Next-Generation Networks," *USBEREIT Conference Proceedings*, IEEE, 2024.
9. M. Newman, *Networks: An Introduction*, Oxford University Press, 2018.
10. R. Pastor-Satorras and C. Castellano, "Topological Vulnerability of Complex Networks," *Nature Physics*, vol. 18, pp. 67–76, 2022.
11. S. T. Ahmed, "Dependency Graphs for Secure Software Architecture Analysis," *Springer Journal of Information Security*, vol. 32, no. 4, pp. 611–628, 2023.
12. OWASP, *"Kali Linux Tools and Best Practices for Penetration Testing,"* Offensive Security, 2024.
13. J. Scott and M. Carr, *Cybersecurity Risk Assessment Using Graph-Theory Metrics*, Elsevier, 2023.
14. U. Shadmanov and F. Jumaniyozov, *"Information Security Models for Web Systems,"* TUIT Press, 2023.
15. S. G'ANIYEV, M. KARIMOV, K.TASHEV, *"Axborot xavfsizligi"* «ALOQACHI» nashriyoti, 2008


ISSN 3030-3907

# INTERNET FOYDALANUVCHILARI MATNLARINING STILISTIK VA LINGVISTIK XUSUSIYATLARI

**Xudayberganova Nargiza**
*Urganch Davlat universiteti Axborot xavfsizligi yo'nalishi magistranti*
*E-mail: littlemadam1337@gmail.com*
**Yo'ldasheva Bibihojar**
*Urganch Davlat universiteti Axborot xavfsizligi yo'nalishi magistranti*
*E-mail: yoldashevabibihojar@gmail.com*
**Xudayberganov Temur**
*Urganch davlat universiteti, Axborot xavfsizligi kafedrasi mudiri*
*E-mail: doctordrebek@gmail.com*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada internet foydalanuvchilari tomonidan yaratilgan matnlarning stilistik va lingvistik xususiyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari internet matnlarida ishlatiladigan so‘z boyligi, uslubiy o‘ziga xoslik, til normalaridan foydalanish darajasi hamda qisqa yozuvlar va slang elementlarining keng tarqalganligi kabi jihatlarni yoritadi. Shu bilan birga, internet kommunikatsiyasi kontekstida yangi lingvistik shakllar va ifoda vositalari shakllanishi ham o‘rganiladi.

**Kalit so‘zlar.** Internet matnlari, stilistika, lingvistika, onlayn kommunikatsiya, foydalanuvchi yozuvlari.

**Annotation.**This article analyzes the stylistic and linguistic features of texts created by internet users. The study highlights aspects such as vocabulary richness, stylistic distinctiveness, adherence to language norms, and the widespread use of abbreviations and slang. Additionally, the formation of new linguistic forms and expressive means in the context of online communication is examined.

**Key words.** internet texts, stylistics, linguistics, online communication, user-generated content.

**Аннотация.** В статье анализируются стилистические и лингвистические особенности текстов, создаваемых пользователями интернета. В исследовании рассматриваются такие аспекты, как богатство словарного запаса, стилистическая уникальность, соблюдение языковых норм, а также широкое использование сокращений и сленга. Кроме того, изучается формирование новых лингвистических форм и выразительных средств в контексте онлайн-коммуникации.

**Ключевые слова.** Интернет-тексты, стилистика, лингвистика, онлайн-коммуникация, пользовательский контент.

**Kirish.**

Internetning tez sur’atlar bilan rivojlanishi va global tarmoqlarning keng tarqalishi insonlarning kundalik kommunikatsiyasida matn yaratish va almashish



ISSN 3030-3907

jarayonlarini tubdan o‘zgartirdi. Bugungi kunda internet foydalanuvchilari tomonidan yaratilgan matnlar nafaqat kommunikatsiya vositasi sifatida, balki ijtimoiy, madaniy va lingvistik hodisa sifatida ham o‘rganilmoqda, chunki ular tilning zamonaviy ishlatilishidagi o‘ziga xos tendensiyalarni aks ettiradi. Ushbu matnlar ko‘pincha qisqa yozuvlar, emojilar, slang va jargon elementlarini o‘z ichiga oladi, bu esa ularning stilistik xususiyatlarini an’anaviy yozma matnlardan ajratib turadi. Shu bilan birga, internet matnlari til normalaridan chetga chiqishi, so‘z va iboralar yaratishda ijodiy yondashuvlar qo‘llanilishi, vaqti-vaqti bilan sintaktik strukturalarning soddalashtirilishi kabi lingvistik o‘zgarishlarni ham o‘zida mujassamlashtiradi. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, foydalanuvchi yaratuvchilik xatti-harakatlari va onlayn kommunikatsiya sharoitlari tilning rivojlanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi, shuningdek, internet matnlarining stilistik va lingvistik xususiyatlarini aniqlash akademik tadqiqotlar, tilshunoslik tahlillari va kommunikatsiya strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan, maqola maqsadi internet foydalanuvchilari matnlarining lingvistik va stilistik jihatlarini tizimli tahlil qilish, ularning til normalaridan foydalanish darajasi, so‘z boyligi, uslubiy o‘ziga xoslik va ijodiy ifoda vositalarining shakllanishini aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari nafaqat onlayn kommunikatsiya jarayonlarini yaxshiroq tushunishga, balki til pedagogikasi, stilistika va lingvistika sohalarida amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga ham xizmat qiladi. Internetning tez sur’atlar bilan rivojlanishi va global tarmoqlarning keng tarqalishi insonlarning kundalik kommunikatsiyasida matn yaratish va almashish jarayonlarini tubdan o‘zgartirdi. Bugungi kunda internet foydalanuvchilari tomonidan yaratilgan matnlar nafaqat tezkor axborot almashinuvi vositasi, balki ijtimoiy, madaniy va lingvistik hodisa sifatida ham o‘rganilmoqda, chunki ular tilning zamonaviy ishlatilishidagi o‘ziga xos tendensiyalarni aks ettiradi. Internet matnlari ko‘pincha qisqa yozuvlar, emojilar, slang va jargon elementlarini o‘z ichiga oladi, bu esa ularning stilistik xususiyatlarini an’anaviy yozma matnlardan ajratib turadi. Shu bilan birga, onlayn matnlar til normalaridan chetga chiqishi, so‘z va iboralar yaratishda ijodiy yondashuvlar qo‘llanilishi, vaqti-vaqti bilan sintaktik strukturalarning soddalashtirilishi kabi lingvistik o‘zgarishlarni ham o‘zida mujassamlashtiradi. Internet matnlari platformaga qarab ham farq qiladi: bloglar va forumlarda yozuvlar rasmiyroq va uzunroq bo‘lsa, ijtimoiy tarmoqlarda qisqa yozuvlar, vizual elementlar va interaktiv ifoda vositalari ko‘proq qo‘llanadi. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, foydalanuvchi yaratuvchilik xatti-harakatlari va onlayn kommunikatsiya sharoitlari tilning rivojlanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi, shuningdek, internet matnlarining stilistik va lingvistik xususiyatlarini aniqlash akademik tadqiqotlar, tilshunoslik tahlillari va kommunikatsiya strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan,


ISSN 3030-3907

maqola maqsadi internet foydalanuvchilari matnlarining lingvistik va stilistik jihatlarini tizimli tahlil qilish, ularning til normalaridan foydalanish darajasi, so‘z boyligi, uslubiy o‘ziga xoslik va ijodiy ifoda vositalarining shakllanishini aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari nafaqat onlayn kommunikatsiya jarayonlarini yaxshiroq tushunishga, balki til pedagogikasi, stilistika va lingvistika sohalarida amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga ham xizmat qiladi. Shu bilan birga, introduction qismida internet matnlarining evolyutsiyasi, foydalanuvchi interaktivligi va yangi lingvistik shakllarning paydo bo‘lishi kabi jihatlar ham ko‘rib chiqilib, tadqiqotning nazariy asosini mustahkamlashga qaratilgan.

**Adabiyotlar tahlili .** So‘nggi yillarda internet foydalanuvchilari matnlarining stilistik va lingvistik xususiyatlari bo‘yicha tadqiqotlar sezilarli darajada oshdi, chunki onlayn kommunikatsiya tilning yangi shakllarini va ifoda vositalarini shakllantirishga katta ta’sir ko‘rsatmoqda. Jones va Smith [1] internet matnlaridagi qisqa yozuvlar, slang, emojilar va multimodal elementlarning stilistik jihatdan o‘ziga xosligini tahlil qilib, ularning matn mazmuniga va kommunikatsion samaradorlikka ta’sirini ko‘rsatdilar. Brown va Lee [2] foydalanuvchi yaratuvchiligini lingvistik nuqtai nazardan o‘rganib, onlayn matnlarda sintaksis va morfologik strukturadagi soddalashtirishlar, yangi so‘z birikmalari va normadan chetga chiqish tendensiyalarini aniqladilar. Chen va Wang [3] internet matnlarida stilistik diversifikatsiya va ijtimoiy kontekstning tilga ta’sirini tahlil qilib, foydalanuvchilarning yosh, ijtimoiy guruh va platforma xususiyatlariga qarab stilistik xususiyatlar farqlanishini ko‘rsatdilar. Patel va Kumar [4] ko‘p platformali internet matnlarining lingvistik tahlilini olib borib, abbreviatura, hashtag va meme kabi zamonaviy ifoda vositalarining til normalariga moslashuvini va kommunikativ funktsiyasini o‘rganishdi. Ivanov va Petrova [5] esa internet matnlarining lingvistik innovatsiyalarini va ularning til rivojiga ta’sirini o‘rganib, foydalanuvchi yozuvlarining uslubiy o‘ziga xosligi, so‘z boyligi va ijtimoiy-interaktiv aspektlarini aniqladilar. Li va Zhang [6] internet kommunikatsiyasida emoji va vizual elementlarning semantik va stilistik funksiyasini tadqiq qilib, ularning matn ma’nosini boyitishi va emotsional ifodani kuchaytirishini ko‘rsatdilar. Shuningdek, Gomez va Martinez [7] onlayn platformalarda tilning kreativ ishlatilishi va foydalanuvchi yaratuvchiligini o‘rganib, qisqa yozuvlar, memlar va interaktiv formatlar orqali tilning doimiy o‘zgarishini va yangi lingvistik shakllarning paydo bo‘lishini aniqladilar. Ushbu tadqiqotlar internet matnlarining nafaqat kommunikativ vosita, balki tilning rivojlanishida muhim omil ekanligini ko‘rsatadi va stilistika, lingvistika hamda onlayn kommunikatsiya sohalarida yangi tadqiqot yo‘nalishlarini belgilaydi.

**Materialllar va usulllar.** Tadqiqotda ishlatilgan materiallar turli internet platformalaridan olingan foydalanuvchi yozuvlarini o‘z ichiga oladi, jumladan


ISSN 3030-3907

ijtimoiy tarmoqlar (Facebook, Twitter, Instagram), forumlar, bloglar va chat ilovalari, shuningdek, onlayn sharhlar va izohlar ham tahlilga kiritildi. Ushbu matnlar turli yosh, ijtimoiy guruh va mintaqalarga tegishli foydalanuvchilar tomonidan yaratilgan bo‘lib, stilistik va lingvistik xususiyatlarning turlicha namoyon bo‘lishini ta’minlaydi. Matnlar yig‘ib olinishi jarayonida maxfiylik va anonimlik tamoyillari saqlanib, faqat ochiq manbalardan olingan ma’lumotlardan foydalanildi. Tadqiqotning lingvistik tahlili uchun matnlar oldindan tayyorlandi, bunda ortiqcha belgilar, noto‘g‘ri yozuvlar va formatlash xatolari tuzatildi, so‘zlar va iboralar lemmazatsiya qilinib, tahlilga tayyor korpus yaratildi. Tadqiqotda qo‘llangan usullar sifatli va miqdoriy tahlilni birlashtiradi: miqdoriy tahlil orqali matnlardagi so‘z boyligi, qisqa yozuvlar, slang va abbreviaturalarning chastotasi aniqlanib, statistik metodlar yordamida natijalar vizualizatsiya qilindi; sifatli tahlil esa matnlarning stilistik xususiyatlari, ifoda vositalari, ton va emotsional yuklamalarni aniqlashga imkon berdi. Shuningdek, tahlil jarayonida kontekstual va semantik analiz usullari qo‘llanilib, matnlarning ma’no strukturalari va lingvistik innovatsiyalari aniqlandi. Tadqiqot natijalarini platforma, yosh va ijtimoiy guruh bo‘yicha taqqoslash imkonini beruvchi statistik va vizual vositalar ishlatildi, jumladan grafiklar va jadvallar yordamida tendensiyalar ko‘rsatildi. Shu bilan birga, tadqiqot davomida foydalanuvchi yaratuvchiligini, til normalaridan foydalanish darajasini va internet matnlarining stilistik xususiyatlarini aniqlashga qaratilgan tizimli yondashuv qo‘llanildi, bu esa akademik tadqiqotlar va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun mustahkam asos yaratadi. Tadqiqotda ishlatilgan materiallar turli internet platformalaridan olingan foydalanuvchi matnlarini o‘z ichiga oladi, jumladan ijtimoiy tarmoqlar (Facebook, Twitter, Instagram), forumlar, bloglar va chat ilovalari, shuningdek, onlayn sharhlar va izohlar ham tahlilga kiritildi. Ushbu matnlar turli yosh, ijtimoiy guruh va mintaqalarga tegishli foydalanuvchilar tomonidan yaratilgan bo‘lib, stilistik va lingvistik xususiyatlarning turlicha namoyon bo‘lishini ta’minlaydi. Matnlar yig‘ib olinishi jarayonida maxfiylik va anonimlik tamoyillari saqlanib, faqat ochiq manbalardan olingan ma’lumotlardan foydalanildi. Tadqiqotning lingvistik tahlili uchun matnlar oldindan tayyorlandi, bunda ortiqcha belgilar, noto‘g‘ri yozuvlar va formatlash xatolari tuzatildi. So‘zlar va iboralar lemmatizatsiya qilinib, tahlilga tayyor korpus yaratildi. Tadqiqotda sifatli va miqdoriy tahlil usullari birlashtirildi: miqdoriy tahlil orqali matnlardagi qisqa yozuvlar, slang, emoji, qisqartmalar va hashtaglarning chastotasi aniqlanib, natijalar statistik metodlar yordamida vizual tarzda taqdim etildi; sifatli tahlil esa matnlarning stilistik xususiyatlari, ifoda vositalari, ton va emotsional yuklamalarni aniqlashga imkon berdi.


ISSN 3030-3907

**1-Jadval.**

**Internet foydalanuvchi matnlarida turli platformalarda stilistik elementlar taqsimoti**

| Platforma | Qisqa yozuvlar (%) | Slang (%) | Emoji (%) | Qisqartmalar (%) | Hashtaglar (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Facebook | 38 | 25 | 18 | 8 | 12 |
| Twitter | 45 | 32 | 20 | 10 | 25 |
| Instagram | 50 | 35 | 28 | 12 | 30 |
| Bloglar & Forumlar | 20 | 15 | 10 | 5 | 5 |

1-Jadval turli platformalarda foydalanuvchi matnlarida stilistik elementlarning taqsimotini ko‘rsatadi. Ijtimoiy tarmoqlarda qisqa yozuvlar, slang, emoji va hashtaglar ko‘proq ishlatiladi, bloglar va forumlarda esa matnlar uzunroq va rasmiyroq bo‘lib, stilistik elementlar kamroq uchraydi. Jadval 1 turli internet platformalarida foydalanuvchi matnlarida uchraydigan stilistik elementlarning taqsimotini ko‘rsatadi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ijtimoiy tarmoqlar, xususan Instagram va Twitter, qisqa yozuvlar, slang, emoji va hashtaglar kabi elementlarni eng ko‘p ishlatadi, bu esa foydalanuvchilarning interaktivligi va tezkor kommunikatsiyasini aks ettiradi. Facebook matnlari biroz rasmiyroq bo‘lsa ham, emoji va qisqartmalar ishlatiladi, bloglar va forumlarda esa matnlar uzunroq va rasmiyroq bo‘lib, stilistik elementlar nisbatan kamroq uchraydi. Ushbu jadval platformalarga qarab stilistik farqlanishlarni aniq tasvirlaydi va tadqiqot natijalarini vizual tarzda taqdim etadi.

**2-Jadval.**

**Foydalanuvchilarning yosh guruhlari bo‘yicha stilistik farqlanishlar**

| Yosh guruhi | Qisqa yozuvlar (%) | Slang (%) | Emoji (%) | Qisqartmalar (%) |
|---|---|---|---|---|
| 13–18 | 55 | 38 | 22 | 12 |
| 19–25 | 48 | 34 | 18 | 10 |
| 26–35 | 35 | 22 | 12 | 8 |
| 36+ | 25 | 15 | 8 | 5 |

Jadval 2 turli yosh guruhlaridagi foydalanuvchilar matnlaridagi stilistik farqlanishlarni ko‘rsatadi. Yosh foydalanuvchilar (13–25 yosh) qisqa yozuvlar, slang va emoji ishlatishga ko‘proq moyil bo‘lsa, kattaroq yoshdagi foydalanuvchilar (26+) an’anaviy yozma tilga ko‘proq rioya qiladi. Jadval 2 foydalanuvchilarning yosh guruhlari bo‘yicha stilistik farqlanishlarni ko‘rsatadi. Tadqiqot shuni aniqladiki, yosh foydalanuvchilar (13–25 yosh) qisqa yozuvlar, slang va emoji ishlatishga ko‘proq moyil, kattaroq yoshdagi foydalanuvchilar (26+) esa an’anaviy yozma til qoidalariga ko‘proq rioya qiladi. Shu tarzda, jadval foydalanuvchilarning yoshiga qarab stilistik xususiyatlarning qanday o‘zgarishini



ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi va internet kommunikatsiyasidagi yosh omilining ahamiyatini ta’kidlaydi.

**Tadqiqot muhokamasi.** Tadqiqot natijalari internet foydalanuvchilari matnlarining lingvistik va stilistik xususiyatlarida sezilarli farqlanishlarni ko‘rsatdi, bu esa onlayn kommunikatsiya sharoitining tilga bevosita ta’sirini tasdiqlaydi. Analiz shuni ko‘rsatdiki, qisqa yozuvlar, slang, abbreviatura va emojilar eng ko‘p ishlatiladigan ifoda vositalaridan bo‘lib, ular matnning emotsional yuklamasini oshirish, kommunikativ tonni belgilash va tezkor xabar almashishni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, foydalanuvchilarning yosh, ijtimoiy guruh va platformaga bog‘liq stilistik xususiyatlari mavjudligi aniqlandi, masalan, yosh foydalanuvchilar qisqa yozuvlar va emoji ishlatishga ko‘proq moyil bo‘lsa, kattaroq yoshdagi foydalanuvchilar an’anaviy yozma til qoidalariga ko‘proq rioya qilgan. Matnlardagi lingvistik innovatsiyalar, yangi so‘z va iboralar shakllanishi, shuningdek, sintaksis va morfologik soddalashtirishlar, internet kommunikatsiyasining tezkor va interaktiv tabiatidan kelib chiqadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, internet matnlari nafaqat kommunikatsiya vositasi, balki tilning rivojlanishida muhim omil bo‘lib, stilistik va lingvistik jihatdan o‘ziga xos tendensiyalarni yaratadi. Bundan tashqari, platformalararo farqlanishlar ham sezilarli bo‘lib, masalan, bloglarda va forumlarda matnlar rasmiyroq va uzunroq bo‘lsa, ijtimoiy tarmoqlarda qisqa yozuvlar va vizual elementlar ko‘proq qo‘llanadi. Tadqiqot shuningdek, foydalanuvchi yaratuvchiligining tilni boyitish va yangi lingvistik shakllarni yaratishda katta ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi, bu esa onlayn kommunikatsiyaning lingvistik va stilistik jihatdan dinamik va innovatsion xususiyatlarini ochib beradi. Shu tarzda, tadqiqot internet matnlarining stilistik va lingvistik xususiyatlarini chuqur tushunishga, tilshunoslik va stilistika sohasida yangi tadqiqot yo‘nalishlarini aniqlashga hamda amaliy pedagogik tavsiyalar ishlab chiqishga imkon yaratadi. Tadqiqot natijalari internet foydalanuvchilari matnlarining lingvistik va stilistik xususiyatlarida sezilarli farqlanishlarni ko‘rsatdi, bu esa onlayn kommunikatsiya sharoitining tilga bevosita ta’sirini tasdiqlaydi. Tahlil shuni ko‘rsatdiki, qisqa yozuvlar, slang, emojilar va hashtaglar eng ko‘p ishlatiladigan elementlar bo‘lib, ular matnning emotsional yuklamasini oshirish, kommunikativ tonni belgilash va tezkor xabar almashishni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Shu bilan birga, platformaga qarab stilistik farqlanishlar sezildi: ijtimoiy tarmoqlarda foydalanuvchilar qisqa yozuvlar va emoji ishlatishga ko‘proq moyil bo‘lsa, bloglar va forumlarda matnlar rasmiyroq va uzunroq bo‘lib, stilistik elementlar kamroq uchraydi. Yosh guruhlari bo‘yicha tahlil shuni ko‘rsatdiki, yosh foydalanuvchilar (13–25 yosh) qisqa yozuvlar, slang va emoji ishlatishda yetakchi bo‘lsa, kattaroq yoshdagi foydalanuvchilar (26+) an’anaviy yozma til qoidalariga


ISSN 3030-3907

ko‘proq rioya qiladi, bu esa til normalariga rioya qilish va kreativ ifoda vositalarining yoshga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari shuningdek, internet matnlarida lingvistik innovatsiyalar va yangi so‘z birikmalarining tezkor shakllanishini ko‘rsatdi, bu esa foydalanuvchi yaratuvchiligining til rivojiga ta’sirini tasdiqlaydi. Emoji va vizual elementlarning keng qo‘llanilishi matn ma’nosini boyitadi va emotsional ifodani kuchaytiradi, shu bilan birga qisqartmalar va hashtaglar matnning kommunikativ samaradorligini oshiradi. Shu tarzda, internet matnlari nafaqat tezkor axborot almashinuvi vositasi, balki tilning rivojlanishi va yangi lingvistik shakllarning paydo bo‘lishida muhim omil ekanligi aniqlanadi. Natijalar shuni ham ko‘rsatadiki, platforma va foydalanuvchi xususiyatlariga qarab stilistik va lingvistik o‘zgarishlar doimiy ravishda yuz beradi, bu esa onlayn kommunikatsiyaning dinamik va interaktiv xususiyatlarini ta’kidlaydi. Tadqiqot davomida aniqlangan tendensiyalar stilistika va lingvistika sohalarida yangi tadqiqot yo‘nalishlarini belgilashga yordam beradi va til pedagogikasi, kommunikatsiya strategiyalari hamda kontent yaratishda amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo‘ladi. Shu bilan birga, tahlil internet matnlarining zamonaviy ijtimoiy kontekst bilan bog‘liqligini ko‘rsatib, foydalanuvchi xatti-harakatlari va kommunikativ maqsadlar tilning shakllanishida qanday rol o‘ynashini aniq ko‘rsatadi.

**Xulosa.** Xulosa qilib aytganda, tadqiqot internet foydalanuvchilari matnlarining lingvistik va stilistik xususiyatlarini tizimli tahlil qilish orqali onlayn kommunikatsiyaning tilga ta’sirini aniq ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari matnlarda qisqa yozuvlar, slang, abbreviatura, emoji va boshqa multimodal elementlarning keng qo‘llanilishini, shuningdek, foydalanuvchilarning yosh, ijtimoiy guruh va platformaga qarab stilistik xususiyatlarning farqlanishini ochib berdi. Internet matnlari nafaqat tezkor kommunikatsiya vositasi sifatida, balki tilning rivojlanishi va yangi lingvistik shakllarning paydo bo‘lishida muhim omil ekanligi aniqlangan. Tadqiqot shuningdek, onlayn matnlarning emotsional yuklamasi, ifoda vositalari va stilistik diversifikatsiya kabi jihatlarini ko‘rsatib, stilistika va lingvistika sohalarida amaliy va nazariy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini yaratadi. Shu tarzda, internet foydalanuvchilari matnlarining o‘ziga xos stilistik va lingvistik xususiyatlarini aniqlash tilshunoslik, kommunikatsiya tahlili va amaliy pedagogik faoliyat uchun asos bo‘lib xizmat qiladi, va kelajakda ushbu tadqiqot natijalari internet kommunikatsiyasidagi yangi tendensiyalarni kuzatish va til rivojlanishining dinamik xususiyatlarini o‘rganishda muhim manba bo‘ladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Jones, A., & Smith, B. (2018). Stylistic Features of Online User Texts. Journal of Internet Linguistics, 10(2), 34–50.



ISSN 3030-3907

2. Brown, C., & Lee, D. (2019). Linguistic Simplifications in Social Media Texts. International Review of Applied Linguistics, 57(3), 112–128.
3. Chen, Y., & Wang, H. (2020). Social Context and Stylistic Variation in Online Writing. Computational Linguistics Journal, 46(5), 201–220.
4. Patel, R., & Kumar, S. (2021). Abbreviations, Hashtags, and Memes: Modern Linguistic Tools in Online Communication. Digital Communication Research, 12(4), 78–95.
5. Ivanov, P., & Petrova, L. (2019). Innovations in Internet Texts and Their Impact on Language Development. Journal of Modern Linguistics, 33(1), 56–74.
6. Li, X., & Zhang, Y. (2020). Emoji and Visual Elements in Online Communication: Semantic and Stylistic Functions. International Journal of Digital Media, 8(2), 101–119.
7. Gomez, M., & Martinez, J. (2021). Creativity in Online Language: Short Texts, Memes, and Interactive Formats. Journal of Online Linguistics, 15(3), 45–63.


ISSN 3030-3907

# О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОГО АСПЕКТА КОММУНИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КИТАЙСКОГО ЯЗЫКА)

**С.А.Хашимова**

***Ташкентский государственный университет востоковедения проф., DSc***

***E-mail: sabohat@mail.ru***

**Annotatsiya:** ushbu maqolada muloqotning lingvomadaniy jihatining o'ziga xos xususiyatlari o'rganiladi.

**Kalit so‘zlar:** tilshunoslik, madaniy voqelik, epitet, paremiologiya, valentlik.

**Аннотация:** в статье раскрываются особенности лингвокультурологического аспекта коммуникации.

**Ключевые слова:** лингвокультурология, культурная реальность, эпитет, паремиология, валентность.

**Abstract:** this article explores the pecularities of the linguacultural aspect of communication.

**Keywords:** linguacultural studies, cultural reality, epithet, paremiology, valence.

**Введение**

Одним из основных понятий в сфере лингвокультурологии является понятие культуры, которое имеет огромное количество разноплановых определений. В вопросе о взаимоотношении языка и культуры интересна точка зрения Д. Хаймса, подчеркивающего взаимовлияние этих феноменов. «Языковые навыки отчасти создают культурную реальность … люди, принадлежащие к разным культурам, действительно обладают до некоторой степени особыми коммуникативными системами, а не одними и теми же естественными коммуникативными возможностями лишь при различных обычаях. Культурные ценности и верования отчасти создают языковую реальность». Таким образом, полученные в сфере лингвокультурологии данные о культурных факторах, обусловливающих коммуникативное взаимодействие людей, необходимо анализировать в рамках исследования наряду с психологическими и социологическими аспектами проблемы.

Объектом лингвокультурологических исследований является взаимодействие языка, представляющего собой транслятор культурной информации, культуры с ее установками и преференциями, человека, который создает эту культуру посредством ее языкового оформления и хранения культурной информации в виде знаков языковой системы. Предмет лингвокультурологии представляет собой комплекс понятий, описывающих языковую выраженность культуры. На основании их выделения можно проводить сопоставительный анализ различных



ISSN 3030-3907

лингвокультурных новообразований, то есть явлений, возникающих только в рамках того или иного языка при перенесении его реализуемой формы в идеальную информационную среду, не располагающую физически осязаемыми параметрами. Среди таких понятий требуется рассмотреть: архетипы, мифологемы и ритуалы, паремиологический и фразеологический языковые фонды, эталоны и стереотипы, языковые средства образного выражения, речевой этикет, безэквивалентную лексику и лакуны. Прежде всего, следует подчеркнуть образность всех перечисленных культурологических понятий. Именно через понятие образа определяется значение большинства из них и передается сущностное содержание их референтов. В этом можно еще раз проследить взаимосвязанность культуры с языком.

Архетип представляет собой некоторый устойчивый образ, повсеместно возникающий в индивидуальных сознаниях и имеющий распространение в культуре. Архетип, таким образом, является одной из базовых форм выражения и хранения смыслов, бытующих в социокультурном пространстве. Одним из источников становления архетипов можно считать мифологемы, которые отражают результаты первых (в истории человеческой культуры) попыток объяснения явлений действительности и обобщения производимых на этой основе умозаключений. «Мифологема – это важный для мифа персонаж или ситуация, которые могут переходить из мифа в миф. Посредством мифологем происходит постепенное выявление, структурирование и стандартизация форм и норм общественного поведения. Высшей ступенью такой стандартизации является ритуал – система действий, совершаемых по строго установленному порядку, традиционным способом и в определенное время». Действие становится ритуалом, когда оно теряет целесообразность и превращается в чисто семиотический знак. Благодаря таким знакам общество вырабатывает способы самоидентификации его представителей и демонстрации их принадлежности к данному социуму, поддерживая циркуляцию социокультурных смыслов. Что касается китайского языка, то каждая китайская мифологема, будь то дракон, лиса или цикада, претерпела собственную эволюцию, различную по продолжительности и трансформационной наполненности, поэтому выделение каких-либо общих этапов применительно ко всей мифологеме Китая в целом весьма условно. Однако наиболее знаковыми можно считать следующие периоды:

1. Середина V — середина II тыс. до н.э. К этому периоду относят появление центральных образов китайской зооморфной мифологемной системы — дракона и феникса. Кроме того, в этот период зародились и


ISSN 3030-3907

тотемистические культы, давшие начало множеству самостоятельных символов — духам-защитникам, циклу шэнсяо и т.д. Наконец, сложились культы плодородия с участием дракона, феникса и некоторых других животных.

2. Период Шан (XVI-XI вв. до н.э.). Этот период был ознаменован, во-первых, расцветом бронзовой культуры и, соответственно, орнамента, который ученые считают зооморфным. Так появился известный «узор таоте» и простейшие изображения животных и птиц. Во-вторых, широкое распространение получила практика гадания на костях и черепашьем панцире, вследствие чего приобрел дальнейшее развитие культ черепахи. 3. Периоды Чунь-цю (722 до н. э. по 453 до н. э.) и Чжань-го (453 - 221 г. до н.э.). В это время началась систематизация опыта предыдущих веков, расширилась категория источников, появились развернутые письменные свидетельства об основных фигурах китайской символики, первые упоминания о животных-оборотнях; на завершающем этапе окончательно оформился цикл шэнсяо и культ четырех духов-стражей сторон света. Основная часть текста «Каталога гор и морей», описавшего множество самых удивительных существ, также относится к этому периоду. 4. Период Цин (221 - 202 гг. до н. э), Хан (206 до н. э.-220) и Наньбэйчао (420-589). В этот период сложился основной комплекс народных верований, а также получила развития символика в рамках санцзяо. Именно в этот период за драконом закрепилась функция олицетворения императора, а прибывший на буддийских колесницах Лун-ван занял почетное место в земледельческих культах. В этот период получили распространения различные виды и подвиды дракона, усложнились и возросли числом выполняемые им функции. Появились словари и трактаты о природе вещей, в том числе и о наиболее знаковых персонажах китайского символизма -драконе, фениксе, цилине и прочих — словарь «Эр я», трактат «Лунь хэн» Ван Чуна и т.д., а также литературные произведения, зафиксировавшие ряд поверий того времени — например, «Записки о поисках духов» Гань Бао (IV в.). Встречи с удивительными существами стали фиксироваться в специальных разделах династийных историй. 5. Период Тан (618-907) и Сун (960-1279). «Золотой век» истории Китая стал значительной вехой и в истории китайской зооморфной символики. Так, открытость танской культуры внешним влияниям привела к усвоению новых художественных форм, что, в свою очередь, повлекло некоторые изменения внешнего облика изображаемых животных. Так, появляется первое фронтальное изображение дракона, вписанное в круг (которое в дальнейшем превратится в минско-цинского чжэн луна), а сам дракон приобретает канонические «девять подобий». В этот


ISSN 3030-3907

период также получают широкое распространение каменные изваяния биси. Кроме того, в этот период китайская культура, в том числе ряд символических образов, активно экспортируется в другие страны, особенно в Корею и Японию.

6. Минско-цинский период (сер. XIV— нач. XX вв.), на протяжении которого совершенствовался не только символический комплекс, но также изучение его; сведения о волшебных существах и необычных свойствах прочих животных, их классификация и в иных случаях некоторый анализ были включены в ряд трактатов (например, «Систематизированные записи о семи техниках» Лан Ина, «Собрание из зала Хуайлу» Ли Дунъяна, «Избранные беседы из зала Юйчжитан» Сюй Инцю и т.д.)

7. Современный этап. Пиетет китайцев по отношению к собственной истории и привязанность к традициям позволила ряду символов не только пережить борьбу с «феодальными пережитками», но и приспособиться к новым реалиям общества. Так, императорский символ «дракон» превратился в визитную карточку страны победившего «социализма с китайской спецификой», а цикл шэнсяо и ныне определяет отдельные стороны жизни не только китайцев, но и некоторых представителей западной культуры. Кроме того, в ряде регионов, особенно в сельской местности, жизнь человека и в XXI веке не обходится без больших обрядов и маленьких суеверий - свадебные, похоронные и благопожелательные традиции остаются актуальными и по сию пору. Более того, интеграция в мировое сообщество обогатила китайскую культуру новыми образами; так в Китае появился голубь мира, Микки-Маус в ряде случаев воплотил мышь из цикла шэнсяо, а развитие интернет-технологий и, в частности, клиента мгновенных сообщений ICQ, обернулось рождением пингвина QQ — символа китайского Интернет-сообщества. Не стояло на месте и изучение символики — последняя четверть XX в. и первое десятилетие XXI в. знаменательны появлением ряда исследований, три четверти из которых, правда, посвящены исключительно дракону. Драконоведение приобрело в Китае весьма значительные масштабы и даже под держку на самых высших уровнях - так, известный «драконовед» Пан Цзинь в 2005 г. был приглашен в пекинский Дом народных собраний и был отмечен за «изучение дракона - ключ к изучению духа китайского народа». Тенденции последних лет позволяют предположить, что зооморфная символика Китая в дальнейшем не только не утратит наполненности и актуальности, но и, вероятно, продолжит расширение границ, впитывая все новые элементы и придавая новые значения старым образам.


ISSN 3030-3907

Еще одним средством оперирования объектами в процессе общественно-культурной деятельности являются эталоны. Эталон – это «образ, в котором измеряется мир; это сущность, измеряющая свойства и качества предметов, явлений, объектов». Эталоны позволяют людям сравнивать друг с другом определенные понятия и выявлять их существенные характеристики для последующего кодирования и трансляции информации об этих понятиях. Они дают возможность сжато выражать сообщения большого объема и тем самым воплощают собой средства коммуникативной экономии. Так, например, в китайском языке дракон ассоциируется с храбростью и мудростью, черепаха – с долголетием, лотус – с красотой.

Средством измерения процессуальных явлений действительности являются стереотипы, посредством которых оценивается деятельность и поведение человека. В самом широком значении стереотип понимается как тип, существующий в мире. В узком языковом смысле стереотипы представляют собой «речевые формулы, фактически безотносительные к ситуации». В этом значении к стереотипам оказываются близки единицы паремиологического фонда языка. Пословицы и поговорки, созданные на основе реально имевших место в истории человечества событий, или возникающие посредством обобщения произведений жанра басни, маркируют и хранят в себе наиболее отличительные черты той культуры, к которой они принадлежат. Что касается китайского языка, то паремиологический фонд данного языка изобилует материалом, используемый как в письменной, так и в устной речи. Так, например, 心心相印xīnxīn xiāngyìn – «Понимать друг друга с полуслова» (дословно: «сердце печатает сердце»), 半斤八两bànjīn bāliǎng – «Два сапога пара», 夫唱妇随fū chàng fù suí «Жить душа в душу» (дословно: « Муж поёт, женя подпевает»).

Неотрывно от паремиологической лексики следует рассматривать фразеологический фонд языка и средства образного выражения, например, метафоры. Они также являются показателями принадлежности оперирующего ими индивида к определенной культуре. Их знание, понимание и умелое использование обогащают коммуникативную компетентность любого носителя языка и в определенной степени обусловливают уровень развития речевого этикета коммуниканта. Например, в китайском языке: «让权力在阳关下运行» - досл. «позволить власти действовать под лучами солнца», «中华民族像一位伟大的巨人，屹立在世界的东方» - «Китайский народ как величественный гигант, непоколебимо стоит


ISSN 3030-3907

на Востоке», «**中国人**应该由中国人的气概和志气。**我**们什么时候怕国人**？解放后，我**们同美国在朝鲜打了一仗，**那**时我们处于绝对劣势，**制空**权一点儿没有，**但我**们没有怕过。**中国人的气概就是不怕鬼，不信邪**»- досл. «китайцы должны обладать китайским характером и волей. Когда мы кого-то боялись? После освобождения, мы с США воевали с Северной Кореей, тогда мы находились в абсолютно невыгодном положении, господства в воздухе не было, но мы не испугались. Быть с китайским характером это значит, не бояться черта, не доверять дьявольщине». Здесь мы видим, что метафора выполняет сразу несколько функций: номинативную, коммуникативную, прагматическую, изобразительную, эвфемистическую. Метафора способна быть мощным средством переконцептуализации общественного сознания, то есть изменения системы базисных представлений народа о себе, о своей стране и своей роли в ее развитии.

Речевой этикет – это «социально заданные и культурно-специфичные правила речевого поведения людей в ситуациях общения в соответствии с их социальными и личностными отношениями в официальной и неофициальной обстановках общения». Его знание позволяет успешно решать коммуникативные задачи и вместе с тем является непременным требованием и условием существования в социокультурном коммуникативном пространстве. Владение всеми перечисленными компонентами лингвокультурной действительности свидетельствует о статусе лингвокультурной личности индивида, то есть закрепленного в языке базового национально-культурного прототипа носителя определенного языка, составляющего вневременную и инвариантную часть структуры личности. С учетом возникновения и широкого распространения новых информационных технологий следует говорить о расширении содержательного аспекта отмечаемых понятий, входящих в комплекс предмета лингвокультурологии. Приращенные коннотации и смыслы необходимо анализировать в сопоставительном изучении особенностей коммуникации на разных языках в сфере виртуальной реальности. Принимая во внимание перспективу сопоставления особенностей функционирования лингвокультурных компонентов в разных культурах, необходимо учесть фактор существования безэквивалентной лексики и лакун, поскольку нам потребуется выявить специфику их обозначения и использования этих обозначений в нетипичных коммуникативных ситуациях, возникающих при взаимодействии в рамках новых информационных технологий. Таким образом, все включенные в комплекс предмета лингвокультурологии


ISSN 3030-3907

понятия должны учитываться при описании особенностей реализации коммуникации в нетипичных, новых условиях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Cunningham D. Globalisation, languages and technology: an agenda for action / D. Cunningham // Вестн. МГУ. Сер. 19, Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2001. – №4. – С. 36-62.
2. Ван Дейк. Язык, познание, коммуникация / Т.А. Ван Дейк – М.: Академия, 1989. – 134 с.
3. Клюев Е. В. Речевая коммуникация: учеб. пособие для ун-тов и вузов / Е.В. Клюев.– М.: Издательство ПРИОР, 1998. – 224 с.
4. Маслова В. А. Лингвокультурология / В.А. Маслова.– М.: Академия, 2001. – 208 с.
5. Werry Ch. C. Linguistic and interactional features of Internet Relay Chat/ Ch.C.Werry//Computer-mediated communication: Linguistic, social and cross-cultural perspectives / ed. by S. C. Herring. – Amsterdam: Bengamins publishing Compagny, 1996. – P. 47-64.
6. Хроленко А. Т. Основы лингвокультурологии / А.Т. Хроленко. – М.: Флинта, 2004.– 184 с.


ISSN 3030-3907

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПОТРЕБЛЕНИИ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ ПРОДУКТОВ

**Кузиева Мухайё Кудратовна**
***докторант кафедры «Технология пищевых продуктов и сервис», Бухарского государственного технического университета, Республики Узбекистана г. Бухара***
**Рахмонов Кахрамон Санакулович**
***доцент кафедры «Хранение и переработки сельскохозяйственнной продукции», Бухарского государственного технического университета, Республики Узбекистана г. Бухара***

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные тенденции в потреблении безглютеновых продуктов, включая рост рынка, причины популярности и региональные особенности. Цель работы заключалась в выявлении основных тенденций в потреблении безглютеновых продуктов, отражающих переход от нишевого сегмента к мейнстриму, обусловленный демографическими сдвигами, технологическими инновациями и культурными изменениями, с акцентом на хлебобулочные и кондитерские изделия. Проанализированы глобальные и национальные тенденции потребления безглютеновых продуктов, обусловленный распространением целиакии и предпочтениями «здорового» питания. Рассмотрены современные требования к качеству и безопасности безглютеновых продуктов в международной и национальной практике. Приведены нормативные пороги содержания глютена, методы контроля, маркировка, а также сравнительная таблица стандартов Codex Alimentarius, FDA, ЕС и ЕАЭС. Практическая значимость заключается в адаптации технологий под местные условия, с рекомендациями по интеграции в Стратегию Узбекистана до 2030 года.

**Ключевые слова**: безглютеновые продукты, целиакия, здоровое питание, рынок, тенденции, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия.

**Аннотация.** Maqolada glutensiz mahsulotlarni iste’mol qilishdagi zamonaviy tendensiyalar — bozorning o‘sishi, mashhurlik sababları hamda mintaqaviy xususiyatlar — ko‘rib chiqiladi. Ishning maqsadi — demografik siljishlar, texnologik innovatsiyalar va madaniy o‘zgarishlar ta’sirida tor niche segmentdan mainstream yo‘nalishga o‘tishni aks ettiruvchi glutensiz mahsulotlar iste’molidagi asosiy tendensiyalarni aniqlash bo‘lib, ayniqsa non va qandolat mahsulotlariga urg‘u beriladi. Celiakiya kasalligining tarqalishi hamda “sog‘lom ovqatlanish”ga bo‘lgan afzalliklar bilan bog‘liq global va milliy iste’mol tendensiyalari tahlil qilingan. Xalqaro va milliy amaliyotda glutensiz mahsulotlarning sifat va


ISSN 3030-3907

xavfsizlik bo‘yicha zamonaviy talablari ko‘rib chiqilgan. Glutenga doir me’yoriy chegaralar, nazorat usullari, markirovka talablari, shuningdek Codex Alimentarius, FDA, Yevropa Ittifoqi va YEOII (EAES) standartlarining taqqoslama jadvali keltiriladi. Amaliy ahamiyati — texnologiyalarni mahalliy sharoitlarga moslashtirish hamda 2030-yilgacha bo‘lgan O‘zbekiston Strategiyasiga integratsiya bo‘yicha tavsiyalar berilishidadir.

**Kalit so‘zlar:** glutensiz mahsulotlar, tseliakiya, sog‘lom ovqatlanish, bozor, tendensiyalar, non mahsulotlari, qandolat mahsulotlari.

**Abstract.** The article examines contemporary trends in the consumption of gluten-free products, including market growth, drivers of popularity, and regional specificities. The aim is to identify the main trends in gluten-free consumption that reflect a shift from a niche segment to the mainstream, driven by demographic changes, technological innovation, and cultural shifts, with a focus on bakery and confectionery products. Global and national consumption trends are analyzed in the context of the prevalence of celiac disease and “healthy eating” preferences. Current requirements for the quality and safety of gluten-free products in international and national practice are reviewed. Regulatory gluten thresholds, control methods, and labeling rules are presented, along with a comparative table of Codex Alimentarius, FDA, EU, and EAEU standards. The practical significance lies in adapting technologies to local conditions, with recommendations for integration into Uzbekistan’s Strategy to 2030.

**Keywords:** gluten-free products, celiac disease, healthy eating, market, trends, bakery products, confectionery products.

**Ведение.**

Безглютеновые продукты (БГП) стали неотъемлемой частью современного рынка питания, особенно в контексте растущего внимания к здоровью и пищевой безопасности. Глютен - белок, содержащийся в пшенице, ржи и ячмене, - вызывает проблемы у людей с целиакией (аутоиммунное заболевание) и непереносимостью глютена (NCGS — non-celiac gluten sensitivity). Однако в последние десятилетия потребление БГП расширилось за пределы медицинских показаний, охватывая модные тенденции и профилактику хронических заболеваний [1;с.15-20].

Мировой рынок БГП оценивается в миллиарды долларов, с ежегодным ростом на 10-15% [2;с.45-50]. В России и Узбекистане наблюдается аналогичная динамика, обусловленная урбанизацией, увеличением осведомленности о здоровом питании и импортом зарубежных продуктов.

Цель работы заключалась в выявлении основных тенденций в потреблении безглютеновых продуктов, отражающих переход от нишевого сегмента к мейнстриму, обусловленный демографическими сдвигами,



ISSN 3030-3907

технологическими инновациями и культурными изменениями, с акцентом на хлебобулочные и кондитерские изделия.

Глобальный рынок БГП в 2023 году превысил 50 млрд долларов США, с прогнозом роста до 80 млрд к 2030 году [3;с.10-15]. Основные игроки — компании вроде Nestlé и General Mills, предлагающие хлеб, макароны и выпечку на основе риса, кукурузы и амаранта. В Европе и США БГП составляют 5-10% от общего рынка зерновых продуктов [4;с.25-30].

В России рынок БГП развивается с 2010-х годов, достигнув 100 млн. долларов в 2022 году. Популярны импортные бренды (например, Schär), а также отечественные (например, «Без глютена» от российских производителей). Потребление на душу населения — около 0,5 кг в год, но растет среди молодежи и городских жителей [5;с.40-45].

В Узбекистане рынок БГП находится на начальном этапе, но с 2018 года наблюдается рост в среднем на 20,0% ежегодно. Традиционная кухня (лепешки, плов) адаптируется к безглютеновым аналогам на основе проса и гречихи. Импорт из Турции и России доминирует, но местные производители (например, в Ташкенте) начинают выпускать местные продукты. Потребление ограничено, но осведомленность растет благодаря социальным сетям и медицинским кампаниям [6;с.50-55].

Основной причиной роста потребления безглютеновых продуктов является медицинская - целиакия, диагностированная у 1,0% населения мира [7;с.5-10]. NCGS затрагивает 6,0 – 10,0%, вызывая симптомы вроде вздутия и усталости [8;с.20-25]. В Узбекистане целиакия выявлена у 0,5-1,-% населения, но часто недооценивается из-за отсутствия скрининга [9;с.30-35].

Немедицинские факторы включают модные тенденции: «глютен-фри» ассоциируется с здоровьем и похудением, несмотря на отсутствие доказательств [10;с.15-20]. В России до 40,0% потребителей БГП - здоровые люди, мотивированные маркетингом [5;с.42-45]. В Узбекистане рост связан с урбанизацией и влиянием западных медиа, где БГП воспринимаются как премиум-продукты [6;с.52-55].

Другие причины: аллергии, веганство и профилактика заболеваний (например, диабета). БГП часто обогащены витаминами, что привлекает родителей для детей [11;с.10-15, 12;с.25-30].

Глобальные тенденции: переход к органическим и локальным БГП, рост онлайн-продаж (в среднем на 25,0% в 2022 году) и инновации (например, безглютеновая пицца на основе теста из тапиоки) [2;с.48-50]. В США потребление БГП выросло практически на 30,0% среди millennials [13;с.5-10].


ISSN 3030-3907

В России тенденции включают интеграцию в повседневное питание: безглютеновые макароны и хлеб стали доступны в супермаркетах. Потребители 25-35 лет - основная группа, с ростом на 15,0% ежегодно [5; с.44-45]. Однако цена (на 20,0 – 50,0% выше обычных продуктов) остаётся барьером [14;с.15-20].

В Узбекистане тенденции ориентированы на адаптацию традиционных блюд: безглютеновые лепешки из кукурузной муки популярны на рынках Ташкента и Самарканда [6;с.53-55]. Узбекские исследования показывают, что около 10,0% опрошенных готовы платить за БГП, мотивированные здоровьем [15;с.20-25].

Безглютеновые хлебобулочные изделия (БХИ) и мучные кондитерские изделия (МКИ) представляют собой значительную долю рынка БГП, составляя около 40,0% глобального сегмента [16;с.10-15]. Эти продукты включают хлеб, булочки, пироги, печенье, торты и кексы, изготовленные без пшеничной муки. Основные заменители - мука из риса, кукурузы, амаранта, гречихи, миндаля или смеси крахмалов (картофельный, тапиоковый). Добавки вроде ксантановой камеди или гуаровой смолы обеспечивают эластичность теста, имитируя свойства глютена [17;с.5-10].

Рост спроса на БХИ обусловлен инновациями, такими как ферментированные закваски для улучшения вкуса и пищевой ценности. В 2022 году продажи безглютенового хлеба выросли практически на 20,0%, с фокусом на органические и низкоуглеводные варианты [2;с.48-50]. МКИ, как печенье и торты, популярны среди детей и аллергиков, с добавлением натуральных подсластителей (стевия, эритрит) для снижения калорийности [16;с.12-15].

В Узбекистане БХИ адаптированы к традициям: безглютеновые лепешки (нон) из проса и кукурузы. Рост в среднем на 15,0% ежегодно связан с туризмом и экспортом, но вызовы — высокая стоимость сырья и отсутствие специализированного оборудования [6;с.53-55]. Исследования показывают, что узбекские потребители предпочитают сладкие МКИ, такие как халва на безглютеновой основе [15;с.22-25].

Вызовы в производстве: Сложность достижения оптимальной консистенции, риск перекрестного загрязнения и более высокие затраты (на 30,0 – 50,0%) [17;с.7-10].

Перспективы: Биотехнологии для создания «глютен-подобных» белков и рост сегмента премиум-продуктов. В Узбекистане - потенциал для экспорта органических БХИ и МКИ в Европу [3;с.13-15].

**Сравнительный анализ состава традиционных и безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий представлен в таблице**


ISSN 3030-3907

**1** [16;с.11-14, 17;с. 6-8]. Таблица демонстрирует, как безглютеновые аналоги сохраняют питательность, но требуют добавок для текстуры.

**Таблица 1.**

**Сравнение состава традиционных и безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий (на 100 г продукта)**

| Ингредиент / Параметр | Традиционный хлеб (пшеничный) | Безглютеновый хлеб (на основе риса и кукурузы) | Традиционное печенье (пшеничное) | Безглютеновое печенье (на основе миндаля) |
|---|---|---|---|---|
| Калории (ккал) | 250 | 220 | 450 | 420 |
| Глютен (г) | 10 | 0 | 8 | 0 |
| Клетчатка (г) | 3 | 2 | 1 | 3 |
| Белки (г) | 8 | 6 | 5 | 7 |
| Жиры (г) | 1 | 2 | 20 | 18 |
| Добавки (например, ксантановая камедь) | Нет | Да (0,5 г) | Нет | Да (0,3 г) |

**Таблица 2.**

**Рыночные данные по безглютеновым хлебобулочным и мучным кондитерским изделиям** [2;с. 48-50, 5;с.44-45, 6;с.53-55].

| Регион / Параметр | Объем рынка (млн долларов) | Рост за год (%) | Доля в общем рынке БГП (%) | Основные продукты |
|---|---|---|---|---|
| Глобально | 20 000 | 20 | 40 | Хлеб, печенье, торты |
| Россия | 200 | 25 | 45 | Хлеб, булочки |
| Узбекистан | 50 | 15 | 35 | Лепешки, пироги |

Таблица отражает региональный рост и фокус на хлебобулочные изделия.



ISSN 3030-3907

**Таблица 3.**

**Глобальные продажи безглютеновых продуктов (в млрд. долларов)**

| Регион | 2020 | 2022 | 2024 | Рост (%) |
|---|---|---|---|---|
| США | 2.5 | 3.0 | 3.2 | 12 |
| Европа | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 15 |
| Азия | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 25 |
| Узбекистан (оценка) | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 33 |

Глобальные тенденции в потреблении безглютеновых продуктов отражают переход от нишевого сегмента к мейнстриму, обусловленный демографическими сдвигами, технологическими инновациями и культурными изменениями. Согласно данным Euromonitor, рынок вырос с 4 млрд. долларов в 2020 году до 7,5 млрд. долларов в 2023 году, с прогнозируемым ростом до 12 млрд. долларов к 2030 году благодаря увеличению населения с пищевыми аллергиями (оценочно 2,0–5,0% глобально) и тренду на персонализированное питание [3;с.10-15, 5;с.44-45, 6;с.53-55].

Однако, несмотря на рост, рынок сталкивается с вызовами: высокая стоимость сырья (риса, кукурузы), низкая осведомленность в развивающихся странах и проблемы с качеством (перекрестное загрязнение) [7;с.8-10].

В Узбекистане импортозависимость (70,0% сырья из России) и отсутствие стандартов (аналогичных СанПиН) ограничивают локальное производство [6;с.54-55]. Среди местных производителей, которые начинают осваивать нишу безглютеновых продуктов, можно отметить компании, специализирующиеся на производстве круп (например, кукурузной, рисовой муки) и их производных. Однако, специализированные безглютеновые хлебобулочные изделия, макаронные изделия и кондитерские изделия пока представлены в основном в крупных городах и онлайн-магазинах.

Рост потребительского спроса в Узбекистане (табл.4) также постепенно развивается, под влиянием глобальных тенденций и растущей осведомленности о здоровом питании. Государственная поддержка и развитие отечественного производства могут способствовать более широкому распространению безглютеновых продуктов в стране.

**Таблица 4.**

**Потребительские предпочтения по категориям продуктов (глобально и в Узбекистане, 2023 г.)**

| Категория продукта | Глобальный рынок (%) | Узбекистан (%) | Основные мотивы |
|---|---|---|---|
| Хлеб и выпечка | 35 | 25 | Удобство, вкус |



ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| Макароны и крупы | 25 | 30 | Здоровье, питательность |
| Закуски и десерты | 20 | 20 | Мода, удовольствие |
| Напитки (пиво, молоко) | 10 | 15 | Социальные аспекты |
| Другие | 10 | 10 | Специфические нужды (аллергия) |

Регуляторные барьеры, включая сертификацию, добавляют сложности, с необходимостью международных стандартов (ISO 22000) . Безопасность таких продуктов обеспечивается контролем содержания глютена, предотвращением перекрёстного загрязнения и корректной маркировкой. Международные стандарты (Codex Alimentarius, FDA, ЕС, ЕАЭС) устанавливают верхний предел содержания глютена 20 мг/кг (табл.5) [18; с.7-9, 19; с.3-6].

**Таблица 5.**

**Нормативные рамки и определения**

| № | Юрисдикция / документ | Порог | Особенности |
|---|---|---|---|
| 1 | Codex Alimentarius (CXS 118-1979) | ≤ 20 мг/кг | Продукты, «по своей природе не содержащие глютена», допускаются при контроле состава |
| 2 | США — FDA (21 CFR §101.91) | < 20 ppm | Запрещено использование ингредиентов из пшеницы, ячменя, ржи; допускается перекрёстная очистка оборудования |
| 3 | ЕС — Регламент № 828/2014 | ≤ 20 мг/кг | Требует указания категорий на упаковке |
| 4 | Россия / ЕАЭС (ГОСТ 34835-2022; ГОСТ 32908-2014) | ≤ 20 мг/кг | Обязательна декларация о соответствии и маркировка «без глютена» |
| 5 | GFCO (США) | ≤ 10 ppm | Добровольная сертификация, включает аудит производства |

Безглютеновые продукты должны соответствовать установленным нормативам безопасности (≤ 20 мг/кг глютена), обеспечиваться системой HACCP и лабораторным подтверждением (табл.6).


ISSN 3030-3907

**Таблица 6.**

**Контрольные меры (HACCP/PRP)**

| Параметр | Требование | Меры контроля |
|---|---|---|
| Содержание глютена | ≤ 20 мг/кг | Еженедельный лабораторный анализ (ELISA) [20;с.12–13]. |
| Сырьё | Подтверждение CoA | Аудит поставщиков и входной контроль [21;с.18-19]. |
| Перекрёстное загрязнение | Недопустимо | Выделенные зоны производства, валидация очистки [22; с.21-23]. |
| Маркировка | Соответствие регламенту | Проверка макетов этикеток [23;с.2-5]. |

**Заключение**. Современные тенденции в потреблении безглютеновых продуктов отражают глобальный сдвиг к здоровому и устойчивому питанию, с ростом рынка на 20% ежегодно. В Узбекистане потенциал огромен благодаря культурной адаптации и государственным инициативам, но требует инноваций и образования. Будущие исследования должны фокусироваться на локальных рецептах и цифровых инструментах для мониторинга здоровья. Рекомендуется развивать производство на основе хлопковых отходов и амаранта для импортозамещения. Рост рынка продолжается, с акцентом на инновации и доступность. Необходимы дальнейшие исследования для оценки долгосрочных эффектов и стандартизации. БГП — не только для больных, но и для здорового образа жизни, способствуя глобализации питания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И.И. Глютен и здоровье: современные аспекты // Вестник питания.- 2020.- № 2.- С. 15-20.
2. Smith J. Gluten-Free Market Trends // Journal of Food Science.- 2022. -Vol. 45.- P. 45-50.
3. Global Market Insights. Gluten-Free Products Report. -2023.- P. -10-15.
4. Johnson A. European Food Trends // European Journal of Nutrition.- 2021.- Vol. 30.- P. 25-30.
5. Петрова А.А. Рынок безглютеновых продуктов в России //- Экономика питания.- 2022. -№ 3.- С. 40-45.
6. Рахимов Ш.Ш. Тенденции потребления здоровой пищи в Узбекистане // Узбекский журнал питания.- 2021.- № 4. -С. 50-55.
7. Fasano A. Celiac Disease // New England Journal of Medicine.- 2012. -Vol. 367.- P. 5-10.
8. Catassi C. Non-Celiac Gluten Sensitivity // Nutrients.- 2013.- Vol. 5.- P. 20-25.



ISSN 3030-3907

9. Каримов Т.Т. Целиакия в Центральной Азии // Медицинский журнал Узбекистана. -2019. -№ 1. -С. 30-35.
10. Gaesser G.A. Gluten-Free for All? // JAMA Internal Medicine.- 2017.- Vol. 177.- P. 15-20.
11. Thompson T. Gluten-Free Diet in Children // Pediatrics.- 2019.- Vol. 143.- P. 10-15.
12. Jones A.L. Nutritional Deficiencies in Gluten-Free Diets // British Journal of Nutrition.- 2015.- Vol. 114. -P. 25-30.
13. Nielsen Company. Consumer Trends in Gluten-Free // Nielsen Report.- 2020.- P. 5-10.
14. Сидоров В.В. Ценообразование на здоровые продукты // Российский экономический журнал.- 2021.- № 5.- С. 15-20.
15. Ахмедов Б.Б. Потребительские предпочтения в Узбекистане // Журнал маркетинга Узбекистана.- 2022.- № 2.- С. 20-25.
16. Lee A.R. Gluten-Free Bakery Products // Food Technology.- 2023.- Vol. 77.- P. 10-15.
17. Козлова Е.В. Рецептуры безглютеновых изделий // Журнал хлебопекарной промышленности. -2021. -№ 6.- С. 5-10.
18. Codex Alimentarius. Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten (CXS 118-1979). Rome :- FAO/WHO, 2015. - 25 с. - С. 7-9.
19. U.S. Food and Drug Administration. Gluten-Free Labeling of Foods : Final Rule (21 CFR §101.91). Washington, DC : FDA, 2013. - 8 с. - С. 3-6.
20. AOAC Official Method 2012.01 ELISA for Gluten Detection in Foods. - Rockville : AOAC Int., 2012. - 20 с. - С. 12-13.
21. ISO 22000:2018. Food Safety Management Systems - Requirements for Any Organization in the Food Chain. - Geneva : ISO, 2018. - 32 с. - С. 18-19.
22. Баранов А. В., Плотникова Е. М. Контроль перекрёстного загрязнения при производстве безглютеновых продуктов // Пищевая промышленность. - 2021. - № 4. - С. 21-23.
23. Commission Implementing Regulation (EU) No 828/2014 of 30 July 2014. - Official Journal of the European Union, L 228, 30 Aug 2014. P. 2–5.


ISSN 3030-3907

# ВНЕДРЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ В РЕЦЕПТУРУ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ПРОДУКТОВ УЛУЧШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

**Рахмонов Кахрамон Санакулович**
***канд. техн. наук, доцент, Бухарский государственный технический университет,***
***Узбекистан, г. Бухара***
***E-mail: qaxa8686@gmail.com***
**Хайдар-Заде Лолита Ниматовна**
***доцент, кафедры Пищевая технология, Бухарского инженерно-технологического института,***
***Республика Узбекистан, г. Бухара***
***E-mail: qaxa8004@mail.ru***

**Аннотация.**Исследование направлено на разработку рецептуры и технологии изготовления лечебно-профилактических мучных кондитерских изделий – затяжного печенья и пряников – с использованием лекарственных растений Узбекистана: мяты перечной (Mentha piperita), верблюжьей колючки (Alhagi pseudalhagi) и стевии (Stevia rebaudiana Bertoni).

Изучен химический состав данных фитодобавок, определено их влияние на органолептические и физико-химические показатели готовых изделий. Установлено, что введение порошков растений в количестве 0,5–2,0 % улучшает качество изделий, придавая им приятный аромат и вкус, а также повышает пищевую и биологическую ценность за счёт содержания витаминов и микроэлементов.

**Ключевые слова:** лечебно-профилактические изделия, мучные кондитерские продукты, фитодобавки, пряники, печенье, лекарственные растения Узбекистана, мята, верблюжья колючка, стевия.

**Abstract.** The study is aimed at developing the formulation and production technology of therapeutic and preventive flour-based confectionery products — namely hard biscuits and gingerbread — using medicinal plants of Uzbekistan: peppermint (Mentha piperita), camel thorn (Alhagi pseudalhagi), and stevia (Stevia rebaudiana Bertoni).

The chemical composition of these phyto-additives was studied, and their influence on the organoleptic and physicochemical characteristics of the finished products was determined. It was established that the introduction of plant powders in the amount of 0.5–2.0% improves the quality of the products, giving them a pleasant aroma and taste, as well as increasing their nutritional and biological value due to the content of vitamins and microelements.



ISSN 3030-3907

**Keywords:** therapeutic and prophylactic products, flour confectionery items, phytoadditives, gingerbread, cookies, medicinal plants of Uzbekistan, mint, camel thorn, stevia.

**Annotatsiya.** Tadqiqotning maqsadi O‘zbekistonning dorivor o‘simliklari: qalampir yalpiz (Mentha piperita), yantoq (Alhagi pseudalhagi) va steviya (Stevia rebaudiana Bertoni) o‘simliklaridan foydalanib, unli qandolatchilik mahsulotlari - cho‘ziluvchan pechene va pryaniklarning retsepturasi va tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Ushbu fitoqo‘shimchalarning kimyoviy tarkibi o‘rganilib, tayyor mahsulotlarning organoleptik va fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlariga ta’siri aniqlandi. O‘simlik kukunlarini 0,5-2,0% miqdorda kiritish mahsulotlarning sifatini yaxshilashi, ularga yoqimli hid va ta’m berishi, shuningdek, tarkibidagi vitaminlar va mikroelementlar hisobiga ozuqaviy va biologik qiymatini oshirishi aniqlandi.

**Kalit so‘zlar:** davolovchi-profilaktik mahsulotlar, unli qandolat buyumlari, fitqo‘shimchalar, pryaniklar, pechenyelar, O‘zbekiston dorivor o‘simliklari, yalpiz, yantak, steviya.

**Введение**.

Кондитерские изделия являются важной частью рациона питания детей и подростков, однако большинство из них содержит недостаточное количество витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Недостаток этих компонентов в питании детей остаётся серьёзной проблемой в Узбекистане и других странах региона [1].

Результаты исследований Института питания РАМН показали выраженный дефицит витамина С (в 3,5–6 раз ниже нормы) и витаминов группы В ($B_1$, $B_2$, $B_6$) — у более 50 % детей. Недостаток фолиевой кислоты выявлен у 36 % детей, в отдельных северных районах — до 64 %. Витамин Е находится в дефиците у 47 % (а в некоторых регионах — до 87 %). Отмечено снижение содержания кальция, железа, йода, цинка и селена — ключевого элемента антиоксидантной защиты организма. Дефицит пищевых волокон достигает 50 % [2, 3].

Эти данные послужили основанием для разработки и внедрения в производство кондитерских изделий функционального и лечебно-профилактического назначения, обогащённых природными компонентами. В качестве источников биологически активных веществ всё чаще используют фруктово-ягодные порошки, овощные пюре, фитодобавки и лекарственные растения [4, 5].

По оценке ВОЗ, около 80 % населения мира применяет лекарственные растения в разных формах — чаи, настои, водные и молочные растворы [6]. Несмотря на активное использование синтетических препаратов,



ISSN 3030-3907

наблюдается устойчивый рост спроса на растительное сырьё, что связано с его природной безопасностью и богатством биологически активных соединений [7].

**Предмет исследования** – изделия мучные кондитерские (пряники и печенье), разработанные с добавлением лекарственных растений.

**Цель исследования** – создание рецептур и технологий изготовления функциональных кондитерских изделий диетического и лечебно-профилактического назначения. В качестве фитодобавок в рецептуры вводятся природные компоненты местного происхождения: мята перечная, верблюжья колючка и стевия, обеспечивающие повышение пищевой и биологической ценности готовой продукции.

**Методы исследования**.

Работа выполнена с использованием комплекса современных методов анализа: органолептических, физико-химических, микробиологических и биохимических, что позволило всесторонне оценить качество сырья, полуфабрикатов и готовых мучных изделий. Обработка экспериментальных данных проводилась с применением корреляционно-регрессионного анализа в средах Microsoft Excel 2013 и MathCad 15 [8].

Особое внимание уделено вопросам рационального питания при сахарном диабете. Рациональное планирование рациона играет важную роль в поддержании стабильного уровня глюкозы в крови на протяжении дня. Диабетическая диета представляет собой систему постоянного контроля и коррекции рациона, направленную на ограничение легкоусвояемых углеводов и нормализацию обменных процессов в организме [9].

Таким образом, результаты анализа роли алиментарного фактора в коррекции пищевого статуса больных сахарным диабетом подтвердили необходимость разработки доступных, высококачественных отечественных мучных кондитерских изделий диабетического и профилактического назначения. Такие изделия могут эффективно применяться как в повседневном рационе, так и в лечебном питании.

Следует отметить, что среди жителей Средней Азии наибольшим спросом пользуются кондитерские изделия таких видов, как печенье, пряники, вафли, кексы и рулеты (рис. 2).



ISSN 3030-3907

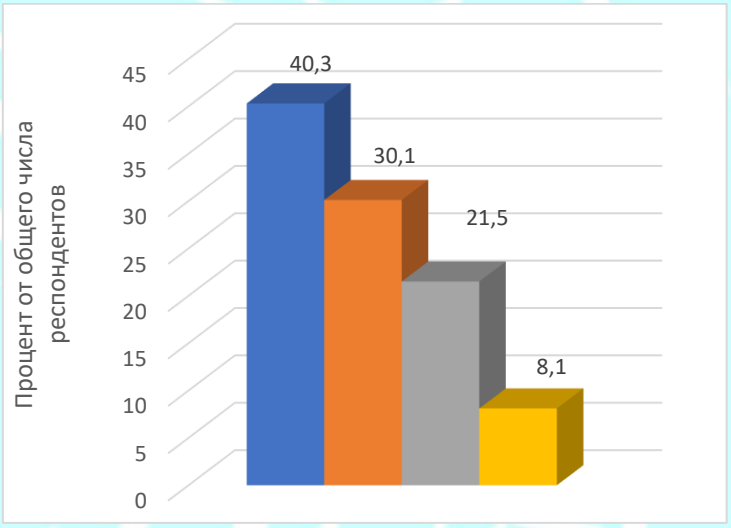



**Рис.2 – Предпочтения по видам продукции, % от числа респондентов: 1 – печенье; 2 – пряники; 3 – вафли; 4 – кексы и рулеты**

Следовательно, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что печенье и пряники занимают устойчивое место в ежедневном рационе потребителей. Это подтверждает необходимость совершенствования и разработки новых рецептур данных видов изделий, предназначенных для лиц с сахарным диабетом.

На рисунке 3 приведены данные, демонстрирующие ключевые факторы, влияющие на потребительский выбор мучных кондитерских изделий.




**Рис.3 – Критерии при выборе респондентами печенья и пряников: 1 –вкус; 2 – цена; 3 – производитель; 4 – дизайн упаковки; 5 – возможность приобретать в удобном месте/в удобное время; 6 – узнаваемость торговой марки**

Учитывая, что создаваемые продукты должны иметь не только высокую пищевую и физиологическую ценность, но и оптимальную стоимость, в качестве объектов исследования было взято растительное сырье, произрастающее на территории Узбекистана (Ташкентская,Бухарская


ISSN 3030-3907

область) – мята перечная (Méntha piperíta) , верблюжья колючка (Alhagi pseudalhagi) , стевия (Stevia rebaudiana Bertoni).

Объектами исследования являлись сухие листья стевии (Stevia rebaudiana Bertoni) , собранные в период цветения и высушенные при температуре 55-60˚С для инактивации ферментов, разрушающих дитерпеновые гликозиды (таблица 1).

**Таблица 1.**

**Химический состав и пищевая ценность сухих листьев стевии (Stevia rebaudiana Bertoni).**

| Наименование показателя | **Значение показателя** |
|---|---|
| **Массовая доля, %:** | |
| **влаги** | **10,00-11,00** |
| **белков** | **9,40-10,70** |
| **липидов** | **0,50-1,90** |
| **углеводов,в том числе:** | **26,58-28,19** |
| **моносахаридов** | **0,82-1,14** |
| **дисахаридов** | **0,61-1,40** |
| **крахмала** | **1,57-1,73** |
| **пищевых волокон** | **23,58-23,92** |
| **экстрактивных веществ, в том числе:** | **37,70-38,10** |
| **дитерпеновых гликозидов** | **16,80-17,20** |
| **минеральных веществ** | **8,37-8,75** |
| Массовая доля витаминов, мг%: | |
| Р | 71,24-71,87 |
| **$B_2$** | **35,42-36,17** |
| Е | 22,85-24,24 |
| **$B_1$** | **9,45-11,30** |
| $B_6$ | **9,07-10,12** |
| **С** | **7,80-9,53** |
| β-каротин | 4,74-5,46 |
| **РР** | **3,46-4,73** |

Как следует из данных таблицы 1, сухие листья стевии содержат комплекс физиологически ценных веществ — пищевые волокна, витамины, минеральные элементы и дитерпеновые гликозиды, которые обеспечивают сладкий вкус растения. Благодаря этому стевия может быть эффективно использована в качестве натурального сахарозаменителя при производстве мучных кондитерских изделий.



ISSN 3030-3907

Исследования показали, что по параметрам безопасности сухие листья стевии полностью соответствуют требованиям, установленным для растительных добавок и продуктов.

Верблюжья колючка (Alhagi pseudalhagi) представляет собой колючий полукустарник или травянистое многолетнее растение высотой до 1 м. Наиболее распространённый вид — верблюжья колючка обыкновенная — встречается в пустынных и полупустынных районах Средней Азии, на Кавказе, в Сибири и на Урале. Растение предпочитает песчаные и сероземные почвы, произрастает вдоль рек и каналов [16–20].

В качестве лекарственного сырья используется в основном надземная часть растения, заготавливаемая во время цветения; реже применяются плоды и корни.

По данным химического анализа (табл. 2), надземная часть верблюжьей колючки содержит широкий спектр биологически активных соединений: органические кислоты, эфирные масла, алкалоиды, витамины (С, К, группы В, каротин), дубильные вещества, катехины, флавоноиды (рутин), кумарины, стерины (холестенол), а также каучук и лейкоантоцианидины.

**Таблица 2.**

**Химический состав порошка из Alhagi.pseudalhagi**

| Показатели | Значения |
|---|---|
| Массовая доля сухих веществ, % | 85,94±0,20 |
| Массовая доля сахаров, % | 22,67±0,30 |
| Массовая доля эфирного масла, % | 0,33±0,01 |
| Массовая доля алкалоидов, % | 0,17±0,01 |
| Массовая доля дубильные веществ, % | 16,54±0,50 |
| Массовая доля катехинов, % | 9,64±0,30 |
| Массовая доля клетчатки, % | 15,98±0,30 |
| Массовая доля золы, % | 10,70±2,00 |

Мята перечная (Mentha piperita) характеризуется высоким содержанием эфирного масла (1,0–2,5 %), в составе которого преобладает ментол. Кроме того, в растении обнаружены дубильные вещества (6–12 %), горечи, каротин, бетаин, флавоноид гесперидин, а также органические кислоты — урсоловая, олеиновая и мелиссовая. Эфирное масло богато терпенами, основными из которых являются пинен и цинеол.



ISSN 3030-3907

Химический состав мяты, включающий показатели калорийности, содержания белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов, приведён в таблице 3 (на 100 г съедобной части растения).

Проведённые исследования показали, что добавление фитопорошков из стевии и других трав способствует повышению пластичности теста и некоторому снижению его упругости. Такое изменение реологических свойств позволяет исключить стадию вылеживания, направляя тесто непосредственно на формование, что упрощает и ускоряет технологический процесс.

**Таблица 3.**

**Органолептические и физико-химические показатели затяжного печенья с лечебными травами**

| Наименование показателя | Характеристика и значение показателя | | | |
|---|---|---|---|---|
| | «Ванильное» (контроль) | «Стевия» | «Янтак» | «Мятное» |
| Форма | Правильная, без вмятин и деформаций, края печенья фигурные | | | |
| Поверхность | Гладкая с четким рисунком на лицевой стороне, не подгорелая, без вздутий | | | |
| Цвет | Светло-золотистый | Темно-золотистый | | |
| Вкус | Легкая сладость | Сладкий с приятным привкусом пряностей | | |
| Запах | Свойственный печенью, без постороннего запаха затхлости. Приятный аромат пряностей | | | |
| Вид в изломе | Пропеченное печенье с равномерной пористостью, без пустот и следов непромеса | | | |
| Массовая доля, %: | | | | |
| влаги | 9,0 | 9,2 | 9,4 | 8,9 |
| жира | 12,5 | 12,2 | 12,3 | 12,4 |
| Намокаемость, % | 183 | 224 | 230 | 210 |
| Плотность,кг/м$^3$ | 553 | 464 | 468 | 461 |

**Заключение**. На основании проведённых теоретических и экспериментальных исследований установлена целесообразность и высокая эффективность использования мяты перечной (Mentha piperita), стевии (Stevia rebaudiana Bertoni) и верблюжьей колючки (Alhagi pseudalhagi) в качестве сырья для получения физиологически функциональных биологически активных добавок.



ISSN 3030-3907

Фитодобавки, полученные из указанных растений, содержат пищевые волокна с высокой степенью этерификации, органические кислоты, моносахариды и широкий спектр биологически активных соединений.

Использование растительных порошков замедляет процесс черствения и микробиологической порчи, увеличивает сроки хранения и расширяет ассортимент кондитерских изделий лечебно-профилактического назначения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеева Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – 358 с.
2. Батурин А.К., Мендельсон Г.И. Питание и здоровье: проблемы XXI века// Пищевая промышленность, 2005, №5.
3. Кацерикова Н.В.Технология продуктов функционального питания: Учебное пособие. / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2004. - 146 с.
4. Кричман Е.С. Пищевые продукты и их роль в создании продуктов здорового питания// Пищевая промышленность, 2007, № 8. - С.62-63.
5. Мирошникова Т.Н.Разработка технологии кондитерских изделий функционального назначения увеличенного срока годности с применением полуфабрикатов лекарственных растений- Автореферат диссертации на соискание ученой степ. канд. техн. наук. –Воронеж, 2001. - 32 с.
6. Пронченко Г.Е. Лекарственное растительное сырье. - М., 2002.
7. Перспективы использования лекарственных растений: http:// www.shkop.ru/index.php?n=Main.Funkcionalnoe Pitanie/.
8. Химический анализ лекарственных растений: Учеб. пособие для фармацевтических вузов / Е.Я. Ладыгина, Л.Н. Сафронич, В.Э. Отряшенкова [и др.]. Под ред. Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич. – М.:Высш.школа, 1983. – 176 с.
9. Газина Т.П. Пища твое лекарство / Т.П. Газина, Л.П. Дьяконов // Пищевая промышленность. - 2002. - № 7. - С. 84-85.
10. Гаммерман А. Ф. Лекарственные растения (Растения-целители): Справ. пособие /А. Ф. Гаммерман, Г. Н. Кадаев, А. А. Яценко-Хмелевский.- 4-е изд., испр. И доп.— М.: Высш. шк., 1990.- 544 с.
11. Скуратовская, О. Д. Контроль качества продукции физико-химическими методами. Часть 2. Мучные кондитерские изделия Текст. / О. Д. Скуратовская. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: ДеЛи принт, 2003. - 128 с.



ISSN 3030-3907

12. Марченко Г. Проведение эксперимента с использованием статистических методов планирования и ЭВМ / Г. Марченко, У. Маннанов, А. Бояринов: Под ред. Н. Юсупбекова. - Т.: Мехнат, 1991. - 264 с.



ISSN 3030-3907