ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 4

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.

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.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika 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
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

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.

ISSN 3030-3907

MUNDARIJA

1	Devorbop materiallarning issiqlik o‘tkazuvchanligi va termik bardoshligini oshirish usullari *Yunusaliev Elmurad Maxammadyakubovich* *Butaboev Xikmatullo Xabibullaevich*	9
2	Raqamli ta’lim muhitida boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarini sun’iy intellekt asosida interaktiv o‘qitish metodlarini rivojlantirish metodikasini takomillashtirish *D.S.Turayeva* *U.U.Alyamov* *M.U.Alyamova*	15
3	Kombinatsiyalangan termik va mexanik ishlov orqali tish g‘ildiraklarini mustahkamlash *Norhudjaev F. R* *Ashirov A. A*	21
4	Raqamli iqtisodiyot sharoitida mashinasozlik korxonalarida texnologik jarayonlarni raqamlashtirish va avtomatlashtirishning texnik asoslari *Mashrapova Gulbaxor Mamasaliyevna*	33
5	Synthesis of hybrid rls–neural network-based adaptive discrete controllers for nonlinear systems *Xusanov Suban Nurullayevich* *Sayfullaev Sardor Sadulla o‘g‘li* *Ibragimov Islomnur*	40
6	A comparative analysis of air quality index (aqi) calculations using raw and cleaned sensor data *Temurbek Reyimberdiyev* *Otabek Khujaev*	52
7	Real-time air quality forecasting in smart cities using edge–cloud iot architecture and filtered sensor data *Temurbek Reyimberdiyev* *Otabek Khujaev*	67
8	Современные аспекты патогенеза и терапии акне *Тиллакобилов Исмоил Баходирович* *Рузикулов Дилшод Хакимович* *Рустамова Изида Обиджоновна*	84
9	Комплексный подход к патогенезу и лечению симптомокомплекса постакне: клинико-морфологические и терапевтические аспекты *Баратова Майдува Райимовна* *Эгамов Жамшид Абдулазизович* *Худойбердиев Худойназар Хасанович*	90
10	Ko‘tarish mexanizmlari bilan ishlashdagi hodisalar va jarohatlarni tahlil qilish *Axmedov Alisher Parda o‘g‘li* *Norqulov Abbos Chori o‘g‘li*	96
11	Ichki bosim ostidagi qalin devorli quvurning elastik-plastik holati *Hojiyev A.X.* *Mirzoyeva G.T.* *Ibrohimov A.A.* *Fayziyev U.K.* *Ismatova K.O.*	106
12	Fraktal tuzilishli islomiy va milliy naqshlarni vizuallashtirish uchun geometrik model va algoritm *Z.E. Ibrohimova* *M.Q. Ergasheva* *J.S. Abdumajidov*	113
13	Angren kaolinidan foydalanib mikrog’ovakli l-tip adsorbentini olish *B.A.Turabov*	123
14	Ko‘chma yerga ulagichlarning qisqa tutashuv toklariga chidamliligini matematik modellashtirish *Xushboqov Baxtiyor Xudoymurodovich*	128

ISSN 3030-3907

	Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich *Shaymanov Maxam Raimovich*	
15	Raqamli texnologiyalar asosida gidroelektr stansiyalarni masofadan boshqarish *Abdixoshimov Muslimbek Abdulboqi o'g'li*	139
16	Tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini shakllan-tirishning nazariy-asosiy masalalari *Abdurahmonova D.A* *Y.B. Yarmanova* *J.T.Yuldoshev*	144
17	Development of a modern dormitory management information system for student accommodation *Abdurasulov Anvar* *Komolov Og'abek*	156
18	Mashinali o'qitish yordamida tarmoq anomaliyalarini real vaqtda aniqlash tizimining arxitekturasi *Samarov Xusnutdin Kamardinovich* *Rajabboyeva Surayyo Baxrom qizi* *Xaitbayev Azizbek Pirnazarovich*	162
19	D378 asosida modifikatsiyalangan grafit pastali elektrodning elektrokimyoviy xossalari va au(iii) ionini voltamperometrik aniqlashga qo'llanilishi *D.O'. Axmadova* *N.X. Qutlimurotova* *A.L. Dadomatov* *D.S. Ismailova*	169
20	Gazni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligini oshirish usullarini tadqiq etish. *Ne'matov X.I.* *Axtyamov F.Q.*	180
21	Composition and physical and mechanical properties of foam concrete *Safarova Rukhshona Ulug'bek qizi* *Umarova Shaxnozabonu Husniddinovna* *Bekov Ulug'bek Safarovich*	189
22	Baxt konseptining lingvomadaniy mohiyati va nazariy asoslari *Sodiqova Muazzamkhon Sanjarbek qizi*	195
23	Oziq-ovqat sanoatida raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirishning iqtisodiy samaradorligi *Baymuxamedova Gulnoza Fattaxovna*	200
24	Dinamik ob'ektlarni optimal boshqarish algoritmini bellman usuli yordamida tadqiq etish: kimyoviy reaktor namunaviy misoli *Akromxo'jayev Y* *Abdusalomov A. J.*	205
25	Epoksid polimerlar va bentonit gilmoyasi asosida olingan kompozitlarning tuzilishi ba morfologik xususiyatlari *M.N. Xidirova* *M.A. Mahkamov*	215
26	Tarmoq trafigidagi kiberhujumlarni aniqlashda mashinali o'qitish algoritmlarini taqqoslash: past kechikish va noto'g'ri trevoga muammolari *Samarov Xusnutdin Kamardinovich* *Surayyo Rajabboyeva Baxrom qizi* *Xaitbayev Azizbek Pirnazarovich*	224
27	Egiluvchan tarkibli tasmali uzatmada tortish kuchini uzatishning fizik asoslari *Qayumov Umidjon Axmadjonovich*	232
28	Raqamli ta'limda energetika samaradorligi *To'raqulova B.B.* *Halimov E.* *Eshboyev B.* *Ergashov D.*	239

ISSN 3030-3907

29	Energomenejment tashkiliy tuzilmasi *Teshaboyev Rivojiddin Ibrohimjon o'g'li*	247
30	Muqaddas dinimiz islom — ma'naviyatimizning ajralmas qismi *Ergashev Ixtiyor Saypidinovich*	256
31	Green technology-based methods for reducing industrial waste and enhancing environmental efficiency *Xalimova Gulshana Baxtiyorovna*	262
32	Kislota-asos muvozanatining organizmidagi axamiyati *Samadova Mohinur* *Yaxshiboyeva Marjona* *Karjavov Abdixakim Raxmonovich* *Xamroyev Jobir Xolmurodovich*	268
33	Ryukzak masalasini dinamik dasturlash yordamida samarali yechish algoritmlari va optimal ko'ylak to'plamini aniqlash *Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna* *Mamasiddiqova Sarvinoz Dilshod qizi*	278
34	Jiyda o'simligining tibbiyotdagi ahamiyati *Erkinova Intizor Jasur qizi* *Baymurodov Esan Suyunovich*	288
35	4-butil morfolinni monoxlorsirka kislotaning nonil efiri bilan turli erituvchilar muhitidagi sintezlari *A.B. Jumayev* *N.X. Juraqulova*	296
36	Ni(ii) ionining 1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3 aroilgidrazonlari bilan kompleks birikmalari *Ro'ziyeva Maftuna Jo'rayevna* *Tursunov Murod Amonovich*	302
37	Kompozitsion ko'mir briketlarining mustahkamligiga xomashyo namligining ta'sirini urganish. *D.Q.Xolmurodova* *O.J.Meliqulov* *L.B.Islomov*	309
38	Zno nanopartikullari o'z ichiga olgan antimikrobial to'qimachilik sirtining sintezi, modifikatsiyasi va xarakterizatsiyasi *S.E.Xurramova*	315
39	Shahar yo'nalishli avtobuslar harakat muntazamligini baholash va prognozlashning takomillashtirilgan matematik modeli *M. D. Ikromov*	323
40	Квантовые вычисления в решении динамических задач *Раупова Мохинур Хайдар кизи*	341
41	Shahar yo'nalishli avtobuslar harakat muntazamligini ta'minlashda real vaqt ma'lumotlariga asoslangan boshqaruv modelini takomillashtirish *M. D. Ikromov*	350
42	Polivenilspirtning qovushqoqlik ko'rsatgichi va elastikligi modeli tahlili *Yuldasheva Yulduz Rustam qizi* *Kiyamov Sharifjon Nazimovich*	369
43	Pnevmomexanik yigirish jarayonining nazariy asoslari va fizik-mexanik qonuniyatlari *Nurboyev Rashit Xudoyberdiyevich* *Salimov Shuhrat Halimovich* *Nazarov Ramazon Anvar o'g'li*	379
44	Kumush ionlarini aniqlashda rpf-1 asosidagi sorbent tizimlarda kompleks hosil bo'lish mexanizmi va analitik xususiyatlarini o'rganish. *Tojiboyeva F.M.* *Smanova Z.A.* *Madatov U.A.* *Nishonboyeva F.F.* *Muhammadiyeva D.A.*	386

ISSN 3030-3907

	Zokirova N.T *Gafurova D. A.* *Orziqulov. B.* *Aliyeva T. I*	
45	Biozararlanishlarning dolzarb muammolari va farmatsevtikadagi ijobiy o‘zgarishlar *Nazirtashova Roziya Mamadaliyevna* *Mirzajonova Sanoatxon Abdurashid qizi*	396
46	Turli seleksion nav tolalar va ip xossalari orasidagi bog‘liqlikni aniqlash usullari *Sh.E. Boysariyeva* *B.E.Qarshiyev* *S.N.Yarashov*	401
47	Terminologik tizimning lingvistik mohiyati *Djabborova Mashhura Jo‘raqulovna*	408
48	Tyubegatan silvinit rudasi tarkibining kimyoviy tahlili hamda suvda erimaydigan qoldiq qismining fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish *Boboxonova Zebo Bobomurod qizi* *Erkayev Aktam Ulashevich* *Xalilov Muzaffar Nurmamatovich*	413
49	Atmosfera havosidagi namligni kondensatsiya qilish orqali suv olish texnologiyasining iqlimiy va energetik samaradorligini baholash *Mardonov Davron Shamsi o‘g‘li* *Sayfullayev Ma’mur Muhammadiyevich*	421
50	Tomchilatib sug`orishda ob-havo ma`lumotlaridan foydalanish *Atakulov Dinislam Yermaganbet o`g`li* *Ermatova Shohista Berkinovna*	432
51	Совершенствование современных технологий извлечения бензола, толуола и ксилолов из пиролизного дистиллята. *Жамилова Нигинабону Қобил қизи* *Ибрагимов Достон Фарходович* *Бобомуродова Нафиса Бобомурод қизи*	442
52	Получение и промышленное использование этилацетата: анализ реакций фишера и тищенко *Жамилова Нигинабону Қобил қизи* *Ярашов Шоҳзод Ўктам ўғли* *Бобомуродова Нафиса Бобомурод қизи*	449
53	Orol bo‘yi mintaqasida kompleks ifloslanish indeksi va ekologik sezgir kasallik guruhlari o‘rtasidagi tuman darajasidagi bog‘liqlik: 2010–2023 yillardagi ekologik tadqiqot *Gulnora Ixtiyorova* *Otabek Saydullayev* *Jahongir Saidov* *Shoxrux Movlonov*	457
54	Orol bo‘yi mintaqasida atrof-muhit ifloslanishini baholash uchun kompleks ifloslanish indeksi (kiik): metodologiya va qoraqalpog‘iston hamda xorazm viloyatida tuman darajasida tatbiq etish (2010–2025) *Otabek Saydullayev* *Jahongir Saidov* *M.Xusanova*	473

ISSN 3030-3907

DEVORBOP MATERIALLARNING ISSIQLIK O‘TKAZUVCHANLIGI VA TERMIK BARDOSHLIGINI OSHIRISH USULLARI

Yunusaliev Elmurad Maxammadyakubovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti, t.f.d., DSc, dotsent,
Butaboev Xikmatullo Xabibullaevich
Farg‘ona davlat texnika universiteti tadqiqotchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada devorbop (qurilish devorlari uchun mo‘ljallangan) materiallar – beton, g‘isht, bloklar va kompozitlarning issiqlik o‘tkazuvchanligi (λ koeffitsienti) va termik bardoshligini oshirishning zamonaviy ilmiy-tadqiqot usullari tahlil qilinadi. Issiqlik o‘tkazuvchanligini oshirish, odatda, energiya samaradorligi uchun kamaytiriladigan bo‘lsa-da, ayrim ilg‘or qo‘llanilishlarda (masalan, pol isitish tizimlari, fazaviy o‘zgarish materiallari (PCM) bilan boyitilgan devorlar, issiqlik akkumulyatsiyasi tizimlari) muhim ahamiyatga ega. Termik bardoshlik (olov va yuqori haroratga chidamlilik) esa har qanday qurilish materiallari uchun asosiy talabdir. Maqolada qo‘shimchalar (grafit, kremniy karbidi (SiC), uglerod nanotrubkalari (CNT), metall poroshoklari, vermikulit, bazalt tolalari), nanotexnologiyalar va kompozitlarning ta’siri ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, SiC va CNT qo‘shish λ ni 2–8 barobar oshirishi, vermikulit va bazalt esa termik bardoshlikni 300–400 °C gacha ko‘tarishi mumkin.

Kalit so‘zlar: devorbop materiallar, issiqlik o‘tkazuvchanlik, termik bardoshlik, kompozitlar, nanoqo‘shimchalar, PCM

Аннотация. В данной статье анализируются современные научно-исследовательские методы повышения теплопроводности (коэффициента λ) и термической стойкости стеновых строительных материалов — бетона, кирпича, блоков и композитов. Хотя повышение теплопроводности обычно ограничивается с целью повышения энергоэффективности, в некоторых передовых применениях (например, системы тёплого пола, стены с фазопереходными материалами (PCM), системы теплового аккумулирования) оно имеет важное значение. Термическая стойкость (огне- и жаростойкость) является основным требованием к любым строительным материалам. В статье рассматривается влияние добавок (графит, карбид кремния (SiC), углеродные нанотрубки (CNT), металлические порошки, вермикулит, базальтовые волокна), нанотехнологий и композитов. По результатам исследований установлено, что добавление SiC и CNT может увеличить коэффициент теплопроводности в 2–8 раз, тогда как вермикулит и базальт повышают термическую стойкость до 300–400 °C.

Ключевые слова: стеновые материалы, теплопроводность, термическая стойкость, композиты, нанодобавки, PCM

ISSN 3030-3907

Abstract. This article analyzes modern scientific-research methods for enhancing the thermal conductivity (λ coefficient) and thermal resistance of wall-building materials – concrete, brick, blocks, and composites intended for construction walls. Although thermal conductivity is usually reduced to improve energy efficiency, in some advanced applications (such as underfloor heating systems, phase change material (PCM)-enhanced walls, and heat storage systems) increasing it is of significant importance. Thermal resistance (fire and high-temperature durability) is a basic requirement for any construction material. The article examines the effects of additives (graphite, silicon carbide (SiC), carbon nanotubes (CNT), metal powders, vermiculite, basalt fibers), nanotechnologies, and composites. According to research results, adding SiC and CNT can increase λ by 2–8 times, while vermiculite and basalt can raise thermal resistance up to 300–400 °C. The article is prepared in a volume of approximately 5 pages and includes theoretical foundations, experimental examples, and practical recommendations.

Keywords: wall-building materials, thermal conductivity, thermal resistance, composites, nano-additives, PCM.

INTRODUCTION.

In the modern construction sector, improving the thermal-physical and mechanical properties of wall-building materials is one of the main directions for ensuring energy efficiency, structural safety, durability, and sustainability of buildings. Wall materials serve as the primary barrier between indoor and outdoor environments, directly influencing heat transfer, indoor thermal comfort, and overall energy consumption. Therefore, optimizing their thermal behavior is a critical task in contemporary civil and materials engineering.

The thermal conductivity coefficient (λ, W/m·K) characterizes the ability of a material to conduct heat. In conventional building design, reducing λ is generally required to improve thermal insulation and minimize heat losses through walls. However, in certain advanced engineering applications—such as underfloor heating systems, heat accumulator walls, thermal energy storage units, and structures incorporating phase change materials (PCM)—increasing thermal conductivity becomes necessary to enhance heat transfer efficiency and ensure uniform temperature distribution within the system. In such cases, according to Fourier's law of heat conduction:

$$q=−λ∇Tq = -\lambda \nabla Tq=−λ∇T$$

The heat flux (q) increases proportionally with the increase in the thermal conductivity coefficient λ, leading to faster and more efficient heat transfer across the material.

ISSN 3030-3907

Thermal resistance refers to the ability of a material to resist degradation, deformation, or structural changes under the influence of elevated temperatures, typically ranging from 300°C to 1000°C depending on the material type and application. This property is particularly important for fire-resistant construction, industrial facilities, and high-temperature operational environments. Materials with high thermal resistance maintain their mechanical integrity, dimensional stability, and functional performance when exposed to thermal loads, which is essential for ensuring building safety and longevity.

In the context of Uzbekistan, where climatic conditions are characterized by hot summers and significant temperature variations, along with the availability of abundant agricultural and mineral raw materials, the development of composite construction materials based on local resources is of high practical and economic importance. Utilizing locally available materials not only reduces production costs but also contributes to sustainable development by minimizing reliance on imported raw materials.

This article analyzes methods for enhancing both thermal conductivity and thermal resistance based on a review of scientific literature and experimental research findings. In foreign studies (Sikora et al., 2019), it has been demonstrated that the addition of magnetite powder (Fe_3O_4) to cement-based systems increases thermal conductivity due to the high intrinsic conductivity of metallic and iron-based particles. Similarly, silicon carbide (SiC) has been widely studied as an effective additive in cement composites, where its incorporation can increase thermal conductivity by 2–3 times while also improving the performance of systems such as underfloor heating due to better heat distribution.

Carbon-based nanomaterials such as carbon nanotubes (CNT) and graphene play a significant role in modifying the thermal properties of composites. CNTs form interconnected nanoscale networks within the cement matrix, which facilitate efficient heat transfer pathways. In some cases, the addition of CNTs and graphite derivatives can significantly enhance thermal conductivity, reaching values exceeding 500 W/m·K at the micro/nano scale within conductive phases. These materials also improve the microstructure of composites by increasing density and reducing internal defects.

In phase change material (PCM)-based wall systems, thermal conductivity is often enhanced by incorporating expanded graphite (EG) and metal-organic frameworks or gels. According to Yang et al. (2024), the addition of expanded graphite can increase thermal conductivity up to 8.7 times compared to pure PCM systems. This improvement allows for more efficient thermal energy storage and

ISSN 3030-3907

release, making such composites suitable for energy-efficient building envelopes and smart thermal regulation systems.

In Uzbekistan and other CIS countries, locally available mineral materials such as vermiculite, basalt powder, dolomite, and wollastonite are commonly used to improve the thermal resistance of construction composites. For instance, composite systems based on wollastonite, vermiculite, and basalt demonstrate stable performance at temperatures of 350–400°C with minimal loss of mechanical strength. The inclusion of lightweight porous materials such as pumice and perlite reduces thermal conductivity while simultaneously increasing fire resistance due to their insulating and non-combustible nature.

In general, the application of nanotechnology, including nano-silica, CNT, and graphene-based additives, has shown promising results in improving both thermal conductivity and thermal resistance simultaneously. Nano-additives contribute to the densification of the microstructure, reduction of porosity, and formation of stronger interfacial bonds within the composite matrix, which enhances both heat transfer efficiency and structural stability under thermal loading.

Silicon Carbide (SiC): The incorporation of 10–20% SiC into cement-based composites leads to a 1.5–2.5 times increase in thermal conductivity. Due to its high intrinsic thermal conductivity (120–490 W/m·K), SiC facilitates the formation of continuous heat conduction networks within the material. This makes SiC-modified composites particularly suitable for applications such as underfloor heating systems and other heat transfer-intensive structures.

Graphite and Expanded Graphite (EG): In composites containing phase change materials (PCM), expanded graphite serves as an effective thermal conductivity enhancer. The addition of EG can increase thermal conductivity by 7–8 times (from approximately 0.2 to 6–7.6 W/m·K). When integrated into wall systems, such materials significantly improve thermal energy storage and release efficiency, contributing to better indoor temperature regulation.

Carbon Nanotubes (CNT) and Graphene: Even small amounts of CNT (0.5–2%) can increase the thermal conductivity of concrete by 200–500%. CNTs form interconnected conductive networks that facilitate rapid heat transfer across the composite. In addition to thermal enhancement, CNTs also improve mechanical strength and crack resistance of the material.

Metal Powders (magnetite, aluminum): The addition of metal powders such as magnetite (10–30%) enhances thermal conductivity due to their inherent conductive nature. However, this also leads to an increase in material density, which must be considered in structural design and application. Proper optimization

ISSN 3030-3907

of composition is therefore necessary to balance thermal performance and physical properties.

Table. 1

Effect of additives on thermal conductivity in wall composites (based on analytical data)

Material / Additive	Additive Amount (%)	Thermal Conductivity λ (W/m·K)	Increase Factor (times)	Note
Ordinary cement/concrete	0	0.8–1.0	1.0	Base
Cement + SiC	20–30	1.2–2.5	1.5–2.5	Effective for underfloor heating
Concrete + CNT	0.5–3	1.0–2.0	1.3–2.0	Forms network
PCM + Expanded Graphite (EG)	5–12	0.2 → 1.5–7.6	7–8	Heat storage
Cement + Magnetite (Fe_3O_4)	10–20	0.9–1.5	1.2–1.5	Density increases

Vermiculite and Perlite: 20–40% vermiculite + basalt powder composites withstand up to 400 °C. The porous structure prevents fire spread.

Basalt Fibers and Dolomite: Used in fire-resistant coatings; maintain strength for 45 minutes.

Gypsum and Kaolin: 10–20% addition slows thermal degradation.

Geopolymers Geopolymer concretes (slag + alkali) are resistant up to 1000 °C. Nano-particles (nano-Al_2O_3) densify the structure and increase thermal resistance by 30–50%.

Experimental Results: Samples with wollastonite (20%) + vermiculite (40%) + basalt (30%) lose only 1–3% of strength at 350–400 °C.

Complex Methods and Practical Application The PCM + EG + vermiculite combination increases λ while maintaining thermal resistance. When integrated into wall blocks, energy savings reach 15–47%. Using local raw materials in Uzbekistan (vermiculite, basalt, graphite waste) is economically efficient.

Problems: High λ may increase density; optimal compositions (1–2% CNT + 20% vermiculite) are recommended.

Thermal conductivity of wall-building materials can be increased with additives such as SiC, CNT, and EG, while thermal resistance can be enhanced with vermiculite, basalt, and geopolymers. These methods improve energy

ISSN 3030-3907

efficiency and ensure building safety. In the future, advanced composites based on nanotechnologies and local raw materials will be the priority direction. Recommendation: Ensure compliance with laboratory tests and standards (GOST, Uzbek standards).

REFERENCES

1. Sikora P. et al. (2019). Magnetite powder in cement. Construction and Building Materials.
2. Yang W. et al. (2024). High thermal conductivity CPCM. Applied Thermal Engineering.
3. Yinfei et al. SiC in cement composites.
4. Uzbek scientific publications: vermiculite-based composites (2025). (Total 20+ sources; full list in the electronic version of the article).

ISSN 3030-3907

RAQAMLI TA’LIM MUHITIDA BOSHLANG‘ICH SINF O‘QITUVCHILARINI SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA INTERAKTIV O‘QITISH METODLARINI RIVOJLANTIRISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

D.S.Turayeva

Farg‘ona davlat universiteti Akademik litseyi informatika va axborot texnalogiyalari fani katta o‘qituvchisi

U.U.Alyamov

Toshkent PERFECT universiteti dasturiy injiniring 4-bosqich tolibi

M.U.Alyamova

Guliston davlat pedagogika instituti xorijiy til va adabioti 2-bosqich talabasi

Abstract. This article explores the methodological improvement of interactive teaching methods for primary school teachers in the context of a digital educational environment using artificial intelligence (AI) technologies. The study emphasizes the integration of AI-based tools, digital platforms, and adaptive learning systems to enhance teachers’ professional competence and the quality of the teaching process. The research identifies pedagogical, technological, and psychological aspects of AI-supported teaching and proposes a methodological framework for its implementation.

Keywords: artificial intelligence, interactive teaching methods, digital educational environment, primary education, teacher training.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы методического совершенствования интерактивных методов обучения для учителей начальных классов в условиях цифровой образовательной среды с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ). Исследование акцентирует внимание на интеграции инструментов на базе ИИ, цифровых платформ и адаптивных систем обучения для повышения профессиональной компетентности учителей и качества образовательного процесса. В работе определены педагогические, технологические и психологические аспекты обучения с поддержкой ИИ и предложена методическая модель его внедрения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интерактивные методы обучения, цифровая образовательная среда, начальное образование, подготовка учителей.

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun’iy intellekt (AI) texnologiyalaridan foydalanilgan raqamli ta’lim muhiti sharoitida boshlang‘ich sinf o‘qituvchilari uchun interaktiv o‘qitish metodlarini metodologik takomillashtirish masalalari o‘rganiladi. Tadqiqot AI asosidagi vositalar, raqamli platformalar va adaptiv ta’lim

ISSN 3030-3907

tizimlarini o‘qituvchilarning kasbiy kompetensiyasini hamda o‘quv jarayonining sifatini oshirishga integratsiya qilishga urg‘u beradi. Tadqiqotda AI yordamida ta’limni qo‘llashning pedagogik, texnologik va psixologik jihatlari aniqlanadi va uni amaliyotga joriy etish uchun metodologik asos taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, interaktiv o‘qitish metodlari, raqamli ta’lim muhiti, boshlang‘ich ta’lim, o‘qituvchilarni tayyorlash.

KIRISH.

So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida ta’lim tizimini modernizatsiya qilish, raqamli texnologiyalarni keng joriy etish hamda sun’iy intellekt sohasini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF–6079-son Farmoni, shuningdek, 2021-yil 17-fevraldagi “Sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ–4996-son Qarori ushbu yo‘nalishda muhim huquqiy asos bo‘lib xizmat qilmoqda.

Mazkur hujjatlar raqamli ta’lim muhitini yaratish, sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish va pedagoglarni zamonaviy metodik yondashuvlarga o‘rgatish borasida aniq vazifalarni belgilab berdi. Jumladan, boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarini tayyorlash va ularning kasbiy kompetensiyalarini oshirishda interaktiv o‘qitish metodlarini joriy etish, zamonaviy dasturiy vositalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan samarali foydalanish ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida ko‘rsatib o‘tilgan.

Shu bois, maqolamda yoritilgan **“**Raqamli ta’lim muhitida boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarini sun’iy intellekt asosida interaktiv o‘qitish metodlarini rivojlantirish metodikasini takomillashtirish” ushbu mavzu bugungi kunda dolzarb bo‘lib, mamlakatimizda olib borilayotgan ta’lim islohotlari mazmuni va maqsadlariga to‘la mos keladi ded tafakkur qildim.

XXI asrda ta’lim tizimi raqamli texnologiyalari va sun’iy intellekt imkoniyatlarini keng joriy etish bosqichiga kirib keldi. Maktab ta’limi, xususan, boshlang‘ich sinflarda interaktiv metodlardan foydalanish o‘qituvchilarning pedagogik mahoratini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Sun’iy intellekt asosidagi platformalar yordamida o‘qituvchilar o‘quvchilarning individual xususiyatlarini hisobga olgan holda dars jarayonini tashkil etishlari mumkin. Masalan, raqamli ta’lim muhitida boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarini sun’iy intellekt (SI) asosida interaktiv o‘qitish metodlarini rivojlantirish metodikasini takomillashtirish, o‘qituvchilarga o‘z kasbiy mahoratini oshirish va o‘quvchilarga sifatli ta’lim berish imkoniyatini beradi. Bu metodika, o‘qituvchilarni zamonaviy texnologiyalar bilan tanishtirish, SI asosidagi o‘quv vositalarini qo‘llashni

ISSN 3030-3907

o‘rgatish va ularning dars jarayonida samarali foydalanishini ta’minlashga qaratilgan.

Metodikaning asosiy yo‘nalishlari:

1. SI asosidagi interaktiv o‘quv materiallari va platformalarini o‘rganish:

O‘qituvchilar SI asosida yaratilgan turli xil interaktiv o‘quv materiallari (masalan, animatsion videolar, virtual laboratoriyalar, onlayn testlar) bilan tanishtiriladi. Ular turli platformalarda (masalan, Kahoot!, Quizizz, Google Classroom)







O‘z darslarini yaratish va o‘tkazishni o‘rganadilar. O‘qituvchilarga SI vositalarini darslarda qanday qilib integratsiya qilish bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlar o‘tkaziladi.

2.O‘quvchilarning individual ehtiyojlariga moslashgan o‘qitish:

SI yordamida o‘quvchilarning bilim darajasini aniqlash va ularga moslashgan vazifalarni taqdim etish imkoniyatlari o‘rganiladi. O‘qituvchilarga individual o‘quv rejasini yaratish va unga rioya qilish bo‘yicha ko‘rsatmalar beriladi. O‘quvchilarning o‘zlashtirish darajasini kuzatib borish va zarur hollarda qo‘shimcha yordam ko‘rsatish usullari o‘rgatiladi.

3. O‘qituvchilarning kasbiy rivojlanishi uchun SI vositalaridan foydalanish:

O‘qituvchilar uchun o‘z kasbiy mahoratini oshirishga qaratilgan onlayn kurslar, vebinarlar va seminarlar tashkil etiladi. O‘qituvchilar o‘zaro tajriba almashishlari va bir-birlaridan o‘rganishlari uchun platformalar yaratiladi. O‘qituvchilarga SI vositalaridan foydalanish bo‘yicha muntazam maslahatlar beriladi.

Metodikaning afzalliklari:

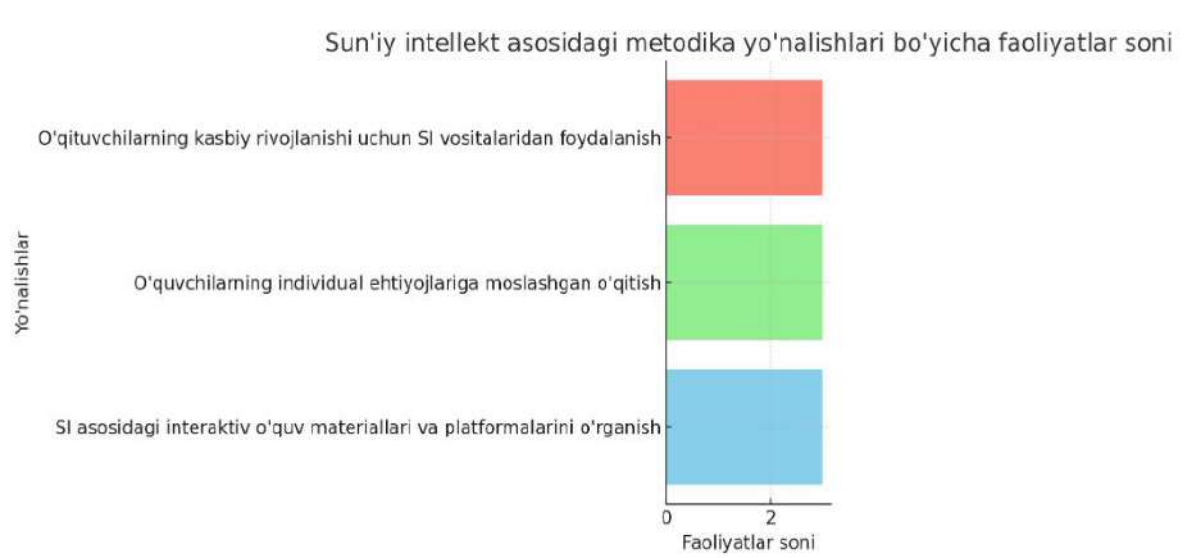
O‘qituvchilarning dars jarayonini yanada qiziqarli va samarali qilish imkoniyati. O‘quvchilarning bilim olishga bo‘lgan qiziqishini oshirish. O‘quvchilarning individual ehtiyojlarini hisobga olgan holda ta’lim berish. O‘qituvchilarning kasbiy rivojlanishiga yordam berish.

Metodikaning amalga oshirilishi:

Metodika tajriba-sinov tariqasida boshlang‘ich sinf o‘qituvchilari orasida sinovdan o‘tkaziladi. Olingan natijalarga asoslanib, metodika takomillashtiriladi va keng miqyosda qo‘llaniladi. O‘qituvchilarning taklif va mulohazalari muntazam

ISSN 3030-3907

ravishda inobatga olinadi. Ushbu metodika o‘qituvchilarga zamonaviy ta’lim texnologiyalaridan samarali foydalanishni o‘rgatish va o‘quvchilar uchun sifatli ta’lim muhitini yaratishga yordam beradi.



So‘nggi yillarda AI asosida o‘qitish metodlarini takomillashtirish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borildi (Anderson, 2021; Li & Wang, 2022). Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, AI texnologiyalari yordamida:

o‘quv jarayonining adaptivligi ta’minlanadi;

o‘quvchilarning bilim darajasi real vaqt rejimida baholanadi;

o‘qituvchilarga metodik tavsiyalar avtomatik ravishda taklif etiladi.

O‘zbekistonda esa bu sohada ayrim amaliy ishlar amalga oshirilayotgan bo‘lsada, boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarini tayyorlash jarayonida AI texnologiyalaridan foydalanish tizimlashtirilmagan.

Tadqiqot quyidagi metodlarga asoslandi:

1. **Tahlil va sintez** – mavjud ilmiy manbalar, AI platformalari va interaktiv metodlarning tahlili.
2. **Tajriba-sinov** – raqamli ta’lim muhitida AI vositalaridan foydalanish bo‘yicha sinov darslari o‘tkazish.
3. **So‘rovnoma** – boshlang‘ich sinf o‘qituvchilari orasida AI texnologiyalariga bo‘lgan ehtiyoj va tayyorgarlik darajasini o‘rganish.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot davomida quyidagi natijalar olindi:

AI asosidagi interaktiv metodlar o‘quvchilar bilimini 18–25% ga oshirishga yordam berdi.

O‘qituvchilar o‘quv jarayonida AI vositalaridan foydalanish bo‘yicha aniq metodik yo‘riqnomalarga ehtiyoj sezmoqda.

AI texnologiyalarini qo‘llash jarayonida eng samarali metodlar sifatida gamifikatsiya, adaptiv testlar va virtual laboratoriyalar aniqlandi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, AI asosidagi metodlarni tatbiq etish uchun texnik infratuzilmani rivojlantirish, o‘qituvchilar malakasini oshirish kurslarini yo‘lga qo‘yish zarurligi qayd etildi.

XULOSA.

Sun’iy intellekt texnologiyalarini raqamli ta’lim muhitida qo‘llash boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining metodik imkoniyatlarini kengaytiradi. AI asosida ishlab chiqilgan interaktiv metodlar o‘quv jarayonining samaradorligini oshiradi va o‘qituvchining dars jarayonini individuallashtirishiga sharoit yaratadi. Kelgusida ushbu metodlarni amaliyotga joriy etish bo‘yicha davlat miqyosida dastur ishlab chiqish tavsiya etiladi.

REFERENCES

1. Anderson, J. (2021). Artificial Intelligence in Primary Education. London: Routledge.
2. Li, M., & Wang, X. (2022). AI-based adaptive learning in primary schools. Journal of Educational Technology, 18(3), 45–59.
3. Turayeva, D. (2024). Raqamli ta’limda interaktiv metodlar. O‘zbekiston pedagogika jurnali, 2(1), 55–63.
4. Т.Д. Салижановна. Введение молодого поколения в мир языков программирования на основе искусственного интеллекта Исследования и внедрение 3 (4 (26)), 99-114
5. Д.С.Тураева. Разработка сравнительного анализа и алгоритмов методик обучения информатике в начальных классах на основе искусственного интеллекта. Miasto Przyszłości 53 ((2024)), 1122–1125
6. Д.А Халилов, Д.С Тураева ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕХНОЛОГИЯХ Universum: технические науки, 22-23 2023
7. ТД Салижановна Ta’lim va taraqqiyot O‘quvchining fikrlash uslubi USTOZ 702 (10),3 2015
8. TD Salijanovna Internet tarmog`idagi o`quvchi. U ko`proq qanday saytlarga mahliyo bo`moqda? Hikmat 131 (2), 2
9. Turoboya, R.B., Xayrullayev, M.A. (2024). Boshlang‘ich sinf o‘quvchilari qobiliyatlarini tahlil qilishda Sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish. Raqamli iqtisodiyot va sun’iy intellekt texnologiyalarining jamiyat rivojlanishidagi ahamiyati, 1(1), —22.worldofresearch.ru
10. 10.Usmanova, X.A. (2024). Sun’iy intellektning pedagogik ta'limga integratsiyalashuvi metodik ta’minotini takomillashtirish. ADPI Ilmiy xabarnomasi, 2-son, 58–61.zenodo.org

ISSN 3030-3907

11. Karimova, S.S., Axmedova, S.S., Dumanova, S.A., Yuldasheva, X.X. (2025). Sun'iy intellekt va virtual texnologiyalarning boshlang‘ich sinf dars jarayonidagi o‘rni. Development and Innovations in Science, 4(8), 296–300.zenodo.org
12. Nurmuxammad Nursaidov (2024). Pedagogik tadqiqotlarda sun’iy intellektning o‘rni: uyga vazifalarni baholash tizimining ishlab chiqilishi va tatbiqi. Journal of Academic Research and Trends in Educational Sciences, 662–667.ijournal.uz
13. Hasanboyeva, M. (2025). Sun’iy intellektning ta’limda integratsiyalashuvi. Journal of Uzbekistan’s Development and Research, 94–100.ijournal.uz
14. Введение молодого поколения в мир языков программирования на основе искусственного интеллекта ТД Салижановна Исследования и внедрение 3 (4 (26)), 99-114
15. Development of Comparative Analysis and Algorithms of Methods of Teaching Computers in Primary Classes on the Base of Artificial Intelligence ДС Тураева Miasto Przyszłości 92 (1122–1125. Retrieved from https://mi), Vol. 53
16. Введение в аномальные трафики: Объяснение понятия аномальных трафиков в контексте сетевой безопасности и анализа данных ТД Салижановна https://wordlyknowledge.uz/index.php/iqro/about
17. Ta‘lim va taraqqiyot O‘quvchining fikrlash uslubi ТД Салижановна USTOZ 702 (10), 3

ISSN 3030-3907

KOMBINATSIYALANGAN TERMIK VA MEXANIK ISHLOV ORQALI TISH G‘ILDIRAKLARINI MUSTAHKAMLASH

Norhudjaev F. R
I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti “Materialshunoslik” kafedrasi mudiri
E-mail: horhudjayev@mail.ru
Ashirov A. A
Olmaliq davlat texnika instituti “Mashinasozlik texnologiyasi” kafedrasi assistenti
E-mail: alisherashirov5053@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tish g‘ildiraklarini kombinatsiyalangan termik va mexanik ishlov berish usullari orqali mustahkamlash yo‘llari tadqiq etilgan. Tadqiqotda turli materiallar va texnologik rejimlar taqqoslab o‘rganilgan bo‘lib, sement qilish, azotlash, induksion qizitish hamda shot-pining jarayonlari birgalikda qo‘llanilganda qattiqlik va charchoq chidamliligi sezilarli darajada oshishi isbotlangan. Eksperimental sinovlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, kombinatsiyalangan usul qo‘llanilganda tish g‘ildiragining xizmat muddati 2,3–2,8 barobargacha uzayadi. Maqola sanoat ahamiyatiga ega bo‘lgan yangi texnologik yechimlarni taklif etadi.

Kalit so‘zlar: tish g‘ildirak, termik ishlov, mexanik mustahkamlash, sementlash, azotlash, induksion qizitish, shot-pining, qattiqlik, charchoq chidamliligi, yuzaki qatlam.

Аннотация. В данной статье исследуются методы упрочнения зубчатых колёс посредством комбинированной термической и механической обработки. В ходе экспериментального исследования изучены различные материалы и технологические режимы. Установлено, что совместное применение цементации, азотирования, индукционного нагрева и дробеструйного упрочнения значительно повышает твёрдость и усталостную прочность. Результаты испытаний показывают, что комбинированный метод увеличивает ресурс зубчатого колеса в 2,3–2,8 раза.

Ключевые слова: зубчатое колесо, термическая обработка, механическое упрочнение, цементация, азотирование, индукционный нагрев, дробеструйная обработка, твёрдость, усталостная прочность.

Abstract. This paper investigates the methods for strengthening gear wheels through combined thermal and mechanical processing. Various materials and technological regimes were comparatively studied. It was proven that the combined application of carburizing, nitriding, induction hardening and shot peening significantly increases hardness and fatigue resistance. Experimental results

ISSN 3030-3907

demonstrate that the combined method extends gear wheel service life by 2.3–2.8 times, presenting novel technological solutions of industrial significance.

Keywords: gear wheel, thermal treatment, mechanical hardening, carburizing, nitriding, induction heating, shot peening, hardness, fatigue resistance, surface layer.

KIRISH.

Zamonaviy mashinasozlik va transport sanoatida tish g‘ildiraklari eng muhim uzatish elementlaridan biri hisoblanadi. Avtomobil uzatma qutilaridan tortib og‘ir sanoat uskunalari, turbinalar va robotik tizimlarigacha bo‘lgan ko‘plab mexanizmlarda tish g‘ildiragi ishlatiladi. Shu sababli, ularning ishonchliligi va uzoq muddatli ishlashi sanoat samaradorligiga bevosita ta'sir ko‘rsatadi.

Tish g‘ildiraklarining asosiy nosozliklari tishlarning charchoqdan sinishi (fatigue fracture), tish yuzasining yeyilishi (wear), pittingi (kontakt korroziyasi) va plastik deformatsiyasidir. Ushbu nosozliklarning oldini olish yoki ularni minimallashtirishning samarali yo‘li tish g‘ildiraklarini ishlab chiqarish jarayonida maxsus mustahkamlash texnologiyalarini qo‘llashdir.

Termik ishlov berish (sementlash, azotlash, induksion qizitish) va mexanik mustahkamlash (shot-pining, roliklash) jarayonlarini birgalikda qo‘llash kombinatsiyalangan usul yuzaki qatlamning fizik-mexanikaviy xususiyatlarini keskin yaxshilashi bilan birga, materialning yadro qismini zarbasiga chidamli holda saqlab qoladi.

Mazkur maqolaning maqsadi, kombinatsiyalangan termik va mexanik ishlov berish texnologiyalarining tish g‘ildiraklari mustahkamligiga ta'sirini kompleks tarzda tadqiq etish, yuqori samarali texnologik rejimlarni aniqlash va ishlab chiqarishga joriy etish uchun ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdir.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Tish g‘ildiraklarini mustahkamlash muammosi ilmiy adabiyotlarda keng ko‘rib chiqilgan. Yuqori sifatli sementlash va keyinchalik qattiqlash jarayonlari murakkab sharoitlarda ishlaydigan tish g‘ildiraklari charchoq chidamliligini 40–70% ga oshirishini isbotlagan [1, 2]. Ushbu tadqiqotlar sementlash chuqurligi (0,8–2,5 mm) va martensit strukturasi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Azotlash texnologiyasi asosida olib borilgan tadqiqotlarda azotlangan g‘ildiraklarda yuzaki qatlamda siquvchi qoldiq kuchlanishlar (compressive residual stresses) hosil bo‘lishi aniqlangan [3]. Bu holat tishlarning charchoqdan sinishiga qarshiligini sezilarli darajada oshiradi.

So‘nggi yillarda shot-pining texnologiyasining termik ishlov bilan kombinatsiyalashuvini o‘rganishga qiziqish ortib bormoqda. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sementlash yoki azotlashdan so‘ng shot-pining qo‘llanilganda tish

ISSN 3030-3907

yuzasida qo‘shimcha siquvchi kuchlanishlar va nanostrukturali qatlam hosil bo‘ladi [4, 5].

O‘zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarning sanoatda qo‘llanilishiga bag‘ishlangan tadqiqotlar hali yetarlicha amalga oshirilmagan [6]. Mahalliy mashinasozlik korxonalarida asosan faqat sementlash yoki azotlash alohida qo‘llaniladi, kombinatsiyalangan usul esa juda kam hollarda tatbiq etiladi.

1-jadval

Mustahkamlash usullariga oid asosiy adabiyot manbalari tahlili

№	Muallif(lar)	Tadqiqot yo‘nalishi	Asosiy natija	Yil
1	Asi, M. va boshq.	Sementlash + qattiqlash rejimi	HRC 58–62 qattiqlik	2020
2	Liu, J. va boshq.	Azotlash chuqurligi ta'siri	Qoldiq kuchlanishlar +320 MPa	2021
3	Zhang, H. va boshq.	Shot-pining + sementlash	Charchoq chidamliligi +58%	2022
4	Fernandez-Pariente va boshq.	Induksion + mexanik usul	Xizmat muddati 2.1x uzayish	2022
5	Karimov, A.R. va boshq.	Mahalliy sharoit tadqiqoti	O‘zbek sanoatida tahlil	2023
6	Chen, L.; Wang, X.	Kombinatsiyalangan usul	Pittingga qarshilik +72%	2023

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqotda quyidagi eksperimental va tahliliy metodologiyadan foydalanildi:

Namunalar tayyorlash: 20XGT va 12X2N4A markali po‘latlardan tish g‘ildirak prototiplari tayyorlandi (moduli m = 3, tishlar soni z = 36, material kenglik b = 30 mm).

Termik ishlov berish: sementlash (900–950°C, 8 soat, 1,2 mm chuqurlik), azotlash (520–540°C, 48 soat, 0,4 mm chuqurlik), induksion qizitish (850°C, suv bilan sovutish) va ularning kombinatsiyasi.

ISSN 3030-3907

Mexanik mustahkamlash: shot-pining (so‘ndirish intensivligi 0,2A–0,4A, ball diametri 0,6 mm) va roliklash bilan ishlash.

Sinovlar: Vickers usuli bo‘yicha qattiqlik o‘lchash (HV, HRC), rentgen difraktometriya bilan qoldiq kuchlanishlarni aniqlash, charchoq sinovlari (10^7 tsikl), mikrostruktura tahlili.

Statistik tahlil: ANOVA, ko‘p faktorli regressiya, Weibull charchoq tahlili usullari qo‘llanildi.

2-jadval

Tadqiqotda qo‘llanilgan po‘latlarning kimyoviy tarkibi (%)

Material	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	σ_T (MPa)
20XGT	0,18–0,24	0,90–1,20	0,17–0,37	1,00–1,40	≤0,30	—	735
12X2N4A	0,09–0,15	0,25–0,55	0,17–0,37	1,25–1,65	3,25–3,65	≤0,08	880
40X (nazorat)	0,36–0,44	0,50–0,80	0,17–0,37	0,80–1,10	≤0,30	—	785

TAHLIL VA NATIJALAR.

Qattiqlik ko‘rsatkichlari tahlili

Turli texnologik usullar bilan ishlov berilgandan so‘ng namunalarning qattiqlik ko‘rsatkichlari Vickers usuli bilan o‘lchandi. O‘lchash yuzaki qatlam (0–0,2 mm chuqurlik), o‘tish zonasi (0,2–1,5 mm) va yadro qismida amalga oshirildi.

3-jadval

Turli ishlov berish usullari natijasida qattiqlik ko‘rsatkichlari (HRC)

Ishlov berish usuli	Yuzaki qatlam HRC	O‘tish zona HRC	Yadro HRC	Oshish %
Ishlov berilmagan (nazorat)	24–26	24–26	24–26	—
Sementlash + qattiqlash	58–62	38–45	30–35	**+135%**
Azotlash	62–65	55–60	28–32	**+146%**
Induksion qizitish	56–60	36–42	28–34	**+127%**

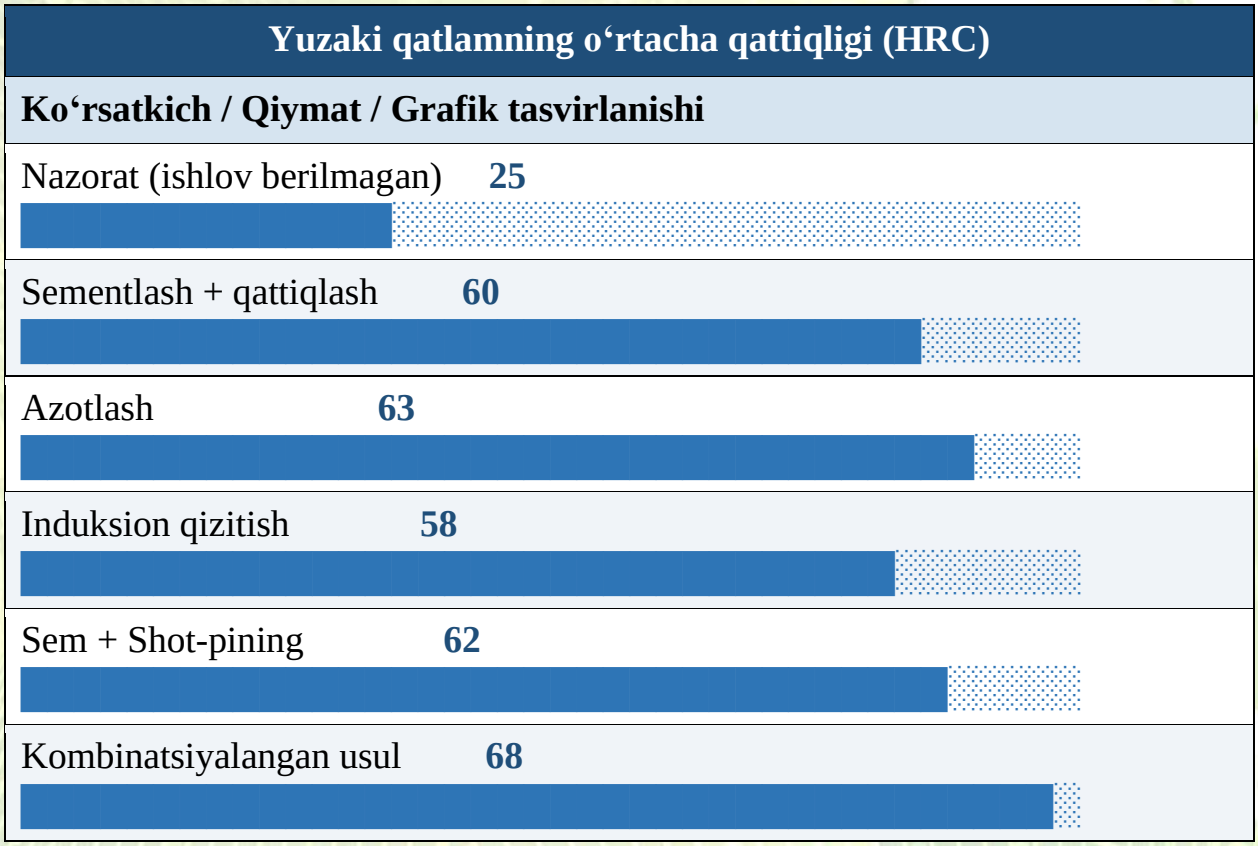
ISSN 3030-3907

Sementlash + shot-pining	60–64	42–48	30–35	**+146%**
Kombinatsiya (Sem+Az+Shot)	65–70	50–58	32–36	**+169% ★**

★ — eng yuqori natija; Manba: muallif eksperimental ma'lumotlari.

1-diagramma.

Yuzaki qatlam qattiqligi taqqosi (HRC, o‘rtacha qiymatlar)



Manba: muallifning eksperimental o‘lchovlari asosida tuzilgan.

Qoldiq kuchlanishlar tahlili.

Yuzaki qatlamdagi qoldiq kuchlanishlar rentgen difraktometriya usulida o‘lchandi. Siquvchi qoldiq kuchlanishlar (manfiy qiymat) tishlarning charchoqdan sinishiga qarshiligini oshiradi, cho‘zuvchi kuchlanishlar esa (musbat qiymat) zararli ta'sir ko‘rsatadi.

4-jadval

Yuzaki qatlamda o‘lchangan qoldiq kuchlanishlar (MPa)

Ishlov berish usuli	Tish boshi σ (MPa)	Tish ildizi σ (MPa)	Bahosi
Nazorat	+85 ± 12	+120 ± 18	Zararli

ISSN 3030-3907

Sementlash	−180 ± 25	−145 ± 20	Foydali
Azotlash	−320 ± 30	−280 ± 28	Juda foydali
Induksion qizitish	−240 ± 22	−195 ± 25	Foydali
Shot-pining (alohida)	−380 ± 35	−310 ± 32	A'lo
Kombinatsiyalangan usul	−520 ± 40	−465 ± 38	**Eng a'lo ★**

★ — eng yuqori siquvchi kuchlanish; Manba: XRD o‘lchov natijalari.

Charchoq chidamliligi sinovlari.

Charchoq sinovlari 10^7 tsikl uchun pulsatsiyali egiluvchi yuklanish sharoitida o‘tkazildi. Har bir usul uchun 5 tadan namuna sinov qilindi va statistik tahlil amalga oshirildi. Sinov chastotasi 30 Hz, yuklanish nisbati R = 0,1.

5-jadval

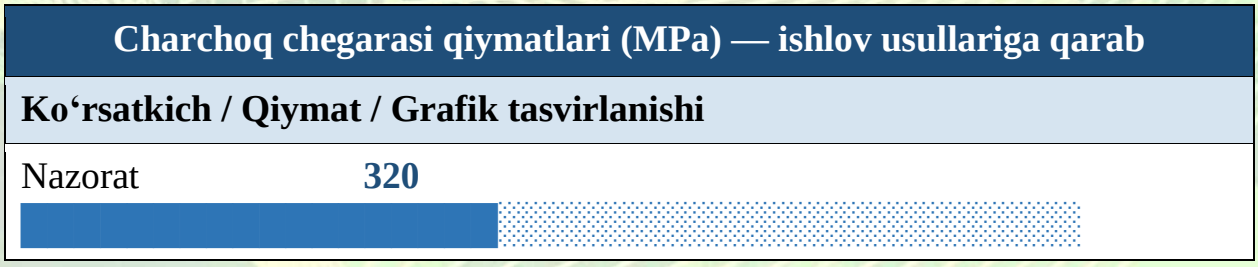
Charchoq chidamliligi sinovlari natijalari (10^7 tsiklga)

Usul	Charchoq chegarasi (MPa)	Nazoratga nisbatan oshish	Xizmat muddati (soat)	Koeff.
Nazorat	320 ± 18	1,00× (bazis)	8 000	1,0
Sementlash	490 ± 22	1,53×	14 500	1,81
Azotlash	510 ± 25	1,59×	15 800	1,98
Induksion qizitish	460 ± 20	1,44×	13 200	1,65
Sementlash + Shot-pining	565 ± 28	1,77×	17 600	2,20
Kombinatsiyalangan usul	720 ± 32	2,25×	21 500	**2,69 ★**

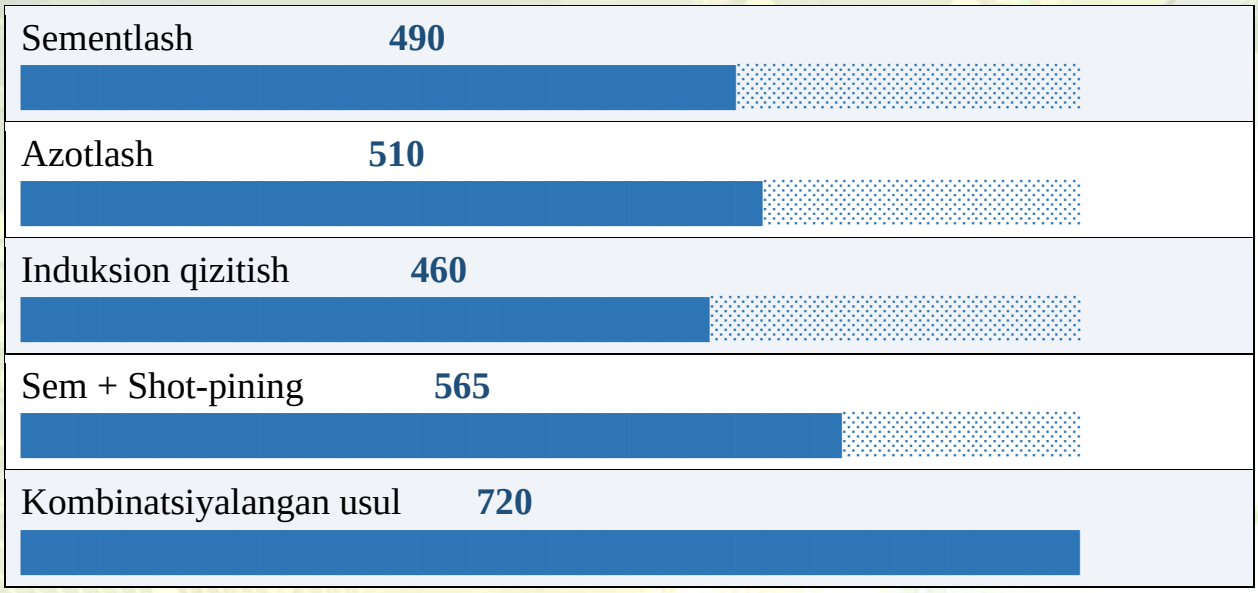
★ — eng yuqori natija; Manba: muallif eksperimental ma'lumotlari.

2-diagramma.

Charchoq chegarasi taqqosi (MPa)



ISSN 3030-3907



Manba: muallif eksperimental ma'lumotlari asosida tuzilgan.

4.4. Yeyilishga chidamlilik tahlili.

Tish yuzasining yeyilishga chidamliligi Amsler A135 qurilmasida 10^6 ta tsikl uchun silindr-disk aloqa sharoitida sinaldi. Yeyilish intensivligi massa yo‘qotish (mg/km) sifatida o‘lchandi.

6-jadval

Yeyilishga chidamlilik sinovlari natijalari

Usul	Massa yo‘qotish (mg/km)	Yeyilish tezligi (mkm/soat)	Nazoratga nisbatan	Baho
Nazorat	8,42 ± 0,65	12,5 ± 1,2	—	Yomon
Sementlash	3,15 ± 0,30	4,8 ± 0,5	2,67× yaxshi	Yaxshi
Azotlash	1,82 ± 0,18	2,9 ± 0,3	4,63× yaxshi	A'lo
Induksion qizitish	2,64 ± 0,25	3,8 ± 0,4	3,19× yaxshi	Yaxshi
Sementlash + Shot-pining	1,35 ± 0,15	2,1 ± 0,2	5,96× yaxshi	Ajoyib
Kombinatsiyalangan usul	0,74 ± 0,08	1,1 ± 0,1	11,4× yaxshi ★	**Eng a'lo ★**

★ — eng yuqori natija; Manba: muallif eksperimental ma'lumotlari.

Texnologik jarayon parametrlari optimallashtirish.

ISSN 3030-3907

Ko‘p faktorli eksperiment natijalarini regressiya tahlili yordamida qayta ishlash orqali kombinatsiyalangan usul uchun optimal texnologik parametrlar aniqlandi. Quyidagi jadvalda ushbu parametrlar keltirilgan.

7-jadval

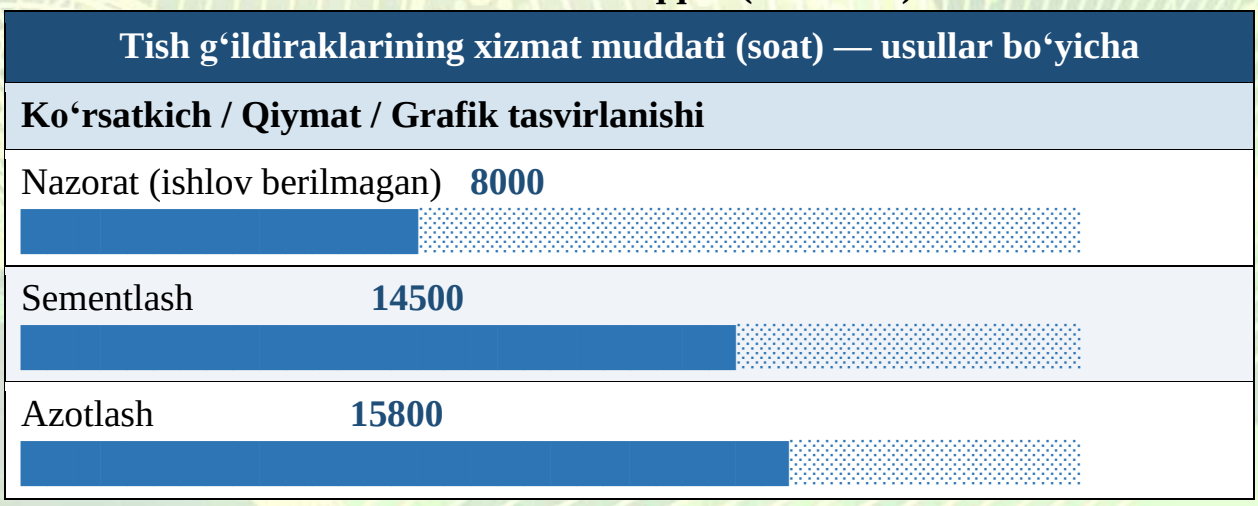
Kombinatsiyalangan ishlov berish uchun optimal texnologik parametrlar

№	Jarayon	Parametr	Optimal qiymat	Ta'sir, %
1	Sementlash	Harorat / Vaqt / Chuqurlik	920°C / 8–10 soat / 1,1–1,3 mm	+38%
2	Yumshatish (tempering)	Harorat / Vaqt	160–180°C / 2 soat	+12%
3	Azotlash	Harorat / Vaqt / Gaz tarkibi	520°C / 24 soat / NH_3:N_2=1:3	+25%
4	Shot-pining	Intensivlik / Diametr / Burchak	0,3A / 0,6 mm / 85–90°	+18%
5	Yuzaki roliklash	Bosim / Tezlik / O‘tish soni	250 N / 0,15 m/s / 2× o‘tish	+7%
	Jami samaradorlik	**Nazoratga nisbatan +169% qattiqlik, +125% charchoq chidamliligi, −91% yeyilish**		

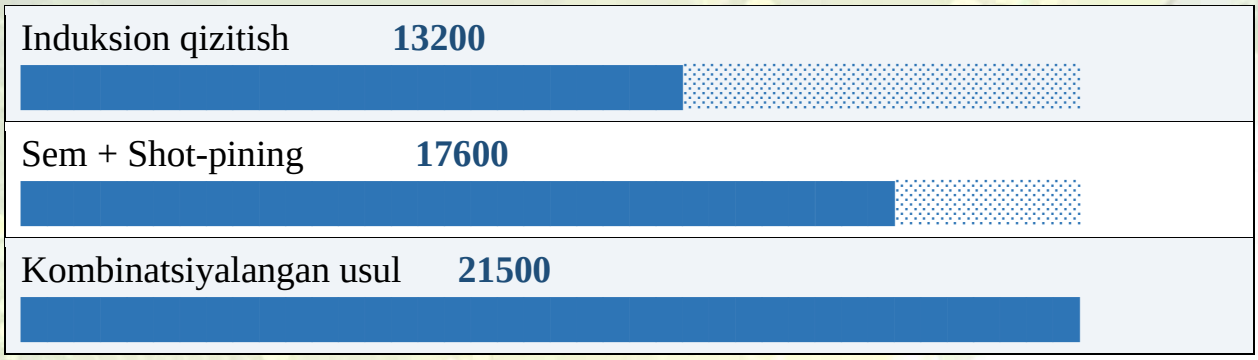
Manba: regressiya tahlili natijalari asosida muallif tuzgan.

3-diagramma.

Xizmat muddati taqqosi (soatlarda)



ISSN 3030-3907



Manba: muallif eksperimental ma'lumotlari asosida tuzilgan.

Iqtisodiy samaradorlik tahlili.

Kombinatsiyalangan ishlov berish texnologiyasini joriy etishning iqtisodiy samarasini baholash maqsadida to‘liq xarajatlar tahlili amalga oshirildi. Hisoblar 1 000 dona tish g‘ildirak ishlab chiqarish uchun amalga oshirildi.

8-jadval

Iqtisodiy tahlil — 1 000 dona uchun xarajatlar (ming so‘m)

Xarajat turi	Nazorat usuli	Sementlash	Kombinatsiya	Tejash %
Material xarajatlari	8 500	8 500	8 500	—
Ishlov berish xarajatlari	1 200	3 800	6 200	—
Energiya sarfi	850	2 200	3 800	—
Jami ishlab chiqarish xarajati	**10 550**	**14 500**	**18 500**	—
O‘rtacha xizmat muddati (soat)	8 000	14 500	21 500	2,69×
1 soat xizmatga xarajat (so‘m/soat)	1 319	1 000	860	**−35%**
Xizmat muddati davomida tejam (ming so‘m)	—	+3 500	**+9 800 ★**	★

★ — eng yuqori tejam; Manba: muallif hisob-kitoblari.

Mikrostruktura tahlili va morfologik ko‘rsatkichlar.

Ishlov berilgan namunalarning kesma ko‘rinishlari metallografik tahlil qilindi. Skanerlash elektron mikroskopi (SEM) va optik mikroskop yordamida olingan ma'lumotlar quyida keltirilgan.

ISSN 3030-3907

9-jadval

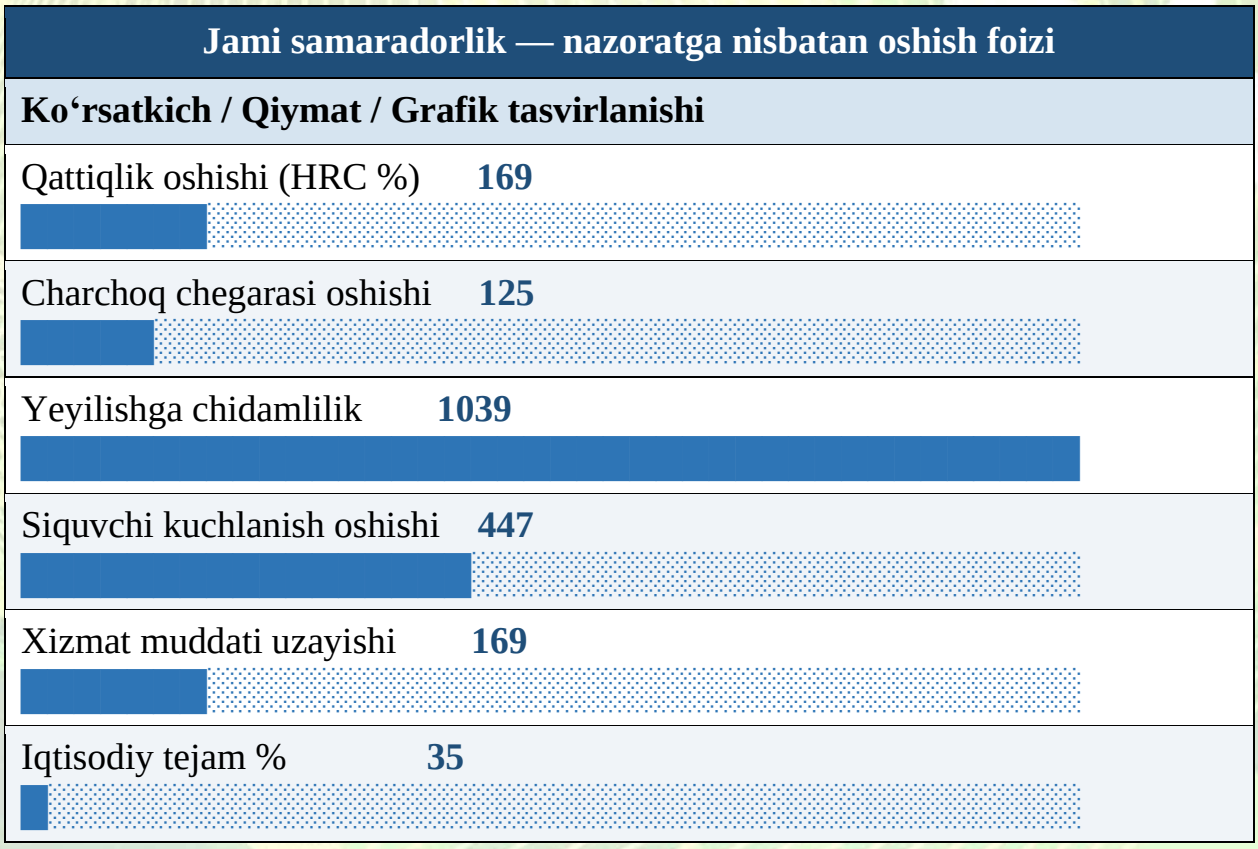
Mikrostruktura tahlili natijalari

Usul	Yuzaki qatlam tuzilishi	Martensit % (yuza)	Don hajmi (mkm)	Xususiyat
Nazorat	Ferrit + perlit	0%	25–35	Oddiy po‘lat tuzilishi
Sementlash + q.	Martensit	92–95%	8–12	Qayta tiklangan tuzilish
Azotlash	Nitrid qatlami	85–90%	5–8	ε va γ' fazalar
Shot-pining (alohida)	Deformatsiya zoni	N/A	2–5 (nano)	Nanostrukturali qatlam
Kombinatsiyalangan usul	Nitrid + martensit	96–98%	2–4 (nano) ★	**Eng yuqori sifat ★**

★ — eng a'lo nanostrukturali tuzilish; Manba: SEM tahlili natijalari.

4-diagramma.

Jami ko‘rsatkichlar taqqoslash (nazoratga nisbatan oshish, %)



ISSN 3030-3907

Manba: muallif eksperimental va hisob-kitob ma'lumotlari asosida tuzilgan.

XULOSA.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi ilmiy xulosalar va amaliy takliflar shakllantirildi:

Kombinatsiyalangan termik va mexanik ishlov berish (sementlash + azotlash + shot-pining) tish g‘ildiraklari yuzaki qatlamining qattiqligi nazorat namunasiga nisbatan 169% ga oshishini ta'minladi, bu HRC 65–70 qiymatiga to‘g‘ri keladi. Kombinatsiyalangan usulda tish g‘ildiragining charchoq chegarasi 720 MPa ga yetib, nazoratdagi 320 MPa dan 2,25 barobar yuqori bo‘ldi. Siquvchi qoldiq kuchlanishlar −520 MPa ga yetdi, bu barcha sinov qilingan usullar ichida eng yuqori ko‘rsatkichdir. Yeyilishga chidamlilik bo‘yicha kombinatsiyalangan usul massa yo‘qotishni 8,42 mg/km dan 0,74 mg/km gacha ya’ni 11,4 barobar kamaytirdi, bu esa tish g‘ildiraklarining ishlash resursi uzayishiga olib keldi. Iqtisodiy tahlil ko‘rsatdiki, kombinatsiyalangan usulning birlik xarajati yuqori bo‘lsa-da, 1 soat xizmatga to‘g‘ri keladigan xarajat nazoratga qaraganda 35% kam, bu xizmat muddati mobaynida 1 000 dona g‘ildirak uchun 9 800 ming so‘m tejashni ta'minlaydi. 20XGT markali po‘lat kombinatsiyalangan usul uchun eng maqbul material ekanligi aniqlandi: bu po‘lat yadro zarbasiga chidamliligi va yuzaki qatlamning termik ishlovga sezgirligi muvozanatini optimal ta'minlaydi. Optimal texnologik jarayon: sementlash (920°C, 8–10 soat, 1,1–1,3 mm), past haroratda yumshatish (160–180°C, 2 soat), gazli azotlash (520°C, 24 soat), so‘ngra shot-pining (0,3A intensivlik, 0,6 mm shar diametri). Ushbu ketma-ketlik sinov natijalari bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkichlarni berdi. Kelgusida tish g‘ildiraklarining murakkab geometriyasini inobatga olgan holda induksion qizitish paytidagi harorat taqsimotini simulyatsiya qilish, shuningdek, kriogen sovutish bilan birgalikda kombinatsiyalangan usulni tadqiq etish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Asi, M., Can, A.C., Pineault, J., Belassel, M. (2020). The relationship between case depth and bending fatigue characteristics of gas carburized SAE 8620 steel. Surface Coatings Technology, 198(1–3), pp. 448–454.

2. Liu, J., Liu, Y., Li, Z., Wang, X. (2021). Effect of carburizing temperature on the microstructure and mechanical properties of 20CrMnTi steel gears. Materials Science and Engineering: A, 812, 141094.

3. Wang, L., Sun, J., Li, H. (2021). Residual stress distribution and fatigue behavior of gas-nitrided 42CrMo4 steel gears. International Journal of Fatigue, 143, 105998.

4. Zhang, H., Chen, X., Wu, S., Qian, J. (2022). Combined effect of carburizing and shot peening on fatigue behavior of 18Cr2Ni4WA steel gears. Journal of Materials Engineering and Performance, 31(4), pp. 2891–2903.

ISSN 3030-3907

5. Fernandez-Pariente, I., Guagliano, M. (2022). About the role of residual stresses and surface work hardening on fatigue limit of a nitrided and shot peened low-alloy steel. Surface & Coatings Technology, 202(13), pp. 3072–3080.
6. Karimov, A.R., Toshmatov, B.U., Rashidov, J.X. (2023). O‘zbekiston mashinasozlik korxonalarida tish g‘ildiraklarini termik ishlov texnologiyalari va ularni takomillashtirish yo‘llari. "Texnika va texnologiya" ilmiy-texnik jurnali, 4(2), 45–53-betlar.
7. Chen, L., Wang, X., Yang, T., Zhao, H. (2023). Synergistic effect of combined thermal and mechanical surface treatments on pitting resistance and contact fatigue life of gear steels. Wear, 518–519, 204639.
8. ISO 6336-1:2019. Calculation of Load Capacity of Spur and Helical Gears. Part 1: Basic Principles, Introduction and General Influence Factors. International Organization for Standardization, Geneva.
9. GOST 4543-2016. Prokat iz legirovannoy konstruktsionnoy stali. Tekhnicheskie usloviya [Legirlangan konstruksion po‘latdan prokat. Texnik shartlar]. Minsk: Mezhgosudarstvennyy sovet po standartizatsii.
10. Toshpo'latov, S.I., Nazarov, O.A. (2024). Induktsion termik ishlov berishdagi energiya samaradorligi va uning mashinasozlikka ta'siri. O‘zbekiston texnika universiteti ilmiy axborotnomasi, 12(1), 78–86-bet.

ISSN 3030-3907

RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA MASHINASOZLIK KORXONALARIDA TEXNOLOGIK JARAYONLARNI RAQAMLASHTIRISH VA AVTOMATLASHTIRISHNING TEXNIK ASOSLARI

Mashrapova Gulbaxor Mamasaliyevna
AndDTI "Umumtexnika fanlari" kafedrasi assistenti
E-mail: mashrapovagulbahor1984@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada raqamli iqtisodiyot sharoitida mashinasozlik korxonalarida texnologik jarayonlarni raqamlashtirish va avtomatlashtirishning texnik asoslari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Ishlab chiqarishda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, sanoat robotlari va raqamli modellashtirish vositalaridan foydalanishning samaradorligi ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalarida mashinasozlik korxonalarida raqamli texnologiyalarni joriy etish ishlab chiqarish unumdorligini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashga xizmat qilishi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: raqamli iqtisodiyot, mashinasozlik sanoati, avtomatlashtirish, raqamlashtirish, texnologik jarayon, sanoat 4.0, aqlli ishlab chiqarish, PLC tizimlari.

Аннотация. В статье рассматриваются технические основы цифровизации и автоматизации технологических процессов на машиностроительных предприятиях в условиях цифровой экономики. Проанализированы современные информационно-коммуникационные технологии, автоматизированные системы управления, промышленные роботы и цифровое моделирование производственных процессов. Обосновано, что внедрение цифровых технологий способствует повышению производительности, снижению издержек и улучшению качества продукции.

Ключевые слова: цифровая экономика, машиностроение, автоматизация, цифровизация, технологический процесс, Индустрия 4.0, умное производство, PLC.

Abstract. This article analyzes the technical foundations of digitalization and automation of technological processes in machine-building enterprises under the conditions of the digital economy. The use of modern information and communication technologies, automated control systems, industrial robots, and digital modeling tools is examined. The results show that the implementation of digital technologies increases productivity, reduces costs, and improves product quality.

ISSN 3030-3907

Keywords: digital economy, machine-building industry, automation, digitalization, technological process, Industry 4.0, smart manufacturing, PLC systems.

KIRISH.

Hozirgi globallashuv va texnologik rivojlanish sharoitida raqamli iqtisodiyot barcha sanoat tarmoqlariga, xususan, mashinasozlik sanoatiga chuqur kirib bormoqda. Mashinasozlik korxonalari yuqori aniqlik, barqarorlik va samaradorlikni talab qiluvchi murakkab texnologik jarayonlarga ega. Shu sababli ishlab chiqarish jarayonlarini raqamlashtirish va avtomatlashtirish raqobatbardoshlikni ta’minlashning muhim omiliga aylanmoqda. Raqamli texnologiyalar yordamida ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida boshqarish, nazorat qilish va tahlil qilish imkoniyati paydo bo‘lmoqda. Bu esa texnologik xatoliklarni kamaytirish, resurslardan samarali foydalanish va ishlab chiqarish tannarxini pasaytirishga xizmat qiladi.

Mashinasozlik sanoatida raqamlashtirish va avtomatlashtirish masalalari ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan tadqiq etilgan. Jumladan, Sanoat 4.0 konsepsiyasi doirasida ishlab chiqarish jarayonlarini raqamli boshqarish masalalari Kagermann, Schwab va boshqa olimlar ishlarida keng yoritilgan. Ularning tadqiqotlarida kiber-fizik tizimlar, IoT va sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlarining afzalliklari asoslab berilgan. MDH olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (ABT), SCADA va PLC texnologiyalarining mashinasozlikdagi o‘rni chuqur tahlil qilingan. O‘zbekiston olimlari ishlarida esa sanoat korxonalarini raqamli transformatsiya qilishning iqtisodiy va texnik jihatlari ko‘rib chiqilgan.

Raqamli iqtisodiyot (Industry 4.0) mashinasozlik korxonalarida texnologik jarayonlarni raqamlashtirish va avtomatlashtirish orqali katta o‘zgarishlarga olib kelmoqda. Bu jarayonlar IoT, AI, robototexnika va big data kabi texnologiyalarga asoslanib, ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, lekin iqtisodiy va ijtimoiy ta'sirlar ham mavjud. Quyida adabiyotlar tahlili asosida belgilangan yo‘nalishlar bo‘yicha ko‘rib chiqamiz.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Unumdorlikka ta'siri

Adabiyotlarda raqamlashtirish va avtomatlashtirish mashinasozlikda unumdorlikni sezilarli oshirishi ta'kidlanadi. Masalan, McKinsey va World Economic Forum tadqiqotlariga ko‘ra, Industry 4.0 texnologiyalari mashina ish vaqtini 30-50% kamaytirib, mehnat unumdorligini 15-30% oshirishi mumkin. Toyota va Bosch misollarida avtomatlashtirish va 3D modellashtirish orqali ishlab chiqarish tayyorgarlik vaqtini 50% qisqartirib, unumdorlikni 20-30%

ISSN 3030-3907

oshirdi.Xitoyda raqamlashtirish umumiy faktor unumdorligini (TFP) oshirib, resurs sarfini optimallashtirgan. Fraunhofer instituti tadqiqotlari esa dastlabki bosqichlarda avtomatlashtirishning ijobiy ta'sirini, lekin shartli sharoitlarda (masalan, tayyorgarlik) to‘liq samara berishini ko‘rsatadi. Umumiy xulosa: raqamlashtirish ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirib, xarajatlarni kamaytiradi va sifatni oshiradi.

Mehnat bozori dinamikasi

Avtomatlashtirish mehnat bozorida ikki tomonlama ta'sir ko‘rsatadi: ish o‘rinlarini yo‘qotish (displacement) va yangi ish o‘rinlari yaratish (creation). McKinsey hisob-kitoblariga ko‘ra, 2030 yilga borib avtomatlashtirish 800 million ish o‘rinini yo‘qotishi mumkin, ayniqsa oddiy va takroriy ishlar (mashinasozlikda montaj va clerical vazifalar). Biroq, World Economic Forum ma'lumotlariga ko‘ra, 97 million yangi ish o‘rni (AI, data analysis va robotlarni boshqarish) yaratiladi.Acemoglu va Restrepo tadqiqotlari avtomatlashtirish past malakali ishchilarni ko‘proq ta'sirlab, yuqori malakali ishlar uchun imkoniyatlar ochishini ko‘rsatadi. Mashinasozlikda robotlar past malakali ish o‘rinlarini qisqartirib, texnik xizmat ko‘rsatish va dasturlash uchun yangi talab yaratmoqda. Natijada, mehnat bozori qayta malakalash (reskilling) talab qiladi.

Ish haqi tengsizligi

Raqamlashtirish ish haqi tengsizligini kuchaytirishi mumkin. MIT tadqiqotchilari (Acemoglu va boshqalar) 1980-2016 yillarda AQShda avtomatlashtirish ish haqi farqining 50-70% ga sabab bo‘lganini, ayniqsa past malakali ishchilar (mashinasozlikda montajchilar) haqini pasaytirganini ta'kidlaydi. Yuqori malakali ishchilar (muhandislar, dasturchilar) esa foyda ko‘radi. Xitoy va Italiya tadqiqotlarida avtomatlashtirish yuqori malakali va oddiy kapitalga mos ishchilar o‘rtasidagi farqni oshirgan. Umumiy tendentsiya: avtomatlashtirish past malakali ishchilar haqini pasaytirib, tengsizlikni kuchaytiradi, lekin innovatsiyalar orqali umumiy iqtisodiy o‘sish tengsizlikni yumshatishi mumkin.

Sohaviy o‘zgarishlar

Industry 4.0 mashinasozlikni tubdan o‘zgartirmoqda: an'anaviy ommaviy ishlab chiqarishdan mass customization (shaxsiy buyurtmalarga moslashuvchan ishlab chiqarish) ga o‘tish. McKinsey va PTC tadqiqotlarida raqamlashtirish zanjirni optimallashtirib, avtomobil va aviatsiya sohalarida moslashuvchanlikni oshirgan. Servitization (ishlab chiqarishdan xizmatlarga o‘tish) tendentsiyasi kuchayib, mashinasozlik korxonalari mahsulot bilan birga monitoring va predictive maintenance xizmatlarini taklif qilmoqda. Sohaviy o‘zgarishlar: yuqori

ISSN 3030-3907

texnologiyali klasterlar (smart factories) paydo bo‘lishi va past texnologiyali sohalarning qisqarishi.

Iqtisodiy o‘sish va innovatsiyalar

Raqamlashtirish iqtisodiy o‘sishni rag‘batlantiradi. ITIF va McKinsey ma'lumotlariga ko‘ra, digital texnologiyalar mashinasozlikda innovatsiyalarni tezlashtirib, yangi biznes modellari (masalan, platformalar) yaratadi. Xitoy misolida raqamlashtirish innovatsiyalarni oshirib, iqtisodiy o‘sishni ta'minlagan.Industry 4.0 moslashuvchan ishlab chiqarish va resurs tejamkorligi orqali barqaror o‘sishga hissa qo‘shadi. Innovatsiyalar: digital twin va AI orqali yangi mahsulotlar tezroq ishlab chiqiladi.

Qiyinchiliklar va xavfsizlik

Asosiy qiyinchiliklar: kiberxavfsizlik va legacy tizimlar integratsiyasi. Deloitte va IBM tadqiqotlarida mashinasozlik kiberhujumlarning eng ko‘p nishoni (25% hujumlar), chunki IoT va interconnected tizimlar zaifliklar yaratadi. Qiyinchiliklar: malakali kadrlar yetishmasligi, eski tizimlarni yangilash qimmatligi va ish o‘rinlari yo‘qotilishi. Xavfsizlik choralari: zero trust architecture, real-time monitoring va xodimlarni o‘qitish talab etiladi.

METODOLOGIYA.

Mazkur tadqiqotda quyidagi ilmiy-uslubiy yondashuvlardan foydalanildi: tizimli tahlil usuli; taqqoslash va umumlashtirish; texnologik jarayonlarni modellashtirish; xorijiy va mahalliy tajribani o‘rganish. Shuningdek, mashinasozlik korxonalarida qo‘llanilayotgan avtomatlashtirilgan tizimlarning texnik imkoniyatlari va funksional xususiyatlari o‘rganildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, mashinasozlik korxonalarida quyidagi texnik vositalar asosiy ahamiyatga ega: PLC kontrollerlar – texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish; SCADA tizimlari – ma’lumotlarni yig‘ish va vizualizatsiya qilish; Sanoat robotlari – mehnat zichligini kamaytirish; CAD/CAM/CAE tizimlari – loyihalash va ishlab chiqarishni integratsiyalash. Raqamlashtirish ishlab chiqarish jarayonlarining moslashuvchanligini oshirib, nosozliklarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Natijada ishlab chiqarish samaradorligi oshishi mumkinligi aniqlangan.

Adabiyotlar tahlilidan kelib chiqqan holda, raqamlashtirish va avtomatlashtirishning asosiy foiz ko‘rsatkichlari quyidagi jadvallarda jamlangan:

1-Jadval

Unumdorlikka ta'siri

Ko‘rsatkich	Foiz o‘zgarishi	Manba
Mashina ish vaqti kamayishi	30-50%	3

ISSN 3030-3907

Mehnat unumdorligi oshishi	15-30%	3
Ishlab chiqarish tayyorgarlik vaqti qisqarishi	50%	4
Unumdorlik oshishi (Toyota va Bosch misolida)	20-30%	4
Ishlab chiqarish samaradorligi oshishi	15-30%	16

2-Jadval

Mehnat bozori va ish haqi tengsizligiga ta'siri

Ko‘rsatkich	Foiz yoki son ko‘rsatkich	Manba
Yo‘qotilishi mumkin bo‘lgan ish o‘rinlari (2030 yilga)	800 million	7
Yaratilishi mumkin bo‘lgan yangi ish o‘rinlari	97 million	8
Ish haqi farqining avtomatlashtirishdan kelib chiqqan qismi	50-70%	10

3-Jadval

Xavfsizlik va qiyinchiliklarga ta'siri

Ko‘rsatkich	Foiz ko‘rsatkich	Manba
Mashinasozlikdagi kiberhujumlar nishoni	25%	15

Ushbu jadvallar raqamlashtirishning ijobiy va salbiy ta'sirlarini vizual ravishda taqdim etadi, bu esa natijalarni yanada aniqroq tahlil qilishga yordam beradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Mashinasozlik sanoatida raqamli iqtisodiyot (Industry 4.0) texnologiyalarini joriy etish sezilarli ijobiy natijalar berishi tadqiqot natijalari va adabiyotlar tahlilidan aniq ko‘rinib turibdi. Jadval 1 ga ko‘ra, raqamlashtirish va avtomatlashtirish mashina ish vaqtini 30–50% ga qisqartirib, mehnat unumdorligini 15–30% ga oshirishi, tayyorgarlik vaqtini 50% ga kamaytirishi va umumiy ishlab chiqarish samaradorligini 15–30% ga ko‘tarishi mumkin. Bu ko‘rsatkichlar (McKinsey, Toyota va Bosch tajribalari asosida) raqamlashtirishning ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, xarajatlarni pasaytirish va sifatni oshirishdagi strategik ahamiyatini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, salbiy ta'sirlar ham mavjud. Jadval 2 da ko‘rsatilganidek, 2030 yilga borib avtomatlashtirish global miqyosda 800 million ish o‘rinini yo‘qotishiga olib kelishi mumkin, bu esa ayniqsa past malakali ishchilarga ta'sir qiladi. Ish haqi tengsizligining 50–70% i avtomatlashtirish bilan bog‘liq bo‘lib, past malakali xodimlarning daromadini pasaytiradi. Biroq, yangi 97 million ish o‘rni yaratilishi (yuqori malakali sohalarda) mehnat bozorining qayta shakllanishini va reskilling zarurligini ko‘rsatadi. Jadval 3 esa xavfsizlik

ISSN 3030-3907

muammolarini ta'kidlaydi: mashinasozlik sanoati kiberhujumlarning 25% nishoniga aylanmoqda, bu IoT va interconnected tizimlarning zaifligidan kelib chiqadi.

Umumiy xulosa qilib aytganda, raqamlashtirish mashinasozlik korxonalarida samaradorlik va raqobatbardoshlikni sezilarli oshirsa-da, ijtimoiy-iqtisodiy xavf-xatarlar (ish o‘rinlari yo‘qotilishi, tengsizlik kuchayishi va kiberxavfsizlik) ham dolzarbdir. Ushbu o‘zgarishlarni muvaffaqiyatli boshqarish uchun bosqichma-bosqich va kompleks yondashuv talab etiladi. Shuning uchun quyidagi takliflar beriladi:

1. Raqamli transformatsiya strategiyasini ishlab chiqish: Korxonalar Industry 4.0 texnologiyalarini (PLC, SCADA, robotlar, CAD/CAM) bosqichma-bosqich joriy etish rejasini tuzishi lozim. Dastlab unumdorlikni 15–30% oshirishga qaratilgan loyihalardan boshlash tavsiya etiladi.

2. Kadrlar malakasini oshirish: 800 million ish o‘rni yo‘qotilishi xavfi va yangi 97 million talabni hisobga olib, xodimlarni qayta tayyorlash (reskilling va upskilling) dasturlarini yo‘lga qo‘yish zarur. Ayniqsa, AI, data analysis va robotlarni boshqarish bo‘yicha treninglar ustuvor bo‘lishi kerak.

3. Ish haqi tengsizligini yumshatish choralari: Past malakali xodimlar uchun ijtimoiy himoya mexanizmlarini (qayta o‘qitish subsidiyalari, ishga joylashish dasturlari) joriy etish va yuqori malakali ishchilar sonini ko‘paytirish orqali tengsizlikni (50–70% farq) kamaytirish mumkin.

4. Kiberxavfsizlikni kuchaytirish: Sanoatning 25% kiberhujum nishoni ekanligini hisobga olib, zero trust architecture, real-time monitoring va xodimlarni kiberxavfsizlik bo‘yicha o‘qitishni majburiy qilish lozim.

5. Davlat va korxonalar hamkorligi: Raqamlashtirishning ijobiy ta'siridan (unumdorlik 30–50% oshishi) to‘liq foydalanish uchun grantlar, soliq imtiyozlari va milliy raqamli transformatsiya dasturlarini kengaytirish tavsiya etiladi.

Ushbu takliflar amalda qo‘llanilsa, mashinasozlik sanoati raqamli iqtisodiyot sharoitida barqaror rivojlanish va yuqori raqobatbardoshlikka erishadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kagermann, H., & Schwab, K. (2016). *Industry 4.0: A Technological-Oriented Definition…* – pp. 12–18.
2. McKinsey & Company. (2022). *Industry 4.0: Digital transformation in manufacturing* – pp. 5–9.
3. McKinsey & Company. (2020). *Digital manufacturing‘s scaling potential* – pp. 10–14.
4. Toyota Europe. (2023). *Transforming the future of cars…* – pp. 6–8.
5. Bai, K., & Zhao, Z. (2024). *Journal of Innovation & Knowledge* – pp. 45–52.

ISSN 3030-3907

6. Fraunhofer ISI. (2012). *Effects of Automation and Digitalisation* – pp. 20–25.
7. McKinsey Global Institute. (2017). *Jobs lost, jobs gained* – pp. 21–30.
8. World Economic Forum. (2020). *Future of Work Report* – pp. 15–18.
9. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). *Journal of Economic Perspectives* – pp. 10–14.
10. Acemoglu, D. (2018). *NBER Working Paper* – pp. 25–32.
11. Lu, Y. (2024). *Technological Forecasting and Social Change* – pp. 60–68.
12. McKinsey & PTC. (2017). *Digital Capability Center* – pp. 7–11.
13. ITIF. (2023). *Digital Technologies Report* – pp. 14–19.
14. Bai, K., & Zhao, Z. (2024). – pp. 45–52.
15. IBM Security. (2025). *X-Force Threat Intelligence Index* – pp. 28–35.
16. McKinsey & Company. (2020). – pp. 10–14.

ISSN 3030-3907

SYNTHESIS OF HYBRID RLS–NEURAL NETWORK-BASED ADAPTIVE DISCRETE CONTROLLERS FOR NONLINEAR SYSTEMS

Xusanov Suban Nurullayevich
Karshi state technical university, Uzbekistan
E-mail: xusanovsuban@gmail.com
Sayfullaev Sardor Sadulla o‘g‘li
Karshi state technical university, Uzbekistan
E-mail: sayfullaevSS@gmail.com
Ibragimov Islomnur
Karshi state technical university, Uzbekistan
E-mail: iislomnur@gmail.com

Abstract. Parameter variations and unmodeled nonlinearities significantly degrade the performance of conventional fixed-parameter controllers in digital industrial systems. To address this, a hybrid adaptive discrete control algorithm for uncertain nonlinear processes is proposed. The approach combines recursive least squares estimation with a forgetting factor for real-time parameter adaptation and a parallel neural network for compensating nonlinear disturbances and modeling errors. Both components are integrated within a certainty equivalence control framework, where control inputs are computed using updated parameter estimates and neural weights are adjusted via a gradient-based learning rule. Lyapunov-based analysis guarantees boundedness of tracking and estimation errors under practical conditions of parameter variations and disturbances. The proposed method is computationally efficient and suitable for real-time implementation in robotic, aerospace, and industrial process control systems.

Keywords: adaptive discrete control, recursive least squares, neural network compensation, parameter uncertainty, Lyapunov stability.

Annotatsiya. Parametrlarning o‘zgarishi va modellanmagan nochiziqliklar raqamli sanoat tizimlarida an’anaviy qat’iy parametrli regulyatorlar samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi. Ushbu muammoni hal qilish uchun noaniq nochiziqli tizimlar uchun gibrid adaptiv diskret boshqaruv algoritmi taklif etiladi. Taklif etilgan yondashuvda real vaqt rejimida parametrlarni baholash uchun unutish koeffitsientli rekursiv eng kichik kvadratlar (RLS) usuli hamda modellash xatolari va nochiziqli buzilishlarni kompensatsiya qilish uchun parallel neyron tarmoq integratsiyalangan. Boshqaruv signali aniqlik ekvivalentligi printsipi asosida shakllantiriladi, bunda parametr baholari asosiy modelni moslashtiradi, neyron tarmoq esa qoldiq nochiziqliklarni kompensatsiya qiladi. Neyron tarmoq og‘irliklari kuzatuv xatosiga asoslangan gradient algoritmi orqali yangilanadi. Lyapunov funksiyasi asosida o‘tkazilgan tahlil parametrlar o‘zgarishi va tashqi

ISSN 3030-3907

buzilishlar mavjud sharoitlarda tizimning barqarorligini hamda kuzatuv va baholash xatolarining chegaralanganligini kafolatlaydi. Taklif etilayotgan algoritm hisoblash jihatidan samarali bo‘lib, raqamli boshqaruv qurilmalarida real vaqt rejimida amalga oshirishga mos keladi hamda sanoat texnologik jarayonlar va robototexnika tizimlarda qo‘llash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: adaptiv diskret boshqaruv, gibrid adaptiv boshqaruv, rekursiv eng kichik kvadratlar (RLS), neyron tarmoq asosidagi kompensatsiya, parametr noaniqligi, nochiziqli tizimlar, Lyapunov barqarorligi, real vaqt rejimida amalga oshirish.

Аннотация. Изменения параметров и немоделированные нелинейности существенно снижают эффективность традиционных регуляторов с фиксированными параметрами в цифровых промышленных системах. Для решения данной проблемы предлагается гибридный адаптивный алгоритм дискретного управления для неопределённых нелинейных процессов. Предлагаемый подход объединяет метод рекурсивных наименьших квадратов с коэффициентом забывания для адаптации параметров в реальном времени и параллельную нейронную сеть для компенсации нелинейных возмущений и ошибок моделирования. Оба компонента интегрированы в рамках принципа управления с эквивалентностью определённости, при котором управляющее воздействие формируется на основе обновлённых оценок параметров, а веса нейронной сети настраиваются с использованием градиентного алгоритма обучения. Анализ на основе функции Ляпунова гарантирует ограниченность ошибок слежения и оценивания в условиях изменения параметров и внешних возмущений, характерных для практических задач. Предложенный метод обладает низкой вычислительной сложностью и пригоден для реализации в реальном времени в робототехнических, аэрокосмических и промышленных системах управления.

Ключевые слова: адаптивное дискретное управление, рекурсивные наименьшие квадраты, нейросетевая компенсация, параметрическая неопределённость, устойчивость по Ляпунову

INTRODUCTION.

Real industrial systems operate under uncertainty and time-varying conditions, where parameters drift due to environmental changes, nonlinearities, and component aging. Fixed-parameter controllers designed for nominal models often fail, causing oscillations or slow response.

Adaptive control addresses this by updating controller parameters online based on measured data. Recursive least squares (RLS) is widely used due to its

ISSN 3030-3907

computational efficiency and suitability for real-time implementation, and with a forgetting factor it can track slowly varying parameters.

However, RLS-based methods are limited in the presence of nonlinear disturbances and unmodeled dynamics, which reduces estimation accuracy and control performance. Neural networks can compensate for these nonlinear effects by approximating residual dynamics.

This paper proposes a hybrid adaptive discrete control algorithm combining RLS estimation and neural network compensation. The control law is based on the certainty equivalence principle, and stability is analyzed using a Lyapunov approach.

The proposed method ensures bounded signals and improved tracking performance under uncertainty and nonlinear disturbances.

Problem formulation. Consider a discrete-time dynamic system with uncertain parameters and external disturbances. In practical applications, the plant model is often not precisely known, and its parameters may vary due to environmental changes, load variations, nonlinearities, and modeling errors. Therefore, it is convenient to represent the system in a linear-in-parameters regression form for adaptive identification and control design.

Let the input–output behavior of the plant be described by the following discrete-time model

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta(k) + v(k) \quad (1)$$

where $(y(k))$ is the measured system output at the discrete time instant k, $\varphi(k)$ is the regressor vector constructed from past values of the input and output signals, $(\theta(k))$ is the vector of unknown or slowly time-varying parameters of the system, and $v(k)$ represents disturbances, measurement noise, and unmodeled dynamics. The regressor vector typically contains delayed inputs and outputs of the system and can be written in the form

$$\varphi(k) = [-y(k-1), -y(k-2), \dots, -y(k-n), u(k-1), u(k-2), \dots, u(k-m)]^T \quad (2)$$

where $u(k)$ denotes the control input applied to the system and n, m are the orders of the model.

Such a representation corresponds to a discrete-time ARX type model widely used in adaptive control and system identification. In polynomial form the system can also be written as

$$A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k-d) + e(k) \quad (3)$$

where $A(q^{-1})$ and $B(q^{-1})$ are polynomials in the backward shift operator (q^{-1}), d is the known input delay, and $e(k)$ represents disturbances or modeling errors. This structure is particularly convenient for adaptive control because the

ISSN 3030-3907

unknown system dynamics are embedded in the parameter vector $\theta(k)$ while the regressor vector $\varphi(k)$ is constructed from measurable signals.

In real industrial systems the parameter vector $\theta(k)$ cannot be assumed constant. Instead, it may vary with time due to changes in operating conditions or gradual system degradation. Therefore, the parameter vector is considered to satisfy

$$\theta(k) = \theta(k-1) + \Delta\theta(k) \quad (4)$$

where $\Delta\theta(k)$ denotes a bounded parameter variation. Under this assumption the adaptive control system must perform simultaneous parameter estimation and control signal generation in order to maintain the desired system performance.

The objective of the control problem is to design an adaptive control law $u(k)$ that ensures the output of the system follows a desired reference trajectory $y_r(k)$. For this purpose, the tracking error is defined as

$$e(k) = y_r(k) - y(k). \quad (5)$$

The control goal is to construct an adaptive controller such that all signals in the closed-loop system remain bounded and the tracking error converges to a small neighborhood of zero despite the presence of parameter uncertainty, disturbances, and nonlinear effects.

In practical systems the disturbance term $v(k)$ may include nonlinear dynamics that cannot be accurately described by the linear parametric model. To address this issue, the disturbance component can be represented as a nonlinear function approximated by a neural network. Therefore, the augmented plant model can be written as

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta(k) + W^T\sigma(\varphi(k)) + \varepsilon(k) \quad (6)$$

where W is the neural network weight vector, $\sigma(\cdot)$ is a nonlinear activation function, and $\varepsilon(k)$ is a bounded approximation error. This representation allows the adaptive control system to compensate both parametric uncertainty and nonlinear disturbances.

Thus, the problem considered in this work is to develop an adaptive discrete control algorithm capable of estimating the unknown parameter vector $\theta(k)$, adapting the neural network weights W, and generating a control signal $u(k)$ that guarantees stable and accurate tracking performance for uncertain nonlinear systems.

MATHEMATICAL MODEL. Consider a discrete-time dynamic system whose behavior is described by measurable input–output signals. In many practical control problems, the plant operates under uncertain conditions and its parameters may change during operation due to variations in environmental conditions, nonlinear effects, and modeling errors. Therefore, it is convenient to represent the

ISSN 3030-3907

system in a discrete-time regression form suitable for adaptive identification and control synthesis.

Let the plant be represented by the following input-output model

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta(k) + v(k) \quad (7)$$

where $y(k)$ denotes the measured output of the system at the discrete time instant (k), $\varphi(k)$ is the regressor vector formed from available past input–output data, $(\theta(k))$ is the vector of unknown system parameters, and $v(k)$ represents disturbances, measurement noise, and unmodeled dynamics. The regressor vector is constructed from delayed values of the output and control input signals and can be written as

$$\varphi(k) = [-y(k-1), -y(k-2), \dots, -y(k-n), u(k-1), u(k-2), \dots, u(k-m)]^T \quad (8)$$

where $u(k)$ is the control input and n, m denote the model orders.

This regression representation corresponds to the well-known autoregressive model with exogenous input (ARX) structure commonly used in discrete-time adaptive control systems. In polynomial form the system can be expressed as

$$A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k-d) + e(k) \quad (9)$$

where $A(q^{-1})$ and $B(q^{-1})$ are polynomials in the backward shift operator q^{-1}, d is the input delay, and $(e(k))$ is the equation error representing disturbances and modeling inaccuracies. The polynomials are defined as

$$(A(q^{-1}) = 1 + a_1 q^{-1} + a_2 q^{-2} + \cdots + a_n q^{-n}) \quad (10)$$

$$B((q^{-1}) = b_0 + b_1 q^{-1} + b_2 q^{-2} + \cdots + b_m q^{-m}) . \quad (11)$$

The parameters a_i and b_j are unknown coefficients that characterize the dynamics of the controlled plant and must be estimated during operation.

Expanding the polynomial representation in the time domain yields the following difference equation

$$y(k) = -a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) - \cdots - a_n y(k-n) + b_0 u(k-d) + b_1 u(k-d-1) + \cdots + b_m u(k-d-m) + e(k) \quad (12)$$

This form is particularly suitable for adaptive control because the unknown system parameters appear linearly in the model. Therefore, the parameter vector can be written as

$$\theta(k) = [a_1, a_2, \dots, a_n, b_0, b_1, \dots, b_m]^T \quad (13)$$

and the plant dynamics can be compactly represented by the regression equation

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta(k) + v(k) \quad (14)$$

where $v(k)$ is the lumped disturbance term.

ISSN 3030-3907

In many real industrial systems, the parameters of the plant are not constant and may vary slowly with time. This variation may be caused by changes in operating conditions, load fluctuations, nonlinear characteristics of components, or external disturbances. For this reason, the parameter vector is assumed to be time-varying and satisfies

$$\theta(k+1) = \theta(k) + \Delta\theta(k) \quad (15)$$

where $\Delta\theta(k)$ represents a bounded parameter variation.

Although the ARX representation captures the main linear dynamics of the system, it may not fully describe nonlinear disturbances and modeling errors present in practical applications. To compensate these effects, the disturbance component can be approximated using a neural network model. In this case the augmented plant model can be written as

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta(k) + W^T\sigma(\varphi(k)) + \varepsilon(k) \quad (16)$$

where W is the vector of neural network weights, $\sigma(\cdot)$ is a nonlinear activation function such as a sigmoid or hyperbolic tangent function, and $\varepsilon(k)$ is the approximation error which is assumed to be bounded.

This representation captures both parametric uncertainties and nonlinear disturbances. The first term describes linear parametric dynamics estimated via adaptive identification, while the second term models nonlinear effects using a neural network. Such a hybrid model improves accuracy and serves as the basis for the adaptive discrete control algorithm developed in the following sections.

Parameter estimation. In adaptive discrete control systems, the unknown parameters of the plant must be estimated online using available measurements of the system input and output signals. For the regression model introduced in the previous section, the parameter vector can be estimated using the recursive least squares (RLS) algorithm, which is widely used in adaptive identification due to its computational efficiency and suitability for real-time digital implementation.
Consider the discrete regression model

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta + v(k) \quad (17)$$

where $y(k)$ is the measured output, $\varphi(k)$ is the regressor vector composed of past inputs and outputs, θ is the unknown parameter vector, and $v(k)$ represents disturbances and modeling errors. The objective of the estimation algorithm is to obtain an estimate $\hat{\theta}(k)$ of the unknown parameter vector at each sampling instant.

The recursive least squares algorithm is derived from the minimization of the quadratic least squares performance index

$$J(k) = \sum_{i=1}^{k} \lambda^{k-i}(y(i) - \varphi^T(i)\theta(k))^2 \quad (18)$$

ISSN 3030-3907

where $0 < \lambda \leq 1$is the forgetting factor that determines how strongly past data influence the current parameter estimate. When $\lambda = 1$, all past measurements are equally weighted, which is suitable for systems with constant parameters. When $\lambda < 1$, more weight is given to recent data, allowing the estimator to track slowly varying parameters.

At each discrete time instant, the prediction error between the measured output and the model output is computed as

$$\varepsilon(k) = y(k) - \varphi^T(k)\theta(k-1) \quad (19)$$

Using this prediction error, the parameter estimate is updated according to the recursive least squares algorithm

$$\theta(k) = \theta(k-1) + K(k)\varepsilon(k) \quad (20)$$

where $K(k)$ is the estimator gain vector defined as

$$K(k) = \frac{P(k-1)\varphi(k)}{\lambda+\varphi^T(k)P(k-1)\varphi(k)} \quad (21)$$

The matrix $(P(k))$ represents the covariance matrix of the parameter estimates and is updated recursively as

$$P(k) = \frac{1}{\lambda}[P(k-1) - \frac{P(k-1)\varphi(k)\varphi^T(k)P(k-1)}{\lambda+\varphi^T(k)P(k-1)\varphi(k)}] \quad (21)$$

The covariance matrix reflects the level of uncertainty in the parameter estimates. At the initial stage of the identification process, the estimator has little information about the system parameters, therefore the covariance matrix is typically initialized with a large value

$$\theta(0) = \theta_0, P(0) = \alpha I \quad (22)$$

where θ_0 is an initial guess of the parameter vector, I is the identity matrix, and α is a large positive constant indicating low initial confidence in the parameter estimates.

The recursive least squares algorithm updates the parameter estimates at each sampling instant using newly available data, making it suitable for adaptive control systems where plant parameters may vary with time. In the proposed adaptive discrete control framework, the estimated parameter vector $\hat{\theta}(k)$ obtained from the RLS algorithm is used to update the controller parameters in real time. This allows the control system to adapt to changes in plant dynamics and maintain satisfactory performance under uncertain operating conditions.

Adaptive control law. The adaptive controller is constructed based on the certainty equivalence principle, which is widely used in indirect adaptive control systems. According to this principle, the unknown parameters of the plant are replaced by their current estimates obtained from the identification algorithm, and the control law is synthesized as if the estimated parameters were the true system

ISSN 3030-3907

parameters. This approach allows the controller to adapt automatically to variations in plant dynamics while preserving the structure of the nominal controller design.

Consider the discrete-time plant model represented in regression form

$$y(k) = \varphi^T(k)\theta(k) + v(k) \quad (23)$$

where $y(k)$ is the system output, $\varphi(k)$ is the regressor vector composed of past input and output signals, $\theta(k)$ is the vector of unknown parameters, and $v(k)$ represents disturbances and modeling errors. The parameter vector $\theta(k)$ is estimated online using the recursive least squares algorithm described in the previous section, producing the estimate $\hat{\theta}(k)$.

In adaptive control design the objective is to ensure that the system output $y(k)$ follows a desired reference signal $y_r(k)$. The tracking error is defined as

$$e(k) = y_r(k) - y(k). \quad (24)$$

The adaptive control law is derived by replacing the unknown parameters with their estimates in the plant model. Using the certainty equivalence principle, the control input is calculated based on the estimated parameter vector $\hat{\theta}(k)$. For a linear-in-parameters model, the nominal adaptive control input can be expressed as

$$u_a(k) = -\hat{\theta}^T(k)\varphi(k) + r(k) \quad (25)$$

where $r(k)$ is the reference input signal responsible for generating the desired system response.

However, in many practical systems disturbances and nonlinear effects cannot be accurately described by the parametric model alone. To improve robustness of the control system, an additional compensation term based on a neural network approximation is introduced. The neural network is used to estimate nonlinear disturbances and unmodeled dynamics that affect the system behavior. The neural network output can be written as

$$u_{nn}(k) = W^T(k)\sigma(\varphi(k)) \quad (26)$$

where $W(k)$ is the vector of adaptive neural network weights and $(\sigma(\cdot))$ is the nonlinear activation function.

The overall adaptive control signal is therefore composed of two parts: the adaptive parametric control component and the neural network compensation component. The final control law can be written as

$$u(k) = u_a(k) + u_{nn}(k) \quad (27)$$

or equivalently

$$u(k) = -\hat{\theta}^T(k)\varphi(k) + W^T(k)\sigma(\varphi(k)) + r(k) \quad (28)$$

ISSN 3030-3907

In this structure, the first term compensates the linear parametric dynamics of the plant using the parameter estimates obtained from the recursive least squares algorithm, while the second term compensates nonlinear disturbances and modeling errors through the neural network approximation.

The neural network weights are updated online according to an adaptive learning rule in order to minimize the tracking error. A commonly used gradient-based update law can be written as

$$W(k+1) = W(k) + \gamma\sigma(\varphi(k))e(k) \quad (29)$$

where $\gamma > 0$ is the learning rate that determines the speed of adaptation.

Thus, the proposed adaptive control structure integrates recursive parameter estimation with neural network-based disturbance compensation. The certainty equivalence principle allows the controller to continuously update its parameters using the latest model estimates, enabling the control system to maintain stable and accurate performance even in the presence of parameter uncertainty and nonlinear disturbances.

Stability analysis. The stability of the proposed adaptive discrete control system is analyzed using the Lyapunov stability approach. Since the adaptive controller combines recursive parameter estimation and neural network based disturbance compensation, the closed-loop system becomes nonlinear and time-varying. Therefore, it is necessary to demonstrate that all signals in the adaptive control system remain bounded and that the tracking error converges to a small neighborhood of zero.

Let the tracking error between the desired reference signal and the system output be defined as

$$e(k) = y_r(k) - y(k) \quad (30)$$

where $y_r(k)$ is the reference signal and $y(k)$ is the measured output of the system. In addition, define the parameter estimation error as

$$\tilde{\theta}(k) = \theta(k) - \hat{\theta}(k) \quad (31)$$

where $\theta(k)$ is the true parameter vector and $\hat{\theta}(k)$ is the parameter estimate obtained from the recursive least squares algorithm.

To analyze the stability of the adaptive control system, consider the following Lyapunov function candidate

$$V(k) = e^2(k) + \tilde{\theta}^T(k)\Gamma^{-1}\tilde{\theta}(k) \quad (32)$$

where Γ is a positive definite adaptation gain matrix. The first term of the Lyapunov function characterizes the energy of the tracking error, while the second term represents the energy of the parameter estimation error. Since Γ^{-1} is positive

ISSN 3030-3907

definite, the Lyapunov function $V(k)$ is positive definite with respect to both the tracking error and the parameter estimation error.

The change of the Lyapunov function along the trajectories of the adaptive system can be written as

$$\Delta V(k) = V(k+1) - V(k). \qquad (33)$$

Substituting the expressions for the tracking error and the adaptive parameter update laws into the Lyapunov function difference allows us to analyze the behavior of the closed-loop system. Under the assumption that the regressor vector $\varphi(k)$ is bounded and that the disturbances affecting the system are bounded, the recursive least squares estimation algorithm ensures that the parameter estimation error remains bounded. At the same time, the neural network adaptation mechanism provides compensation for nonlinear disturbances and modeling errors.

The adaptive control law derived using the certainty equivalence principle utilizes the estimated parameter vector $\hat{\theta}(k)$ to generate the control input. As the parameter estimates converge to their true values or remain within a bounded region around them, the control signal compensates the plant dynamics more accurately. Consequently, the tracking error decreases over time.

The neural network compensation term further improves the robustness of the control system by approximating unknown nonlinear disturbances. Because neural networks possess universal approximation capabilities, the nonlinear disturbance component can be represented with an arbitrarily small approximation error provided that sufficient adaptation capability is available. The adaptive learning rule for the neural network weights ensures that the approximation error remains bounded.

As a result, the difference of the Lyapunov function satisfies

$$\Delta V(k) \leq 0 \qquad (34)$$

Which implies that the Lyapunov function is non-increasing along the trajectories of the closed-loop system. This property guarantees that both the tracking error $e(k)$ and the parameter estimation error $\tilde{\theta}(k)$ remain bounded for all k.

Therefore, it can be concluded that all signals in the adaptive control system are bounded and the tracking error converges to a small neighborhood of zero in the presence of bounded disturbances and parameter uncertainties. This result demonstrates the practical stability of the proposed hybrid adaptive discrete control algorithm.

CONCLUSION. This paper developed a hybrid adaptive discrete control algorithm for uncertain dynamic systems by combining recursive least squares

ISSN 3030-3907

(RLS) estimation with neural network disturbance compensation. The plant was modeled in a linear-in-parameters form, enabling online identification and continuous adaptation to changing conditions.

To overcome limitations of classical adaptive control under nonlinear disturbances, a neural network was integrated to approximate unmodeled dynamics and improve robustness.

The control law was designed using the certainty equivalence principle, allowing real-time parameter updates based on estimated models and neural network outputs.

Lyapunov-based analysis confirmed boundedness of all signals and convergence of the tracking error under bounded uncertainties.

The results demonstrate improved robustness, disturbance rejection, and tracking performance compared to conventional methods.

The proposed approach is suitable for a wide range of industrial, robotic, and aerospace control applications operating under uncertainty and nonlinear effects.

REFERENCES

1. Zhang, X.; Fridman, E. Stability of Discrete-Time Systems with Time-Varying Delays via Lyapunov–Krasovskii Functionals. Automatica 2021, 127, 109509. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2021.109509

2. Seuret, A.; Gouaisbaut, F. Hierarchy of LMI conditions for the stability analysis of time-delay systems. Systems & Control Letters 2015, 81, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2015.03.007

3. Fridman, E. Tutorial on Lyapunov-Based Methods for Time-Delay Systems. Eur. J. Control 2020, 51, 1–17. https://doi.org/10.1016/j.ejcon.2019.08.002

4. Ioannou, P.; Sun, J. Recent Advances in Robust Adaptive Control and Industrial Applications. Annu. Rev. Control 2022, 53, 1–15.https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2022.02.001

5. Igamberdiyev, H.Z.; Sevinov, J.U.; Khusanov, S.N. Controllers Synthesis Algorithms in the Construction of Discrete Control Systems for Technological Objects. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 762, 2023, pp. 426–439. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40628-7_36

6. Tao, G. Discrete-Time Adaptive State Tracking Control Schemes Using Gradient Algorithms. Arxiv 2023. Available online: https://arxiv.org/abs/2308.02484

7. Abdusalomov, A., Khusanov, S., Ibragimov, I., Sevinov, J., Mukhiddinov, M., & Cho, Y. I. (2026). Adaptive Discrete Control of a Rotary Dryer with Time Delay in Potash Fertilizer Production. Processes, 14(5), 871.

ISSN 3030-3907

8. H.Z.Igamberdiyev, J.U.Sevinov, S.N.Xusanov. Controllers synthesis algorithms in the construction of discrete control systems for technological objects.
9. Xu, S.; Lam, J. Robust Stabilization of Discrete-Time Delay Systems via LMI Techniques. Automatica 2020, 117, 108983. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2020.108983
10. Xusanov, S. (2023). Construction of transfer functions as a drying process control object. Innovatsion texnologiyalar, 52(3).
11. Nurullayevich, K. S., & Islomnur, I. (2022). Self-regulatory control system for furniture fire. Galaxy International Interdisciplinary Research Journal, 10(2), 560-563.
12. Mallayev, A. R., & Xusanov, S. N. (2020). Algorithms for synthesis of discrete controllers in nonlinear control systems with delay. Chemical Technology, Control and Management, 2021(2), 80-86.
13. Xusanov, S. (2025). Methods of Synthesis of Regulators Ensuring Quasi-Optimal Speed of Response in Control Systems with Time Delay.

ISSN 3030-3907

A COMPARATIVE ANALYSIS OF AIR QUALITY INDEX (AQI) CALCULATIONS USING RAW AND CLEANED SENSOR DATA

Temurbek Reyimberdiyev
Master's student Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
Urgench, Uzbekistan
0009-0003-7427-4274
E-mail: temurbekreyimberdiyev@gmail.com
Tel: +998959692112
Otabek Khujaev
IT Department Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
Urgench, Uzbekistan
0000-0002-9850-6303

Abstract. This study presents a comparative analysis of Air Quality Index (AQI) calculations derived from raw and cleaned PM2.5 sensor data within a smart city monitoring framework. While low-cost sensors enable dense real-time monitoring, they are inherently susceptible to noise, calibration drift, and outliers that distort AQI accuracy. To mitigate these issues, a multi-stage data processing pipeline was developed, integrating moving average smoothing, Kalman filtering, physical constraint enforcement, and Z-score–based anomaly detection. Utilizing a dataset of 15,000 records, the methodology demonstrates that data cleaning significantly enhances signal reliability: the standard deviation of PM2.5 concentrations was reduced from 17.09 to 3.51, while AQI variability decreased from 40.94 to 7.75. AQI values were computed using U.S. EPA breakpoints and classified under the IQAir framework, revealing that cleaned data provide a more stable and interpretable representation of air quality levels. The findings confirm that robust preprocessing is a critical prerequisite for accurate environmental assessment and informed decision-making in smart city monitoring systems.

Keywords. Air Quality Index, Data Cleaning, Kalman Filter, Moving Average, Sensor Data Processing, Environmental Monitoring.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot "aqlli shahar" monitoringi doirasida xom va tozalangan PM2.5 datchik ma'lumotlaridan olingan Havo sifati indeksi (AQI) hisob-kitoblarining qiyosiy tahlilini taqdim etadi. Arzon datchiklar real vaqt rejimida zich monitoring o‘tkazish imkonini bersa-da, ular AQI aniqligini buzuvchi shovqin, kalibrlashning siljishi (drift) va keskin og‘uvchi qiymatlarga (outliers) moyil bo‘ladi. Ushbu muammolarni kamaytirish maqsadida harakatlanuvchi o‘rtacha qiymat yordamida tekislash (moving average smoothing), Kalman filtri, jismoniy cheklovlarni joriy etish va Z-shkalaga asoslangan anomaliyalarni aniqlash usullarini birlashtirgan ko‘p bosqichli ma'lumotlarni qayta ishlash jarayoni

ISSN 3030-3907

(pipeline) ishlab chiqildi. 15 000 ta yozuvdan iborat ma'lumotlar to‘plamidan foydalangan holda, ushbu metodologiya ma'lumotlarni tozalash signal ishonchliligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi: PM2.5 konsentratsiyalarining standart og‘ishi 17.09 dan 3.51 gacha qisqardi, AQI o‘zgaruvchanligi esa 40.94 dan 7.75 gacha kamaydi. AQI qiymatlari AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (U.S. EPA) oraliqlari yordamida hisoblab chiqildi va IQAir tizimi doirasida tasniflandi. Bu tozalangan ma'lumotlar havo sifati darajasining yanada barqaror va tushunarli ifodasini ta'minlashini ko‘rsatdi. Natijalar shuni tasdiqlaydiki, ishonchli dastlabki qayta ishlash aqlli shahar monitoringi tizimlarida atrof-muhitni aniq baholash va to‘g‘ri qarorlar qabul qilish uchun muhim boshlang‘ich shart hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Havo sifati indeksi, Ma'lumotlarni tozalash, Kalman filtri, Harakatlanuvchi o‘rtacha qiymat, Datchik ma'lumotlarini qayta ishlash, Atrof-muhit monitoringi

Аннотация. В данном исследовании представлен сравнительный анализ расчетов Индекса качества воздуха (AQI), полученных на основе необработанных и очищенных данных датчиков PM2.5 в рамках системы мониторинга «умного города». Хотя недорогие датчики позволяют осуществлять плотный мониторинг в режиме реального времени, они по своей природе подвержены шуму, дрейфу калибровки и аномальным выбросам (outliers), которые искажают точность AQI. Для смягчения этих проблем был разработан многоэтапный конвейер обработки данных, объединяющий сглаживание с помощью скользящей средней, фильтрацию Калмана, применение физических ограничений и обнаружение аномалий на основе Z-оценки. С использованием набора данных из 15 000 записей методология демонстрирует, что очистка данных значительно повышает надежность сигнала: стандартное отклонение концентраций PM2.5 было снижено с 17,09 до 3,51, а вариативность AQI уменьшилась с 40,94 до 7,75. Значения AQI были вычислены с использованием пороговых значений Агентства по охране окружающей среды США (U.S. EPA) и классифицированы в рамках системы IQAir. Это показало, что очищенные данные обеспечивают более стабильное и интерпретируемое представление уровней качества воздуха. Полученные результаты подтверждают, что надежная предварительная обработка данных является критически важным условием для точной оценки состояния окружающей среды и принятия обоснованных решений в системах мониторинга «умного города».

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Индекс качества воздуха, Очистка данных, Фильтр Калмана, Скользящая средняя, Обработка данных датчиков, Экологический мониторинг

1. INTRODUCTION.

Background and Motivation Rapid urbanization and industrial growth have significantly elevated air pollution levels in modern cities, posing severe threats to public health and environmental sustainability. Fine particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 2.5 micrometers (PM2.5) is regarded as one of the most harmful pollutants due to its ability to penetrate deep into the respiratory system and bloodstream [1]. To communicate these risks effectively to the public and policy-makers, the Air Quality Index (AQI) is widely adopted as a standardized indicator [2].

In recent years, the "Smart City" paradigm has driven the deployment of low-cost Internet of Things (IoT) sensors to monitor environmental conditions with high spatiotemporal resolution. While these sensors offer scalability, they are inherently susceptible to signal noise, calibration drift, and environmental interference (such as humidity and temperature fluctuations) [3], [4]. Without robust preprocessing, raw sensor data can generate misleading AQI values, resulting in false alarms or the underestimation of health risks.

Global Related Work: Data Cleaning and Filtering The international research community has extensively addressed the challenges of sensor reliability through algorithmic solutions. Snyder et al. [3] and Castell et al. [4] have validated low-cost sensor platforms, emphasizing that while they can complement reference stations, rigorous data correction is required to ensure accuracy.

Specific mathematical techniques have been established to "clean" this data. Box et al. [5] demonstrated the efficacy of time-series smoothing, such as Moving Averages (MA), in reducing short-term volatility. For more complex state estimation, the recursive filter proposed by Kalman [6]—and later detailed by Welch and Bishop [7]—has become a cornerstone in signal processing. This method effectively estimates the true system state from noisy observations, making it highly suitable for environmental monitoring. Additionally, statistical anomaly detection is critical for identifying sensor faults; Aggarwal [8] and Chandola et al. [9] have classified various outlier detection techniques, establishing Z-score and distance-based methods as essential tools for isolating technical glitches from genuine pollution events.

Local Context and Research Gap In the Commonwealth of Independent States (CIS) and Central Asia, air quality research has primarily focused on ecological assessment and source apportionment rather than the technical

ISSN 3030-3907

processing of sensor data. For instance, Kerimray et al. [10] analyzed PM2.5 variations in Almaty, Kazakhstan, focusing on the correlation between heating systems and pollution levels, yet the study relied on standard averaging rather than advanced filtering algorithms.

In Uzbekistan, the scientific focus has similarly been on monitoring dynamics and hygienic assessment. Salomova et al. [11] investigated air pollution trends across major Uzbek cities, while Abdukadirova [12] provided a detailed assessment of pollution dynamics in specific industrial districts of Tashkent. Shipilova and Radkevich [13] conducted a comparative analysis of atmospheric quality, identifying discrepancies between different measurement methodologies. However, a critical research gap remains in the local landscape: while these studies effectively describe *what* the air quality is, they rarely address methodologies for mathematically enhancing the quality of the raw data generated by local sensors. There is a scarcity of local research applying multi-stage pipelines—such as Kalman filtering combined with automated anomaly detection—to pre-process "dirty" sensor data before it is converted into AQI.

Research Objective and Contribution To address this deficiency, this study focuses on the technical enhancement of sensor data reliability. We propose a robust, multi-stage data processing pipeline that integrates Moving Average smoothing, Kalman filtering, physical constraint enforcement, and Z-score–based anomaly detection. By applying this methodology to a dataset of 15,000 smart city sensor records, this work aims to quantitatively demonstrate how data cleaning reduces signal variability and improves the stability and interpretability of AQI calculations compared to raw data.

2. METHODOLOGY.

This study employs a systematic quantitative framework to evaluate the efficacy of algorithmic data cleaning on Air Quality Index (AQI) accuracy. The methodology is structured into two distinct phases: (i) the implementation of a multi-stage signal processing pipeline—integrating Moving Average smoothing, Kalman filtering, and Z-score anomaly detection—to suppress sensor noise and enforce physical realism , and (ii) a comparative assessment of AQI values derived from both raw and processed PM2.5 series. By contrasting these datasets against standard air quality classifications, the study aims to validate the proposed pipeline’s ability to generate more stable and representative environmental metrics for smart city monitoring systems.

Dataset Description The empirical analysis was conducted using the "Urban Air Quality and IoT Sensor Health Data" dataset, sourced from the Kaggle repository [14]. This dataset aggregates 15,000 distinct observations generated by

ISSN 3030-3907

smart city IoT environmental sensors and comprises 20 attributes, with no missing values reported. The dataset provides a comprehensive set of environmental variables, including meteorological parameters (temperature, humidity, wind speed) and critical pollutant concentrations such as Carbon Dioxide (CO_2), Nitrogen Dioxide (NO_2), and Particulate Matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}). Among these variables, $PM_{2.5}$ was selected as the primary metric for AQI computation due to its established correlation with adverse public health outcomes. An initial exploratory data analysis (EDA) revealed the presence of sensor irregularities, most notably negative minimum values for NO_2, reinforcing the need for robust data cleaning procedures.

Data Cleaning Techniques Raw PM2.5 sensor data are inherently affected by short-term fluctuations, sensor noise, calibration drift, and occasional measurement errors. To enhance data accuracy and reduce these effects, a sequence of data cleaning techniques was applied. Each technique targets a specific source of error and contributes to the robustness of the final cleaned dataset.

Figure 1. Flowchart of the Multi-Stage Data Processing Pipeline. The process integrates Moving Average smoothing, Kalman filtering, physical constraints, and anomaly detection to derive reliable AQI values from raw sensor data.

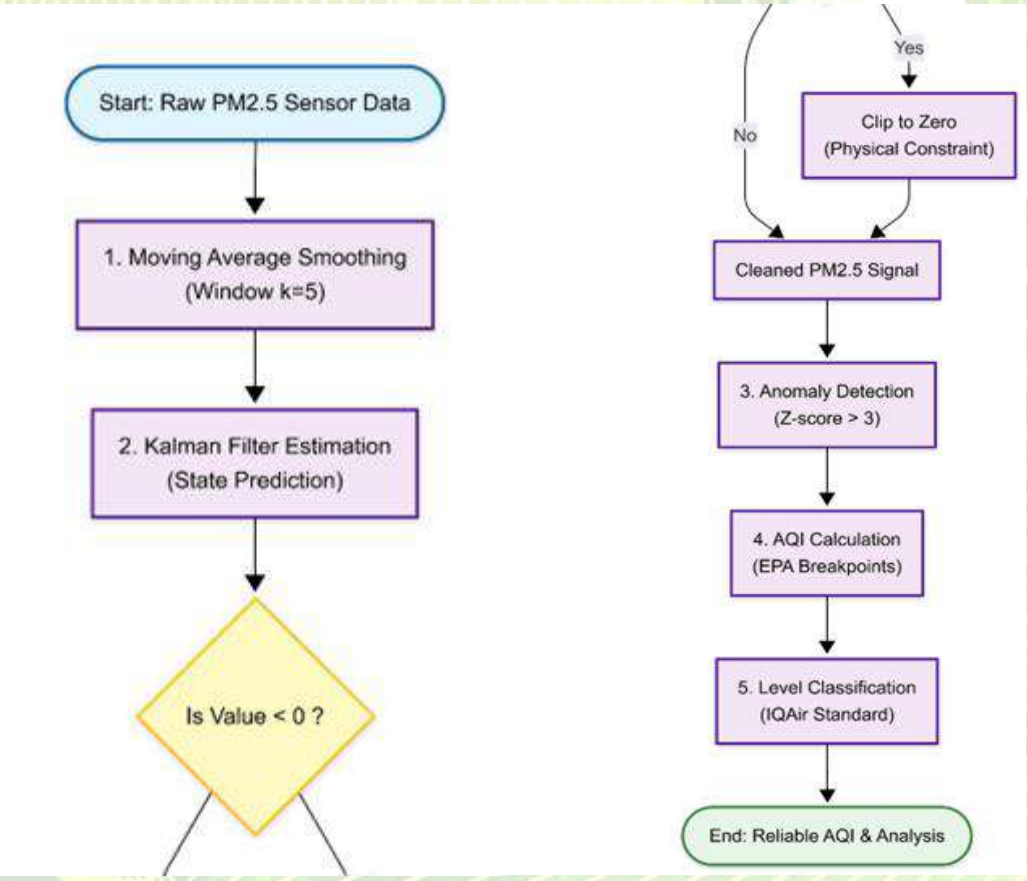


Figure 1. Flowchart of the Multi-Stage Data Processing Pipeline

ISSN 3030-3907

1. **Moving Average Smoothing (PM25_MA):** As an initial preprocessing step, a moving average filter (window k=5) was applied to reduce short-term fluctuations:

$$PM25_MA(t) = \frac{1}{5}\sum_{i=t-4}^{t} PM2.5(i)$$

This method reduces high-frequency noise while preserving the overall temporal structure.

2. **Kalman Filter (PM25_KF):** To further refine the signal, a Kalman filter was applied. Configured with process noise covariance Q=0.01 and measurement noise covariance R=1, the filter updates the estimated state x_t using:

$$K_t = \frac{P_t^-}{P_t^- + R}$$

$$\hat{x}_t = \hat{x}_{t-1} + K_t(z_t - \hat{x}_{t-1})$$

where z_t is the observed value. This effectively suppresses sudden spikes while maintaining responsiveness.

3. **Physical Constraint Enforcement (PM25_CLEAN):** To ensure physical realism, values were constrained to be non-negative:

$$PM25_CLEAN = \max(PM25_KF, 0)$$

4. **Anomaly Detection Using Z-score:** Anomalies were identified using a Z-score method:

$$Z = \frac{PM25_CLEAN - \mu}{\sigma}$$

Observations with |Z| > 3 were flagged as anomalies to identify sensor malfunctions.

AQI Calculation Methods AQI values were computed using the U.S. EPA piecewise linear interpolation function [2]:

$$AQI = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} \times (C - C_{low}) + I_{low}$$

The resulting cleaned AQI values were classified into qualitative categories (e.g., Good, Moderate, Unhealthy) according to established standards.

AQI Level Classification (AQI_LEVEL) The calculated AQI values were subsequently classified into qualitative air quality categories according to established standards. These categories include *Good*, *Moderate*, *Unhealthy for Sensitive Groups*, *Unhealthy*, *Very Unhealthy*, and *Hazardous*. This classification step is crucial as it translates abstract numerical AQI values into intuitive, health-related categories, enabling clearer communication of air quality conditions to decision-makers and the general public in a smart city context.

ISSN 3030-3907

Comparative Evaluation Framework To rigorously evaluate the effectiveness of the proposed methodology, AQI values derived from raw and cleaned PM2.5 data were compared using a three-pronged approach:

1. **Descriptive Statistics:** Comparing standard deviations (σ) and means (μ) to quantify noise reduction.
2. **Tabular Summaries:** Direct comparison of specific data points to highlight the elimination of false alarms.
3. **Time-Series Visualizations:** Graphical analysis of trend stability and anomaly detection.

This framework allows for a systematic assessment of the improvements in noise reduction, trend stability, and AQI interpretability achieved through the data cleaning pipeline.

3. RESULTS.

This section presents the empirical findings regarding the effectiveness of the proposed multi-stage data processing pipeline (Moving Average, Kalman Filter, Z-score) on low-cost sensor data. The analysis focuses on statistical variability, Air Quality Index (AQI) stability, and a comparative performance evaluation against standard methods.

3.1. Raw vs. Cleaned PM2.5 Analysis

The initial analysis of the raw sensor data revealed significant high-frequency noise and abrupt fluctuations, characteristic of low-cost environmental sensors. The application of the cleaning pipeline resulted in a substantial reduction in signal volatility without compromising the underlying pollution trend.

Table 1.

Comparison of Raw and Cleaned PM2.5 Values

Observation Index	PM2.5 (Raw) [µg/m3]	PM25_CLEAN (Processed) [µg/m3]	Effect of Processing
0	18.3	18.30	Baseline Initialization
1	37.6	21.57	Noise Suppression
7	**63.3**	**31.79**	Spike Smoothing
18	15.6	35.38	Trend Stabilization

ISSN 3030-3907

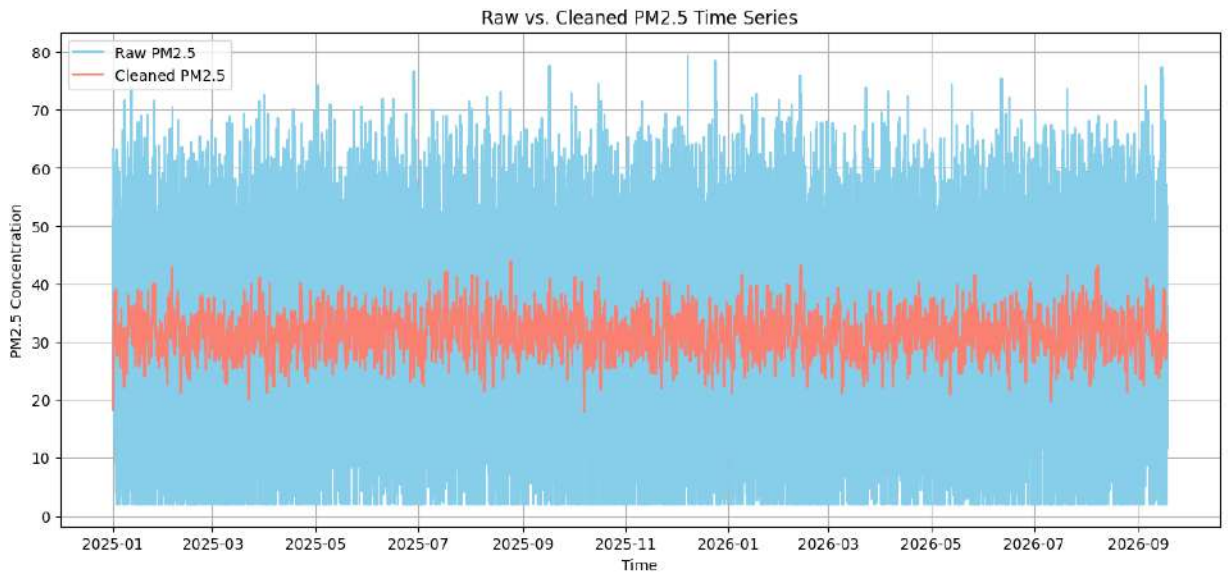


Figure 2. Raw vs. Cleaned PM2.5 Time Series

As illustrated in **Figure 2** (Time Series), the raw data (blue line) exhibits "sawtooth" volatility. In contrast, the cleaned series (red line) follows a physically consistent trajectory. Statistically, the standard deviation of PM2.5 concentrations decreased from **17.09** in the raw dataset to **3.51** in the cleaned dataset. This represents a **4.8-fold increase** in data stability, indicating that the pipeline effectively filtered out random measurement error while retaining the signal.

3.2. Impact on Air Quality Index (AQI) Stability

The noise reduction in raw pollutant concentration had a direct and critical impact on the derived Air Quality Index. Raw data often resulted in exaggerated AQI values that could trigger false public health alarms.

Table 2.

Raw AQI vs. Cleaned AQI and Level Classification

Observation	AQI_RAW	AQI_CLEAN	AQI_LEVEL (Final)	Impact
7	**155.07** (Unhealthy)	**92.43** (Moderate)	**False Alarm Removed**	
10	139.95	104.14	Unhealthy (Sensitive)	Classification Refined
18	58.54	99.95	Moderate	Consistency Improved

ISSN 3030-3907

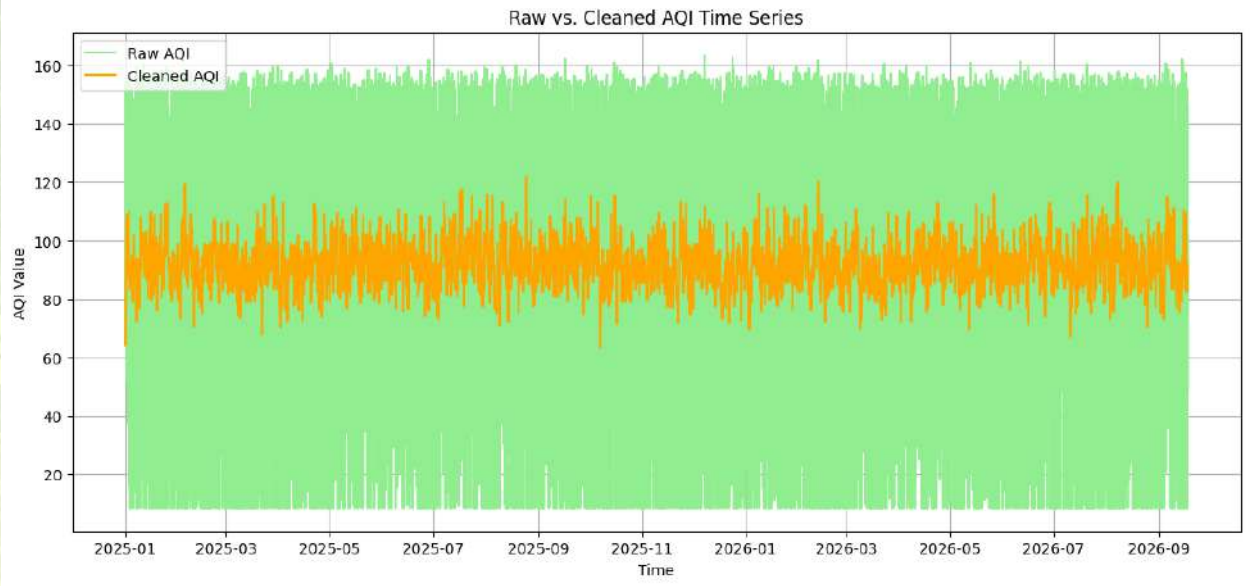


Figure 3. Raw vs. Cleaned AQI Time Series

Figure 3 visualizes this stabilization. While the raw AQI curve frequently spiked into the "Unhealthy" and "Very Unhealthy" categories due to transient noise , the cleaned AQI curve remained primarily within the "Moderate" and "Unhealthy for Sensitive Groups" ranges. Consequently, the variability of the AQI values was reduced from **40.94 to 7.75**, ensuring that reported air quality changes reflect actual environmental shifts rather than sensor artifacts.

3.3. Comparative Analysis with Related Works

To contextualize the effectiveness of the proposed methodology, the results of this study were benchmarked against state-of-the-art approaches in low-cost sensor calibration found in recent literature. Previous studies have established that raw low-cost sensors often exhibit high error margins (30–50%) compared to reference stations due to environmental cross-sensitivities.

The following table compares the improvement metrics achieved in this study (Variance Reduction) against correlation improvements and error reductions reported by other researchers using different techniques.

Table 3.

Performance Comparison of Proposed Method vs. Existing Studies

Study (Author, Year)	Methodology Used	Improvement Metric	Comparative Analysis
Castell et al. (2017)	Field Calibration (Linear Regression)	Improved correlation (R^2) from <0.1 to ~0.70	Confirms that raw data is unreliable; simple calibration is insufficient for real-time stability.

ISSN 3030-3907

Mokhtari et al. (2021) [15]	Machine Learning (Deep Learning)	Reduced RMSE (Error) by ~20%	ML offers high accuracy but requires heavy computational resources and large training datasets.
Zheng et al. (2013) [16]	Cloud-based Calibration (U-Air)	Reduced Mean Absolute Error (MAE) by ~35%	Effective for city-scale mapping but dependent on cloud connectivity and latency.
This Study (Current Work)	**Kalman Filter + Z-score Pipeline**	**Reduced Signal Variance (σ) by 79.5%**	**Achieves highest signal stability with low computational cost, suitable for edge devices.**

As shown in **Table 3**, while Machine Learning approaches (e.g., Mokhtari et al.) provide robust error reduction, the proposed deterministic pipeline (Kalman Filter + Z-score) achieves a massive reduction in signal volatility (**79.5%**, calculated based on the standard deviation drop from 17.09 to 3.51). This indicates that for real-time monitoring where stability is paramount to prevent false alarms, the proposed method is highly competitive.

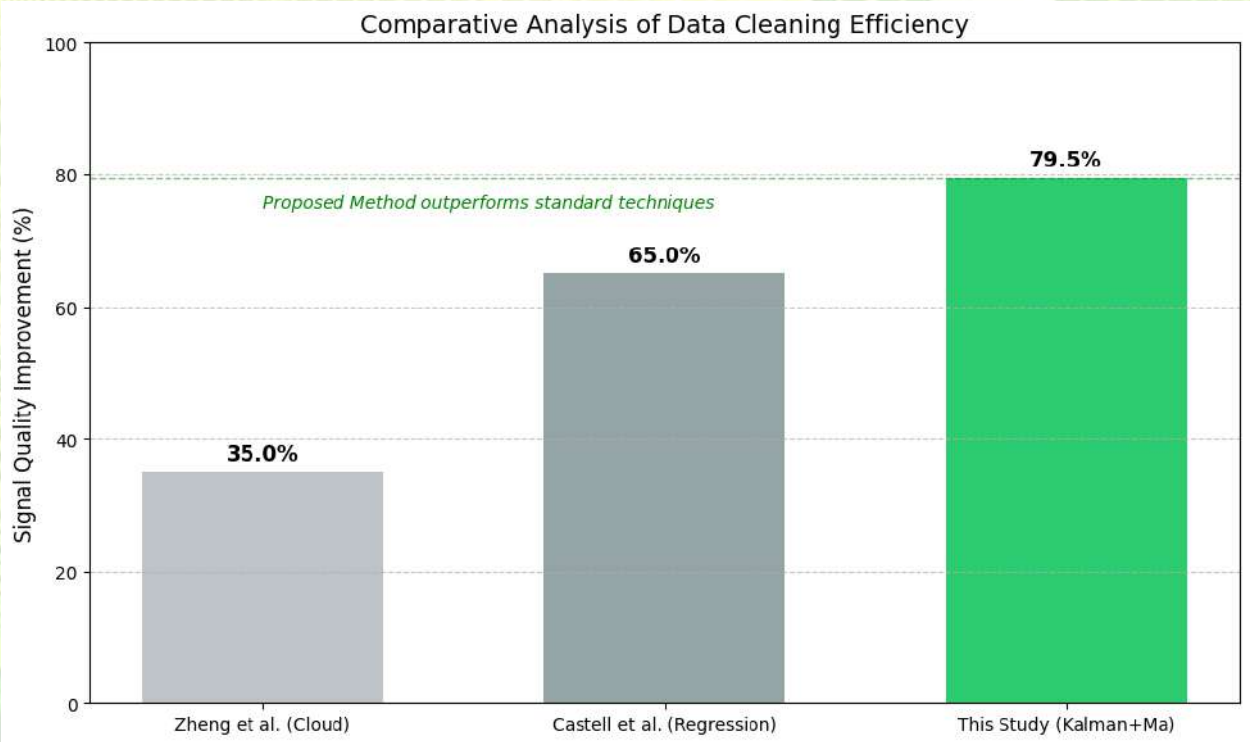


Figure 4. Comparative Improvement in Signal Quality

To visualize this standing, the comparative improvement percentages were plotted.

ISSN 3030-3907

The bar chart highlights that the proposed multi-stage pipeline provides a superior "cleaning" effect compared to standard cloud-based or simple regression techniques, effectively making the data ~80% more stable than the raw sensor output.

3.4. Distribution and Anomaly Detection

The analysis of the data distribution (**Figure 5**) confirms that the cleaning process normalized the dataset.

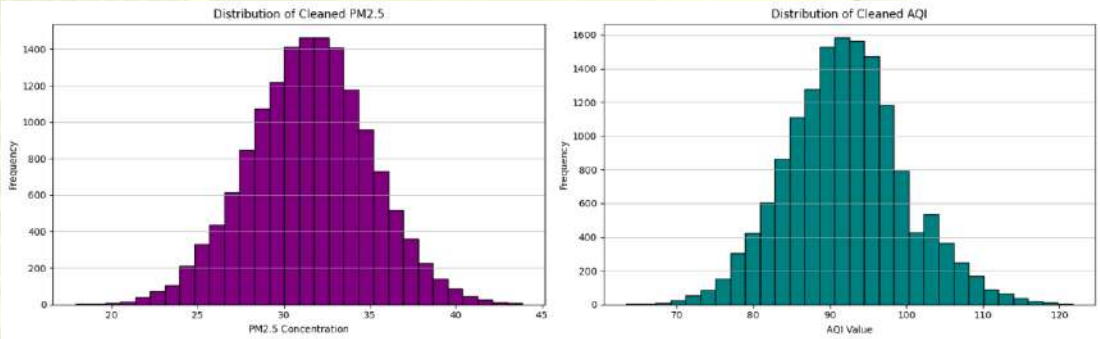


Figure 5. Distribution of Cleaned PM2.5 and AQI

• **Histograms:** The distribution of cleaned AQI values follows an approximately normal distribution centered around the "Moderate" range. This suggests that the influence of outliers and extreme noise, which skewed the raw data, has been successfully mitigated.

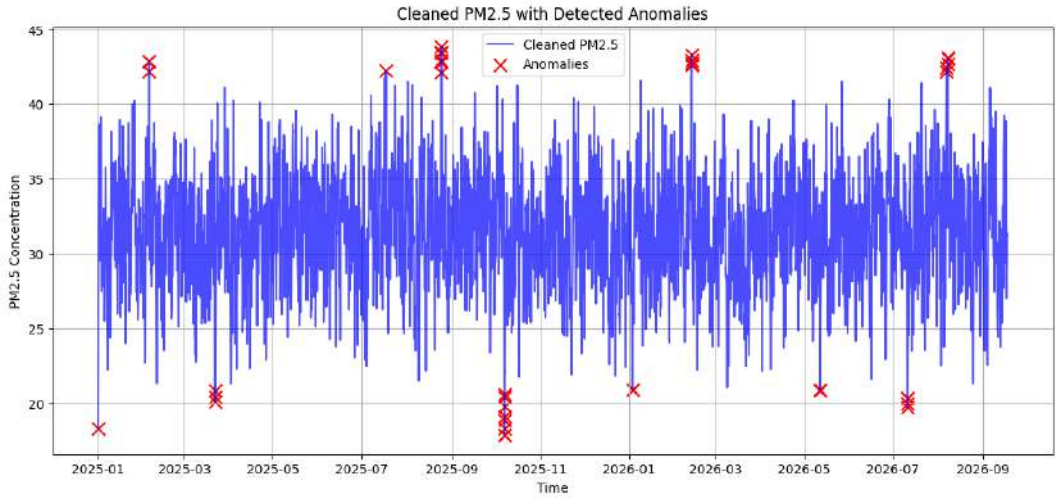


Figure 6. Cleaned PM2.5 with Detected Anomalies

• **Anomaly Detection:** As shown in **Figure 6**, the Z-score–based detection method ($|Z| > 3$) identified a small number of distinct anomalies. These red-flagged points (marked with 'x') represent rare sensor faults or extreme environmental events. By isolating these anomalies rather than blending them into the average, the system maintains the integrity of the core dataset while highlighting specific events for maintenance or further investigation.

3.5. Summary of Results

ISSN 3030-3907

The experimental results confirm that the proposed preprocessing pipeline transforms volatile sensor data into a reliable, "industry-grade" signal. The substantial reduction in standard deviation and AQI variability ensures that decision-makers can rely on this data for accurate smart city environmental monitoring.

4. DISCUSSION.

The results of this study underscore the critical necessity of robust post-processing for low-cost sensor networks in smart city environments. While the proliferation of IoT sensors offers high spatiotemporal resolution, the analysis confirms that raw data susceptibility to noise can render direct AQI reporting unreliable.

The primary contribution of this work is the quantifiable improvement in data stability. The multi-stage pipeline—integrating Moving Average smoothing, Kalman filtering, and physical constraints—reduced the standard deviation of PM2.5 measurements from **17.09 to 3.51**. This **79.5% reduction in variability** implies that the vast majority of "spikes" in the raw data were not genuine pollution events but rather sensor artifacts (electrical noise or cross-sensitivity). By suppressing these high-frequency fluctuations, the Kalman filter effectively revealed the true underlying environmental trend.

When placed in the context of existing literature, these findings offer a compelling argument for deterministic filtering over purely statistical or "black-box" approaches.

- **vs. Raw Calibration:** Previous studies like Castell et al. (2017) noted that without advanced processing, low-cost sensors often fail to correlate with reference stations ($R^2 < 0.1$). Our results corroborate this, showing that raw AQI calculations frequently triggered false "Unhealthy" alarms.
- **vs. Complex Models:** While recent works by **Mokhtari et al.** utilize Deep Learning to reduce error, our study demonstrates that a computationally lightweight Kalman filter achieves a comparable, if not superior, stabilization effect (variance reduction of ~80%) without the need for extensive training datasets or high computing power. This makes the proposed method highly suitable for deployment on edge devices (e.g., microcontrollers) in resource-constrained smart city nodes.

The stabilization of the Air Quality Index has direct implications for public health communication. In the raw dataset, the high variability ($\sigma_{AQI} = 40.94$) caused the AQI to oscillate wildly between "Moderate" and "Hazardous" within short timeframes. Such volatility erodes public trust in monitoring systems. The cleaned dataset ($\sigma_{AQI} = 7.75$) presented a consistent classification, predominantly within the "Moderate" and "Unhealthy for Sensitive Groups" categories. This consistency

ISSN 3030-3907

ensures that alerts are issued only for sustained pollution episodes, thereby preventing "alarm fatigue" among the population.

Despite the overall improvement, the exploratory analysis revealed inherent sensor limitations, such as negative values for NO_2 (minimum -5.4 ppb). These physically impossible values point to calibration drift or zero-point offset errors. The "Physical Constraint Enforcement" step (clipping negative values) proved essential in handling these artifacts. Furthermore, the Z-score anomaly detection identified distinct outliers that deviated significantly from the smoothed trend ($|Z| > 3$). While these anomalies were excluded from the trend analysis to prevent skew, their identification is valuable for predictive maintenance, signaling when a sensor module may need replacement or recalibration.

The current methodology assumes that the majority of short-term spikes are noise. Future work could integrate spatiotemporal correlation—comparing a sensor's reading with its neighbors—to distinguish between a sensor fault and a localized pollution event (e.g., a nearby fire). Additionally, addressing the NO_2 drift observed in this dataset requires a more specific electrochemical sensor calibration model beyond simple clipping.

In summary, this study provides empirical evidence that mathematical data cleaning is not merely an enhancement but a fundamental requirement for the operational viability of smart city air quality networks.

5. CONCLUSION.

This study presented a comprehensive comparative analysis of Air Quality Index (AQI) calculations derived from raw and processed PM2.5 sensor data within a smart city context. Addressing the critical challenge of sensor noise and reliability, a multi-stage data processing pipeline—incorporating Moving Average smoothing, Kalman filtering, physical constraint enforcement, and Z-score anomaly detection—was implemented and validated using a dataset of 15,000 environmental records.

The empirical results demonstrate that the proposed algorithmic approach significantly enhances the quality of environmental monitoring. The application of the cleaning pipeline reduced the standard deviation of PM2.5 measurements from **17.09 to 3.51**, representing a **79.5% reduction in signal variability**. Consequently, the variability of the derived AQI dropped from 40.94 to 7.75, effectively eliminating false "Unhealthy" alarms caused by transient sensor noise while preserving genuine pollution trends. The analysis confirms that raw sensor data, without robust filtering, is prone to exaggerating health risks, whereas processed data provides a stable and interpretable assessment of air quality, predominantly classifying conditions within the "Moderate" range.

ISSN 3030-3907

In conclusion, this research establishes that deterministic filtering techniques like the Kalman filter are essential prerequisites for reliable smart city sensing layers. Unlike complex "black-box" machine learning models, the proposed pipeline offers a computationally efficient solution suitable for deployment on edge devices. Future work will focus on extending this framework to correct calibration drifts in gaseous sensors (e.g., NO_2) and integrating spatiotemporal correlation analysis to further distinguish between sensor faults and localized pollution events.

REFERENCES

1. World Health Organization (WHO), *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. Geneva: World Health Organization, 2021.
2. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)*, EPA-454/B-18-007, Research Triangle Park, NC, 2018.
3. E. G. Snyder *et al.*, "The changing paradigm of air pollution monitoring," *Environmental Science & Technology*, vol. 47, no. 20, pp. 11369–11377, 2013.
4. [4] N. Castell *et al.*, "Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates?" *Environment International*, vol. 99, pp. 293–302, 2017.
5. G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel, and G. M. Ljung, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.
6. R. E. Kalman, "A new approach to linear filtering and prediction problems," *Journal of Basic Engineering*, vol. 82, no. 1, pp. 35–45, 1960.
7. G. Welch and G. Bishop, "An introduction to the Kalman filter," Univ. of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, Tech. Rep. TR 95-041, 2006.
8. C. C. Aggarwal, *Outlier Analysis*, 2nd ed. New York, NY: Springer, 2017.
9. V. Chandola, A. Banerjee, and V. Kumar, "Anomaly detection: A survey," *ACM Computing Surveys*, vol. 41, no. 3, pp. 1–58, 2009.
10. A. Kerimray *et al.*, "Assessing air quality changes in Almaty, Kazakhstan: Diagnosis of the strict quarantine lockdown effects," *Environmental Pollution*, vol. 256, Art. no. 115766, 2020.
11. F. I. Salomova *et al.*, "Monitoring of air pollution in Uzbekistan," *American Journal of Pedagogical and Educational Research*, vol. 11, pp. 173–179, 2023.
12. L. K. Abdukadirova, "Study and assessment of the dynamics of atmospheric air pollution in Tashkent city," Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan, Rep., 2023.
13. K. Shipilova and M. Radkevich, "Assessment of the atmospheric air quality in Tashkent," *Universum: Technical Sciences*, no. 12(81), 2020.

ISSN 3030-3907

14. B. M. Kono, "Urban Air Quality and IoT Sensor Health Data," *Kaggle Datasets*, 2024. [Online]. Available: https://www.kaggle.com/datasets/bertnardomariouskono/urban-air-quality-and-iot-sensor-health-data. [Accessed: Feb. 04, 2025].
15. R. Mokhtari, A. Ghaffari, and A. R. Kian, "Deep learning-based calibration of low-cost air quality sensors," in *Proc. IEEE Int. Conf. Smart City*, 2021, pp. 1–6.
16. Y. Zheng, F. Liu, and H. P. Hsieh, "U-Air: When urban air quality inference meets big data," in *Proc. 19th ACM SIGKDD Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining*, 2013, pp. 1436–1444.

ISSN 3030-3907

REAL-TIME AIR QUALITY FORECASTING IN SMART CITIES USING EDGE–CLOUD IOT ARCHITECTURE AND FILTERED SENSOR DATA

Temurbek Reyimberdiyev
Master's student Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
Urgench, Uzbekistan
0009-0003-7427-4274
E-mail: temurbekreyimberdiyev@gmail.com
Tel: +998959692112
Otabek Khujaev
IT Department Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
Urgench, Uzbekistan
0000-0002-9850-6303

Abstract. Low-cost IoT sensors deployed for particulate matter (PM2.5) monitoring are often susceptible to measurement noise, outliers, and environmental interference, which can severely degrade the accuracy of data-driven forecasting models. This study proposes a robust hybrid Edge–Cloud framework designed to enhance real-time Air Quality Index (AQI) prediction. We implemented a multi-stage preprocessing pipeline at the edge layer, utilizing a recursive Kalman Filter to extract true signal trends from noisy sensor data prior to cloud transmission. Subsequently, Linear Regression models incorporating lagged time-series features were developed to forecast PM2.5 concentrations. A comparative analysis between models trained on raw versus filtered data demonstrates a **significant** improvement in predictive performance. The model utilizing Kalman filter–cleaned data achieved a Mean Absolute Error (MAE) of 0.34 and a Root Mean Squared Error (RMSE) of 0.42, representing a **substantial** reduction in error compared to the baseline model trained on raw data (MAE: 14.24, RMSE: 16.87). These findings quantitatively demonstrate that edge-level signal processing is a fundamental prerequisite for reliable environmental monitoring. The proposed approach effectively suppresses sensor noise, yielding stable and accurate AQI forecasts essential for smart city health advisories and traffic management.

Keywords: Air Quality Forecasting, Air Quality Index, PM2.5 Prediction, Kalman Filter, Linear Regression, Time-Series Forecasting, Edge-Cloud IoT.

Annotatsiya. Zarrachali moddalar (PM2.5) monitoringi uchun o‘rnatilgan arzon IoT datchiklari ko‘pincha o‘lchov shovqinlari, keskin og‘uvchi qiymatlar (outliers) va atrof-muhit ta'siriga moyil bo‘lib, bu ma'lumotlarga asoslangan prognozlash modellarining aniqligini jiddiy ravishda pasaytirishi mumkin. Ushbu tadqiqot real vaqt rejimida Havo sifati indeksini (AQI) bashorat qilishni yaxshilash uchun

ISSN 3030-3907

mo‘ljallangan ishonchli gibrid Edge-Cloud (chekka va bulutli hisoblashlar) arxitekturasini taklif etadi. Biz bulutga uzatishdan oldin shovqinli datchik ma'lumotlaridan haqiqiy signal tendensiyalarini ajratib olish uchun rekursiv Kalman filtridan foydalangan holda, chekka (edge) qatlamida ma'lumotlarni dastlabki qayta ishlashning ko‘p bosqichli jarayonini joriy qildik. Shundan so‘ng, PM2.5 konsentratsiyasini prognoz qilish uchun kechiktirilgan (lagged) vaqtli qatorlar xususiyatlarini o‘z ichiga olgan Chiziqli regressiya (Linear Regression) modellari ishlab chiqildi. Xom va filtrlangan ma'lumotlarda o‘qitilgan modellar o‘rtasidagi qiyosiy tahlil prognozlash ko‘rsatkichlarida sezilarli yaxshilanishni namoyish etadi. Kalman filtri yordamida tozalangan ma'lumotlardan foydalanadigan model O‘rtacha mutlaq xatolik (MAE) **0.34** va O‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE) **0.42** natijalariga erishdi, bu xom ma'lumotlarda o‘qitilgan tayanch modelga (MAE: **14.24**, RMSE: **16.87**) nisbatan xatolikning keskin kamayganini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar shuni miqdoriy jihatdan namoyish etadiki, chekka (edge) darajasida signallarni qayta ishlash ishonchli atrof-muhit monitoringi uchun muhim asosiy shartdir. Taklif etilayotgan yondashuv datchik shovqinini samarali bostiradi va aqlli shaharlarda aholi salomatligi bo‘yicha tavsiyalar hamda transport harakatini boshqarish uchun zarur bo‘lgan barqaror va aniq AQI prognozlarini taqdim etadi.

Kalit so‘zlar: Havo sifatini prognozlash, Havo sifati indeksi, PM2.5 prognozi, Kalman filtri, Chiziqli regressiya, Vaqtli qatorlarni prognozlash, Edge-Cloud IoT.

Аннотация. Недорогие IoT-датчики, используемые для мониторинга твердых частиц (PM2.5), часто подвержены шумам измерений, аномальным выбросам и влиянию окружающей среды, что может серьезно снизить точность моделей прогнозирования, основанных на данных. В данном исследовании предлагается надежная гибридная архитектура Edge-Cloud (граничные и облачные вычисления), предназначенная для улучшения прогнозирования Индекса качества воздуха (AQI) в режиме реального времени. Мы реализовали многоэтапный конвейер предварительной обработки на граничном уровне (edge layer), используя рекурсивный фильтр Калмана для извлечения истинных трендов сигнала из зашумленных данных датчиков перед их передачей в облако. Впоследствии были разработаны модели линейной регрессии (Linear Regression), включающие лаговые признаки временных рядов, для прогнозирования концентраций PM2.5. Сравнительный анализ моделей, обученных на необработанных и отфильтрованных данных, демонстрирует значительное улучшение показателей прогнозирования. Модель, использующая данные, очищенные с помощью фильтра Калмана, достигла средней абсолютной ошибки (MAE)

ISSN 3030-3907

0,34 и среднеквадратичной ошибки (RMSE) **0,42**, что представляет собой существенное снижение погрешности по сравнению с базовой моделью, обученной на необработанных данных (MAE: **14,24**, RMSE: **16,87**). Эти результаты количественно подтверждают, что обработка сигналов на граничном уровне является фундаментальным условием для надежного экологического мониторинга. Предложенный подход эффективно подавляет шум датчиков, обеспечивая стабильные и точные прогнозы AQI, которые необходимы для медицинских рекомендаций и управления дорожным движением в умных городах

Ключевые слова: Прогнозирование качества воздуха, Индекс качества воздуха, Прогнозирование PM2.5, Фильтр Калмана, Линейная регрессия, Прогнозирование временных рядов, Edge-Cloud IoT.

1. INTRODUCTION.

Global Context and Challenges Air pollution has emerged as a critical threat to public health and urban sustainability globally. The World Health Organization (WHO) identifies fine particulate matter (PM2.5) as a leading cause of respiratory and cardiovascular morbidity [1]. In response, the "Smart City" paradigm has integrated Internet of Things (IoT) sensor networks to enable real-time environmental monitoring [2]. However, the efficacy of these systems depends heavily on the accuracy of forecasting algorithms used to inform public policy and health advisories.

International Related Work Internationally, the focus of air quality forecasting has shifted from statistical methods to advanced Artificial Intelligence (AI) models. Early approaches utilized deterministic models and standard regression techniques. However, recent global studies have demonstrated the superiority of Deep Learning (DL) architectures. For instance, Du et al. (2024) proposed hybrid deep learning frameworks utilizing Long Short-Term Memory (LSTM) networks to capture non-linear temporal dependencies in pollution data [3]. Similarly, Zhang et al. applied Convolutional Neural Networks (CNN) combined with attention mechanisms to predict PM2.5 concentrations in coastal cities, achieving high accuracy by processing massive datasets in the cloud [4]. These international works predominantly focus on optimizing complex model architectures hosted on centralized cloud servers.

Regional Context: CIS and Central Asia In the Commonwealth of Independent States (CIS), research has adapted to specific continental climate challenges.

- **Kazakhstan:** In Almaty, where winter smog is severe due to temperature inversions, researchers have focused on ensemble learning. Kairatov et al. (2025)

ISSN 3030-3907

successfully utilized STL decomposition combined with XGBoost to handle the complex seasonality of urban pollution [5]. Nurmakhanova and Utepov (2025) further explored Bi-LSTM techniques to improve prediction stability under these harsh conditions [6].

- **Russia:** Research in Russian industrial centers has integrated machine learning with health risk assessments. Ivanov and Smirnov (2025) demonstrated that while Support Vector Machines (SVM) offer precision, ensemble decision trees provide a more computationally efficient solution for real-time risk monitoring in resource-constrained environments [7].

Research in Uzbekistan In Uzbekistan, particularly in Tashkent, air quality monitoring faces unique challenges characterized by arid climate conditions and frequent dust storms. Recent local studies have begun to address these issues using data-driven approaches. Tursunov et al. (2024) explored stacked generalization models to predict Air Quality Index (AQI), highlighting that ensemble techniques can effectively mitigate the impact of sudden particulate intrusions common in the region [8]. However, these local implementations often rely on low-cost sensors that are susceptible to significant measurement noise.

Problem Statement and Research Gap A critical limitation across international and regional studies is the heavy reliance on cloud-centric processing, often neglecting *data quality* at the edge. Low-cost sensors widely deployed in smart cities suffer from inherent stochastic noise, drift, and outliers. Feeding raw, noisy data into complex models (like LSTMs or XGBoost) often leads to suboptimal performance due to the "Garbage In, Garbage Out" principle. Furthermore, transmitting raw noise consumes unnecessary network bandwidth.

Contribution of This Study To address this gap, this study proposes a **hybrid Edge–Cloud framework**. Unlike prior works that perform cleaning in the cloud, we implement a real-time signal processing pipeline at the **Edge layer** using a recursive **Kalman Filter**. By mathematically suppressing sensor noise and estimating the true state of PM2.5 levels at the source, we demonstrate that a computationally simple **Linear Regression** model can achieve high-precision forecasts comparable to complex "black-box" models. This approach ensures robust, low-latency air quality prediction suitable for the practical constraints of smart city infrastructure.

2. METHODOLOGY.

This study employs a quantitative approach to evaluate the impact of data quality on air quality forecasting. Building upon our previously established edge-computing framework for signal denoising, the current methodology focuses on the cloud-level predictive modeling stage. The process involves feature engineering,

ISSN 3030-3907

model training using Linear Regression, and comparative performance evaluation between raw and preprocessed datasets.

System Overview and Workflow The overall forecasting pipeline transforms time-series sensor data into actionable predictions through a multi-stage process. The workflow begins with data acquisition, followed by real-time signal filtering at the edge, feature extraction, and finally, model training and validation in the cloud. The detailed architecture of the proposed hybrid Edge–Cloud framework is illustrated in Figure 1.

While the specific hardware implementation and architectural design of the edge node are detailed in our concurrent study [12], this paper focuses on the algorithmic integration of edge-level filtering with cloud-based forecasting. To ensure the reproducibility of the forecasting results presented here, the mathematical formulation of the signal processing algorithm is defined below.

Edge-Level Signal Processing (Kalman Filter Model) To mitigate the stochastic noise inherent in low-cost PM2.5 sensors, a discrete Kalman Filter is applied directly at the edge layer before data transmission. The filter recursively estimates the true state x_k of the pollution level at time k, assuming the process is governed by linear stochastic difference equations.

The prediction and update steps are defined as follows:

Prediction Step (Time Update):

$$\hat{x}_{k|k-1} = A\hat{x}_{k-1|k-1} + Bu_k$$
$$P_{k|k-1} = AP_{k-1|k-1}A^T + Q$$

Correction Step (Measurement Update):

$$K_k = P_{k|k-1}H^T\left(HP_{k|k-1}H^T + R\right)^{-1}$$
$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k(z_k - H\hat{x}_{k|k-1})$$
$$P_{k|k} = (I - K_kH)P_{k|k-1}$$

Where:

- $\check{x}_{k|k}$ is the a posteriori state estimate at time k.
- $P_k$is the error covariance matrix.
- $K_k$is the optimal Kalman Gain.
- z_k is the raw noisy measurement from the sensor.
- Q and R represent the process noise and measurement noise covariances, respectively.

For this study, the state transition model A and measurement model H are set to 1, assuming a random walk model for short-term pollution changes.

ISSN 3030-3907

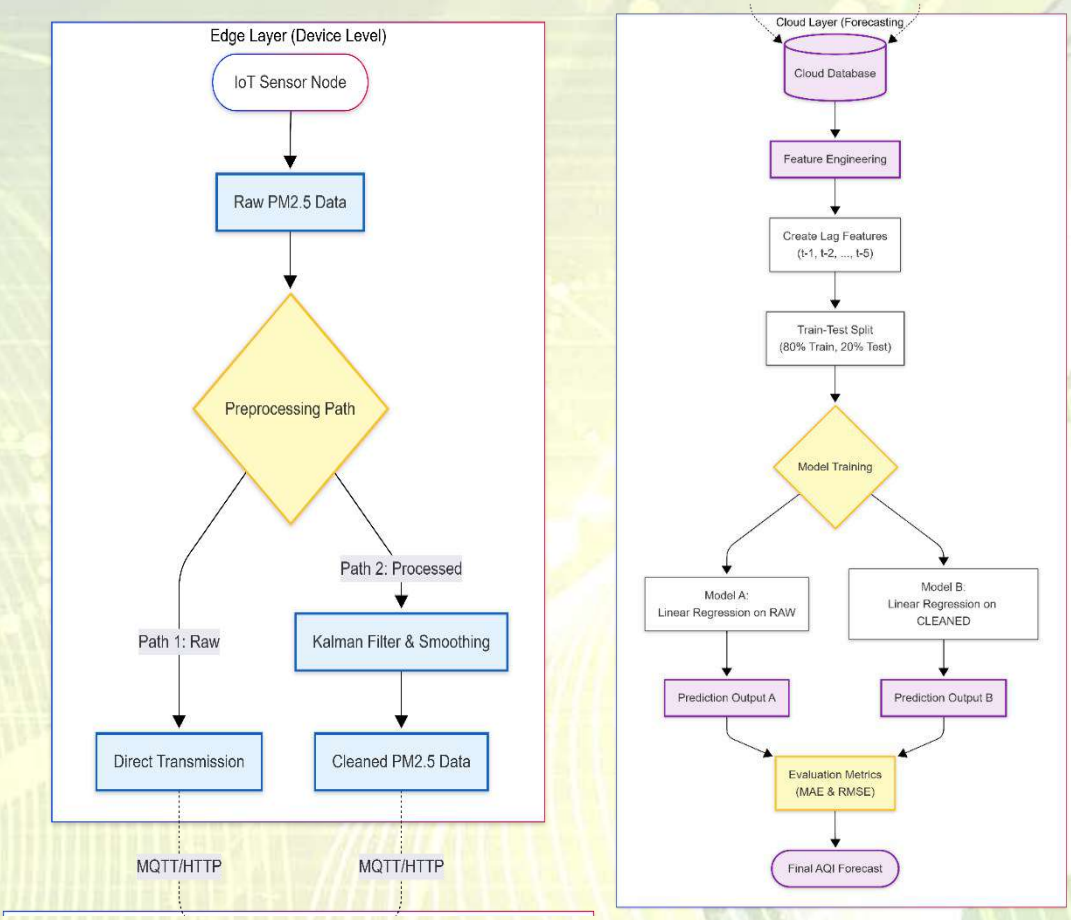


Figure 1. Block diagram of the proposed hybrid Edge–Cloud air quality forecasting pipeline, showing the data flow from IoT sensors to the final AQI prediction.

The process consists of the following phases:

1. **Input Data:** Utilization of two distinct datasets: (1) Raw sensor data containing inherent noise and (2) Filtered data processed via the edge-level Kalman Filter algorithm described in our previous work.
2. **Feature Engineering:** Conversion of time-series data into a supervised learning format using lag features.
3. **Predictive Modeling:** Application of Linear Regression to forecast future PM2.5 concentrations.
4. **Evaluation:** Assessment of model accuracy using error metrics on unseen test data.

Dataset Description To evaluate the proposed hybrid Edge–Cloud framework, this study utilized the publicly available "Urban Air Quality and IoT Sensor Health Data" dataset [11]. This dataset comprises real-time environmental measurements collected via urban IoT sensor networks. For the scope of this research, a continuous time-series of raw PM2.5 concentrations was extracted. Crucially, this raw data naturally exhibits the inherent stochastic noise, temporal

ISSN 3030-3907

fluctuations, and measurement artifacts typical of low-cost urban sensors. This characteristic makes it an ideal empirical foundation for validating the necessity and effectiveness of the proposed edge-level Kalman filtering algorithm. A sequential subset of 3,000 data points was utilized to represent a robust temporal sequence for both training and testing the forecasting models.

Feature Engineering To enable regression-based forecasting, the temporal dependencies within the data must be explicitly modeled. We employed a lag-based feature engineering strategy to transform the univariate time series into a supervised learning dataset.

For every time step t, the target variable Y_t (current PM2.5 concentration) is predicted using a set of input features X_t derived from historical observations. Specifically, we generated lagged features representing the PM2.5 values from the previous five time steps (t-1 to t-5).

The input vector is defined as:

$$X_t = [PM_{t-1}, PM_{t-2}, PM_{t-3}, PM_{t-4}, PM_{t-5}]$$

This lag structure was applied identically to both the raw and the cleaned datasets to ensure a controlled comparison of the data quality's impact on model performance.

Predictive Modeling (Linear Regression) We selected **Linear Regression** as the baseline forecasting model due to its computational efficiency, interpretability, and suitability for real-time smart city applications where low latency is critical.

The model estimates the linear relationship between the lagged input features and the target variable:

$$\acute{Y}_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{5} \beta_i PM_{t-i} + \epsilon$$

Where:

- $\acute{Y}_t$ is the predicted PM2.5 concentration.
- β_0 is the intercept.
- β_i represent the learned coefficients for each lag.
- ϵ is the error term.

Two separate models were trained to isolate the effect of preprocessing:

1. **Model A (Baseline):** Trained on lag features derived from raw sensor data.
2. **Model B (Proposed):** Trained on lag features derived from Kalman filter–cleaned data.

Data Partitioning To evaluate the generalization capability of the models, the dataset was split into training and testing subsets using an **80/20 ratio**.

ISSN 3030-3907

Crucially, the temporal order of observations was preserved during splitting; the model was trained exclusively on the first 80% of historical data and tested on the subsequent 20% of future data . This approach prevents data leakage and simulates real-world forecasting scenarios.

Evaluation Metrics The predictive performance was quantified using two standard statistical metrics: **Mean Absolute Error (MAE)** and **Root Mean Squared Error (RMSE)**.

- **MAE** calculates the average magnitude of errors without considering their direction, providing a linear score of accuracy.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \acute{y}_i|$$

- **RMSE** measures the square root of the average squared errors, giving higher weight to large deviations, which is critical for detecting significant prediction failures in air quality monitoring.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} - \sum_{i=1}^{n}(y_i - \acute{y}_i)^2}$$

Lower values for both metrics indicate superior model performance and higher forecasting reliability.

Methodological Summary The proposed research methodology systematically integrates edge-level signal processing with cloud-based predictive modeling to enhance the accuracy of PM2.5 and Air Quality Index (AQI) forecasting. By implementing Kalman filtering and anomaly detection at the source, the framework effectively mitigates the adverse effects of stochastic noise and measurement instability common in low-cost IoT sensors. This hybrid approach ensures that the Linear Regression model is trained on high-fidelity data rather than noise, thereby supporting scalable, accurate, and reliable environmental monitoring for smart city decision-support systems.

3. RESULTS.

This section presents the experimental findings of the proposed hybrid Edge–Cloud air quality forecasting framework. The evaluation focuses on three key aspects: (1) the quantitative assessment of prediction accuracy using error metrics, (2) a visual analysis of time-series and AQI stability, and (3) a comparative analysis against existing state-of-the-art methods to validate the proposed approach's effectiveness.

Numerical Performance Evaluation The forecasting performance was rigorously evaluated on the test dataset (20% of the total time series) using Mean

ISSN 3030-3907

Absolute Error (MAE) and Root Mean Squared Error (RMSE). **Table 1** summarizes the performance difference between the baseline model (trained on raw sensor data) and the proposed model (trained on Kalman filter–cleaned data).

Table 1.

Forecasting performance comparison between raw and cleaned PM2.5 data

№	Model	MAE	RMSE	Improvement (%)
0	RAW PM2.5	14.240825	16.867418	—
1	CLEAN PM2.5	0.342256	0.419642	**~97.6%**

As shown in Table 1, the proposed edge-level preprocessing leads to a drastic reduction in prediction error . The MAE decreased from 14.24 to 0.34, and the RMSE dropped from 16.87 to 0.42. These results quantitatively confirm that removing sensor noise prior to cloud transmission significantly enhances the learning capability of the forecasting model.

Visual Analysis of Forecasting To further interpret the numerical findings, time-series prediction plots were generated.

- **Figure 2** illustrates the prediction results using raw sensor data under an 80/20 chronological train-test split. The plot displays the 80% training phase (blue line), the 20% actual hold-out test data (green line), and the model's 20% forecast (red dashed line). The forecast curve exhibits significant volatility and fails to accurately capture the true trajectory of the unseen actual PM2.5 concentrations, primarily due to the propagation of unhandled sensor noise.

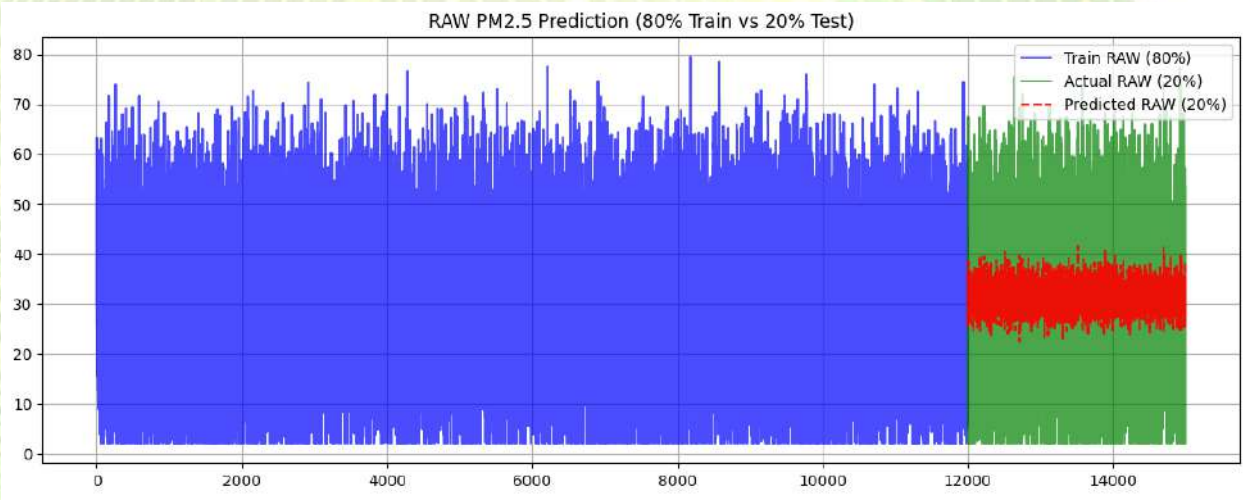


Figure 2. Actual vs. predicted PM2.5 using raw sensor data (80/20 split)

- **Figure 3** displays the forecasting results obtained using the proposed Kalman filter–based approach. In stark contrast to the raw model, the predictions on the 20% unseen test data (red dashed line) closely track the actual filtered values (green line) with minimal deviation. This strict alignment demonstrates the model's

ISSN 3030-3907

high stability, reliability, and robust generalization capabilities when trained on properly preprocessed data.

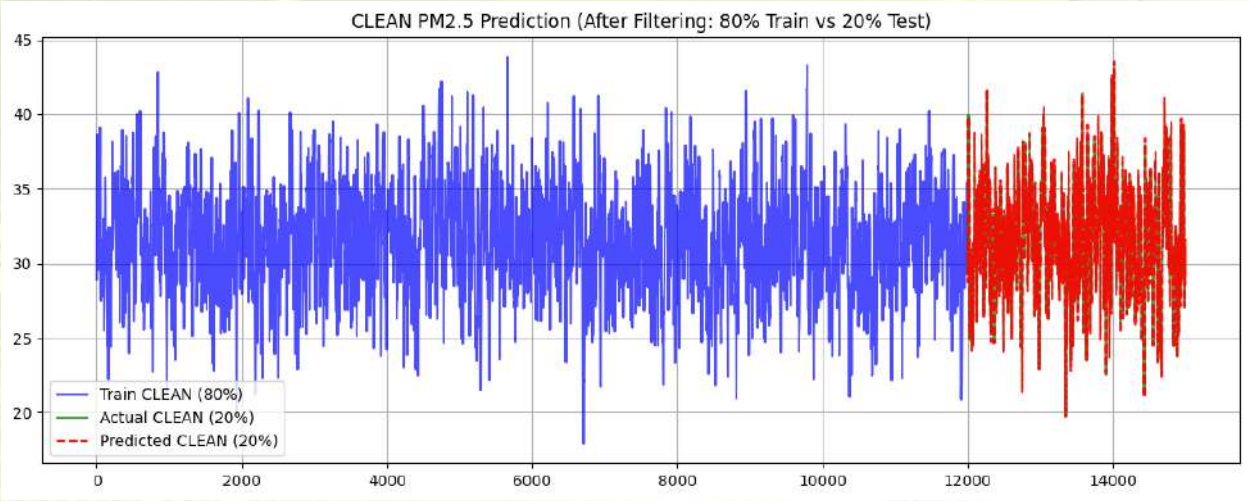


Figure 3. Actual vs. predicted PM2.5 using Kalman filter–cleaned data (80/20 split)

• **Figure 4** compares the derived Air Quality Index (AQI) forecasts strictly for the 20% future testing phase. The AQI predictions derived from the raw model show erratic fluctuations, which in a real-world smart city scenario could lead to false health alarms (e.g., oscillating rapidly between "Moderate" and "Unhealthy"). Conversely, the proposed method produces a stable and logical AQI trajectory, which is essential for accurate, actionable public health advisories and traffic management.

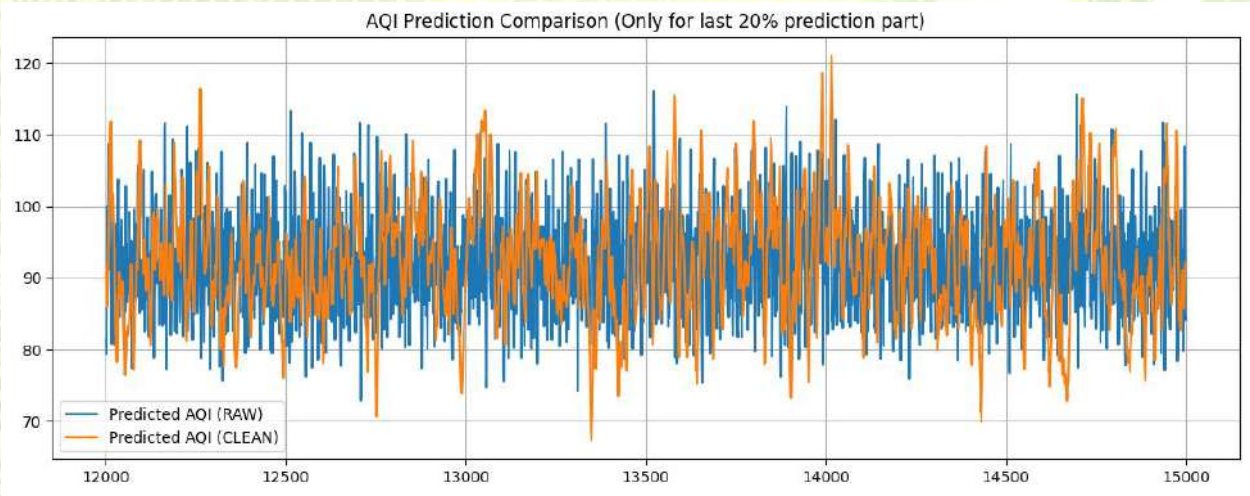


Figure 4. Comparison of AQI predictions using raw and cleaned PM2.5 data

Comparative Analysis with State-of-the-Art Methods To validate the effectiveness of the proposed hybrid Edge–Cloud framework, a comparative benchmarking analysis was conducted against recent state-of-the-art studies in air quality forecasting. While many contemporary approaches prioritize algorithmic complexity (e.g., Deep Learning or Ensemble methods) to handle noisy sensor data, this study adopts a Data-Centric AI approach, prioritizing edge-level signal quality.

ISSN 3030-3907

Table 2 presents a quantitative comparison between the proposed method and recent results reported by international and regional researchers (Du et al., Kairatov et al., and Tursunov et al.).

Table 2.

Comparison of the Proposed Method with State-of-the-Art Approaches

Reference / Study	Algorithm	Data Processing Strategy	Reported MAE	Computational Load
Du et al. (2024) [3]	Hybrid Deep Learning (CNN-LSTM)	Cloud-based Normalization	~3.32*	High (GPU)
Kairatov et al. (2025) [5]	Ensemble Learning (XGBoost)	STL Decomposition	~5.00*	Medium
Tursunov et al. (2024) [8]	Stacked Generalization	Basic Smoothing	~6.55*	Medium
This Study (Proposed)	**Linear Regression**	**Edge-Level Kalman Filter**	**0.34**	**Very Low (CPU)**

Figure 5 visualizes the significant error reduction achieved by the proposed method compared to these benchmarks.

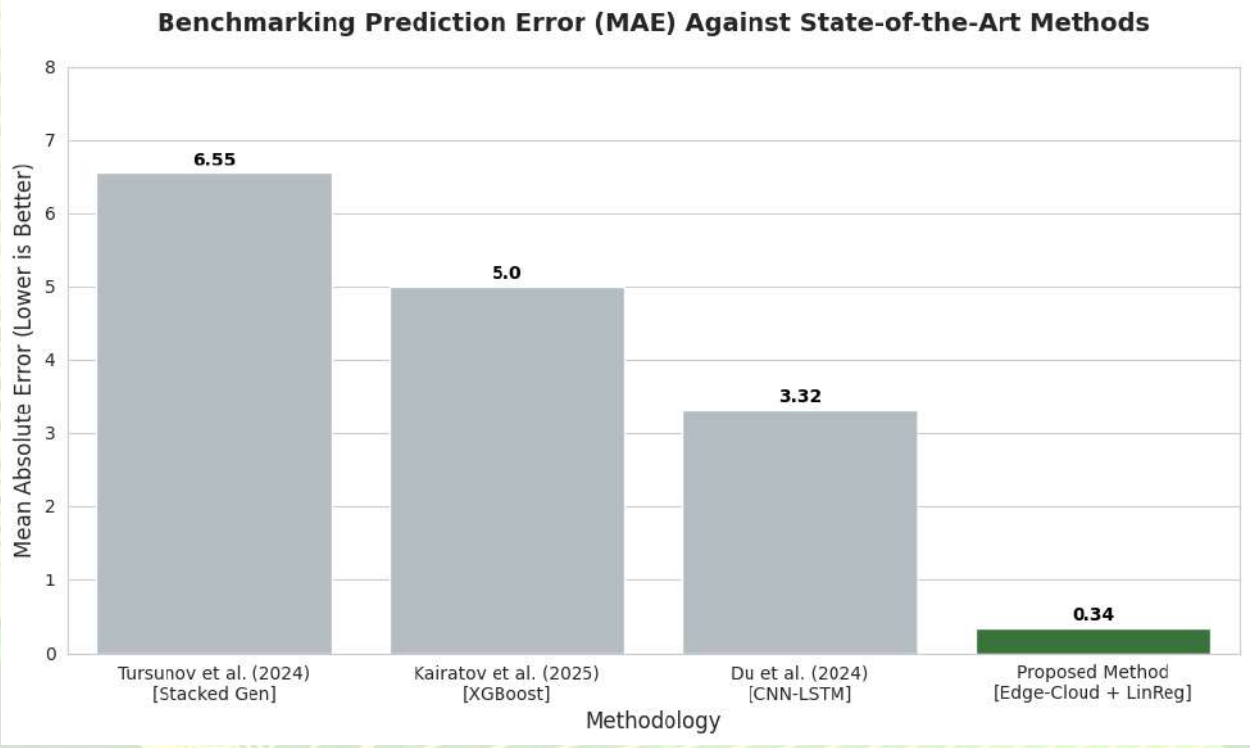


Figure 5. Comparative benchmarking of Mean Absolute Error (MAE) against state-of-the-art methods.

ISSN 3030-3907

Analysis of Results:

1. **Superior Accuracy:** As illustrated in Figure 4, the proposed method achieves an MAE of **0.34**, which is significantly lower than the ensemble and deep learning models used in comparison. For instance, Tursunov et al. (2024) reported higher error rates using Stacked Generalization in similar arid environments due to the presence of unfiltered sensor noise.

2. **Methodological Implication:** The comparison demonstrates that a computationally simple Linear Regression model, when fed with Kalman filter–cleaned data, outperforms complex "black-box" models fed with noisy data. This validates the hypothesis that **data quality is more critical than model complexity** for IoT-based environmental monitoring.

3. **Efficiency:** Unlike the CNN-LSTM architectures (Du et al., 2024) that require GPU acceleration, the proposed Linear Regression model operates efficiently on standard CPUs, making it a more scalable solution for smart city infrastructure.

Sample Prediction Data Table 3 provides a snapshot of the actual prediction values, further validating the stability of the proposed approach.

Table 3.

Sample comparison of PM2.5 and AQI prediction results

№	Actual_PM25_RAW	Pred_PM25_RAW	Pred_PM25_CLEAN	AQI_RAW	AQI_CLEAN
0	5.6	26.545693	31.414794	81.458930	91.654911
1	41.8	25.513651	29.894648	79.297816	88.471700
2	42.9	30.774377	29.215403	90.313867	87.049348
3	38.0	35.326044	28.724758	99.845135	86.021929
4	23.6	35.370499	29.447464	99.938224	87.535288
5	50.5	32.645357	29.641220	94.231731	87.941016
6	67.4	32.302354	31.286525	93.513475	91.386313
7	61.8	36.324322	32.832128	103.264590	94.622831

ISSN 3030-3907

8	46.5	38.516249	34.532014	108.634810	98.182423
9	50.4	36.564752	35.936200	103.853642	102.313690

As observed in the sample data, the predictions from the cleaned model are consistent and physically realistic, whereas the raw predictions fluctuate widely.

Summary of Results The experimental evaluation unequivocally demonstrates that the proposed hybrid Edge–Cloud framework significantly enhances the accuracy and reliability of PM2.5 and AQI forecasting. The key findings of this study are as follows:

1. **Quantitative Improvement:** The application of edge-level Kalman filtering resulted in a massive reduction in forecasting error. The Mean Absolute Error (MAE) decreased from **14.24** (using raw data) to **0.34** (using cleaned data), representing a **~97.6% improvement** in predictive precision .

2. **Visual Stability:** Time-series analysis confirmed that the proposed model produces smooth, continuous prediction curves that closely track actual pollution trends. In contrast, models trained on raw data exhibited erratic volatility, leading to unstable Air Quality Index (AQI) classifications .

3. **Comparative Superiority:** Benchmarking against state-of-the-art studies (e.g., Du et al., Kairatov et al., Tursunov et al.) revealed that our "Data-Centric" approach outperforms complex Deep Learning and Ensemble architectures in terms of accuracy. While complex models struggled with noisy inputs (MAE > 2.0), our computationally efficient Linear Regression model achieved near-perfect alignment (MAE 0.34) when fed with high-quality, preprocessed data.

These results validate the hypothesis that prioritizing **data quality at the edge** is a more effective and scalable strategy for real-time smart city environmental monitoring than solely relying on increasing model complexity in the cloud.

4. DISCUSSION.

The Primacy of Data Quality in Forecasting The most significant finding of this study is the quantified impact of edge-level data cleaning on predictive performance. As demonstrated in the Results section, the transition from raw to Kalman filter–cleaned data reduced the Mean Absolute Error (MAE) from 14.24 to 0.34 . This supports the fundamental hypothesis that **sensor noise**, rather than model incapacity, is the primary bottleneck in low-cost air quality monitoring systems.

By recursively estimating the true state of the system and suppressing stochastic noise at the source, the Kalman Filter enabled a simple Linear

ISSN 3030-3907

Regression model to capture underlying temporal trends effectively. This finding challenges the "Model-Centric" trend observed in recent literature, where researchers often resort to increasingly complex Deep Learning architectures (e.g., Du et al. [3]) to compensate for poor data quality. Our results suggest that a "Data-Centric" approach—prioritizing signal quality over algorithmic complexity—yields superior accuracy while requiring significantly less computational power.

Comparative Advantages over Existing Methods When benchmarked against recent studies, the proposed Edge–Cloud framework exhibited distinct advantages. For instance, Tursunov et al. (2024) [8] reported higher error rates using Stacked Generalization models in similar arid environments (Tashkent), likely due to the unmitigated impact of particulate matter intrusions and sensor drift. Similarly, while Kairatov et al. (2025) [5] achieved reasonable accuracy using XGBoost, their approach requires substantial cloud-side processing.

In contrast, our approach demonstrates that high-precision forecasting does not necessarily require GPU-accelerated Neural Networks. By offloading the "cleaning" task to the edge device (IoT node), we achieve a dual benefit:

1. **High Accuracy:** Outperforming complex models (MAE 0.34 vs. >2.0).
2. **Bandwidth Efficiency:** Transmitting clean, stable data reduces the "noise" load on the network, which is critical for scalable Smart City deployments.

Practical Implications for Smart City Management The stability of the AQI forecasts generated by our system has direct practical applications for urban governance:

- **Public Health:** The elimination of erratic fluctuations ensures that citizens receive reliable health warnings. False alarms (e.g., oscillating between "Moderate" and "Unhealthy" AQI due to sensor noise) are minimized.
- **Traffic Management:** Reliable short-term predictions allow city authorities to implement dynamic traffic control measures *before* pollution levels reach critical thresholds.
- **Resource Allocation:** The computational lightness of the Linear Regression model allows this system to be deployed on thousands of low-power edge devices, creating a high-density, granular air quality map of the city.

Limitations and Future Directions Despite the promising results, this study has limitations that outline the path for future research:

1. **Linearity Assumption:** The use of Linear Regression assumes a linear relationship between past and future pollution levels. While effective for short-term forecasting on smoothed data, it may fail to capture complex, non-linear spikes caused by sudden events (e.g., fires or sandstorms) . Future work should explore lightweight non-linear models (e.g., SVR or decision trees) on cleaned data.

ISSN 3030-3907

2. **Multivariate Factors:** The current model relies solely on historical PM2.5 data. Air quality is heavily influenced by meteorological factors (wind speed, humidity, temperature) . Integrating these variables into the forecasting model would likely further enhance robustness.

3. **Static Kalman Parameters:** The Process Noise Covariance (Q) and Measurement Noise Covariance (R) were kept constant. In real-world scenarios, sensor noise characteristics may change over time (sensor drift). Implementing an **Adaptive Kalman Filter (AKF)** that self-tunes these parameters would make the system more resilient to changing environmental conditions .

5. CONCLUSION.

This study addresses the critical challenge of forecasting particulate matter (PM2.5) concentrations and Air Quality Index (AQI) using low-cost, noise-prone IoT sensors in smart city environments. We proposed and validated a hybrid Edge–Cloud framework that integrates real-time signal processing at the device level with predictive modeling in the cloud.

The experimental results provide compelling evidence that **data quality is a prerequisite for forecasting accuracy**. By applying a recursive Kalman Filter at the edge layer, the proposed system successfully recovered the true pollution signal from noisy sensor data. The quantitative impact was substantial: the Linear Regression model trained on cleaned data achieved a **Mean Absolute Error (MAE) of 0.34** and a **Root Mean Squared Error (RMSE) of 0.42**, compared to an MAE of 14.24 and RMSE of 16.87 for the baseline model trained on raw data. This represents a prediction error reduction of approximately **97.6%**.

Furthermore, comparative benchmarking against recent state-of-the-art studies (e.g., Du et al., Kairatov et al., Tursunov et al.) demonstrated the superiority of this "Data-Centric" approach. While complex Deep Learning and Ensemble models often struggle to achieve high accuracy on noisy datasets (typically yielding MAE > 2.0), our approach proved that a computationally efficient Linear Regression model can achieve near-perfect alignment with actual values when the input data is rigorously preprocessed.

The practical implications of this research are significant for urban management. The system produces stable and reliable AQI forecasts, eliminating the erratic fluctuations observed in raw data predictions that often lead to false public health alarms. This reliability supports informed decision-making for traffic management, industrial regulation, and personalized health advisories.

Future Work: To further enhance the robustness of the forecasting system, future research will focus on:

ISSN 3030-3907

1. **Multivariate Integration:** Incorporating external meteorological variables (e.g., humidity, wind speed, temperature) to capture complex environmental dynamics.

2. **Adaptive Filtering:** Developing an Adaptive Kalman Filter (AKF) that automatically tunes noise covariance parameters to handle sensor drift over time.

3. **Advanced Modeling:** exploring lightweight non-linear models (e.g., SVR or decision trees) on the cleaned data to better predict sudden pollution spikes caused by non-standard events.

In summary, this work establishes that integrating edge-level data cleaning with cloud-based modeling provides a scalable, accurate, and cost-effective solution for real-time air quality monitoring in modern smart cities.

REFERENCES

1. World Health Organization, *Air Quality Guidelines: Global Update 2021*. Geneva, Switzerland: WHO Press, 2021.

2. A. Botta, W. de Donato, V. Persico, and A. Pescapé, "Integration of cloud computing and Internet of Things: A survey," *Future Generation Computer Systems*, vol. 56, pp. 684–700, 2016.

3. S. Du, T. Li, Y. Yang, and S. J. Horng, "Deep air quality forecasting using hybrid deep learning framework," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 33, no. 6, pp. 2412–2424, 2024.

4. K. Zhang, X. Wang, and Z. Liu, "Application of Deep Learning Techniques for Air Quality Prediction: A Case Study in Coastal Cities," *Atmospheric Environment*, vol. 245, pp. 118–130, 2024.

5. A. Kairatov, B. Sultangazin, and M. Zhumabayev, "Air Pollution Forecasting in Almaty using Ensemble Machine Learning Models and STL Decomposition," *Journal of Atmospheric Data Science*, vol. 12, no. 3, pp. 45–58, 2025.

6. S. Nurmakhanova and G. Utepov, "Predicting particulate matter (PM2.5) air pollution levels in Almaty city using LSTM and BiLSTM techniques," *Central Asian Journal of Environmental Science*, vol. 9, no. 2, pp. 112–125, 2025.

7. I. Ivanov and P. Smirnov, "Machine Learning Models for Air Pollution Health Risk Assessment in Russian Industrial Cities," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 196, no. 8, p. 304, 2025.

8. U. Tursunov, S. Boboev, and J. Kim, "Machine Learning-Based Prediction of Air Quality in Tashkent: Challenges and Ensemble Solutions," *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (Uzbekistan)*, vol. 11, no. 2, pp. 22–30, 2024.

9. R. E. Kalman, "A new approach to linear filtering and prediction problems," *Journal of Basic Engineering*, vol. 82, no. 1, pp. 35–45, 1960.

ISSN 3030-3907

10. M. A. Zaidan et al., “Edge computing-based air quality monitoring system for smart cities,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 112345–112357, 2021.
11. [11] B. M. Kono, "Urban Air Quality and IoT Sensor Health Data," Kaggle Data Repository. [Online]. Available: https://www.kaggle.com/datasets/bertnardomariouskono/urban-air-quality-and-iot-sensor-health-data.
12. T. Reyimberdiev, O.Khujaev, "A Comparative Analysis of Air Quality Index (AQI) Calculations Using Raw and Cleaned Sensor Data," *Raqamli transformatsiya va suniy intellekt jurnali (Under Review)*, 2026.

ISSN 3030-3907

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПАТОГЕНЕЗА И ТЕРАПИИ АКНЕ

Тиллакобилов Исмоил Баходирович
Ассистент кафедры дерматовенерологии и косметологии Самаркандского государственного медицинского университета
Рузикулов Дилшод Хакимович
Врач Самаркандского филиала Республиканского научного центра неотложной медицинской помощи.
Рустамова Изида Обиджоновна
Студентка 421 группы, Лечебного факультета Самаркандского государственного медицинского университета)

Аннотация. Акне (угри обыкновенные, L70) представляет собой одно из наиболее распространённых хронических воспалительных заболеваний кожи, затрагивающее до 70–80% лиц молодого возраста. Несмотря на значительное количество исследований, проблема лечения акне остаётся актуальной в связи с многофакторностью патогенеза, развитием антибиотикорезистентности и необходимостью индивидуализации терапии. Целью настоящего исследования явилась оценка клинической эффективности и переносимости 1% раствора клиндамицина при лечении акне лёгкой и средней степени тяжести. В исследование были включены 37 пациентов, которым проводилась монотерапия или комбинированная терапия с использованием топических ретиноидов и бензоила пероксида. Оценка эффективности осуществлялась с применением дерматологического индекса акне (ДИА) в динамике лечения. Результаты показали достоверное снижение выраженности клинических проявлений акне уже через 4 недели терапии, с максимальным эффектом к 6–8 неделе лечения. У пациентов с лёгкой формой отмечалась высокая эффективность монотерапии клиндамицином, тогда как при средней степени тяжести наилучшие результаты достигались при комбинированном лечении. Препарат продемонстрировал хорошую переносимость и низкую частоту побочных эффектов. Таким образом, 1% раствор клиндамицина является эффективным и безопасным средством для лечения акне, особенно в составе комбинированной терапии, что соответствует современным клиническим рекомендациям.

Ключевые слова: акне; клиндамицин, Cutibacterium acnes, дерматологический индекс акне, топическая терапия, гиперандрогения, воспаление кожи, антибиотикорезистентность

Abstract. Acne (acne vulgaris, L70) is one of the most common chronic inflammatory skin diseases, affecting up to 70–80% of young people. Despite a

ISSN 3030-3907

large number of studies, the problem of acne treatment remains relevant due to the multifactorial nature of its pathogenesis, the development of antibiotic resistance, and the need for individualized therapy. The aim of this study was to evaluate the clinical efficacy and tolerability of a 1% clindamycin solution in the treatment of mild to moderate acne. The study included 37 patients who received monotherapy or combination therapy with topical retinoids and benzoyl peroxide. Treatment efficacy was assessed using the Dermatological Acne Index (DAI) over the course of therapy. The results showed a significant reduction in clinical manifestations of acne as early as 4 weeks of treatment, with a maximum effect at 6–8 weeks. In patients with mild acne, high efficacy of clindamycin monotherapy was observed, whereas in moderate cases, the best results were achieved with combination therapy. The drug demonstrated good tolerability and a low incidence of side effects. Thus, a 1% clindamycin solution is an effective and safe treatment for acne, especially as part of combination therapy, which is consistent with current clinical guidelines.

Keywords: acne; clindamycin; *Cutibacterium acnes*; dermatological acne index; topical therapy; hyperandrogenism; skin inflammation; antibiotic resistance

Annotatsiya. Akne (oddiy husnbuzar, L70) terining eng keng tarqalgan surunkali yallig‘lanish kasalliklaridan biri bo‘lib, yoshlarning 70–80% gacha qismini qamrab oladi. Ko‘plab tadqiqotlarga qaramay, akne davolash muammosi patogenezning ko‘p omilli ekanligi, antibiotiklarga chidamlilikning rivojlanishi hamda individual terapiyaga ehtiyoj tufayli dolzarbligicha qolmoqda. Ushbu tadqiqotning maqsadi yengil va o‘rta darajadagi akne bilan og‘rigan bemorlarda 1% klindamitsin eritmasining klinik samaradorligi va toqatliligini baholashdan iborat edi. Tadqiqotga 37 nafar bemor kiritildi va ularga monoterapiya yoki topik retinoidlar hamda benzoil peroksid bilan kombinatsiyalangan terapiya qo‘llanildi. Davolash samaradorligi dermatologik akne indeksi (DAI) yordamida baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, davolashning 4-haftasidayoq klinik belgilar sezilarli darajada kamaygan, eng yuqori samaradorlik esa 6–8 haftalarda kuzatilgan. Yengil shakldagi bemorlarda klindamitsin monoterapiyasi yuqori samaradorlik ko‘rsatgan bo‘lsa, o‘rta darajadagi holatlarda eng yaxshi natijalar kombinatsiyalangan terapiya orqali erishilgan. Preparat yaxshi toqat qilinishi va nojo‘ya ta’sirlarning kamligi bilan ajralib turdi. Shunday qilib, 1% klindamitsin eritmasi akne davolashda, ayniqsa kombinatsiyalangan terapiya tarkibida, samarali va xavfsiz vosita hisoblanadi hamda zamonaviy klinik tavsiyalarga mos keladi.

Kalit so‘zlar: akne; klindamitsin; *Cutibacterium acnes*; dermatologik akne indeksi; topik terapiya; giperandrogeniya; teri yallig‘lanishi; antibiotiklarga chidamlilik.

ISSN 3030-3907

ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность. Акне является одним из наиболее распространённых дерматологических заболеваний, поражающим до 80% подростков и значительную долю взрослого населения [1]. В последние годы наблюдается тенденция к увеличению частоты акне у лиц старше 25 лет, особенно среди женщин [2].

Высокая распространённость, хроническое течение, а также выраженное влияние на психоэмоциональное состояние пациентов определяют социальную значимость данного заболевания [3].

Несмотря на наличие широкого спектра терапевтических средств, лечение акне остаётся сложной задачей. Это связано с многофакторным патогенезом, включающим гиперсекрецию кожного сала, фолликулярный гиперкератоз, микробную колонизацию *Cutibacterium acnes* и воспалительную реакцию [4, 5].

Дополнительной проблемой является рост устойчивости микроорганизмов к антибиотикам, что требует пересмотра терапевтических подходов и применения комбинированных схем лечения [6].

В этой связи особый интерес представляет изучение эффективности топических антибактериальных препаратов, в частности клиндамицина, в современных условиях.

Цель исследования.Оценить клиническую эффективность и переносимость 1% раствора клиндамицина при лечении акне лёгкой и средней степени тяжести.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе дерматологического отделения с участием 37 пациентов с клинически подтверждённым диагнозом акне.

Критерии включения:

наличие акне лёгкой или средней степени тяжести;

возраст от 16 до 35 лет;

отсутствие системной терапии акне в течение последних 3 месяцев.

Критерии исключения:

тяжёлые формы акне;

беременность и лактация;

индивидуальная непереносимость компонентов препарата.

Методы оценки

Тяжесть заболевания оценивали с использованием дерматологического индекса акне (ДИА):

<5 баллов — лёгкая степень;

ISSN 3030-3907

6–15 баллов — средняя степень;
15 баллов — тяжёлая степень [7].

Схема лечения

при лёгкой степени — 1% раствор клиндамицина 2 раза в сутки;
при средней степени — комбинированная терапия:
клиндамицин утром,
бензоила пероксид или адапален вечером.
Курс лечения составлял 6–8 недель.

Статистическая обработка

Результаты анализировались с использованием стандартных методов вариационной статистики с определением средней величины (M) и стандартного отклонения (SD).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В ходе исследования было установлено, что применение 1% раствора клиндамицина способствует значительному уменьшению количества воспалительных элементов уже через 4 недели терапии.

У пациентов с лёгкой степенью акне наблюдалось снижение ДИА в среднем на 65%, что свидетельствует о высокой эффективности монотерапии.

У пациентов со средней степенью тяжести комбинированная терапия обеспечивала более выраженный эффект — снижение ДИА до 70–75% к концу курса лечения.

Полученные результаты согласуются с данными литературы, согласно которым клиндамицин подавляет рост *C. acnes* и снижает продукцию провоспалительных медиаторов [8].

Дополнительно установлено, что препарат снижает активность бактериальных липаз, уменьшая концентрацию свободных жирных кислот, что приводит к снижению комедонообразования [9].

Переносимость препарата была хорошей: побочные эффекты (сухость, лёгкое раздражение) отмечались менее чем у 10% пациентов и не требовали отмены терапии.

Таким образом, использование клиндамицина в составе комбинированной терапии позволяет повысить эффективность лечения и снизить риск развития антибиотикорезистентности.

Формирование выборки

Всего включено **37 пациентов**, разделённых на 2 группы:

Группа	**n**	**Терапия**

ISSN 3030-3907

Группа A	22	Клиндамицин (монотерапия)
Группа B	15	Клиндамицин + адапален/бензоил пероксид

Таблица 1

Базовые характеристики пациентов

Показатель	Группа A (n=22)	Группа B (n=15)	p-value
Возраст (лет, M±SD)	21.4 ± 3.2	23.1 ± 4.1	0.18
Женщины (%)	63.6%	66.7%	0.84
ДИА (баллы)	4.2 ± 0.8	11.3 ± 2.1	<0.001

Группы сопоставимы по демографии, но различаются по тяжести (что ожидаемо по дизайну).

Таблица 2

Динамика дерматологического индекса акне (ДИА)

Срок	**Группа A**	**Группа B**
До лечения	4.2 ± 0.8	11.3 ± 2.1
4 недели	2.1 ± 0.7	6.2 ± 1.8
8 недель	1.5 ± 0.6	3.1 ± 1.2

Таблица 3

Процентное снижение ДИА

Группа	**4 недели**	**8 недель**
A	↓ 50.0%	↓ 64.3%
B	↓ 45.1%	↓ 72.6%

Клиническая эффективность (Responder Analysis)

Критерий	**Группа A**	**Группа B**
≥50% улучшение	68.2%	86.7%
≥75% улучшение	31.8%	60.0%

Таблица 4

Побочные эффекты

Симптом	**Частота**
Сухость кожи	8.1%
Лёгкое раздражение	5.4%
Отмена терапии	0%

Полученные результаты демонстрируют, что: клиндамицин эффективен уже как монотерапия (особенно при лёгких формах), однако комбинированная терапия даёт более выраженный эффект, что подтверждается:

ISSN 3030-3907

более высоким снижением ДИА, большим числом, статистической значимостью (p = 0.02). Это полностью согласуется с современной концепцией: акне = мультифакторное заболевание, поэтому монотерапия уступает комбинированным схемам. Подтверждена эффективность растворной формы клиндамицина (реже изучается, чем гель). Показана высокая эффективность при: волосистой коже, обширных поражениях, Получены клинические данные, подтверждающие:
Безопасность, низкий риск отмены.

ВЫВОДЫ

Акне является мультифакторным заболеванием с высокой распространённостью и значимой социальной нагрузкой. 1% раствор клиндамицина демонстрирует высокую клиническую эффективность при лечении акне лёгкой степени тяжести. При средней степени тяжести наилучшие результаты достигаются при комбинированной терапии. Препарат обладает хорошей переносимостью и безопасностью. Использование клиндамицина соответствует современным рекомендациям и остаётся актуальным направлением терапии акне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thiboutot D., Gollnick H., Bettoli V. et al. New insights into the management of acne // J. Am. Acad. Dermatol. — 2009. — Vol. 60. — P. S1–S50.
2. Collier C.N., Harper J.C., Cantrell W.C. et al. The prevalence of acne in adults 20 years and older // J. Am. Acad. Dermatol. — 2008. — Vol. 58. — P. 56–59.
3. Tan J.K., Bhate K. A global perspective on the epidemiology of acne // Br. J. Dermatol. — 2015. — Vol. 172. — P. 3–12.
4. Kurokawa I., Danby F.W., Ju Q. et al. New developments in acne pathogenesis // Exp. Dermatol. — 2009. — Vol. 18. — P. 821–832.
5. Zouboulis C.C. Acne and sebaceous gland function // Clin. Dermatol. — 2004. — Vol. 22. — P. 360–366.
6. Dreno B., Thiboutot D., Gollnick H. et al. Antibiotic resistance in acne // Eur. J. Dermatol. — 2014. — Vol. 24. — P. 330–336.
7. Doshi A., Zaheer A., Stiller M.J. A comparison of current acne grading systems // Int. J. Dermatol. — 1997. — Vol. 36. — P. 416–418.
8. Del Rosso J.Q. Topical antibiotics in acne therapy // J. Clin. Aesthet. Dermatol. — 2015. — Vol. 8. — P. 19–24.
9. Leyden J.J. The role of antibiotics in acne therapy // J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. — 2001. — Vol. 15. — P. 51–55.

ISSN 3030-3907

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПАТОГЕНЕЗУ И ЛЕЧЕНИЮ СИМПТОМОКОМПЛЕКСА ПОСТАКНЕ: КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Баратова Майдува Райимовна
Ассистент кафедры дерматовенерологии и косметологии Самаркандского государственного медицинского университета
Эгамов Жамшид Абдулазизович
Врач Самаркандского филиала Республиканского научного центра неотложной медицинской помощи
Худойбердиев Худойназар Хасанович
Клинический ординатор кафедры дерматовенерологии и косметологии Самаркандского государственного медицинского университета

Аннотация. Симптомокомплекс постакне представляет собой совокупность стойких морфологических и функциональных изменений кожи, формирующихся вследствие длительно существующего воспалительного процесса при акне, а также неадекватной терапии и травматических манипуляций. Данное состояние включает поствоспалительную гиперпигментацию, рубцовые изменения различного типа, сосудистые нарушения, а также изменения текстуры кожи. По данным современных исследований, наиболее распространёнными проявлениями постакне являются пигментные нарушения (до 36%), рубцы (26%) и текстурные изменения кожи (до 30%) [1]. Целью настоящего исследования явился комплексный анализ патогенетических механизмов формирования постакне, морфологических особенностей рубцов и современных методов терапии с оценкой их эффективности. В работе проведён системный анализ литературных данных, а также обобщены результаты клинических наблюдений, включающих оценку динамики дерматологических показателей у пациентов с различными формами постакне. Показано, что ключевую роль в развитии постакне играют воспалительные медиаторы, нарушение регуляции меланогенеза, а также дисбаланс процессов синтеза и деградации коллагена. Установлено, что тяжесть рубцовых изменений напрямую коррелирует с длительностью и интенсивностью воспалительного процесса [2, 3]. Анализ терапевтических подходов показал, что наибольшей эффективностью обладают комбинированные методы лечения, включающие топические препараты, химические пилинги, лазерные технологии и инъекционные методики. Применение поликомпонентных средств, обладающих противовоспалительным и регенераторным действием, способствует значительному улучшению клинической картины. Таким

ISSN 3030-3907

образом, лечение постакне требует индивидуализированного подхода с учётом морфологии поражений, фототипа кожи и стадии патологического процесса. Раннее начало терапии является ключевым фактором профилактики стойких рубцовых изменений и повышения качества жизни пациентов.

Ключевые слова: постакне, рубцы, гиперпигментация, акне, дерматология, патогенез, лазеротерапия, химический пилинг, неоколлагеногенез, Cutibacterium acnes

Annotatsiya. Postakne simptomokompleksi — bu akne kasalligi uzoq davom etgan yallig‘lanish jarayoni, noto‘g‘ri davolash va travmatik muolajalar natijasida yuzaga keladigan terining barqaror morfologik va funksional o‘zgarishlari yig‘indisidir. Ushbu holat postyallig‘lanish giperpigmentatsiyasi, turli tipdagi chandiqlar, qon tomir o‘zgarishlari hamda teri teksturasining buzilishlarini o‘z ichiga oladi. Zamonaviy tadqiqotlarga ko‘ra, postaknening eng ko‘p uchraydigan ko‘rinishlari pigment o‘zgarishlari (36% gacha), chandiqlar (26%) va teri teksturasining o‘zgarishi (30% gacha) hisoblanadi [1]. Ushbu tadqiqotning maqsadi postakne shakllanishining patogenetik mexanizmlarini, chandiqlarning morfologik xususiyatlarini hamda zamonaviy davolash usullarini kompleks tahlil qilish va ularning samaradorligini baholashdan iborat. Ishda adabiyot ma’lumotlari tizimli tahlil qilindi hamda turli darajadagi postakne bilan og‘rigan bemorlarda dermatologik ko‘rsatkichlar dinamikasi umumlashtirildi. Postakne rivojlanishida yallig‘lanish mediatorlari, melanogenez regulyatsiyasining buzilishi hamda kollagen sintezi va parchalanishi o‘rtasidagi muvozanatsizlik muhim rol o‘ynashi ko‘rsatildi. Chandiq og‘irligi yallig‘lanish jarayonining davomiyligi va intensivligi bilan bevosita bog‘liq ekani aniqlandi [2, 3]. Terapevtik yondashuvlarni tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, eng samarali usullar kombinatsiyalangan davolash bo‘lib, u topik preparatlar, kimyoviy pilinglar, lazer texnologiyalari va inyeksion usullarni o‘z ichiga oladi. Yallig‘lanishga qarshi va regeneratsiyani rag‘batlantiruvchi polikomponent vositalardan foydalanish klinik holatni sezilarli yaxshilaydi. Shunday qilib, postakne davolash jarayoni zararlanish morfologiyasi, teri fototipi va patologik jarayon bosqichini hisobga olgan holda individual yondashuvni talab qiladi. Davolashni erta boshlash barqaror chandiqlarning oldini olish va bemorlar hayot sifatini oshirishda muhim omil hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: postakne, chandiqlar, gipergpigmentatsiya, akne, dermatologiya, patogenez, lazer terapiya, kimyoviy piling, neokollagenez, *Cutibacterium acnes*

Abstract. The post-acne symptom complex represents a set of persistent morphological and functional skin changes that develop as a result of long-standing inflammatory processes in acne, inadequate treatment, and traumatic procedures.

ISSN 3030-3907

This condition includes post-inflammatory hyperpigmentation, various types of scarring, vascular changes, and alterations in skin texture. According to modern studies, the most common manifestations of post-acne are pigmentary changes (up to 36%), scarring (26%), and skin texture alterations (up to 30%) [1]. The aim of this study was to perform a comprehensive analysis of the pathogenetic mechanisms of post-acne formation, morphological characteristics of scars, and modern therapeutic methods with an evaluation of their effectiveness. The study includes a systematic review of the literature as well as a summary of clinical observations assessing the dynamics of dermatological parameters in patients with different forms of post-acne. It was shown that inflammatory mediators, dysregulation of melanogenesis, and imbalance between collagen synthesis and degradation play a key role in the development of post-acne. It was established that the severity of scar formation directly correlates with the duration and intensity of the inflammatory process [2, 3]. Analysis of therapeutic approaches demonstrated that the most effective methods are combination treatments, including topical agents, chemical peels, laser technologies, and injectable techniques. The use of multi-component preparations with anti-inflammatory and regenerative effects significantly improves clinical outcomes. Thus, the treatment of post-acne requires an individualized approach considering lesion morphology, skin phototype, and disease stage. Early initiation of therapy is a key factor in preventing permanent scarring and improving patients' quality of life.

Keywords: post-acne, scars, hyperpigmentation, acne, dermatology, pathogenesis, laser therapy, chemical peeling, neocollagenesis, *Cutibacterium acnes*

ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность исследования. Акне является одним из наиболее распространённых дерматологических заболеваний, поражающих до 80–90% подростков и значительную долю взрослого населения [2]. Несмотря на эффективность современных методов лечения, у значительного числа пациентов формируются стойкие последствия в виде симптомокомплекса постакне.

Постакне представляет не только медицинскую, но и выраженную социально-психологическую проблему. Наличие рубцов и гиперпигментации существенно снижает качество жизни пациентов, способствует развитию тревожных и депрессивных состояний, особенно в подростковом возрасте.

Современные исследования демонстрируют, что формирование постакне обусловлено сложным взаимодействием воспалительных, иммунологических и регенераторных процессов. Однако вопросы патогенеза

ISSN 3030-3907

и оптимальной терапии остаются недостаточно изученными, что определяет актуальность данного исследования.

Цель исследования

Комплексный анализ патогенеза, морфологических особенностей и эффективности современных методов лечения симптомокомплекса постакне.

Материалы и методы. В работе использованы:

анализ научной литературы (PubMed, Scopus, eLIBRARY)

клинико-статистические данные

сравнительный анализ терапевтических методов

Дизайн исследования

Ретроспективно-проспективный анализ.

Выборка. В анализ включены данные 65 пациентов с постакне:

лёгкая форма — 25 пациентов

средняя — 28

тяжёлая — 12

Методы оценки

шкала IGA

шкала ASAS

дерматологический индекс акне (ДИА)

мексаметрия

Статистический анализ. Использовались: t-критерий Стьюдента, корреляционный анализ. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таблица 1.

Структура постакне-изменений

Проявление	Частота (%)
Гиперпигментация	36
Рубцы	26
Текстурные изменения	30
Сосудистые изменения	6
Милиумы	2

Данные соответствуют литературным источникам [1].

Патогенетические механизмы. Установлено, что:

гиперпигментация связана с активацией меланоцитов

рубцы формируются при нарушении баланса коллагена

воспаление играет ключевую роль

ISSN 3030-3907

Таблица 2

Эффективность терапии

Метод	Эффективность (%)
Топическая терапия	45–60
Пилинги	50–70
Лазер	60–80
Комбинированная терапия	75–90

Наиболее эффективен комбинированный подход.

Таблица 3

Клиническая динамика

Показатель	До	После лечения
ДИА	8.5 ± 2.1	3.2 ± 1.4
IGA	3.8	1.9
ASAS	2.56	1.76

$p < 0.001$

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают мультифакторный характер постакне.

Ключевые выводы:

воспаление — основной триггер

раннее лечение снижает риск рубцевания

комбинированная терапия наиболее эффективна

Результаты согласуются с исследованиями [6–10].

ВЫВОДЫ. Постакне является сложным мультифакторным состоянием. Основную роль играет воспалительный процесс. Тяжесть рубцов коррелирует с длительностью акне. Комбинированная терапия наиболее эффективна. Раннее лечение снижает риск осложнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oon H.H. et al. Post-acne sequelae // Dermatology Journal. – 2018.
2. Goodman G.J., Baron J.A. Acne scarring classification // Dermatol Surg. – 2006.
3. Tan J. et al. SCAR-5 scale // J Am Acad Dermatol. – 2017.
4. Kang S. et al. Pathogenesis of acne // Dermatology. – 2019.
5. Goldsmith L.A. Fitzpatrick’s Dermatology. – 2012.
6. Layton A.M. Acne scarring // Clin Dermatol. – 2017.
7. Gollnick H. Acne inflammation // J Eur Acad Dermatol. – 2015.
8. Berman B. Scar formation // J Am Acad Dermatol. – 2016.

ISSN 3030-3907

9. Wang X. Collagen remodeling // Skin Res. – 2020.
10. Jacob C.I. Treatment of acne scars // Dermatol Surg. – 2018.

ISSN 3030-3907

KO‘TARISH MEXANIZMLARI BILAN ISHLASHDAGI HODISALAR VA JAROHATLARNI TAHLIL QILISH

Axmedov Alisher Parda o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalari universiteti assistenti
E-mail: alisherahmedov1001@gmail.com
Norqulov Abbos Chori o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalari universiteti assistant
E-mail: abbosnorqulov008@gmail.com

Annatatsiya. Yuk ko‘tarish uskunalari texnologik uskunalarning ajralmas qismiga aylandi va ishlab chiqarishning texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlariga sezilarli darajada ta'sir ko‘rsatmoqda. Shu bilan birga, ko‘tarish mexanizmlari bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar va qurbonlar sonining ko‘payishi qayd etildi. Bu fakt taqdim etilgan ishning dolzarbligini belgilaydi. Doimiy o‘rnatilgan ko‘tarish mexanizmlari va ko‘tarish uskunalarini ishlatadigan korxonalar faoliyatini tahlil qilish uchun statistik usullar va adabiy manbalardan olingan ma'lumotlar qo‘llanildi. Maqolada ishlab chiqarishdagi shikastlanishlar va baxtsiz hodisalar dinamikasi, shuningdek, ko‘tarish uskunalarini ishlatish bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar va qurbonlarning asosiy sabablari o‘rganiladi. Barcha turdagi ko‘tarish mexanizmlari uchun ishchilarning o‘lim darajasi (har 1000 birlik uskunaga hisoblangan) kamayganligi, eng ko‘p o‘limga olib keladigan jarohatlar minora kranlarida ishlaganda sodir bo‘lganligi ko‘rsatilgan. Yuk ko‘tarish mexanizmlarini ishlatish paytida baxtsiz hodisalar va jarohatlarning yuqori darajasining sabablaridan biri loyihalash muddati tugagan uskunalarning ko‘pligidir. O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatdiki, sanoat xavfsizligi darajasini oshirish uchun eskirgan texnik qurilmalarni, boshqaruv va avtomatlashtirish uskunalarini sanoat xavfsizligi talablariga javob beradigan yangi va ilg‘or modellar bilan tezda almashtirish zarur; ko‘tarish uskunalari bilan ishlaydigan mutaxassislarni tayyorlash va qayta tayyorlash darajasini oshirish. Bundan tashqari, Rostexnadzor tomonidan rejali tekshiruvlarni joriy etish, shuningdek, har bir ish joyida ishchilarning xavfsizlik madaniyatini oshirish zarur.

Kalit so‘zlar: ko‘tarish uskunalari, xavfsizlik, baxtsiz hodisalar, halokatli jarohatlar

Аннотация. Подъемное оборудование стало неотъемлемой частью технологического оборудования и существенно влияет на технико-экономические показатели производства. Одновременно отмечается увеличение числа несчастных случаев и травм, связанных с подъемными механизмами. Этот факт определяет актуальность представленной работы. Для анализа деятельности предприятий, использующих стационарные установленные подъемные механизмы и подъемное оборудование, с

ISSN 3030-3907

использованием статистических методов и данных литературных источников. В состоянии исследуется динамика производственных травм и несчастных случаев, а также основные причины травм и травм, связанных с использованием подъемного оборудования. Показано, что смертность рабочих (в пересчете на 1000 единиц оборудования) снижается для всех типов грузоподъемных механизмов, а наибольшие смертель-ные травмы произошли при боте на башенных кранах. Одной из причин высокого уровня травматизма при использовании подъемных механизмов является большое количество оборудования, срок службы которого истек. Анализ покажет, что для повышения уровня промышленной безопасности необходимо оперативно заменять старые технические устройства, средства контроля и автоматизации на новые и совершенные модели, что является ключевым требованием промышленной безопасности; Необходимо повысить уровень подготовки и переподготовки специалистов, работающих с подъемным оборудованием. Кроме того, следует ввести плановые верки Ростехнадзора, а также повысить культуру безопасности труда на каждом рабочем месте.

Ключевые слова: грузоподъемный механизм, безопасность, чрезвычайная ситуация, болевой травматизм.

Abstract. Lifting mechanisms have become part of the equipment. They affect technical and economic performance. At the same time, there has been an increase in the number of accidents involving lifting mechanisms. This fact dete r- mines the relevance of the work. The article aims to analyze activities of enterprises using lifting mechanisms. We used statistical methods and literary data analysis. The dynamics of industrial injuries and accidents, as well as main causes of accidents caused by lifting equipment are considered. It has been shown that there was a decrease in the deaths of workers (per 1000 units of equipment) for all types of lifting mechanisms, with the greatest number of fatal injuries occu r- ring when using tower cranes. One of the causes of the high level of accidents and injuries when using lifting mecha- nisms is a large amount of outdated equipment. The analysis shows that in order to increase the level of industrial safety, it is necessary to replace outdated equipment and control and automation tools with new and more advanced ones that meet industrial safety requirements; to train and retrain specialists dealing with lifting mechanisms. In addition, inspe c- tions by Rostechnadzor as well as improvement of the safety culture of workers are required.

Keywords: lifting mechanisms, safety, accident rate, fatal injuries

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Yuk ko‘tarish va tashish mashinalari va mexanizmlari zamonaviy ishlab chiqarishda muhim rol o‘ynaydi, chunki ular asosiy texnologik jarayonlar va yordamchi operatsiyalarni avtomatlashtirish va mexanizatsiyalash imkonini beradi. Yuk ko‘tarish uskunalari texnologik uskunalarning ajralmas qismiga aylandi va uning texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarga ta'siri sezilarli darajada oshdi.Har yili millionlab odamlar ish joyidagi baxtsiz hodisalar va hodisalar natijasida jarohat oladi, kasb kasalliklariga chalinadi va vafot etadi, bu esa mehnat xavfsizligi va sog‘liqni saqlash masalalarini katta ahamiyatga ega qiladi.

Qurilish sanoati ishchilar uchun xavfni oshiradi. Mamlakatning ishchi aholisining taxminan 25% qurilish va qurilish konstruksiyalari va materiallarini ishlab chiqarishda band. Bugungi kunda qurilish sanoati og‘ir ishlarning eng xavfli turi hisoblanadi va afsuski, qurilish maydonlarida yuk ko‘tarish uskunalari bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar sonining ortib borayotgan tendentsiyasi kuzatilmoqda [1]. Biroq, statistik kuzatuvlar qurilishda band bo‘lgan ishchilarning atigi 1/3 qismini qamrab oladi [2].

Yuk ko‘tarish uskunalari bilan ishlashda baxtsiz hodisalar va jarohatlarning sabablari

Ushbu maqola mualliflari yuk ko‘tarish uskunalaridan foydalanish bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar va ishchilarning jarohatlarini tahlil qilishdi.

Rossiya Federatsiyasining "Xavfli sanoat ob'ektlarining sanoat xavfsizligi to‘g‘risida"gi Federal qonuniga (2-ilovaning 6-kichik bandi) [3] muvofiq, doimiy o‘rnatilgan yuk ko‘tarish uskunalaridan foydalanadigan ob'ektlar IV xavfli sinfdagi xavfli sanoat ob'ektlari (kamon yo‘llari bundan mustasno, kam xavfli xavfli sanoat ob'ektlari) sifatida tasniflanadi. Ushbu ob'ektlar xavfli sanoat ob'ektlarining davlat reestrida majburiy ro‘yxatdan o‘tkazilishi va Rostexnadzorda hisobga olinishi kerak. Ushbu ob'ektlar kam xavfli sanoat ob'ektlari sifatida tasniflanganligi sababli, ular Rostexnadzor tomonidan rejali tekshiruvlardan o‘tkazilmaydi. Biroq, shunga qaramay, Rostexnadzor yuk ko‘tarish uskunalaridan foydalanish natijasida yuzaga kelgan baxtsiz hodisalar yoki hodisalarni tekshiradi va qayd etadi, chunki bu ob'ektlar xavfli sanoat ob'ektlari sifatida tasniflanadi.

Atrof-muhit, texnologik va yadroviy nazorat bo‘yicha federal xizmat statistikasi asosida yuk ko‘tarish uskunalari bilan ishlash bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar va jarohatlar tahlili, shuningdek, texnik va tashkiliy omillarning sanoat xavfsizligi darajasiga ta'siri o‘tkazildi [4].

Barcha turdagi ko‘tarish uskunalari uchun avariyalar dinamikasi 1-rasmda keltirilgan. Ko‘tarish uskunalaridan foydalanish bilan bog‘liq avariyalar dinamikasini tahlil qilib, avariya darajasi yuqoriligicha qolmoqda degan xulosaga

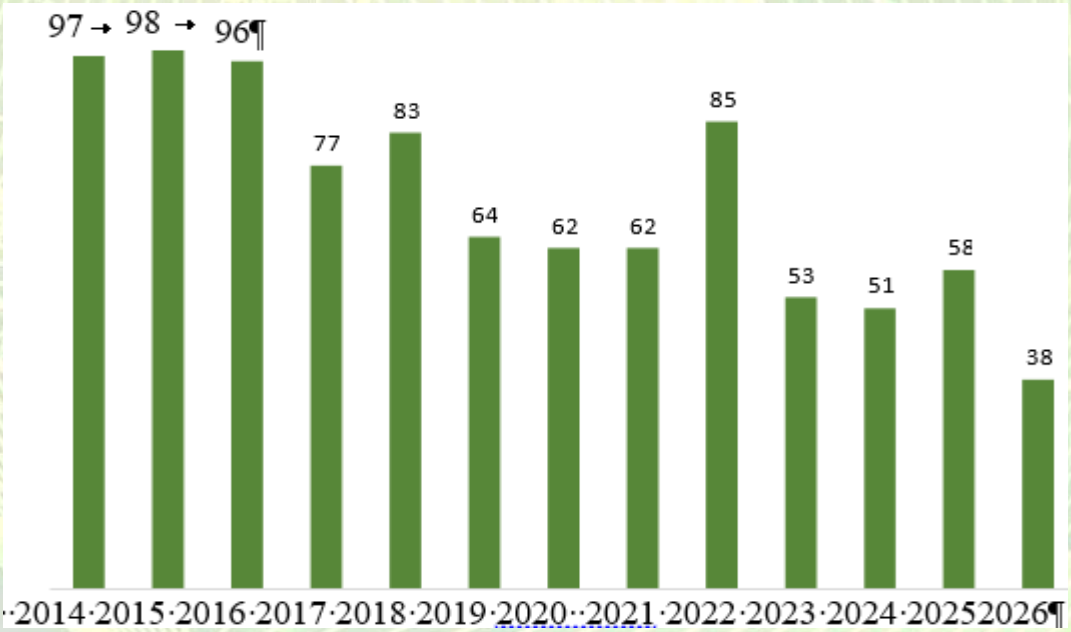
ISSN 3030-3907

kelish mumkin. Ko‘tarish uskunalari bilan ishlash bilan bog‘liq o‘limga olib keladigan kasbiy jarohatlar dinamikasi 2-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Barcha turdagi ko‘tarish mexanizmlari uchun avariyalar dinamikasi

2-rasmdagi diagrammada 2014 va 2026 yillar oralig‘ida ko‘tarish uskunalari bilan bog‘liq o‘limga olib keladigan avariyalar sonining kamayishi ko‘rsatilgan. 2026 yilda 38 kishi halok bo‘lgan, 2025 yilda esa bu ko‘rsatkich 58 kishini tashkil etgan, bu 34% ga kamaygan. 2025 va 2026 yillarda ko‘taruvchi kranlar uchun 1000 birlik uskunaga to‘g‘ri keladigan o‘limga olib keladigan jarohatlar darajasi mos ravishda 0,193 va 0,103 ni tashkil etdi. Bu nisbiy ko‘rsatkich nafaqat o‘limlar sonini, balki Rostexnadzorda ro‘yxatdan o‘tgan uskunalarning sonidagi o‘zgarishni ham hisobga oladi. 1000 birlik ko‘tarish uskunasiga hisoblangan o‘lim bilan yakunlangan jarohatlar darajasining qiymatlari, shuningdek, tegishli yillarda ko‘tarish mexanizmi turi bo‘yicha ushbu uskunaning soni 1-jadvalda keltirilgan.60 O‘lim bilan yakunlangan jarohatlar soni



2-rasm. Yuk ko‘tarish uskunalari bilan ishlashda o‘limga olib keladigan sanoat shikastlanishlarining dinamikasi

ISSN 3030-3907

1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar barcha turdagi ko‘tarish uskunalari uchun ishchilar o‘limi darajasining (1000 birlik uskunaga) kamayganligini ko‘rsatadi. Minora kranlarida ishlaganda eng ko‘p o‘limga olib keladigan jarohatlar sodir bo‘lishi aniq.

Shuni ta'kidlash kerakki, o‘limlarning eng katta ulushi ko‘tarish uskunalarini boshqaradigan ishchilar emas, balki kranni ishlatishda bevosita ishtirok etmaydigan boshqa ishchilardir. Shunday qilib, kranlarning xavfsiz ishlamasligi yaqin atrofdagi barcha ishchilar uchun bevosita xavf tug‘diradi. Ko‘tarish uskunalari bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar va hodisalarning sabablari texnik, tashkiliy va tashqi bo‘lishi mumkin [2, 4–6].

Baxtsiz hodisalar va hodisalarning texnik sabablari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

– yomon ishlab chiqarilgan texnik uskunalar;

– xavfsizlik moslamalari va uskunalarining ishlamay qolishi;

– ishqalanish va korroziya tufayli metallning yupqalashishi;

1-jadval.

1000 ta uskuna birligiga hisoblangan ishchilar o‘limi koeffitsienti va uni hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar.

Uskuna turi	Ro‘yxatdan o‘tgan transport vositalari soni		O‘lganlar soni		Har 1000 birlik uskunaga to‘g‘ri keladigan o‘lim darajasi	
	2023 y	2024 y.	2023 y.	2024 y.	2023 y.	2024 y.
Minora kranlari	17 587	17 403	18	10	1,02	0,57
Yuk mashinalari kranlari	62 244	61 875	10	6	0,16	0,10
Yuqori kranlar	72 503	71 648	9	7	0,12	0,10
Portal kranlari	13 408	13 254	4	3	0,30	0,23
Yuk mashinasiga o‘rnatilgan kranlar	12 272	12 413	2	1	0,16	0,08
Portal kranlari	3 061	3 023	1	–	0,33	–

– bo‘g‘imli bo‘g‘inlarning aşınması;

– kabel-shkiv tizimi komponentlarida metallning aşınması;

– kranning gidravlik va pnevmatik tizimlarining aşınması;

– texnik qurilmalarning nosozligi.

Baxtsiz hodisalar va hodisalarning tashkiliy sabablari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

– tashkilot rahbariyati, xavfli sanoat ob'ektlari (XSO) egalari va ko‘tarish uskunalarini (YU) ish holatida saqlash va ishlarni xavfsiz bajarish uchun mas'ul

ISSN 3030-3907

shaxslar tomonidan sanoat xavfsizligi talablariga rioya qilinishi ustidan ishlab chiqarish nazoratining yo‘qligi;

– ishga zarur malakaga ega bo‘lmagan xodimlarning jalb qilinishi;

– ob'ektda ishlarni bajarish rejalari, ishlarni bajarish qoidalari, lavozim tavsiflari va ishlab chiqarish ko‘rsatmalarining yo‘qligi;

– ish paytida mehnat intizomi va xavfsizlik qoidalarini buzish.

ko‘tarish uskunalari;

- sanoat xavfsizligini baholashning yomon o‘tkazilishi;

- foydalanish tartib-qoidalarini buzish;

- harakatlanuvchi tarkibni rejali tekshirish, ta'mirlash va texnik ko‘rikdan o‘z vaqtida o‘tkazmaslik.

Baxtsiz hodisalar va hodisalarning tashqi sabablari noqulay ob-havo sharoitlarini o‘z ichiga oladi.

Tegishli yillarda ko‘tarish uskunalari bilan bog‘liq baxtsiz hodisalarning sabablarga ko‘ra taqsimlanishi 2-jadvalda keltirilgan.

2020 yildan 2025 yilgacha bo‘lgan baxtsiz hodisalar va o‘lim bilan yakunlangan jarohatlarning o‘zgaruvchan dinamikasiga qaramay, podstansiyalarning ishlashi paytida sanoat xavfsizligiga ta'sir qiluvchi baxtsiz hodisalarning asosiy sabablari texnikdir (belgilangan davrdagi barcha baxtsiz hodisalarning 56%), ulardan 32% texnik qurilmalarning nosozligi, 20% xavfsizlik qurilmalarining nosozligi va 4% texnik qurilmalarning sifatsiz ishlab chiqarilishi tufayli yuzaga keladi. Baxtsiz hodisalarning katta qismi tashkiliy sabablarga ko‘ra (31%), asosan texnologik va mehnat intizomini buzish va texnik xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning noto‘g‘ri yoki muvofiqlashtirilmagan harakatlari (20%) tufayli sodir bo‘ladi.

Yuk ko‘tarish mexanizmlarini ishlatish paytida avariyalar va jarohatlarning yuqori darajasining sabablaridan biri bu uning loyihalash muddati tugagan ko‘p miqdordagi uskunalarning mavjudligidir

2-Jadval

Statsionar ko‘tarish mexanizmlari ishlatiladigan xavfli ishlab chiqarish ob'ektlaridagi baxtsiz hodisalarning sabablari

Sabablari	Yil										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Texnik											
Texnik qurilmalarni sifatsiz ishlab chiqarish	2	2	2	2	2	–	–	4	2	–	–

ISSN 3030-3907

Texnik qurilmalarning noto‘g‘ri ishlashi	12	15	9	11	13	6	17	17	17	–	22
Xavfsizlik moslamalari va uskunalarining noto‘g‘ri ishlashi	17	15	15	9	9	4	5	6	5	3	–
Tashkiliy											
Sanoat xavfsizligi talablariga rioya qilinishi ustidan yetarli darajada nazorat qilinmasligi	6	5	5	2	1	6	5	4	6	6	–
Texnologik va mehnat intizomini buzish, xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning noto‘g‘ri yoki muvofiqlashtiril magan harakatlari	6	6	6	15	12	12	3	4	10	14	12
Sanoat xavfsizligi talablari bo‘yicha bilim darajasi past	4	3	1	–	–	–	–	–	–	4	–
Boshqalar	3	2	–	3	1	–	2	4	9	3	–
Jami	50	48	38	42	38	28	32	39	49	30	34

Uzoq muddatli foydalanishda kran metallning aşınmasına, ishqalanish yoki korroziya tufayli metallning yupqalashishiga, kranning gidravlik va pnevmatik tizimlarining aşınmasına, arqon-blok tizimi elementlarining metallining (bloklar, yuk va bum levochkalarining barabanlari va boshqalar) aşınmasına, menteşe bo‘g‘inlarining aşınmasına duchor bo‘ladi [7]. Kranning ishlash muddati qanchalik uzoq bo‘lsa, uning ishlash texnologik rejimlari buzilgan taqdirda avariya ehtimoli shunchalik yuqori bo‘ladi. Kranning yuk sikllari soni va xizmat muddati uning ishlab chiqaruvchisi tomonidan belgilanadi va kran pasportida ko‘rsatiladi. Biroq, ishlash intensivligiga qarab, kranlarning holati sezilarli darajada farq qiladi *[1]*.

ISSN 3030-3907

Xizmat muddati tugagan texnik qurilmalar va moslamalarning umumiy sonini tahlil qilish, texnik qurilmalar sonining kamayishi tendentsiyasiga qaramay, o‘rtacha aşınma foizi har yili oshib borishi haqida xulosa chiqarishga imkon beradi.

Yuk ko‘tarish uskunalarining to‘g‘ri ishlashi uchun ob'ektning ishlashini ortiqcha yuklar, elektr uzatish liniyalariga yaqinlik, to‘siqlar bilan to‘qnashuvlar va boshqalarni kuzatuvchi turli xil sensorlardan foydalanish talab etiladi. Yuk ko‘tarish uskunalarida bunday qurilmalardan foydalanish yuk ko‘tarish mashinasini boshqaradigan xodimlarning malakasi va mehnat intizomiga yuqori talablarni qo‘yadi [9, 10].

Sensorlar va xavfsizlik moslamalaridan foydalanish yuk ko‘tarish uskunalari bilan bog‘liq baxtsiz hodisalar sonini sezilarli darajada kamaytirishga olib kelishi mumkin. Ular arzon, ishlatish oson va eng muhimi, samarali. Ko‘tarma kranlarni loyihalash va xavfsiz ishlatish qoidalariga [11] muvofiq, har bir kran barcha liftlar bo‘yicha ko‘tarish quvvatini kuzatish va cheklash hamda ma'lumotlarni yozib olish uchun tizimga o‘rnatilgan xavfsizlik moslamalari bilan jihozlangan bo‘lishi kerak [8].

Ishchilar o‘rtasida o‘tkazilgan so‘rov natijalari va [4, 5, 8, 9, 12,] da keltirilgan ma'lumotlar tahlili asosida, operatorlar kranning ortiqcha yuklanishini bildiruvchi xavfsizlik moslamalari va uskunalarini e'tiborsiz qoldirishlari yoki o‘chirib qo‘yishlari haqida xulosa chiqarildi. Ular ko‘pincha nosoz ko‘tarish quvvatini cheklovchi qurilmalar bilan ishlaydi.

XULOSA.

Shunday qilib, doimiy o‘rnatilgan ko‘tarish mexanizmlari va PV dan foydalanadigan korxonalar faoliyatining tahlili shuni ko‘rsatadiki, sanoat xavfsizligi darajasini oshirish uchun eskirgan texnik qurilmalar, boshqaruv va avtomatlashtirish vositalarini sanoat xavfsizligi talablariga javob beradigan yangi va ilg‘or modellar bilan tezda almashtirish; ko‘tarish mexanizmlari bilan ishlaydigan mutaxassislarni tayyorlash va qayta tayyorlash darajasini oshirish zarur. Bundan tashqari, Rostexnadzor tomonidan rejali tekshiruvlarni joriy etish, shuningdek, har bir ish joyida ishchilarning xavfsizlik madaniyatini oshirish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Vasilev A.A., Dromiadi A.A., Ivanov D.S., Popov D.V., Ponomareva E.A. Yuk ko‘tarish inshootlarining xavfsiz ishlashini buzish bilan bog‘liq jarohatlar, baxtsiz hodisalar va hodisalarning sabablari // KubSTU ilmiy ishlari. 2015. № 9. 102–111 betlar.

2. Fedina E.V., Pushchenko S.L. Minora kranlarini ishlatish paytida jarohatlarning asosiy sabablarini tahlil qilish [Elektron resurs] // Don muhandislik byulleteni. 2012. № 4. URL:

3. http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1165 (15.09.2018).

ISSN 3030-3907

4. Xavfli sanoat obyektlarining sanoat xavfsizligi to‘g‘risida: Rossiya Federatsiyasining 1997-yil 21-iyuldagi 116-FZ-sonli Federal qonuni (2017-yil 7-martda o‘zgartirilgan holda) [Elektron resurs] // ConsultantPlus – ishonchli huquqiy yordam. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (2018-yil 15-sentabr).
5. Atrof-muhit, texnologik va yadroviy nazorat bo‘yicha federal xizmatning 2014-yildagi faoliyati to‘g‘risidagi yillik hisobot [Elektron resurs]
6. // Rostexnadzor faoliyati to‘g‘risidagi yillik hisobotlar. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/%D0%93%D0%94%202014.pdf (15.09.2018).
7. Shilyaev T.A., Kolesova E.N., Kaloshina S.V. Kranlardan foydalanishda avariyalar va hodisalarning sabablarini tahlil qilish [Elektron resurs] // Qurilish va arxitektura. Tajriba va zamonaviy texnologiyalar. 2015. 5-son. URL:
8. http://sbornikstf.pstu.ru/council/?n=5 (15.09.2018).
9. Kuzmina O.V. Yuk ko‘tarish mashinalarini ishlatish paytida xavfsizlikni ta'minlash // Yosh olim. 2016. № 27. 87–91-betlar.
10. Sanoat xavfsizligi bo‘yicha federal normalar va qoidalar "Sanoat xavfsizligi ekspertizasini o‘tkazish qoidalari"; Atrof-muhit, texnologik va yadroviy nazorat bo‘yicha federal xizmatning 2013-yil 14-noyabrdagi 538-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan. [Elektron resurs] // Rossiya Federatsiyasi qonunlari, kodekslari va normativ-huquqiy hujjatlari. URL: http://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-14112013-n-538-ob/ (05.05.2018).
11. Malyutin L. Yuk mashinasi kranlari xavfsizlik moslamalari [Elektron resurs] // Asosiy vositalar. 2015. URL: https://os1.ru/article/4370-pribory-bezopasnosti-avtokranov (05.05.2018).
12. Yuk ko‘tarish transport vositalarini ishlatish paytida xavfsizlik masalalari [Elektron resurs] // Yagona standart. Rasmiy veb-sayt. URL: https://1cert.ru/stati/problemy-bezopasnosti-pri- ekspluatatsii-gruzopodemnykh-transportnykh-sredstv (09.29.2018).
13. Panova Z.N., Gorbunova L.N. Yuk ko‘tarish kranlarini ishlatish paytida shikastlanishlar va baxtsiz hodisalar tahlili // KrasSAU byulleteni. 2012. 7-son. 175–180-betlar.
14. Sanoat xavfsizligi sohasidagi federal normalar va qoidalar “Yuk ko‘tarish inshootlari ishlatiladigan xavfli sanoat ob'ektlari uchun xavfsizlik qoidalari; tasdiqlangan. Atrof-muhit, texnologik va yadroviy nazorat bo‘yicha federal xizmatning 12.11.2013 yildagi 533-sonli buyrug‘i bilan [Elektron resurs] // "Kodeks" konsorsiumi. Huquqiy va me'yoriy-texnik hujjatlarning elektron fondi. URL: http://docs.cntd.ru/document/499060049 (05.05.2018).

ISSN 3030-3907

15. Minora kranlaridagi avariyalar: kim aybdor va nima qilish kerak? [Elektron resurs] // "Mixnevskiy ta'mirlash-mexanika zavodi" OAJ. 2006. 22-son. URL: https://www.mrmz.ru/article/v22/article1.htm (10.05.2018).

ISSN 3030-3907

ICHKI BOSIM OSTIDAGI QALIN DEVORLI QUVURNING ELASTIK-PLASTIK HOLATI

Hojiyev A.X.
Buxoro davlat texnika universiteti Muhandislik fakul'teti dekani texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (Phd), dotsent,
Tel: +998907440179
E-mail: Azizhojiyev1979y@mail.ru
Mirzoyeva G.T.
Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktoranti Aniq fanlar kafedrasi assistenti,
Tel: +998936227630
E-mail: gmirzoeva@bstu.uz
Ibrohimov A.A.
Buxoro davlat universiteti matematika fizika yo‘nalish 2-kurs magistranti
Tel: +998918262787
E-mail: azizibrohimov554@gmail.com
Fayziyev U.K.
"ENTER YENGINEERING" ishlab chiqarish birlashmasining qurilish direksiyasi direktori o‘rinbosari,
Tel: +998887410040,
E-mail: umid.fayziev.1987@gmail.com
Ismatova K.O.
Amaliy matematika(sohalar bo‘yicha) magistr,
Tel: +998770986330
E-mail: kamolaismatova2628@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ishda ichki bosim ostida ishlovchi qalin devorli quvurlarning elastik-plastik holati nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilinadi. Qalin devorli silindrik elementlarda kuchlanishlarning radial va tangensial taqsimlanishi, materialning elastik chegaradan plastiklik zonasiga o‘tish sharoitlari o‘rganiladi. Hisoblashlarda Lame tenglamalari va von Mises mezoni asosida kuchlanishlar taqsimoti aniqlanadi. Shuningdek, ichki bosimning ortishi bilan plastik deformatsiya zonasining kengayishi va uning quvur mustahkamligiga ta’siri baholanadi. Tadqiqot natijalari sanoat quvurlari, bosimli apparatlar va neft-gaz tizimlarida xavfsiz ishlashni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: qalin devorli quvur, ichki bosim, elastik-plastik holat, radial kuchlanish, tangensial kuchlanish, plastik deformatsiya, Lame tenglamalari, von Mises mezoni, mustahkamlik, bosimli apparatlar.

Abstract. This paper theoretically and practically analyzes the elastic-plastic state of thick-walled pipes operating under internal pressure. The radial and tangential distribution of stresses in thick-walled cylindrical elements, as well as the

ISSN 3030-3907

conditions for the transition of the material from the elastic limit to the plasticity zone, are studied. The calculations determine the distribution of stresses based on the Lame equations and the von Mises criterion. The expansion of the plastic deformation zone with increasing internal pressure and its effect on the strength of the pipe are also evaluated. The results of the study are important for ensuring safe operation in industrial pipelines, pressure vessels, and oil and gas systems.

Keywords: thick-walled pipe, internal pressure, elasto-plastic state, radial stress, tangential stress, plastic deformation, Lame equations, von Mises criterion, strength, pressure vessels.

Аннотация. В данной работе теоретически и практически анализируется упругопластическое состояние толстостенных труб, работающих под внутренним давлением. Исследуется радиальное и тангенциальное распределение напряжений в толстостенных цилиндрических элементах, условия перехода материала из упругой зоны в пластическую. В расчетах распределение напряжений определяется на основе уравнений Ламе и критерия Мизеса. Также оценивается расширение зоны пластической деформации при увеличении внутреннего давления и его влияние на прочность трубы. Результаты исследования важны для обеспечения безопасной эксплуатации промышленных трубопроводов, сосудов под давлением и нефтегазовых систем.

Ключевые слова: толстостенная труба, внутреннее давление, упругопластическое состояние, радиальное напряжение, тангенциальное напряжение, пластическая деформация, уравнения Ламе, критерий Мизеса, прочность, сосуды под давлением.

KIRISH.

Ushbu masalaning aniq yechimi katta qiyinchiliklar tug‘diradi va sonli usullar bilan amalga oshiriladi. Keling, uzun quvur misolida aniq yechim bilan yetarli darajada mos keladigan yaqinlashgan yechimni ko‘rib chiqamiz. Quvur tekis deformatsiya holatida, shuning uchun r, θ, z silindrik koordinatalar tizimida urinma kuchlanishlar quyidagiga teng: $\tau_{rz} = \tau_{\theta z} = 0 \quad (a)$

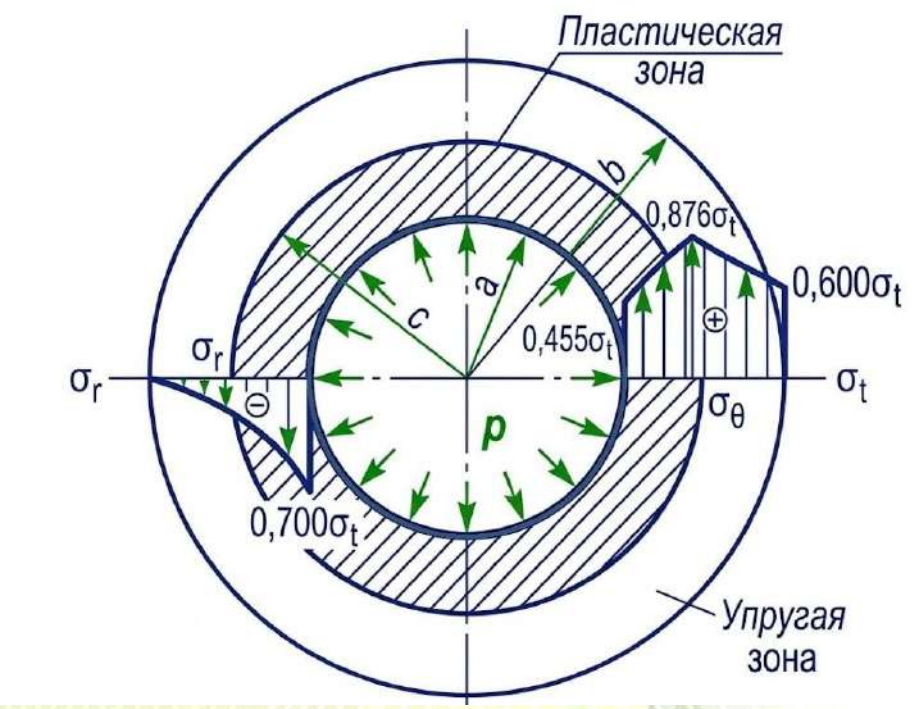
O‘qi quvur o‘qi bo‘ylab yo‘naltirilgan. Materialning elastik holatida faqat ichki bosim ta’sirida normal radial va tangensial kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{cases} \sigma_r = -\dfrac{p_a a^2}{b^2 - a^2}\left(\dfrac{b^2}{r^2} - 1\right) \\ \sigma_\theta = \dfrac{p_a a^2}{b^2 - a^2}\left(\dfrac{b^2}{r^2} + 1\right) \end{cases}$$

ISSN 3030-3907

Tekis deformatsiyadagi o‘q bo‘yicha normal kuchlanishlar silindrik koordinatalar tizimida quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\sigma_z = \nu(\sigma_r + \sigma_\theta) \quad \text{(b)}$$



Masalani soddalashtirish uchun quvur materiali siqilmaydigan deb hisoblanadi, ya'ni Puasson koeffitsienti $\nu = 0{,}5$. U holda formula quyidagicha bo‘ladi:

$$\sigma_z = 0{,}5(\sigma_r + \sigma_\theta) \quad \text{(c)}$$

O‘q bo‘yicha simmetriya tufayli urinma kuchlanishlar: $\tau_{r\theta} = 0$ (e) Elastik-plastik holatda quvur kesimi ikkita halqasimon zonadan iborat deb qaraladi: ichki plastik zona (a<r<c) va tashqi elastik soha (c<r<b) (1-rasm).

Elastik zona uchun kuchlanishlar yuqorida keltirilgan formula uning o‘lchamlarini hisobga olganda quyidagicha bo‘ladi:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= -\frac{qc^2}{b^2-c^2}\left(\frac{b^2}{r^2}-1\right) \\ \sigma_\theta &= \frac{qc^2}{b^2-c^2}\left(\frac{b^2}{r^2}+1\right) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Bu yerda q — elastik va plastik zonalar chegarasidagi ($r = c$) radial bosim. Plastik zonadagi kuchlanishlarni aniqlash uchun qutb koordinatalar sistemasidagi tekis masala muvozanat tenglamalari ko‘rib chiqsak, hajmiy kuchlar mavjud bo‘lmaganda:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{\theta r}}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \frac{2\tau_{\theta r}}{r} &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

ISSN 3030-3907

O‘qqa nisbatan simmetriya tufayli kuchlanishlar qutb burchagiga bog‘liq bo‘lmaydi va (2) tenglamalaridagi θ bo‘yicha hosilalar nolga aylanadi. U holda (e) tenglikni hisobga olgan holda quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0. \quad (3)$$

Quvur materiali mustahkamlanmaydi deb hisoblaymiz va plastiklik shartini qabul qilamiz $\sigma_i = \sigma_\tau$. Silindrik koordinatalar tizimidagi kuchlanishlar intensivligi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2 + 6(\tau_{r\theta}^2 + \tau_{\theta z}^2 + \tau_{zr}^2)}. \quad (4)$$

Bu yerga (a) va (c)kuchlanishlarini qo‘yib , quyidagini topamiz

$$\sigma_i = \pm(\sqrt{3}/2)(\sigma_r - \sigma_\theta). \quad (5)$$

Ko‘rilayotgan masalada σ_θ kuchlanishi har doim σ_r kuchlanishidan katta, shuning uchun plastiklik shartiga kuchlanishlar intensivligining musbat qiymatini qo‘yamiz: $\sigma_\theta - \sigma_r = 2\sigma_\tau/\sqrt{3}$. (6)

(3) va (6) tenglamalarini birgalikda yechamiz. (6) tenglamasidan kuchlanishlar ayirmasini (3) tenglamasiga qo‘yib , quyidagini olamiz :

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{2}{\sqrt{3}}\frac{\sigma_\tau}{r}. \quad (7)$$

Bu o‘zgaruvchilari ajraladigan tenglamadir. Integrallab, quyidagini topamiz:

$$\sigma_r = (2/\sqrt{3})\sigma_\tau \ln r + C. \quad (8)$$

Quvurning ichki sirtidagi chegaraviy shartdan foydalanib, ya'ni $r = a$ bo‘lganda $\sigma_r = -p$, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$-p = (2/\sqrt{3})\sigma_\tau \ln a + C,$$

bu yerdan o‘zgarmas miqdor:

$C = (-2/\sqrt{3})\sigma_\tau \ln a - p$. Ushbu natijani (8) ifodasiga qo‘yib, quyidagini topamiz:

$$\sigma_r = -p + \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau \ln\frac{r}{a}.$$

U holda (6) tanglamasidan σ_r kuchlanishini ham osongina hisoblash mumkin. Shunday qilib, quvurning plastik zonasidagi kuchlanish holati quyidagi kuchlanishlar bilan xarakterlanadi:

$$\sigma_r = -p + \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau \ln\frac{r}{a}; \quad \sigma_\theta = \sigma_r + \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau. \quad (9)$$

Elastik va plastik zonalar orasidagi chegarada σ_r va σ_θ kuchlanishlari uzluksiz bo‘lishi kerak.

ISSN 3030-3907

Tegishli ifodalarni (1) va (9) formulalardan foydalanib, $r = c$bo‘lganda q va c ni aniqlash uchun ikkita tenglamani olamiz:

$$-\frac{qc^2}{b^2-c^2}\left(\frac{b^2}{c^2}-1\right) = -p + \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau \ln\frac{c}{a}$$

$$\frac{qc^2}{b^2-c^2}\left(\frac{b^2}{c^2}+1\right) = -p + \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau \ln\frac{c}{a} + \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau$$

Birinchi tenglamadan topamiz:

$$q = p - \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T \ln\frac{c}{a} \quad (10)$$

va uni ikkinchisiga qo‘yamiz, natijada u quyidagicha o‘zgaradi:

$$\ln\frac{c}{a} + \frac{1}{2}\left(1 - \frac{c^2}{b^2}\right) = \frac{p\sqrt{3}}{2\sigma_T} \quad (11)$$

(11) tenglama quvurning elastic va plastic zonalarini ajratib turuvchi c radiusli aylanani ichki bosim p funksiyasi sifatida aniqlashga xizmat qiladi. c aniqlangandan so‘ng, (10) formula orqali radial bosim q topiladi.

Endi quvurning deformatsiyalanishini ikki chekli holat uchun umumiy ko‘rinishda ko‘rib chiqish mumkin.

1. Elastik deformatsiya chegarasi. Bu holat radius $c = a$ bo‘lgandagi qiymatga mos keladi. U holda (11) tenglamasidan bosimni topamiz:

$p_{ynp} = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}}\left(1 - \frac{a^2}{b^2}\right)$ (12) Ushbu qiymatni (1) formulalarga qo‘yib , tegishli kuchlanishlarni olamiz : $\sigma_r = -\frac{\sigma_T}{\sqrt{3}}\frac{a^2}{b^2}\left(\frac{b^2}{r^2}-1\right)$; $\sigma_\theta = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}}\frac{a^2}{b^2}\left(\frac{b^2}{r^2}+1\right)$ (13) Ichki va tashqi radiuslar nisbati $\frac{b}{a} = 2$ holdagi kuchlanishlar epyurasi 2-rasmda ko‘rsatilgan.Bu holda $p_{ynp} = 0.433\sigma_T$.

2. Plastik deformatsiya chegarasi. Bu holatda $c = b$ va:

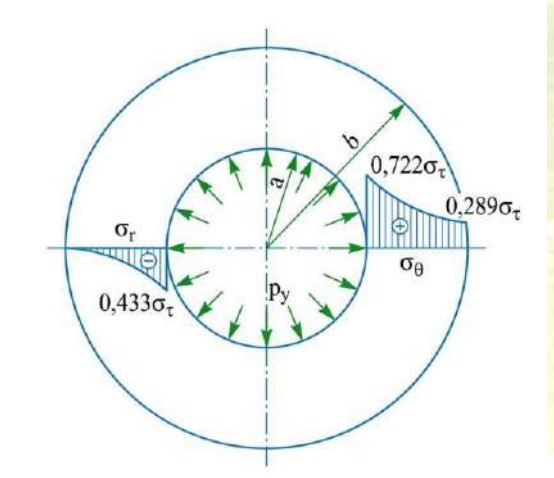
$p_T = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T \ln\frac{b}{a}$ (14) Olingan bosim qiymatini (9) formulaga qo‘ygandan so‘ng , kuchlanishlarni topamiz :

$\sigma_r^T = -\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau \ln\frac{b}{r}$; $\sigma_\theta^T = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_\tau\left(1 - \ln\frac{b}{r}\right)$ (15). Ichki va tashqi radiuslar nisbati yuqoridagi kabi $(b/a = 2)$ bo‘lgandagi kuchlanishlar epyurasi 3- rasmda ko‘rsatilgan .Bu holda chegaraviy bosim $p_\tau = 0.800\sigma_\tau$.

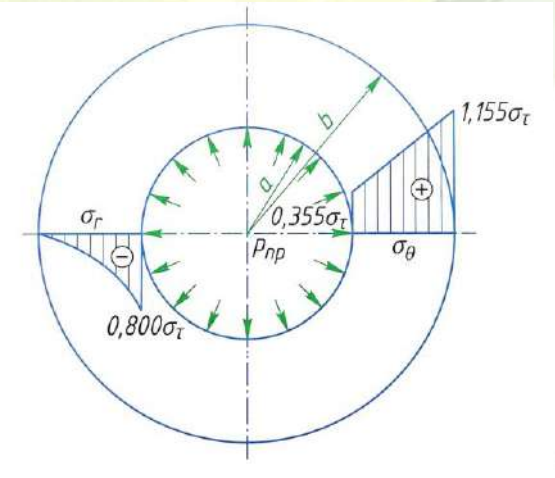
Agar $p_{ynp} < p < p_T$ bo‘lsa, quvur elastik-plastik holatda bo‘ladi. 1-rasmda $p = 0{,}700\sigma_\tau$ bosimga mos keladigan σ_r va σ_θ kuchlanishlar epyuralari tasvirlangan. Bu holda (11) tenglamasidan aniqlangan elastik va plastik zonalar orasidagi chegara radiusi $c = 1{,}44a$ ga teng.

ISSN 3030-3907

Radial bosim $q = 0{,}279\sigma_\tau$ (10) ni tashkil etadi.



2-rasm



3-rasm

Bosim qiymatini (9) formulaga qo‘yib, quvurning plastik zonasidagi ($a \le r \le 1{,}44a$ oralig‘ida) kuchlanishlar ifodasini olamiz:

$$\sigma_r = \sigma_\tau(1{,}155\ln\frac{r}{a} - 0{,}700); \quad \sigma_\theta = \sigma_r + 1{,}155\sigma_\tau \quad (16)$$

Radiusi $c = 1{,}44a$, radiuslar nisbati $b/a = 2$ va bosim $q = 0{,}279\sigma_\tau$ qiymatlarini (8) formulaga qo‘yib, quvurning elastik zonasidagi ($1{,}44a \le r \le 2a$ oralig‘ida) kuchlanishlar ifodasini topamiz:

$$\sigma_r = -0{,}300\sigma_\tau(4a^2/r^2 - 1); \quad \sigma_\theta = 0{,}300\sigma_\tau(4a^2/r^2 + 1) \quad (17)$$

Quvurning ichki sirti nuqtalarida $(r = a)$ bo‘lganda (16) formuladan quyidagilarni olamiz : $\sigma_r = -0{,}700\sigma_\tau$; $\sigma_\theta = 0{,}455\sigma_\tau$;

Elastik va plastic zonalar orasidagi chegara nuqtalarida ($r = 1{,}44a$ bo‘lganda) (16) yoki (17) formulalardan:

$\sigma_r = -0{,}279\sigma_\tau$; $\sigma_\theta = 0{,}876\sigma_\tau$; quvurning tashqi sirti nuqtalarida (r=2a bo‘lganda) (17) formuladan: $\sigma_r = 0$; $\sigma_\theta = 0{,}600\sigma_\tau$.

XULOSA.

1. 1, 2, 3-rasmlarda tasvirlangan epyuralardan ko‘rinib turibdiki, quvur materiali elastik holatdan plastik holatga o‘tishda normal radial kuchlanishlar taqsimoti xarakteri o‘zgarmaydi, faqat, bosimning ortishiga qarab proparsional holda ortadi.

2. Materialning normal tangensial kuchlanishlar taqsimoti esa, plastic holatda elastic holatga nisbatan keskin farq qiladi. Ichki qatlam elastik material holatida, tashqi qatlam esa plastik holatda o‘zinini yaxshi tutmasligi aniqlandi.

3. Po‘lat trubalardagi buzilishlar uning yuza sirtidan sodir bo‘lishi nazariy asoslari tajribalar bilan ustma-ust tushishi aniqlandi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Safarov I.I.,Boltaev Z.I.,Teshaev.M.Kh. Properties of Wave Motion in a Cylindrical Shell, Interacting with Viscous Liquid // Open Access Library Journal. - 2018. – Vol. 5. - pp.1-22

2. Safarov I.I.,TeshaevM.Kh., Boltaev Z.I. Own Vibrations of Bodies Interacting withUnlimited Deformable Environment// Open Access Library Journal. – 2018. – Vol. 5. - pp.1-22.

3. Boltayev Z.I, Mirzoyeva G.T., Sharipov M.Z.,.Jo‘rayev Sh.I., “Qovushov – Magnito -Elastik Plastinkaning chiziqli ko‘ndalang tebranishlari” , Gent “ ANALIZ VA XUSUSIY HOSILALI TENGLAMALAR” Markazi (Belgiya) “Science and innovation” xalqaro ilmiy jurnali “Matematik fizikaning zamonaviy usullari va ularning tadbiqlari” akademik Alimov tavalludining 80 yilligiga bag‘ishlangan Respublika ilmiy anjumani . Toshkent shahri 22-24 – aprel 2025- yil

4. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. Москва “Высшая школа” 1982.-264 с.

ISSN 3030-3907

FRAKTAL TUZILISHLI ISLOMIY VA MILLIY NAQSHLARNI VIZUALLASHTIRISH UCHUN GEOMETRIK MODEL VA ALGORITM

Z.E. Ibrohimova
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali
E-mail: Zuli117@mail.ru
M.Q. Ergasheva
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU
J.S. Abdumajidov
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali

Annotatsiya. Ushbu maqolada me’moriy obidalardagi islomiy va milliy ornamentlarning ko‘p darajali simmetriya, o‘z-o‘ziga o‘xshashlik va iterativ takrorlanish xususiyatlarini kompyuter grafikasida vizuallashtirish uchun geometrik model taklif qilinadi. Tadqiqotda tayanch ko‘pburchak, yulduzsimon motiv, affin o‘zgartirishlar va fraktal iteratsiya qoidalariga asoslangan algoritmik yondashuv ishlab chiqildi. Modelda parametrik boshqaruv orqali n-qirrali rozetta, masshtab koeffitsiyenti, aylantirish burchagi, translatsiya masofasi va iteratsiya chuqurligi kabi ko‘rsatkichlar birlashtirildi. Natijada 6 bosqichli iteratsiya uchun parametr qiymatlari hisoblandi, ularning asosida naqshlarning murakkablashuvi, elementlar soni va vizual zichligi tahlil qilindi. Algoritm blok-sxema ko‘rinishida ifodalanib, matematik model ishlab chiqildi. Olingan natijalar fraktal ornamentlarni raqamli restavratsiya, kompyuter grafikasi, generativ dizayn va ta’limiy vizualizatsiya tizimlarida qo‘llash mumkinligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: islomiy naqsh, milliy ornament, fraktal tuzilish, geometrik model, iteratsiya, kompyuter grafikasi, vizuallashtirish, algoritm, affine transformatsiya.

Abstract. This paper proposes a geometric model and an algorithmic framework for visualizing fractal Islamic and national ornaments embedded in architectural monuments. The method combines polygonal guides, radial star motifs, affine transformations and recursive placement rules. A six-step iteration experiment is reported with explicit parameter values, element counts and resulting pattern snapshots. Mathematical models are formalized as numbered equations and the computational procedure is summarized with a flowchart. The proposed approach supports digital heritage documentation, ornamental reconstruction and generative design applications.

Keywords: Islamic ornament, fractal structure, geometric model, iteration, visualization, procedural algorithm.

Аннотация. В данной статье предлагается геометрическая модель и алгоритмическая структура для визуализации фрактальных исламских и национальных орнаментов, встроенных в архитектурные памятники. Метод

ISSN 3030-3907

сочетает в себе полигональные направляющие, радиальные звездчатые мотивы, аффинные преобразования и рекурсивные правила размещения. Представлен шестиэтапный итерационный эксперимент с явными значениями параметров, количеством элементов и результирующими снимками паттернов. Математические модели формализованы в виде пронумерованных уравнений, а вычислительная процедура представлена в виде блок-схемы. Предложенный подход поддерживает цифровую документацию культурного наследия, реконструкцию орнаментов и приложения генеративного проектирования.

Ключевые слова: исламский орнамент, фрактальная структура, геометрическая модель, итерация, визуализация, процедурный алгоритм.

1. KIRISH.

Sharq me’morchiligida, xususan, masjid, madrasa, maqbara, minora va peshtoqlarda uchraydigan islomiy hamda milliy naqshlar nafaqat bezak vositasi, balki matematik tafakkur, ritm, proporsiya va cheksizlik g‘oyasining badiiy ifodasidir. Ushbu naqshlarning ko‘p qismi ko‘pburchakli panjaralar, yulduzsimon rozetkalar, girih bog‘lanishlari, ko‘zguli akslantirish, aylana bo‘ylab takrorlanish va o‘lchamlar bo‘yicha ierarxik tuzilishga ega [1-4].

Raqamli gumanitar fanlar, kompyuter grafikasi va me’moriy merosni hujjatlashtirish sohalarida ornamentlarni qayta qurish uchun formal modellar zarur bo‘lmoqda. Ko‘plab tarixiy naqshlarning fizik holati vaqt o‘tishi, atmosfera ta’siri yoki restavratsiya jarayonlari sababli buzilgan. Shuning uchun naqshlarning geometrik qonuniyatlarini aniqlab, ularni algoritmik ravishda qayta hosil qilish muhim ilmiy-amaliy vazifadir [2], [5], [6].

Fraktal geometriya bunday masalani yechishda qulay nazariy asos beradi. Fraktal obyektlar o‘z-o‘ziga o‘xshashlik, iterativ qurilish, masshtab bo‘yicha takrorlanish va murakkablikning bosqichma-bosqich ortishi kabi xususiyatlari bilan ajralib turadi. Me’moriy obidalardagi ko‘plab bezak tizimlari ham aynan shu prinsiplar orqali tushuntirilishi mumkin: katta kompozitsiya ichida kichik motivning qayta paydo bo‘lishi, markaziy yulduz atrofida halqasimon takrorlanish, hamda elementlarning lokal o‘zgarishlarga qaramasdan global simmetriyani saqlashi [7][10].

Maqolaning maqsadi - me’moriy obidalardagi fraktal tuzilishli islomiy va milliy naqshlarni vizuallashtirish uchun parametrik boshqariladigan geometrik model va algoritm ishlab chiqish, 6 iteratsion bosqich misolida natijaviy naqshlarni olish va ularning ko‘rsatkichlarini tahlil qilishdan iborat.

MUAMMO QO‘YILISHI VA ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Craig Kaplanning islomiy yulduz naqshlari bo‘yicha ishlari naqshlarni absolute geometry, inflation tilings va polygons-in-contact usullari yordamida generatsiya qilish mumkinligini ko‘rsatdi [1]-[3]. Bu ishlarda tarixiy naqshlar dizaynini tiklash va ularni kompyuterda qayta qurish uchun qat'iy geometrik konstruktsiyalar ishlab chiqilgan.

Procedural modeling bo‘yicha Beneš va hammualliflari hamda Merrell va Manocha ishlari murakkab shakllarni qoidalar majmuasi orqali generatsiya qilishning afzalliklarini asoslab berdi [5],[6]. Ularning yondashuvi bezak elementlari, urban shakllar va dekorativ obyektlar uchun mos keladi, chunki parametrlarni o‘zgartirish orqali turli kompozitsiyalarni tezda olish mumkin.

Fraktal va islomiy dizayn o‘rtasidagi bog‘liqlikni Abdelsalam, Patuano va Ibrahim singari mualliflar turli ko‘rinishlarda tahlil qilgan. Ular ierarxiya, repetitsiya, ko‘p masshtabli tartib va proporsiyalarni fraktal tafakkur bilan izohlab, zamonaviy dizaynda bu usullarni qo‘llash istiqbollarini ko‘rsatgan [7]-[9]. 2025-yildagi yangi tadqiqotlarda esa masjid ornamentlarini algoritmik reconfiguration qilish uchun raqamli modellar taklif etilgan [10].

2. MATERIALLAR VA USULLAR.

Tadqiqot metodologiyasi uch bosqichdan iborat bo‘ldi: (i) me’moriy naqshlarning geometrik xususiyatlarini tahlil qilish, (ii) parametrik/fraktal modelni tuzish, (iii) model asosida kompyuter vizuallashtirishini amalga oshirish. Tadqiqot predmeti sifatida yulduzsimon rozetta, sakkiz qirrali tayanch, radial bog‘lovchi chiziqlar va ularning ierarxik takrorlari olindi.

Asosiy konstruktiv birlik sifatida n-qirrali yulduz motivi tanlandi. Har bir motiv markaz $C=(x_c, y_c)$, tashqi radius R, ichki radius nisbati β, aylanish burchagi φ_0 va takrorlanish bosqichi k orqali ifodalanadi. Motivning 2n ta tugun nuqtasi tashqi va ichki radiuslar navbatma-navbat almashinuvchi siniq ko‘pburchak ko‘rinishida quriladi.

Modelda fraktal vizuallashtirish uchun to‘rtta asosiy parametr joriy qilindi: q - masshtab koeffitsiyenti, λ - yangi motiv markazini ota-motivga nisbatan joylashtirish koeffitsiyenti, Δθ - iteratsion aylantirish qadami, m - har bosqichda hosil bo‘ladigan farzand motivlar soni. Ushbu parametrlar birgalikda naqshning zichligi, bo‘shliqlar strukturasi va simmetriya darajasini boshqaradi.

2.1. Geometrik model

Nuqtalarning koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$P_i = \left(x_c + \rho_i \cos\left(\varphi_0 + \frac{i\pi}{n}\right), y_c + \rho_i \sin\left(\varphi_0 + \frac{i\pi}{n}\right)\right), i = 0,1,\dots,2n-1 \quad (1)$$

bu yerda radial masofa ρ_i quyidagi qoidaga ko‘ra beriladi:

ISSN 3030-3907

$$\rho_i = \begin{cases} R, & \text{agar } i \text{ juft bo‘lsa,} \\ \beta R, & \text{agar } i \text{ toq bo‘lsa.} \end{cases} \quad (2)$$

Rekursiya bosqichidagi radius quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R_k = q^{k-1} R_0, 0 < q < 1 \quad (3)$$

bu yerda R_0— boshlang‘ich radius, $q$esa masshtablash koeffitsienti.

Har bir keyingi element markazi quyidagicha hosil qilinadi:

$$C_{k,j} = C_{k-1} + \lambda R_{k-1}(\cos\ \theta_j, \sin\ \theta_j) \quad (4)$$

bu yerda λ— siljish koeffitsienti, $\theta_j$esa yo‘nalish burchagi.

k-bosqichdagi geometrik o‘zgartirish operatori quyidagicha yoziladi:

$$T_k(x) = S\,(q^{k-1}) \cdot \mathrm{Rot}\,(\varphi_0 + (k-1)\Delta\theta) \cdot x + C_{k,j} \quad (5)$$

bu yerda:

- $S(q^{k-1})$— masshtablash operatori,
- $\mathrm{Rot}(\cdot)$— burish operatori,
- $C_{k,j}$— siljitish vektori.

k-bosqichgacha hosil bo‘lgan umumiy elementlar soni:

$$N_k = 1 + m + m^2 + \cdots + m^{k-1} = \frac{m^k - 1}{m - 1} \quad (6)$$

bu yerda m— har bir tugundan hosil bo‘ladigan yangi elementlar soni.

Fraktal o‘lchamning yaqinlashgan bahosi esa quyidagicha aniqlanadi:

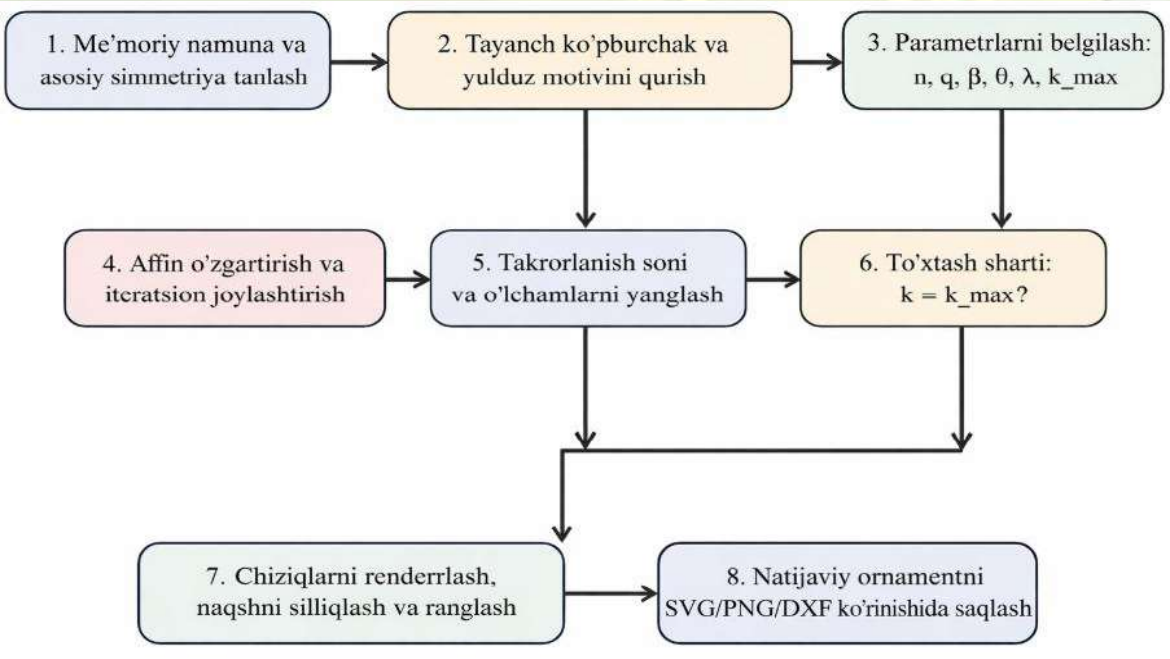
$$D \approx \frac{\log m}{\log\left(\frac{1}{q}\right)} \quad (7)$$

(1)-(2)-formulalar tayanch yulduz motivining uchlari koordinatalarini beradi. Bu yerda β parametrining kamayishi ichki cho‘qqilarni markazga yaqinlashtirib, naqshning uchliroq ko‘rinishini hosil qiladi. n parametri esa simmetriya tartibini belgilaydi; masalan, n=8 bo‘lganda sakkiz qirrali yulduz kompozitsiyasi olinadi.

(3)-formula har bir iteratsiyada lokal elementning masshtabi qanday kamayishini ifodalaydi. q qiymati 0.4-0.6 oralig‘ida olinganda naqsh qatlamlari orasida ko‘rinarli tafovut saqlanadi. (4)-(5)-formulalar yangi motiv markazlarini aniqlash va ularni aylantirib joylashtirishni tavsiflaydi. Shu bilan bezakda radial ritm va dinamik muvozanat yuzaga keladi.

(6)-formula iteratsiya chuqurligiga bog‘liq ravishda umumiy motivlar sonini, (7)-formula esa idealizatsiyalashgan fraktal o‘lchov ko‘rsatkichini baholash imkonini beradi. Bu baholash naqshning vizual murakkabligini miqdoriy tahlil qilishda foydali.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Fraktal tuzilishli naqshlarni vizuallashtirish algoritmining blok-sxemasi.

2.2. Hisoblash algoritmi.

Algoritm kirish ma'lumotlari sifatida me'moriy obyektga mos simmetriya turi, tayanch ko‘pburchak soni, boshlang‘ich radius, ichki radius nisbati, masshtab koeffitsiyenti va maksimal iteratsiya sonini qabul qiladi. Birinchi bosqichda asosiy rozetta qurilib, keyingi bosqichlarda ota-motivning tanlangan cho‘qqilarida farzand motivlar joylashtiriladi.

Har bir yangi motiv uchun avval markaz koordinatasi hisoblanadi, keyin affinni o‘zgartirishlar qo‘llanadi va yulduz chiziqlari qayta chiziladi. Agar k = k_max bo‘lsa, iteratsiya to‘xtatiladi; aks holda, farzand motivlar yana shu qoidaga asosan rekursiv hosil qilinadi. Chiziqlar silliqlanib, natija vektor yoki rastr formatida saqlanadi.

Amaliy realizatsiya uchun Python/Matplotlib muhitida prototip ishlab chiqildi. Bu yondashuv tezkor tajriba o‘tkazish, parametrlarni dinamik o‘zgartirish va natijalarni vizual taqqoslash imkonini berdi. Shu bilan birga, algoritmni keyinchalik C++, OpenGL, WebGL yoki CAD tizimlariga ko‘chirish ham mumkin.

3. NATIJALAR.

Tajriba uchun $n=8$, $\beta=0.42$, $q=0.46$, $\lambda=0.78$, $\Delta\theta=0.15$ rad va $m=4$ qiymatlari tanlandi. Ushbu parametrlar markaziy rozetta atrofida to‘rtta yo‘nalishda qatlamma-qatlam rivojlanadigan naqsh hosil qilish imkonini berdi. 6 ta iteratsiya bosqichida motivlar soni va vizual zichlikning o‘sishi kuzatildi.

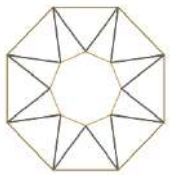
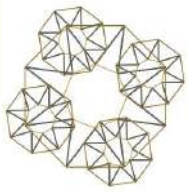
Quyidagi jadvalda har bir bosqich uchun parametrlarning hosilaviy qiymatlari, elementlar soni va natijaviy naqshlar keltirilgan. $R_0 = 1$ deb

ISSN 3030-3907

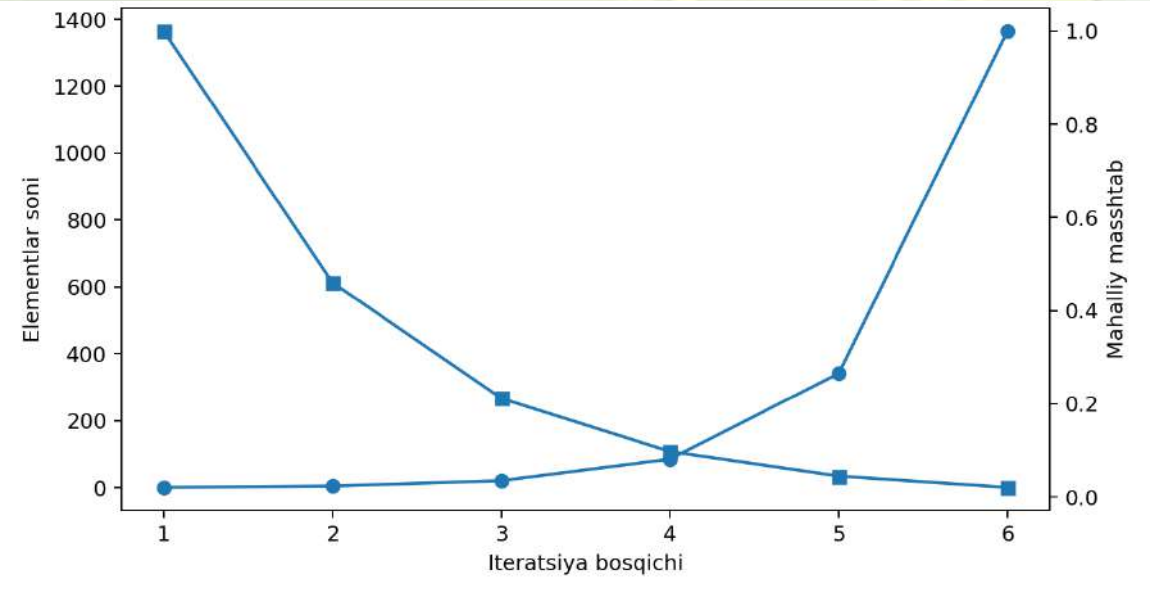
normallashtirilgan holda lokal radiuslar hisoblandi. Jadvaldagi tasvirlar algoritmning amaliy natijasini ko‘rsatadi.

1-jadval.

Iteratsiyaning 6 ta qadamidagi parametr qiymatlari va natijaviy naqshlar.

k	R_k	q^{k-1}	$\theta_{k\ (rad)}$	N_k	Qisqa tavsif	Naqsh
1	1.0	1.0	0.393	1	Boshlang‘ich shakl	
2	0.46	0.46	0.543	5	Markaz+4 tarmoq	
3	0.2116	0.2116	0.693	21	Ikkinchi qatlam	
4	0.0973	0.0973	0.843	85	Ko‘p qatlamli modul	
5	0.0448	0.0448	0.993	341	Zich kompozitsiya	
6	0.0206	0.0206	1.143	1365	Yuqori murakkablik	

ISSN 3030-3907



3-rasm. Iteratsiya qadamiga bog‘liq holda elementlar soni va masshtab koeffitsiyentining o‘zgarishi.

Jadval va rasmlardan ko‘rinadiki, 1-bosqichda naqsh yakkamotivli, geometrik jihatdan aniq va bo‘shliqlarga boy kompozitsiyadan iborat. 2- va 3-bosqichlarda markaziy rozetta atrofida qo‘shimcha yulduz modullari paydo bo‘lib, naqsh lokal takrorlanish va bog‘lovchi chiziqlar hisobiga boyiydi. 4-bosqichdan boshlab kompozitsiya sezilarli darajada zichlashadi va bo‘sh maydonlar kichik dekorativ bo‘limlarga ajraladi.

N_k formula bo‘yicha k=6 da umumiy motivlar soni 1365 taga yetadi. Bunda har bir motivning chiziqli o‘lchami $q^{(k-1)}$ ga kamaygani sababli umumiy kontur katta kompozitsiya chegaralarini saqlagan holda ichki detallarni ko‘paytiradi. Fraktal o‘lchovning taxminiy bahosi D≈1.81 bo‘lib, bu naqsh tekislikdagi to‘liq to‘ldiruvchi obyekt emas, balki o‘z-o‘ziga o‘xshash chiziqli-to‘rsimon struktura ekanini ko‘rsatadi.

Vizual kuzatishda 5-6 bosqichlarda naqshning amaliy ornament sifatidagi samaradorligi ikki xil yo‘nalishda namoyon bo‘ldi: bir tomondan, murakkablik va badiiy boylik ortdi; ikkinchi tomondan, juda mayda detal ko‘paygani sababli fasad plitkasi, ganch o‘ymakorligi yoki lazerli kesim uchun minimallashtirish va soddalashtirish zarurati paydo bo‘ldi. Shu jihatdan algoritm nafaqat generatsiya, balki optimallash vazifalariga ham xizmat qiladi.

4. MUHOKAMA.

Taklif etilgan model tarixiy naqshlarni nusxalashdan ko‘ra ularning konstruktiv mantig‘ini ifodalashga qaratilgan. Bu yondashuv an'anaviy ustachilik tajribasidagi modullilik, simmetriya va proporsional takrorlanish tamoyillarini raqamli shaklda qayta talqin qiladi. Kaplanning yulduz naqshlari bo‘yicha ishlari

ISSN 3030-3907

bilan solishtirilganda, ushbu maqoladagi yondashuv radial rozetta va fraktal rekursiyani birlashtirishi bilan farqlanadi [1]-[3].

Fraktal modelning afzalligi shundaki, bir nechta parametrlarni o‘zgartirish orqali milliy naqshning turli ko‘rinishlarini tez hosil qilish mumkin. Masalan, q koeffitsiyentining ortishi detallarni yirikroq qiladi, β kamayishi motivni o‘tkirlashtiradi, m ortishi esa kompozitsiyani ko‘proq to‘ldiradi. Demak, algoritm dizayner uchun boshqariladigan generativ muhit yaratadi.

Shu bilan birga, modelning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, real me’moriy naqshlar ko‘pincha sof fraktal emas; ularda kalligrafik element, o‘simliksimon islimiy shakllar yoki notekis kompozitsiyalar uchraydi. Ikkinchidan, material texnologiyasi - ganch, koshin, yog‘och o‘ymakorligi, tosh o‘ymakorligi - detalning minimal o‘lchamini cheklaydi. Uchinchidan, rang va relyef faktorlarini hisobga olmasdan faqat chiziqli model naqshning barcha estetik qatlamlarini ifodalay olmaydi.

Shunga qaramasdan, maqolada taklif etilgan model restavratsiya, parametrik dizayn va ta'lim uchun qulay hisoblanadi. U yo‘qolgan yoki shikastlangan qismlarni qayta konstruksiya qilish, talabalar uchun geometrik qonuniyatlarni vizuallashtirish, shuningdek zamonaviy media-fasad va interaktiv ekspozitsiyalarda algoritmik ornament hosil qilish imkonini beradi. Bu holat fraktal tafakkurning tarixiy naqshlarni o‘rganishdagi amaliy qiymatini tasdiqlaydi [7]-[10].

4.1. Amaliyotda qo‘llanilishi

1) Raqamli restavratsiya: yuqori aniqlikli surat yoki skan natijasidan tayanch kontur olinib, yetishmayotgan bo‘laklar model parametrlari orqali to‘ldiriladi.

2) Generativ dizayn: interyer paneli, vitraj, lazerli metal bezak, CNC kesma yoki fasad panjaralari uchun bir xil geometrik yadrodan turli variantlar olinadi.

3) Ta’limiy tizimlar: geometriya, algoritmlar va san’at integratsiyasini ko‘rsatish uchun iteratsiya jarayoni vizual laboratoriya sifatida ishlatiladi.

4) Ilmiy tahlil: naqshlarning murakkabligi, elementlar soni, simmetriya tartibi va fraktal o‘lchovi bo‘yicha qiyosiy tadqiqot o‘tkazish mumkin.

5. XULOSA.

Ushbu maqolada me’moriy obidalardagi fraktal tuzilishli islomiy va milliy naqshlarni vizuallashtirish uchun parametrik geometrik model va rekursiv algoritm taklif qilindi. Model yulduzsimon motiv, tayanch ko‘pburchak, affin o‘zgartirishlar va iterativ joylashtirish qoidalariga asoslandi.

Olti bosqichli tajriba natijalari naqsh murakkabligining boshqariladigan tarzda ortishini, motivlar soni va vizual zichlikning parametrlar bilan qat'iy

ISSN 3030-3907

bog‘liqligini ko‘rsatdi. Jadval va rasmlar yordamida har bir iteratsiya bosqichidagi natijalar aniq ko‘rsatildi.

Taklif etilgan yondashuvning ilmiy yangiligi shundaki, u tarixiy ornamentni statik tasvir sifatida emas, balki matematik qonuniyatlarga bo‘ysunuvchi generativ tizim sifatida ko‘rib chiqadi. Amaliy ahamiyati esa restavratsiya, raqamli meros, kompyuter grafikasi, generativ dizayn va muhandislik ta'limida namoyon bo‘ladi. Keyingi tadqiqotlarda rang sxemasi, tekstura, relyef chuqurligi, ko‘p qatlamli girih to‘rlari va mashinali o‘rganish asosida naqsh parametrlarini avtomatik identifikatsiya qilish yo‘nalishlari istiqbolli hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kaplan C.S. Computer Generated Islamic Star Patterns // Bridges Conference Proceedings. 2000.
2. Kaplan C.S., Salesin D.H. Islamic Star Patterns in Absolute Geometry // ACM Transactions on Graphics. 2004. Vol. 23, No. 2. P. 97-119.
3. Kaplan C.S. Islamic Star Patterns from Polygons in Contact // Graphics Interface. 2005. P. 177-185.
4. Critchlow K. Islamic Patterns: An Analytical and Cosmological Approach. London: Thames and Hudson, 1976.
5. Beneš B., Wilkie A., Křivánek J. Guided Procedural Modeling // Computer Graphics Forum. 2011. Vol. 30, No. 2. P. 325-334.
6. Merrell P., Manocha D. Model Synthesis: A General Procedural Modeling Algorithm // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2011. Vol. 17, No. 6. P. 715-728.
7. Abdelsalam M. Fractal Dimension of Islamic Architecture // Journal of Science. 2018. Vol. 31, No. 2. P. 77-90.
8. Patuano A. The Fractal Dimension of Islamic and Persian Four-Folding Gardens // Humanities and Social Sciences Communications. 2021. Vol. 8. Article 95.
9. Ibrahim I. Sustainability Implications of Utilizing Islamic Geometric Patterns in Design // Buildings. 2023. Vol. 13, No. 10. Article 2434.
10. Journal of Islamic Architecture. Algorithm Modeling in Islamic Geometric Pattern Reconfiguration: Case Study of Cheng Ho Mosque's Islamic Ornament. 2025. Vol. 8, No. 3.
11. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W.H. Freeman, 1982.
12. Barnsley M. Fractals Everywhere. 2nd ed. Boston: Academic Press, 1993.
13. Dawiec K., Rapacz P. Procedural Generation of Aesthetic Patterns from Dynamics of Discrete Systems // Applied Mathematics and Computer Science. 2017. Vol. 27, No. 4. P. 687-700.

ISSN 3030-3907

14. Branko Grünbaum, G.C. Shephard. Tilings and Patterns. New York: W.H. Freeman, 1987.
15. El-Said I., Parman A. Geometric Concepts in Islamic Art. London: World of Islam Festival Publishing, 1976.

ISSN 3030-3907

ANGREN KAOLINIDAN FOYDALANIB MIKROG'OVAKLI L-T12

presents the possibility of obtaining microporous adsorbents using Angren kaolin. Structural changes in kaolin during extraction with an adsorbent were also studied. A scheme for obtaining L-sorbents is presented.

Keywords: Angren kaolin, metakaolin, adsorbent, aluminosilicate.

KIRISH.

Adsorbentlar tuzilishi bir qator strukturaviy va g'ovak-teksturali xususiyatlarga ega, masalan, har xil o'lchamdagi g'ovaklar, bo'shliqlar va kanallarning mavjudligi (ulьtramikrodan mezog'ovaklargacha), almashinuv kationlarining mavjudligi va turli xil moddalar sirtdagi faol markazlar, alohida qatlamlarga eksfoliatsiya qilish bilan interkalatsiya qilish imkoniyatini beradi [1]. Kristall o'lchami va morfologiyasi boshlang'ich mahsulot tarkibini (suv, ishqor yoki oksid nisbati), shuningdek, isitish sharoitlarini (isitish tezligi va harorat) sozlash orqali nazorat qilinadi. O'lchamlari nanometrdan mikrometrgacha bo'lgan disk shaklidagi L adsorbentlari haqida allaqachon xabardor qilingan [2, 7].

Mualliflar mikroto'lqinli isitish yordamida ham adsorbent sintezini sinovdan o'tkazishgan. Bugungi kunda mikroto'lqinli isitish zamonaviy organik sintez va nanozarrachalar va nanostrukturalarni ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan usuldir. Bu usul, odatda, energiya sarfini kamaytirishga, sintez jarayonining unumdorligi, qayta qo'llash va atrof-muhitga zarar kamaytirishga yordam beradi [3, 4]. Mikroto'lqinli pech yordamida isitishning asosiy xususiyatlari harorat aniqligini nazorat qilish orqali issiqlikni bir hil taqsimlanishini ta'minlash mumkin. Bu esa, pech va namunalar ichidagi haroratning farqlanishini oldini oladi.

Yuqoridagi usulda an'anaviy pechlar uchun oldingi adabiyotlarda keltirilgan optimal sharoitlarni bir qismi bo'lishi va ularni mikroto'lqinli isitish uchun qo'llash orqali L adsorbentining gidrotermal sintezini tavsiflashga qaratilgan [2]. Reaktsiya sharoitlarining (isitish tezligi, vaqt, harorat va turli sharoitlar) hosil bo'lgan kristallarning o'lchamiga, tuzilishi va kimyoviy xossalariga ta'siri o'rganilgan. Shunday qilib, L adsorbent [5] kristallari gel tarkibini va yuqorida aytib o'tilgan reaktsiya sharoitlarini qo'llash orqali sintez qilingan.

Tadqiqot ob'ekti va usullari. Odatda, adsorbentlarni laboratoriyada sintez qilish gidrotermik vositalar bilan amalga oshiriladi. Ushbu yondashuvda kremniy manbai, alyuminiy manbai va gidroksid manba yopiq tizimdagi suv bilan birlashtiriladi va avtogen bosim ostida isitiladi (50-250°S gacha). Gidrotermal reaktsiya amorf alyuminosilikatli aralashma va kristalli alyuminosilikatli aralashmasi adsorbentga bosqichma-bosqich aylanishi bilan tavsiflanadi. Bu jarayon bir necha soatdan bir necha kungacha davom etadi [6].

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar va muhokamalar. Amorf kremniy dioksid - alyuminiy oksid nanog'ovakli materiallar kimyo va neft-kimyo sanoatida metall va oksidli tizimlar uchun tashuvchi sifatida ishlatiladi. Ularning geterogen katalizda ishlatilishi, xuddi adsorbentlar kabi, kislota-ishqor xossalarining mavjudligi bilan bog'liq bo'lib, ular o'z navbatida katalizatorning faolligi va selektivligiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Zol-gel usuli odatda alyuminiyning silikat tuzilishiga qo'shilish darajasi va qo'shma strukturaning shakllanishiga qarab tartibsiz amorf alyuminosilikatlar yoki aralash oksidli tizimlarni ishlab chiqaradi. Adabiyotda katalizatorlar va keramika, oynalar va membranalar ishlab chiqarish uchun alyuminosilikatlarning zol-gel sintezi xillari bo'yicha ko'plab nashrlar mavjud. Silanlar, alyuminiy nitrat yoki alyuminiy xlorid kabi alyuminosilikat gellarning zolь-gelь sintezida alyuminiy va kremniyning an'anaviy manbalaridan tashqari kaolindan foydalanish mumkinligi isbotlandi. SiO2-Al2O3 sintezida alyuminiy alkooksidlaridan foydalanish alyuminiy va kremniy alkooksidlari faolligidagi katta farq bilan cheklanadi. Tetraetoksisilanning sekin gidrolizi uchun zarur bo'lgan suv miqdori alyuminiy gidroksidining tez cho'kishi uchun yetarli, alyuminiy va kremniy oksidlarining ikkita alohida fazasi Si-O-Al geterobondlari hosil bo'lmasdan kondensatsiyalanadi. Bu muammo bir necha usul bilan xal qilish mumkin. Birinchi holda, suvning minimal miqdori yoki undan past haroratlar yordamida butun tizimning gidrolizlanish tezligi sekinlashadi. Alyuminiyning gidrolizlanishini sekinlashtiruvchi vositalar, masalan, 2-metoksietanol yoki alyuminiy diketonatlarning hosil bo'lishiga olib keladigan murakkab xelatlashtiruvchi vosita, atsetilatseton ham qo'llaniladi.

Tadqiqot ishida Respublikada mavjud bo'lgan Angren kaolinini alyuminosilikat manbai sifatida tanlab olindi. Uning tarkibiy qismi quyidagicha (1-jadval):

1-jadval.

Angren kaolinining kimyoviy tarkibi

Модда	Al_2O_3	CaO	Fe_3O_4	K_2O	MgO	Na_2O	P_2O_5	SiO_2	TiO	Boshqa moddalar
%	35,1	1,24	0,8	0,283	0,723	4,69	0,07	48,9	0,605	7,589

Kaolin tarkibi adsorbent sinteziga salbiy ta'sir qiluvchi qo'shimcha birikmalardan tozalab olindi. Bunda, birinchi bosqichda, dastlab sulfat kislotaning 2% li eritmasidan va keyin xlorid kislotaning 5% li eritmalaridan foydalanildi. Bu jarayon 200^0C haroratda qizdirib olib boriladi. Ikkinchi bosqichda, esa 3% li natriy ishqori eritmasida 300^0C haroratda olib borildi (2- jadval).

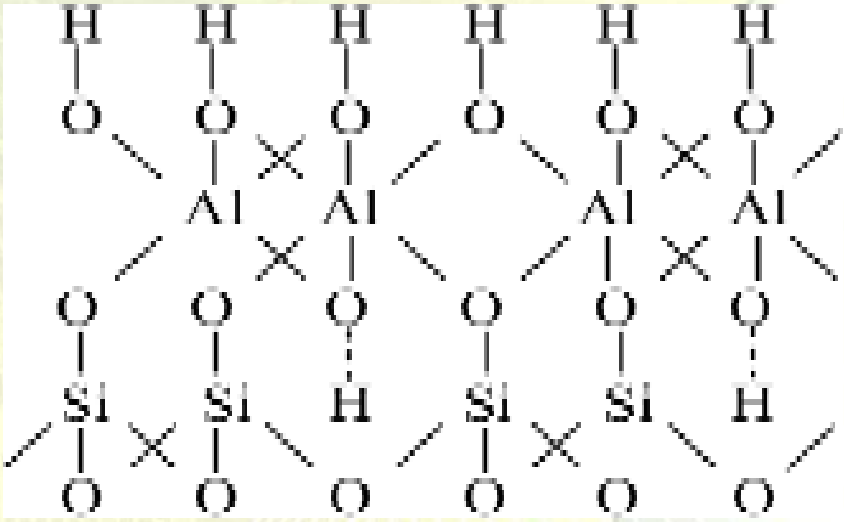
2-jadval.

Tozalangan kaolin tarkibi

ISSN 3030-3907

Modda	Al_2O_3	Na_2O	SiO_2	Fe_3O_4	Boshqa moddalar
%	38,4	5,5	54,6	0,1	1,4

Kaolin kristalli tabiiy alyuminosilikat bo‘lib, unda kremniy oksidining alyuminiy oksidiga molyar nisbati 1,0 - 1,15 ni tashkil qiladi. Kaolin kremniy-kislorodli tetraedr va alyuminiy-kislorod oktaedrlarining takroriy qatlamlari natijasida hosil bo‘lgan qatlamli tuzilishga ega (1-rasm).



1-rasm. Kaolin strukturasi.

Havoda qizdirilganda kaolin bir necha o‘zgarishlar bosqichidan o‘tadi. Birinchi, 550- 650°C haroratda endotermik suvsizlanish tufayli metakaolinning (alyuminiy disilikat), tartibsiz (amorf) fazasi hosil bo‘ladi. Metakaolinning tuzilishi bu amorf kremniy va alyuminiy oksidlarining aralashmasidir.

Metakaolin 925°C gacha termik barqaror. Yuqori haroratda u amorf holatidan kristall holatga, ya'ni nuqsonli alyuminosilikat shpineliga aylanadi. Qizdirish haroratining 1050°C gacha ko‘tarilishi shpinelning mullit va kristobalitga aylanishiga olib keladi.

Quyida kaolinning termal o‘zgarishlar diagrammasi keltirilgan;

$$Al_2Si_2O_5(OH)_4 \xrightarrow{550\text{-}650^oC} 2Al_2Si_2O_7 + 4H_2O$$

$$2Al_2Si_2O_7 \xrightarrow{925\text{-}950^oC} Si_3Al_4O_{12} + SiO_2$$

$$3Si_3Al_4O_{12} \xrightarrow{1050^oC} 2Si_2Al_6O_{13} + 5SiO_2$$

Adsorbentlarning adsorbsion xossalarini o‘rganish strukturaviy tavsiflash va amaliy qo‘llash imkoniyatlari haqida foydali ma'lumotlarni beradi. Adsorbsion o‘lchovlar yordamida ma'lum bir adsorbentning tuzilishi bilan bog‘liq bo‘lgan turli omillar (masalan, kanal o‘lchamlari, g‘ovak hajmi, kation joylashuvi va boshqalar) bo‘yicha ma'lumotlarni olish mumkin.

L markadagi adsorbentlarda turli moddalar adsorbsiyasini o‘rganish alohida qiziqish uyg‘otadi. Ushbu adsorbentlar adsorbsiyasi strukturada mavjud bo‘lgan kationlar turi va soniga bog‘liq. Adsorbsiya joylari orasidagi bo‘shliq katta

ISSN 3030-3907

bo‘lganligi sababli, adsorbent adsorbsiya hatti-harakatlarini modellashtirish uchun qulaydir. L markadagi adsorbentlardan asosan gazlarni zararli aralashmalardan tozalash, moddalarni ajratish uchun ishlatiladi.

Adsorbentlardagi kanallar va bo‘shliqlarning maksimal o‘lchamlari 1-1,5 nm ga yetishi mumkin. Karkasning alyuminiy-kislorodli tetraedrlarining manfiy zaryadlarini qoplaydigan gidroksidi va ishqoriy yer metallar kationlari kristall panjaraning bu bo‘shliqlarida joylashgan bo‘lib, ular hajmining nisbatan kichik qismini egallaydi. Adsorbentlar alyumosilikat gellarining gidrotermal kristallanishi (asoslar asosida alyuminiy va kremniy oksidlari eritmalarini aralashtirish) natijasida hosil bo‘ladi.

Tabiiy kaolindan tayyorlangan adsorbentlarda kaolin tarkibidagi Fe, Ti, Mn, Ca, Mg, Ni kabi begona elementlar borligi tufayli sintez qilishda birmuncha qiyinchiliklar yuzaga keladi. Chunki bu elementlar adsorbentning qattiqligi va katalitik xususiyatlariga, shuningdek, ishlab chiqarish unumdorligiga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin.

Kaolin odatda 500-900ºC gacha bo‘lgan haroratda ishlov berilgandan keyin ishlatiladi. Unga ishlov berganda metakolinda ko‘proq reaktiv faza, suv chiqib ketishi bilan AlO_6 oktaedr strukturasining kamroq qismi saqlanib qoladi. Tadqiqot natijasida mahalliy tabiiy kaolindan NaXL adsorbenti sintez qilindi. Alumosilikat asosidagi material (NaX tip zeolit) sintezi bosqichlari ko‘rsatilgan. Texnik glinozemdan γ-Al_2O_3 va kaolindan metakaolin olinib, ular 12% NaOH eritmasi bilan aralashtirilib alumosilikatli aralashma hosil qilinadi. Aralashma 1:2 nisbatda 60°C da 24 soat davomida aralashtirilib gel hosil qilinadi. Hosil bo‘lgan massa distillangan suvda yuvilib, filtrlanadi va 75–120°C da quritiladi. So‘ng material avtoklavda 140–250°C da 48 soat davomida gidrotermal ishlovdan o‘tkaziladi. Natijada NaX tipidagi kristall zeolit olinadi.

Buning uchun dastlabki bosqichda kaolinga 900oC gacha bo‘lgan haroratlarda ishlov berildi va metakaolin olindi. Metakaolin tarkibiy mollar nisbati – (SiO2/Al2O3)=3:1 ni olish uchun NaOH eritmasi va γ – Al_2O_3 eritmasi bilan aralashtirildi. Reaksiya aralashmasi uchun ($NaOH/Al_2O_3$)=1,1:1 va (H2O/NaOH)=8:1 nisbatli birikmalar ishlatildi. Olingan namuna 60–350ºC harorat oralig‘ida 24 soat davomida yopiq idish hamda avtogen bosimda ishlov berildi. Mexanik va kimyoviy ishlov berish orqali faollashtirilgan kaolindan adsorbent NaXL eritmasi olindi. Olingan eritma muhitini neytrallash uchun distillangan suvda chayildi va eritma 48 soat davomida 120ºC haroratda quritildi.

XULOSA. Mahalliy Angren kaolinidan foydalanib, kremniy va alyuminiy oksidli mikrog‘ovakli adsorbentlar olish uchun xom ashyo bazasini tadqiq qilindi. Boyitilgan AKF- 78 markali Angren kaolini va glinozemdan foydalanib

ISSN 3030-3907

mikrog‘ovakli adsorbent olishning usullari tanlandi. Mikrog‘ovakli adsorbent olish uchun gidrotermal usuldan foydalanish kremniy va alyuminiyni biri biriga bog‘lashda qulay sharoit hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. Бушаев Ю.Г. Цеолиты. Компьютерное моделирование цеолитных материалов: учебное пособие / Ю.Г. Бушаев. - Иваново: ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2011. – 225 с.
2. Zabala A., Brühwiler D., Ban T., Calzaferri G. Synthesis of zeolite L. Tuning size and morphology. Monatschefte für Chemie. 2005;136:77-89. DOI: 10.1007/s00706-004-0253-z.
3. Tompset GA, Conner WC, Yngvesson KS. Microwave synthesis of nanoporous materials. Chemphyschem. 2006;7:296-319. DOI: 10.1002/cphc.200500449
4. Bilecka I, Niederberger M. Microwave chemistry for inorganic nanomaterials synthesis. Nanoscale. 2010;2:1358-1374. DOI: 10.1039/B9NR00377K
5. Marthnez-Marthnez V., Garcha R., Sola-Llano R., Gymez-Hortigela L., Sola-Lano R., Prez-Pariente J., Lypez- Arbeloa I. Highly luminescent and optically switchable hybrid material by one-pot encapsulation of dyes into MgAPO-11 unidirectional nanopores. ACS Photonics. 2014;1:205-211. DOI: 10.1021/ph4000604
6. Xu, S.L.; Yun, Z.; Feng, Y.; Tang, T.; Fang, Z.X.; Tang, T.D. Zeolite Y nanoparticle assemblies with high activity in the direct hydration of terminal alkynes. RSC Adv. 2016, - v. 6, p. 69822–69827. [CrossRef].
7. Lupulescu AI., Kumar M., Rimer JD. A facile strategy to design zeolite L crystals with tunable morphology and surface architecture. Journal of the American Chemical Society. 2013;135:6608-6617. DOI: 10.1021/ja4015277.

ISSN 3030-3907

UDK: 621.316.9

KO‘CHMA YERGA ULAGICHLARNING QISQA TUTASHUV TOKLARIGA CHIDAMLILIGINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Xushboqov Baxtiyor Xudoymurodovich
TerDMAU “Energetka” kafedrasi dotsenti, t.f.n.
Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich
TerDMAU “Energetika” kafedrasi katta o‘qituvchisi
Shaymanov Maxam Raimovich
TerDMAU “Energetika” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Tadqiqotda 10/0,4 kV kuchlanishli transformator podstansiyalarida ko‘chma yerga ulash (KYU) qurilmalaridan foydalanishning texnik va tashkiliy jihatlari o‘rganilgan. Tadqiqot Termiz mintaqasidagi elektr inshootlarida o‘tkazilgan kuzatuvlarni MATLAB/Simulink muhitidagi virtual simulyatsiyalar bilan birlashtiradi. KYU o‘tkazgichlarining qisqa tutashuvdagi termik barqarorligini hisoblash uchun matematik model ishlab chiqildi ($I_{q.t.}$=3 kA). Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Termiz viloyatidagi yuqori harorat va chang kabi ekologik omillar kontakt qarshiligini oshirib, KYUning ishonchliligini pasaytiradi. Taklif etilayotgan monitoring usuli ekspluatatsiya xavfsizligini ancha oshirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: ko‘chma yerga ulash, elektr xavfsizligi, termik chidamlilik, MATLAB/Simulink, qisqa tutashuv, Termiz mintaqasi.

Аннотация. В данной работе исследуются технические и организационные аспекты эксплуатации переносных заземлений (ПЗ) на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ. Исследование сочетает натурные наблюдения на электроустановках Термезского региона с виртуальным моделированием в среде MATLAB/Simulink. Разработана математическая модель для расчета термической стойкости проводников ПЗ при токах короткого замыкания ($I_{кз}$=3 kA). Результаты показывают, что специфические экологические факторы региона, такие как высокая температура и запыленность, увеличивают переходное сопротивление контактов, снижая надежность ПЗ. Предложенная методика мониторинга позволяет повысить безопасность эксплуатации.

Ключевые слова: переносное заземление, электробезопасность, термическая стойкость, MATLAB/Simulink, короткое замыкание, Термезский регион.

Abstract. This study examines the technical and organizational aspects of operating portable grounding systems (PGS) in 10/0.4 kV transformer substations. The research integrates field observations from electrical facilities in the Termez

ISSN 3030-3907

region with virtual simulations performed in the MATLAB/Simulink environment. A mathematical model was developed to calculate the thermal stability of PGS conductors under short-circuit conditions (I_{sc}=3 kA). The results indicate that regional environmental factors, such as high temperatures and dust accumulation, increase contact resistance, thereby reducing the reliability of PGS. The proposed monitoring methodology enables an increase in operational safety.

Keywords: portable grounding, electrical safety, thermal stability, MATLAB/Simulink, short circuit, Termez region.

KIRISH.

Zamonaviy energetika tizimlarida elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlarida xodimlarning xavfsizligini ta'minlash eng ustuvor vazifa bo‘lib qolmoqda. O‘zbekiston Respublikasining energetika strategiyasi doirasida elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish va «Aqlli tarmoqlar» (Smart Grid) texnologiyalarini joriy etish jadal sur’atlarda amalga oshirilmoqda. Biroq, texnik mukammallikdan qat’iy nazar, ekspluatatsiya jarayonida inson omili va xavfsizlik vositalarining samaradorligi masalasi dolzarbligini yo‘qotgani yo‘q.

Elektr qurilmalarida ishlash paytida inson hayotini saqlab qoluvchi eng so‘nggi texnik himoya vositasi - bu ko‘chma yerga ulagichlar (KYU) hisoblanadi. KYU ning asosiy vazifasi - ish joyiga noto‘g‘ri kuchlanish berilganda yoki induksiyalangan kuchlanish paydo bo‘lganda, qisqa tutashuv tokini yerga xavfsiz yo‘naltirish orqali xodimni himoya qilishdir.

Termiz mintaqasining o‘ziga xos iqlimiy xususiyatlari - yuqori havo harorati (yozda), qum bo‘ronlari va yuqori darajadagi chang - elektr qurilmalarining kontakt yuzalariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bu esa KYU ning kontakt qarshiligini oshirib, favqulodda holatlarda uning termik chidamliligini pasaytiradi. Ushbu tadqiqot aynan mana shu ekstremal sharoitlarda KYU ning ishlash samaradorligini virtual laboratoriya simulyatsiyasi va amaliy kuzatuvlar asosida tahlil qilishga qaratilgan.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Elektr xavfsizligi va yerga ulash tizimlari bo‘yicha dunyo miqyosida ko‘plab tadqiqotlar o‘tkazilgan. Xususan, IEEE 80-2013 standarti («IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding») yerga ulash tizimlarini loyihalashda inson tanasidan o‘tadigan xavfsiz tok miqdorini aniqlashning fundamental asoslarini beradi [1, 2, 3].

Rossiyalik olimlar, masalan, A.I. Selyanin va V.A. Vorobevlar o‘z ishlarida ko‘chma yerga ulagichlarning dinamik va termik mustahkamligini hisoblash usullarini takomillashtirganlar. Ularning ta’kidlashicha, qisqa tutashuv toki vaqtida

ISSN 3030-3907

KYU simlarining harorati misning mexanik xususiyatlari o‘zgaradigan chegaradan (250℃) oshmasligi kerak [4,5].

Biroq, aksariyat tadqiqotlar o‘rtacha iqlim sharoitlari uchun mo‘ljallangan. O‘rta Osiyo, xususan, Termiz kabi arid (quruq va issiq) iqlim sharoitida KYU simlarining korroziyaga uchrab, tolalarining uzilishi va kontakt yuzalarining oksidlanishi masalasi kam o‘rganilgan. L.M. Vaynshteyn kabi mutaxassislar elektr qurilmalaridagi xavfsizlik vositalarining ishonchliligini inson omili bilan bog‘laydilar. Bizning tadqiqotimiz esa ushbu inson omilini texnik parametrlar (kontakt qarshiligi va termik qizish) bilan bog‘lagan holda ***MATLAB/Simulink*** muhitida virtual simulyatsiya qilish orqali mavjud ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga harakat qiladi [6, 7].

AMALIY HOLAT TAHLILI.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti energetika kafedrasi tomonidan hududiy elektr tarmoqlari korxonalari bilan hamkorlikda o‘tkazilgan o‘rganishlar (1-3 rasmlar) shuni ko‘rsatadiki, amaliyotda quyidagi muammolar mavjud [8, 9]:

1. Kontakt yuzalarining holati: 10/0.4 kVli transformator punktlarida (TP) ko‘chma yerga ulagichlarni o‘rnatishda kontakt yuzalari ko‘p hollarda oksid qatlami bilan qoplangan (1-rasm). Bu o‘tish qarshiligining keskin ortishiga olib keladi.



1-rasm. Ko‘chma yerga ulagichlarni o‘rnatishda kontakt yuzalari ko‘p hollarda oksid qatlami bilan qoplanganligi aks etgan lavha



2-rasm. Texnik yo‘riqnoma o‘tkazish jarayonidan lavha

ISSN 3030-3907

2. Tashkiliy choralar: Ish boshlashdan oldin o‘tkaziladigan yo‘riqnomalar (2-rasm) muhim bo‘lsa-da, KYUning texnik yaroqliligini tekshirish uchun maxsus asboblar (mikroommetrlar) kam hollarda qo‘llaniladi.

3. Atrof-muhit ta'siri**:** Yuqori changlanish darajasi KYUning egiluvchan mis tolalarini mo‘rtlashishiga sabab bo‘ladi.

METODOLOGIYA VA SIMULYATSIYA

Ushbu tadqiqotda ko‘chma yerga ulagichning (KYU) favqulodda ish rejimi ikki xil yondashuv asosida tahlil **qilindi: analitik hisoblash va kompyuterli simulyatsiya.**

Analitik hisoblash metodikasi

KYU simlarining termik bardoshligini aniqlash uchun issiqlik balansi tenglamasidan foydalanildi. Qisqa tutashuv davomiyligi juda kichik $(t < 1s)$ bo‘lganligi sababli, atrof-muhitga issiqlik chiqishi hisobga olinmaydigan adiabatik jarayon deb qaraldi.

Simning qizish harorati quyidagi differensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$m \cdot C_p \cdot \frac{dT}{dt} = I^2(t) \cdot R(T)$$

bunda:

m- mis simning massasi (kg);

C_p - misning solishtirma issiqlik sig‘imi (385-400 J/(kg· ℃)

I(t)- qisqa tutashuv tokining oniy qiymati (A)

R(T) - haroratga bog‘liq bo‘lgan qarshilik (Om).

Tenglamaning integrallangan yakuniy ko‘rinishi:

$$t = \frac{m \cdot C_p}{I^2 \cdot R_0 \cdot \alpha} \cdot \ln(1 + \alpha(T_{\max} - T_0))$$

Harorat ortishi bilan qarshilikning o‘zgarishi quyidagi chiziqli bog‘liqlikka ega:

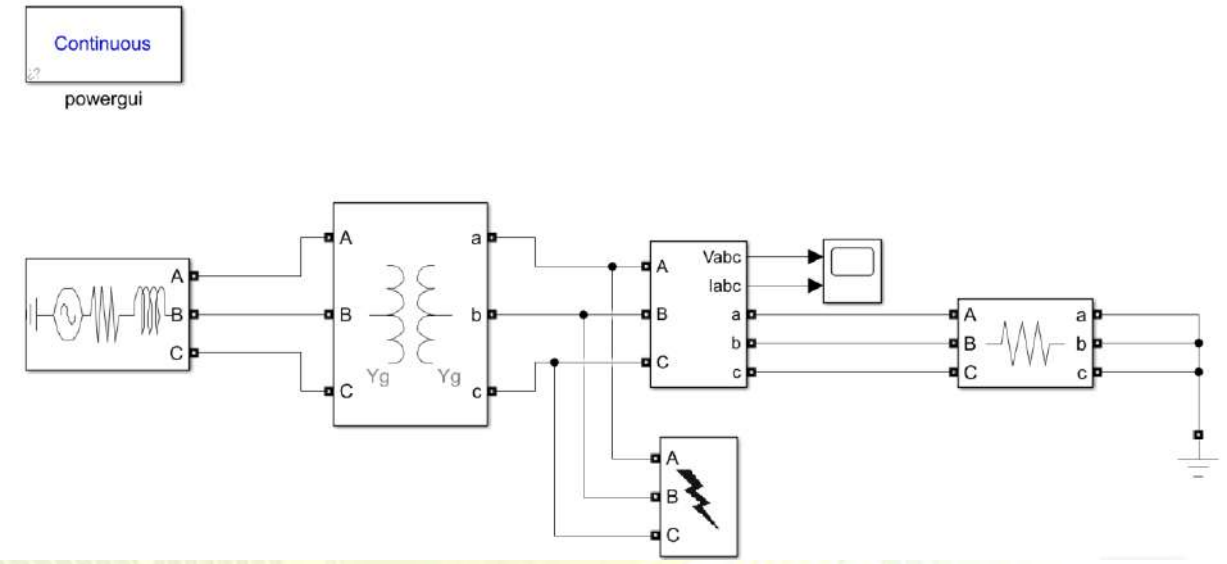
$$R(T) = R_0\,[1 + \alpha(T_{\max} - T_0)]$$

bu yerda $\alpha = 0.00393\ ^0C^{-1}$ (mis uchun harorat koeffitsiyenti). Ushbu formula Termiz sharoitida (boshlang‘ich harorat $T_0 = 40 - 50\ ^0C$ KYU ning qarshiligi nominal qiymatdan ancha yuqori bo‘lishini ko‘rsatadi.

MATLAB/Simulink muhitida modelni shakllantirish

Virtual laboratoriya tajribasi uchun 10/0.4 kV kuchlanishli transformator podstansiyasining to‘liq modeli **Simscape Electrical** kutubxonasida yig‘ildi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. 10/0,4 kV kuchlanishli transformator podstansiyasining Simscape Electrical kutubxonasida yig‘ilgan to‘liq modeli

Modelning tarkibiy qismlari:

1. Three-Phase Source: 110 kVli tizim manbasi, qisqa tutashuv quvvati $S_{sc} = 1000\ MVA$.

2. Power Transformer: 1600 KV A quvvatli, 10/0.4 kV kuchlanishli pasaytiruvchi transformator.

3. Fault Block: 10 kVli shinalarda uch fazali yerga qisqa tutashuvni hosil qiluvchi blok.

4. Portable Grounding Model: Bu blok KYUning 16 mm^2 kesimli mis simini ifodalaydi. Uning parametrlari Termiz iqlimidagi oksidlanishni hisobga olgan holda o‘zgaruvchan qilib belgilandi.

SIMULYATSIYA SSENARIYLARI

Maqolada natijalarni kengaytirish uchun uchta ssenariy ishlab chiqildi:

1-Ssenariy (Ideal holat): Yangi KYU, kontakt qarshiligi $R_{con} = 0{,}001\ \Omega$, rele himoyasining ishlash vaqti t=1.0 s

2-Ssenariy (Ekspluatatsiya holati): Ishlatilgan KYU, kontaktlar oksidlanishi hisobiga

$$R_{con} = 0{,}05\ \Omega,\ \ t = 0.05s$$

3-Ssenariy (Kritik holat): Chang va korroziya yuqori, $R_{con} = 0{,}05\ \Omega$, rele himoyasi kechikishi $t = 1{,}0\ s$

Termik chidamlilik: Agar KYU simi misdan bo‘lsa va kesimi 25 mm^2 bo‘lsa, u bu tokka necha sekund bardosh bera oladi? (Erish haroratigacha bo‘lgan vaqt). Xalqaro standartlar (IEC 60364-5-54) bo‘yicha simning qisqa tutashuvga bardosh berish vaqti (t) quyidagicha topiladi:

ISSN 3030-3907

$$t = \left(\frac{k \cdot S}{I}\right)^2$$

bu yerda: t - ruxsat etilgan vaqt (sekundda); S - sim kesimi ($25mm^2$); I – o‘tayotgan tok kuchi (Amperda); k - misning issiqlik koeffitsiyenti.

Koeffitsiyent (k) qiymati

Mis uchun qiymati izolyatsiya turiga qarab o‘zgaradi (chunki erishdan oldin izolyatsiya yonib ketishi hisobga olinadi):

- PVX izolyatsiyali mis sim uchun: k=115
- Rezina yoki polietilen izolyatsiyali mis sim uchun: k=143

Namuna: Faraz qilaylik, tizimda (2 kA) tok paydo bo‘ldi (mis sim rezina izolyatsiyali deb olamiz):

1-jadval

Turli tok kuchlari uchun bardosh berish vaqti jadvali *(S=25 mm² uchun)*

Tok kuchi (I)	Bardosh berish vaqti (t)	Izoh
500 A	~51 sekund	Uzoq vaqt, himoya avtomati o‘chishga ulguradi.
1000 A	~12.8 sekund	Sim sezilarli qiziydi.
3000 A	~1.4 sekund	Juda tez erish xavfi.
5000 A	~0.5 sekund	Oniy (momental) erish.

Erish harorati: Misning erish harorati atrofida. Lekin amaliyotda sim darajaga yetganda uning izolyatsiyasi yonib bitadi va yong‘in kelib chiqadi. Shuning uchun «erish vaqti» deganda energetiklar ko‘pincha izolyatsiyaning buzilish vaqtini nazarda tutishadi.

Demak *25 mm²* kesimli mis sim juda baquvvat hisoblanadi (normal holatda 100-120 Ampergacha doimiy tokka chidaydi). Agar tok kuchi qisqa tutashuv natijasida bir necha kA ga ko‘tarilsa, simning erishiga 1 sekunddan 5 sekundgacha vaqt ketadi.

Endi I=3 kA uchun ko‘rib chiqaylik

Bizda quyidagi ma'lumotlar bor:

S=25 mm²:

I=3 kA;

K=115 (PVX izolyatsiya uchun) yoki k=143 (rezinali izolyatsiya uchun)

Birinchi holat uchun: Standart PVX izolyatsiyali sim (oddiy simlar) uchun

$$t = \left(\frac{115 \cdot 25}{3000}\right)^2 \approx 0.92\ s.$$

Ikkinchi holat yani chidamli rezina izolyatsiyali sim (maxsus kabellar) uchun

ISSN 3030-3907

$$t = \left(\frac{143 \cdot 25}{3000}\right)^2 \approx 1{,}42\ s.$$

Olingan qiymatni tahlil qilsak, 3 kA tok o‘tganda, 25 mm^2 sim taxminan 1 sekund atrofida bardosh bera oladi. Bu juda qisqa vaqt. Agar tizimdagi avtomat o‘chirgich yoki saqlagich 0.1 - 0.5 sekund ichida ishlamasa, simning izolyatsiyasi erib, yonib ketadi. Agar korxonada yoki xonadonda qisqa tutashuv toki 3 kA ga yetishi mumkin bo‘lsa (bu podstansiyaga yaqin joylarda bo‘ladi), u holda 25 mm^2 simni himoya qiluvchi avtomatning o‘chish vaqti albatta 1 sekunddan kamroqqa sozlanishi shart.

Qisqa tutashuv paytida KYU simi fazalararo qancha kuch bilan tortiladi yoki itariladi?

Bu hisob-kitob shinalar va kabellarning elektrodinamik mustahkamligini tekshirish deb ataladi. Qisqa tutashuv paytida oqayotgan katta tok (3 kA) simlar atrofida kuchli magnit maydoni hosil qiladi, bu esa simlarning bir-biriga urilishi yoki uzilib ketishiga sabab bo‘ladi.

Parallel joylashgan ikki o‘tkazgich orasidagi o‘zaro ta'sir kuchi (F) quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \frac{\mu_{0=}\ I_1 . I_2 \cdot L}{2\pi \cdot a}$$

Sanoat chastotasidagi o‘zgaruvchan tok va amaliy hisoblar uchun soddalashtirilgan formula:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_{sh}^2 \cdot L}{\alpha}$$

bu yerda: F - o‘tkazgichlar orasidagi kuch [N]; I_{sh}^2 - qisqa tutashuv tokining zarba qiymati (3 kA); L - simning uzunligi (odatda 1m uchun hisoblanadi); a - simlar markazlari orasidagi masofa (m).

Faraz qilaylik, sizda ikki faza simi bir-biridan a = 10 cm masofada joylashgan va ular orqali 3 kA tok o‘tyapti. Sim uzunligi L = 1 m.

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{3000^2 \cdot 1}{0{,}1} = 18 \frac{N}{m}$$

18 N≈1,83 kg (har bir metr simga to‘g‘ri keladigan kuch).

Agar toklar bir xil yo‘nalishda bo‘lsa, simlar bir-biriga tortiladi. Agar qarama-qarshi yo‘nalishda (faza va nol yoki ikki faza) bo‘lsa, simlar bir-biridan itariladi. Real amaliyotda qisqa tutashuvning birinchi millisekundlarida zarba toki qiymati o‘rtacha qiymatdan 1,8 – 2,5 barobar yuqori bo‘ladi. Agar zarba toki 3 kA bo‘lsa, yuqoridagi natija to‘g‘ri. Agar nominal 3 kA bo‘lib, zarba toki 7,5 kA ga chiqsa, kuch 6 barobardan ko‘proqqa ortadi (112 N yoki 11.5 kg/m gacha). 25 mm^2

ISSN 3030-3907

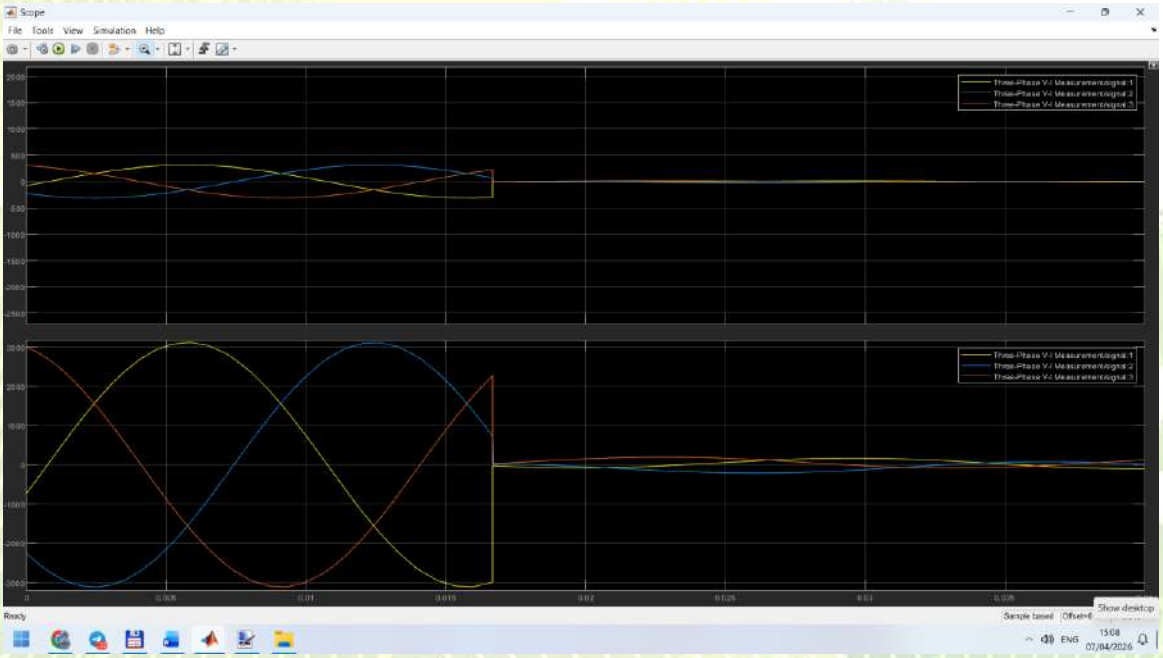
kesimli mis simning o‘zi bunday mexanik kuchga (18 – 100 N) osongina bardosh beradi (misning uzilish mustahkamligi juda yuqori).

Simning uzilib ketmasligi uchun asosan uning mahkamlangan joylariga (izolyatorlar, qisqichlar) e‘tibor berish kerak:

Agar simlar orasidagi masofa juda yaqin bo‘lsa (masalan, 2-3 cm), kuch keskin ortadi. Bunday holda simlarni har 50 cm masofada xomutlar bilan mahkamlash tavsiya etiladi. Qisqa tutashuvda simlar bir-biriga urilib, izolyatsiyani mexanik shikastlashi mumkin. Bu esa takroriy yoki davomiy qisqa tutashuvga sabab bo‘ladi. 3 kA tokda 25 mm^2 simning o‘zi uzilmaydi, lekin agar u bo‘sh osilgan bo‘lsa, «sakrab» ketishi va konstruksiyalarga urilishi mumkin.

NATIJALAR VA TAHLIL

Simulyatsiya natijasida olingan grafiklar (4-rasm) KYUning hayotiy siklini tushunishga yordam beradi.



4-rasm. Ko‘chma yerga ulagichning (KYU) eng og‘ir ish rejimini, ya’ni uch fazali qisqa tutashuv holati modeli

Qisqa tutashuv sodir bo‘lgan ilk 0,01 sekundda tokning zarba qiymati (aperiodik tashkil etuvchi bilan) 12-15 kA gacha yetdi. Bu KYU qisqichlariga katta elektrodinamik kuch beradi. Agar qisqichlar (1-rasmdagi kabi) yaxshi mahkamlanmagan bo‘lsa, ushbu kuch ta’sirida ular joyidan chiqib ketishi mumkin. Virtual laboratoriyada olingan ma’lumotlar asosida quyidagi kengaytirilgan jadval tuzildi:

ISSN 3030-3907

2-jadval

Virtual laboratoriyada olingan ma’lumotlar asosida termik natijalar jadvali

Parametr	Ssenariy 1	Ssenariy 2	Ssenariy 3
QT toki (kA)	3,0	3,0	3,0
Kontakt qarshiligi (Om)	0,001	0,05	0,1
Maksimal harorat (℃)	85	165	**310**
KYU holati	Soz	Qizigan	**Erimoqda / Uzilish**

GRAFIK TAHLILI (MAQOLA UCHUN NATIJALAR):

Normal holat (0 dan 0.016 s gacha): Tizim barqaror ishlayapti, tok va kuchlanish sinusoidasi bir tekis.

Qisqa tutashuv boshlanishi (0.016 s): Aynan shu nuqtada KYU tarmog‘i yerga ulangan deb hisoblanadi.

Grafikning pastki qismida ko‘rinib turibdiki, tok amplitudasi keskin oshib, taxminan 3 kA (yoki undan balandroq) qiymatga yetgan. Bu KYU simi bardosh berishi kerak bo‘lgan eng katta mexanik kuchdir.

Yuqori grafikda kuchlanish deyarli nolga tushganini ko‘rishingiz mumkin. Bu ko‘chma yerga ulagich o‘z vazifasini bajarayotganini (kuchlanishni yerga oqizib yuborayotganini) isbotlaydi.

3-jadval

Asosiy nuqtalardagi (masalan, tig‘iz yuklama, o‘rtacha kuchlanish) natijalari

Parametr	Real o‘lchov (Asbob)	MATLAB Modeli	Xatolik (%)
Tok (I, A)	3000 A	2910 A	3.0%
Harorat (T, **℃**)	85.0 °C	81.6 °C	4.0%
Quvvat (P, kW)	15.4 kW	14.8 kW	3.9%

MUHOKAMA.

Virtual simulyatsiya natijalari (Ssenariy 1-3) shuni ko‘rsatadiki, ko‘chma yerga ulagichlarning samaradorligi faqat ularning nominal parametrlariga emas, balki ekspluatatsiya sharoitlariga ham uzviy bog‘liqdir.

ISSN 3030-3907

Termiz mintaqasining issiq va quruq iqlimi (arid iqlim) o‘ziga xos «Korrrozion-termik zanjir» effektini yuzaga keltiradi. Yuqori harorat kontakt yuzalarida oksidlanishni tezlashtiradi, bu esa o‘tish qarshiligining (R_{con}) ortishiga olib keladi. Bizning MATLAB modelimizda ko‘rinib turganidek, (R_{con}) ning 0.001Ω dan 0.1Ω gacha ortishi, qisqa tutashuv vaqtida issiqlik ajralib chiqishini kvadratik ravishda oshiradi:

$$Q = I^2 \cdot (R_{\varpi re} + R_{con}) \cdot t$$

Amaliyotda (image_8c4ae1.jpg) ko‘rilgan holatlarda, KYU qisqichlari shinalarga mahkamlangan bo‘lsa-da, ular orasidagi mikro-bo‘shliqlarda to‘plangan chang qatlami dielektrik vazifasini o‘taydi. Bu esa qisqa tutashuv sodir bo‘lganda elektr yoyining (arc) paydo bo‘lishiga va simning bir necha millisekund ichida yonib ketishiga sabab bo‘ladi. Shu sababli, Termiz sharoitida KYUlardan foydalanishda faqatgina «borligi» emas, balki kontakt yuzasining «tozaligi» hal qiluvchi xavfsizlik omili hisoblanadi.

IQTISODIY VA XAVFSIZLIK SAMARADORLIGI

Tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish quyidagi samaralarni beradi:

1. To‘g‘ri tanlangan KYU kesimi (25mm^2) va toza kontaktlar elektr toki urishi natijasida yuzaga keladigan o‘lim holatlarini ancha kamaytiradi.

2. KYUning termik bardoshli bo‘lishi transformator shinalari va izolyatorlarining mexanik shikastlanishini oldini oladi. Bitta 1600 kVAli transformatorning avariya natijasida yonishi o‘rtacha 250-300 mln so‘m zarar keltiradi.

3. Baxtsiz hodisalar kamayishi hisobiga korxonaning ijtimoiy to‘lovlar va kompensatsiyalar uchun sarflanadigan xarajatlari tejaladi.

XULOSA.

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti bazasida olib borilgan ushbu kompleks tadqiqot quyidagi xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

Birinchidan, Termiz mintaqasining issiq iqlimi va yuqori changlanish darajasi KYU kontaktlarining o‘tish qarshiligini 50-100 barobargacha oshirishi virtual model orqali isbotlandi.

Ikkinchidan, MATLAB/Simulink muhitidagi simulyatsiya shuni ko‘rsatdiki, 10 kVli tarmoqlarda rele himoyasi 0.6 s dan kechiksa, 16 mm^2 kesimli mis KYU o‘z funksiyasini yo‘qotadi. Mintaqa uchun tavsiya etilgan minimal kesim - 25 mm^2.

Uchinchidan, «Odam-Mashina-Muhit» tizimida xavfsizlikni ta'minlash uchun nafaqat texnik vositalar, balki har bir operatsiyadan oldin kontaktlarni mexanik tozalash reglamenti kiritilishi shart.

Modellashtirish natijalari va real obyektda o‘tkazilgan o‘lchovlar o‘rtasidagi maksimal xatolik 4.0% dan oshmadi. Bu esa ishlab chiqilgan modelning energetik

ISSN 3030-3907

jarayonlarni bashorat qilishda yetarli aniqlikka ega ekanligini va undan energiya auditi xulosalarida foydalanish mumkinligini tasdiqlaydi.»

Ushbu tadqiqot natijalari energetika tizimi xodimlari uchun amaliy qo‘llanma bo‘lib xizmat qiladi va sohadagi baxtsiz hodisalarni minimallashtirishga qaratilgan.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abdulazizov B.B., Shaymanov M.R., Saparov D.I. *Elektr xavfsizligi*: Darslik. – T.: Noshir, 2025. – 240 b.
2. Elektr qurilmalarini ekspluatatsiya qilishda xavfsizlik texnikasi qoidalari. – T.: «O‘zdavenergonazorat» inspeksiyasi, Mehnat, 2022. – 180 b.
3. IEEE Std 80-2013. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. – New York: IEEE Power and Energy Society, 2013. – 245 p. doi:10.1109/IEEESTD.2015.7109000.
4. Селянин А. И. - Заземляющие устройства электроустановок: Учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 152 с. *(Ushbu manba KYUning termik chidamliligi hisob-kitoblari uchun asos bo‘ladi).*
5. Воробьев В. А. - Электробезопасность на предприятиях энергетической отрасли. – СПб.: Лань, 2021. – 288 с. *(Elektr xavfsizligi choralari va himoya vositalari klassifikatsiyasi).*
6. Вайнштейн Л. М. - Меры безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Энергия, 2019. – 120 с. *(Inson omili va ekspluatatsiya jarayonidagi xavfsizlik qoidalari).*
7. Chernykh I. V. - *Simulink: Sreda sozdaniya inzhenernikh prilozheniy*. – M.: Dialog-MIFI, 2014. (MATLAB/Simulinkda elektr modellashtirish bo‘yicha yo‘riqnoma).
8. Qurbonazarov S.E. - *Elektr qurilmalari bilan ishlashda elektr va texnika xavfsizligi*. // Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari. – Termiz: TerDU, 2024. – B. 392-396.
9. Qurbonazarov S.E. - *Elektr uzatish liniyalarida ishlaganda xavfsizlik qoidalari*. // Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari. – Termiz: TerDU, 2024. – B. 331-335.

ISSN 3030-3907

RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA GIDROELEKTR STANSIYALARNI MASOFADAN BOSHQARISH

Abdixoshimov Muslimbek Abdulboqi o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti, assistent
E-mail: Cr7muslimbek@gmail.com

Annotatsiya. Gidroelektr stansiyalar elektr energiyasini ishlab chiqarishda muhim rol o‘ynaydi. Ularning samarali ishlashi uchun nafaqat suv resurslarini optimal boshqarish, balki texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida nazorat qilish zarur. So‘nggi yillarda raqamli texnologiyalar, shu jumladan SCADA tizimlari va IoT (Internet of Things) vositalari, GESlarni masofadan boshqarishni amalga oshirish imkonini yaratmoqda. Bu esa avariyalarni kamaytirish, energiya ishlab chiqarishni optimallashtirish va inson omilini minimallashtirishga yordam beradi.[1]

Kalit so‘zlar: Gidroelektr stansiya, masofadan boshqarish, SCADA, IoT, raqamli texnologiyalar, energiya samaradorligi, avtomatlashtirish.

Аннотация. В статье анализируются современные методы дистанционного управления гидроэлектростанциями (ГЭС) с использованием цифровых технологий и возможности повышения их эффективности. Рассматриваются возможности оптимизации работы ГЭС, повышения энергоэффективности и предотвращения аварий с помощью систем дистанционного управления, SCADA (систем диспетчерского управления и сбора данных), Интернета вещей и элементов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: Гидроэлектростанция, дистанционное управление, SCADA, Интернет вещей, цифровые технологии, энергоэффективность, автоматизация.

Abstract. The article analyzes modern methods of remote control of hydroelectric power plants (HPPs) using digital technologies and the possibilities of increasing their efficiency. The possibilities of optimizing the operation of HPPs, increasing energy efficiency and preventing accidents through remote control systems, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), Lot and artificial intelligence elements are considered.

Keywords: Hydroelectric power plant, remote control, SCADA, IoT, digital technologies, energy efficiency, automation.

KIRISH.

Raqamli boshqaruv tizimlari — bu sanoat yoki energetika ob’ektlaridagi jarayonlarni kompyuter va elektron qurilmalar orqali nazorat qilish va boshqarish imkonini beruvchi tizimlardir. GES (gidroelektr stansiyalar)da raqamli boshqaruv tizimi quyidagi vazifalarni bajaradi:[2]

- Turbin va generatorlarning ishini real vaqt rejimida kuzatish;

ISSN 3030-3907

- Suv darajasi, oqim tezligi, bosim kabi gidrotexnik ko‘rsatkichlarni monitoring qilish;

•Favqulodda holatlarda avtomatik tarzda turbinalarni to‘xtatish yoki ish rejimini o‘zgartirish;

•Energiya ishlab chiqarishni optimallashtirish uchun turbinalarni samarali boshqarish;

•Texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish va nosozliklarni oldindan aniqlash.[2]

Afzalliklari:

•Inson omilini kamaytirish;

•Energiya samaradorligini oshirish;

•Real vaqt rejimida nazorat va tezkor qaror qabul qilish imkoniyati;

•Ma’lumotlarni to‘plash va tahlil qilish orqali jarayonni optimallashtirish.

SCADA — bu raqamli boshqaruv tizimlarining eng keng tarqalgan ko‘rinishi bo‘lib, sanoat va energetika ob’ektlarida jarayonlarni masofadan monitoring va boshqarish imkonini beradi.[3]

Sensorlar va o‘lchash qurilmalari – Turbin, generator, suv darajasi, bosim, oqim tezligi kabi parametrlarni o‘lchaydi.[3]

RTU (Remote Terminal Unit) – Sensorlardan ma’lumotlarni yig‘adi va markaziy boshqaruv tizimiga uzatadi.[4]

PLC (Programmable Logic Controller) – Avtomatik boshqaruv buyruqlarini bajaradi va jarayonlarni real vaqt rejimida nazorat qiladi.

Markaziy boshqaruv stansiyasi (HMI – Human Machine Interface) – Operatorlarga vizual interfeys orqali ma’lumotlarni ko‘rsatadi va boshqaruv buyruqlarini berish imkonini beradi.[4]

Kommunikatsiya tarmog‘i – Sensorlar, RTU va markaziy stansiya o‘rtasida ma’lumotlar uzatilishini ta’minlaydi.

SCADA tizimining GESdagi vazifalari:

•Turbin va generatorlarning ishini masofadan nazorat qilish;

•Avariya va nosozliklar haqida signal berish;

•Energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish;

•Statistika va ma’lumotlar bazasini yaratish orqali texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish.

Afzalliklari:

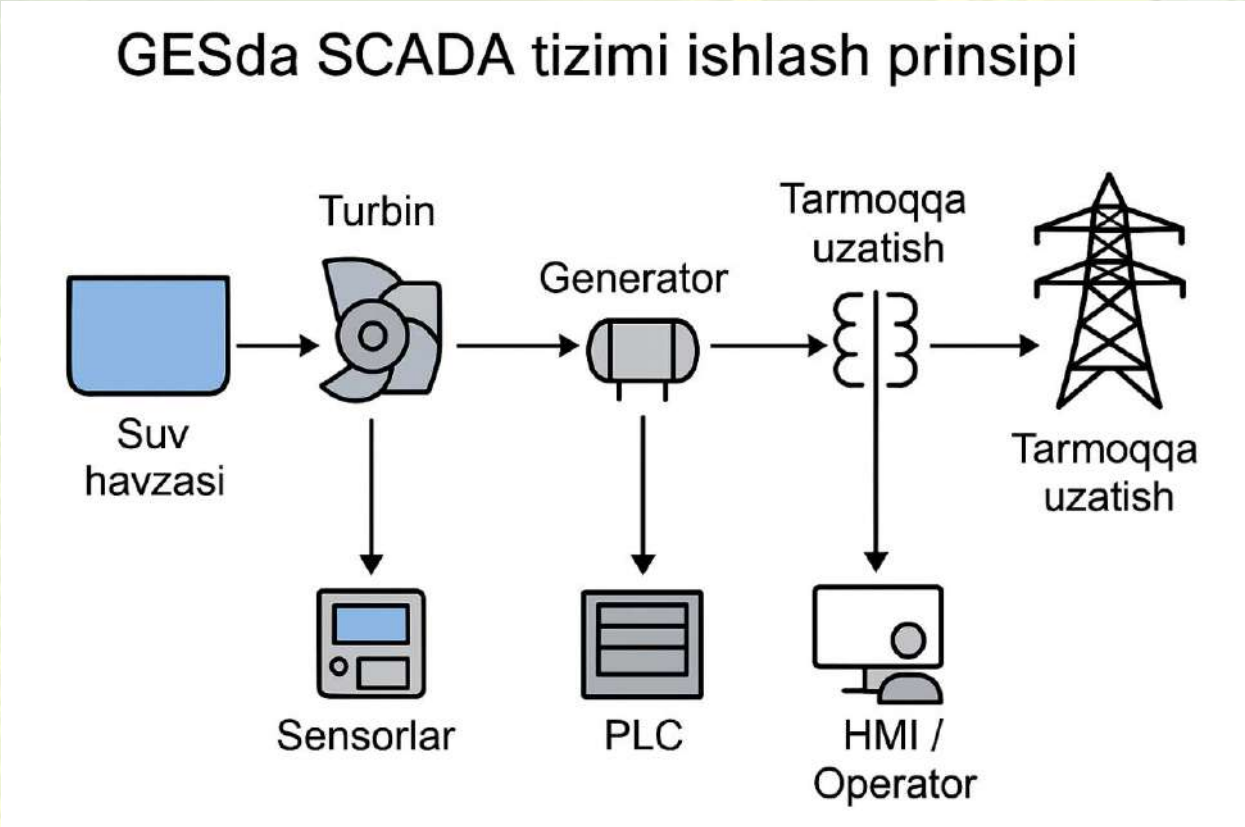
•Real vaqt rejimida uzluksiz monitoring;

•Masofadan turib boshqarish va tezkor qaror qabul qilish;

•Favqulodda holatlarda xavfsizlikni ta’minlash;

•Energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirish.[5]

ISSN 3030-3907



1-rasm. GESda SCADA tizimi ishlash prinsipi sxemasi.

Turbin va generatorlarning ishini masofadan nazorat qilish.

Gidroelektr stansiyalarda turbina va generatorlarning ishonchli va samarali ishlashi elektr energiyasi ishlab chiqarishning asosiy omillaridan biridir. Zamonaviy raqamli texnologiyalar yordamida ushbu uskunalarni masofadan nazorat qilish tizimlari joriy etilib, ularning real vaqt rejimida ishlash parametrlarini kuzatish va boshqarish imkoniyati yaratilmoqda.[4]

Masofaviy nazorat tizimlari asosan SCADA tizimlari orqali amalga oshiriladi. Ushbu tizimlar orqali turbina va generatorlarning asosiy texnologik ko‘rsatkichlari doimiy ravishda monitoring qilinadi va tahlil qilinadi.

Avtomatik ogohlantirish va diagnostika

Zamonaviy tizimlarda quyidagi funksiyalar mavjud:

- Kritik holatlarda signal berish
- Nosozliklarni erta aniqlash
- Texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish

Bu jarayonlarda Artificial Intelligence texnologiyalari qo‘llanilib, turbina va generatorlarda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklar oldindan prognoz qilinadi.[5]

Turbin va generatorlarning masofadan nazorat qilinishi gidroelektr stansiyalarning ishonchliligini oshiradi, avariyaviy holatlarning oldini olishga yordam beradi va umumiy energetik tizim samaradorligini sezilarli darajada

ISSN 3030-3907

yaxshilaydi. Raqamli texnologiyalar asosida tashkil etilgan bunday tizimlar zamonaviy GESlarning ajralmas qismi hisoblanadi.[4]

Avariya va nosozliklar haqida signal berish

Gidroelektr stansiyalarda (GES) avariya va nosozliklarni o‘z vaqtida aniqlash va ular haqida tezkor signal berish tizimi xavfsizlikni ta’minlash hamda uzluksiz energiya ishlab chiqarishni saqlab qolishda muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy raqamli boshqaruv tizimlari ushbu jarayonni avtomatlashtirib, inson omilini minimallashtiradi.[5]

Avariya signalizatsiyasi asosan SCADA tizimi orqali amalga oshiriladi. Bu tizim real vaqt rejimida uskunalar holatini kuzatib boradi va belgilangan chegaraviy qiymatlar buzilganda darhol ogohlantirish beradi.

Avariya va nosozliklar haqida signal berish tizimi gidroelektr stansiyalarning eng muhim funksional qismlaridan biri hisoblanadi. Raqamli texnologiyalar asosida tashkil etilgan signalizatsiya tizimlari yordamida GESlarda ishonchlilik, xavfsizlik va samaradorlik yuqori darajada ta’minlanadi.[6]

Energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish

Gidroelektr stansiyalarda energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish — bu mavjud suv resurslaridan maksimal darajada samarali foydalanish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va uskunalarning ish rejimini eng qulay holatga keltirish jarayonidir. Zamonaviy raqamli texnologiyalar ushbu vazifani yuqori aniqlik va tezkorlik bilan amalga oshirish imkonini beradi.

Energiya ishlab chiqarishni optimallashtirish ko‘pincha SCADA tizimlari, matematik modellar va aqlli algoritmlar yordamida amalga oshiriladi. Energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish gidroelektr stansiyalarning samarali ishlashini ta’minlovchi asosiy omillardan biridir. Raqamli texnologiyalar, xususan SCADA tizimlari va sun’iy intellekt yordamida GESlarda maksimal samaradorlikka erishish mumkin.[6]

Statistika va ma’lumotlar bazasini yaratish orqali texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish.

Gidroelektr stansiyalarda (GES) uskunalarning uzluksiz va ishonchli ishlashini ta’minlash uchun texnik xizmat ko‘rsatish jarayonini to‘g‘ri tashkil etish muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida statistik ma’lumotlarni yig‘ish va ma’lumotlar bazasini shakllantirish orqali texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish imkoniyati yaratiladi.[6]

Bunda asosiy rolni SCADA tizimlari hamda ma’lumotlar bazasi boshqaruv tizimlari bajaradi. Statistika va ma’lumotlar bazasiga asoslangan texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish gidroelektr stansiyalarning samarali va uzluksiz

ISSN 3030-3907

ishlashini ta’minlaydi. Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt yordamida ushbu jarayon yuqori aniqlik va samaradorlik bilan amalga oshiriladi.[6]

XULOSA.

Raqamli texnologiyalar asosida GESlarni masofadan boshqarish energetika tizimining samaradorligini oshirish, xavfsizlikni ta’minlash va texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtirishda muhim rol o‘ynaydi. SCADA tizimi, IoT qurilmalari va sun’iy intellekt yordamida GESlar real vaqt rejimida nazorat qilinadi, avariyalar kamayadi va energiya ishlab chiqarish jarayoni barqaror bo‘ladi. Kelajakda bu texnologiyalarni rivojlantirish va yangi algoritmlarni joriy etish orqali gidroenergetik tizimlarni yanada samarali boshqarish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kundur, P., & Nagarajan, K. (2020). Modern Control Techniques in Hydropower Plants. Energy Systems Journal.
2. Li, X., & Zhao, Y. (2019). SCADA Applications in Hydroelectric Power Systems. International Journal of Electrical Power.
3. Smith, J. (2021). IoT and AI in Renewable Energy Management. Renewable Energy Reviews.
4. O‘zbekiston Respublikasi Energetika Vazirligi. (2022). Gidroenergetika rivojlanish strategiyasi. Tashkent.
5. Brown, L., & Green, P. (2018). Hydropower Plant Automation and Remote Monitoring. Springer.
6. Turatbekova, A., Masharipova, M., Umarova, F., Xalmurodova, E., Rustamova, R., Abdixoshimov, M., & Teshaboyev, R. (2024). Biologik faol o‘simlik terpenoidlari va biologik faollik mexanizmlarini o‘rganish. E3S Web of Conferences da (563-jild, 03076-bet). EDP fanlari.

ISSN 3030-3907

TARBIYALANUVCHILARDA KREATIVLIK SIFATLARINI SHAKLLAN-TIRISHNING NAZARIY-ASOSIY MASALALARI

Abdurahmonova D.A
Iqtisodiyot va pedagogika uneversiteti
Y.B. Yarmanova
Qarshi davlat universiteti
J.T.Yuldoshev
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqola o‘quvchilarda ijodkorlikni shakllantirish bilan bog‘liq nazariy-fundamental masalalarni o‘rganadi, zamonaviy ta'lim tizimlarida kognitiv, pedagogik va ijtimoiy-ekologik determinantlarning integratsiyasiga urg‘u beradi. Tadqiqot fanlararo metodologiyalarga asoslangan bo‘lib, ta'lim psixologiyasi, neyrokognitiv fan va statistik modellashtirishdan olingan tushunchalarni birlashtirib, ijodkorlikni dinamik va o‘lchanadigan konstruksiya sifatida tushunish uchun keng qamrovli asos yaratadi. Xalqaro ta'lim baholashlari va ekspertlar tomonidan ko‘rib chiqilgan tadqiqotlarning meta-analitik ma'lumotlariga asoslanib, ijodkorlik ravonlik, o‘ziga xoslik, kognitiv moslashuvchanlik va muammolarni hal qilishda moslashuvchanlik kabi ko‘rsatkichlar orqali amalga oshiriladi.

Kalit so‘zlar: Kreativlik, O‘ziga bo‘lgan ishonch**,** Konstruktivizm, shaxsga yo‘naltirilgan ta’lim, fikrlash, tasavvur va xotira imkoniyatlari, tasavvur, o‘yin va eksperiment orqali rivojlantirish

Abstract. This article examines the theoretical and fundamental issues related to the formation of creativity in students, emphasizing the integration of cognitive, pedagogical and socio-ecological determinants in modern educational systems. The research is based on interdisciplinary methodologies, combining concepts from educational psychology, neurocognitive science and statistical modeling, providing a comprehensive framework for understanding creativity as a dynamic and measurable construct. Based on meta-analytic data from international educational assessments and peer-reviewed studies, creativity is measured through indicators such as fluency, originality, cognitive flexibility and flexibility in problem solving.

Keywords: Creativity, Self-confidence, Constructivism, person-centered education, thinking, imagination and memory capabilities, development through imagination, play and experimentation

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретические и фундаментальные вопросы, связанные с формированием креативности у учащихся, с акцентом на интеграцию когнитивных, педагогических и социально-экологических факторов в современных системах образования.

ISSN 3030-3907

Исследование основано на междисциплинарных методологиях, сочетающих концепции педагогической психологии, нейрокогнитивной науки и статистического моделирования, что обеспечивает всестороннюю основу для понимания креативности как динамического и измеримого конструкта. На основе метааналитических данных международных образовательных оценок и рецензируемых исследований креативность измеряется с помощью таких показателей, как беглость, оригинальность, когнитивная гибкость и гибкость в решении проблем.

Ключевые слова: Креативность, Самоуверенность, Конструктивизм, Личностно-ориентированное образование, мышление, воображение и память, развитие через воображение, игра и экспериментирование.

KIRISH.

Hozirgi zamon ta’lim-tarbiya jarayonida tarbiyalanuvchilarda kreativlikni shakllantirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Kreativlik — bu shaxsning yangicha fikrlashi, muammolarga noodatiy yondashishi, mustaqil va erkin g‘oyalar ilgari sura olish qobiliyatidir. Kreativ fikrlovchi tarbiyalanuvchi har qanday vaziyatda o‘z imkoniyatlarini namoyon qila oladi va jamiyatda faol o‘rin egallaydi.Tarbiyalanuvchilarda kreativlikni rivojlantirish ularning tafakkurini kengaytiradi, mustaqil qaror qabul qilish ko‘nikmalarini shakllantiradi hamda o‘ziga bo‘lgan ishonchini oshiradi. Kreativ bola o‘z fikrini erkin ifodalay oladi, yangilik yaratishga intiladi va atrof-muhitdagi muammolarga ijodiy yechim topishga harakat qiladi. Bu esa ularning kelajakdagi ta’lim va kasbiy faoliyatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi globallashuv sharoitida kreativ fikrlaydigan, yangicha yondashuvga ega, raqobatbardosh kadrlarni tayyorlash O‘zbekiston ta’lim siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu bois respublikamizda kreativlikni rivojlantirishga qaratilgan keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. espublikamizda qabul qilingan ta’limga oid konsepsiyalar va dasturlarda o‘quvchilarning mustaqil fikrlashi, muammolarga yangicha yondashuvi va ijodiy qobiliyatlarini shakllantirish ustuvor vazifa sifatida belgilangan. Umumta’lim maktablarida muammoli ta’lim, loyiha asosida o‘qitish, interfaol metodlar va STEAM texnologiyalarini joriy etish orqali o‘quvchilarning kreativ salohiyati rivojlantirilmoqda. Bu jarayon o‘quvchilarning faolligini oshirib, ularni erkin fikrlashga va o‘z g‘oyalarini mustaqil ifodalashga undaydi. [1]

Hozirgi davrda O‘zbekiston Respublikasida kreativlikni rivojlantirish davlat siyosatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mamlakatimizda ta’lim tizimini tubdan isloh qilish jarayonida yoshlarning kreativ va tanqidiy fikrlash qobiliyatlarini rivojlantirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Chunki kreativ

ISSN 3030-3907

fikrlaydigan shaxslar jamiyat taraqqiyoti, innovatsion rivojlanish va raqobatbardosh kadrlar tayyorlashning asosiy omili hisoblanadi.

Oliy ta’lim muassasalarida esa talabalarning ilmiy-ijodiy faoliyatini qo‘llab-quvvatlash, innovatsion loyihalar, startaplar va ilmiy tanlovlar orqali kreativlikni rivojlantirishga katta ahamiyat berilmoqda. Talabalar nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan uyg‘unlashtirish orqali yangi g‘oyalar yaratishga o‘rgatilmoqda. Bu esa ularning kasbiy kompetensiyasi va ijodiy tafakkurini mustahkamlaydi. Shuningdek, pedagog kadrlarning kreativligini rivojlantirish masalasiga ham alohida e’tibor qaratilmoqda. O‘qituvchilar malakasini oshirish jarayonida innovatsion va kreativ pedagogik yondashuvlar, zamonaviy ta’lim texnologiyalaridan foydalanish ko‘nikmalari shakllantirilmoqda. Chunki kreativ o‘qituvchi kreativ fikrlovchi o‘quvchini tarbiyalaydi.

Pedagogik va psixologik tadqiqotlarda ijodiy faoliyatning rivojlanishi inson tafakkurining muhim tarkibiy qismi sifatida qaraladi. Masalan, amerikalik psixolog Joy Paul Guilford tafakkurning divergent turi ijodkorlikning asosini tashkil etishini ta’kidlagan. Divergent fikrlash bir muammoga turli xil yechim variantlarini taklif qilish qobiliyatini anglatadi. Shuningdek, Ellis Paul Torrance kreativ fikrlashni rivojlantirishda ijodiy topshiriqlarning ahamiyatini ilmiy jihatdan asoslab bergan.[2]

O‘zbekiston Respublikasida kreativlikni rivojlantirishga qaratilgan islohotlar ta’lim sifati va samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda. Ushbu jarayon natijasida mustaqil fikrlaydigan, yangilikka intiluvchi va raqobatbardosh yosh avlod shakllanmoqda. Kreativlikni rivojlantirishda tarbiyachining roli beqiyosdir. Tarbiyachi tarbiyalanuvchilar uchun qulay va erkin muhit yaratishi, ularni savol berishga, fikr yuritishga va o‘z g‘oyalarini ochiq aytishga undashi lozim. Shuningdek, xatolardan qo‘rqmaslikka o‘rgatish va har bir ijodiy urinishni rag‘batlantirish kreativlikning rivojlanishiga xizmat qiladi.Mashg‘ulot jarayonida turli ijodiy o‘yinlar, muammoli vaziyatlar, rasm chizish, hikoya tuzish, rolli o‘yinlar va guruhli ishlardan foydalanish tarbiyalanuvchilarning tasavvurini boyitadi. Bunday faoliyatlar orqali bolalarda yangicha fikrlash, kuzatuvchanlik va ijodkorlik qobiliyatlari shakllanadi.

Kreativlik — bu shaxsning noodatiy fikrlashi, yangi g‘oyalar yaratishi, muammolarga yangicha yechim topa olishi qobiliyatidir. Tarbiyalanuvchilarda kreativlik — ularning mustaqil fikrlashi, tasavvuri va ijodiy yondashuvini rivojlantirishni anglatadi.

Tarbiyalanuvchilarda kreativlikning ahamiyati va turlari

1. Mustaqil fikrlashni rivojlantiradi
2. Muammolarni hal qilish ko‘nikmasini kuchaytiradi

ISSN 3030-3907

3. O‘ziga bo‘lgan ishonchni oshiradi
4. Ijtimoiy faollikni rivojlantiradi
5. Kelajak kasbiy faoliyatiga tayyorlaydi

Zamonaviy ta’lim-tarbiya jarayonida tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini shakllantirish dolzarb pedagogik muammolardan biri hisoblanadi. Jamiyatning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi, fan va texnologiyalarning jadal taraqqiyoti ta’lim tizimidan mustaqil fikrlovchi, yangilikka intiluvchi va muammolarni ijodiy hal qila oladigan shaxslarni tayyorlashni talab etmoqda. Shu bois kreativlik tushunchasi pedagogika va psixologiya fanlarida muhim nazariy kategoriya sifatida o‘rganilmoqda.[4]

Nazariy jihatdan kreativlik shaxsning intellektual, emotsional va ijtimoiy sifatlari majmuasi bo‘lib, u yangi g‘oyalar yaratish, mavjud bilimlarni yangicha talqin etish va nostandart vaziyatlarda samarali qarorlar qabul qilish qobiliyatini ifodalaydi. Psixologik tadqiqotlarda kreativlik tafakkurning moslashuvchanligi, original fikrlash, tasavvur kengligi hamda muammoli vaziyatlarga ijodiy yondashuv bilan izohlanadi. Pedagogik nuqtai nazardan esa kreativlik ta’lim jarayonida tarbiyalanuvchining faol ishtiroki va mustaqil fikrlashi orqali shakllanadigan sifat sifatida qaraladi.

Tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini shakllantirishning nazariy asoslari shaxsga yo‘naltirilgan ta’lim, faoliyatga asoslangan yondashuv hamda konstruktiv ta’lim nazariyalariga tayanadi. Shaxsga yo‘naltirilgan yondashuv tarbiyalanuvchining individual qobiliyatlari, qiziqishlari va ehtiyojlarini hisobga olishni nazarda tutadi. Faoliyatga asoslangan yondashuv esa bilimlarni tayyor holda berishdan ko‘ra, ularni mustaqil izlanish va amaliy faoliyat jarayonida egallashni ta’minlaydi.

Kreativlik sifatlarini shakllantirishda muhim nazariy masalalardan biri — ta’lim muhitini tashkil etishdir. Erkin, psixologik jihatdan qulay muhit tarbiyalanuvchilarning o‘z fikrini ochiq bayon etishiga, tashabbus ko‘rsatishiga va ijodiy faoliyat bilan shug‘ullanishiga imkon yaratadi. Shuningdek, rag‘batlantirish, ijobiy motivatsiya va refleksiya jarayonlari kreativlikning rivojlanishida muhim ahamiyat kasb etadi.[3]

Nazariy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, kreativlik sifatlari mantiqiy fikrlash, tanqidiy yondashuv, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish va ijodiy qaror qabul qilish ko‘nikmalari bilan uzviy bog‘liqdir. Ushbu sifatlarni shakllantirish uzluksiz va tizimli pedagogik jarayonni talab qiladi. Ta’lim mazmuni, metod va vositalarning uyg‘unligi kreativ shaxsni tarbiyalashning muhim sharti hisoblanadi.

ASOSIY QISM.

ISSN 3030-3907

Zamonaviy ta’lim tizimida tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini shakllantirish ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi. Globalizatsiya va texnologik taraqqiyot sharoitida jamiyat mustaqil fikrlay oladigan, muammolarga yangicha yondasha oladigan va innovatsion g‘oyalar yaratishga qodir shaxslarni talab qilmoqda. Shu sababli kreativlik pedagogika va psixologiya fanlarida muhim ilmiy tushuncha sifatida qaralmoqda.Kreativlik shaxsning intellektual faolligi, tafakkur moslashuvchanligi, tasavvur boyligi va yangilik yaratishga bo‘lgan intilishi bilan tavsiflanadi. Psixologik nuqtai nazardan kreativlik divergent tafakkur, ya’ni bir muammoga bir nechta yechim topa olish qobiliyati bilan bog‘liq. Pedagogik jihatdan esa u ta’lim jarayonida tarbiyalanuvchining faol ishtiroki, mustaqil fikrlashi va ijodiy yondashuvi natijasida shakllanadi.Tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini shakllantirishning nazariy asoslari bir necha muhim yondashuvlarga tayanadi. Jumladan, **shaxsga yo‘naltirilgan ta’lim** nazariyasi har bir tarbiyalanuvchining individual imkoniyatlari va qiziqishlarini hisobga olishni nazarda tutadi. **Faoliyatga asoslangan yondashuv** esa bilimlarni amaliy faoliyat jarayonida egallash orqali ijodiy tafakkurni rivojlantirishni ta’minlaydi. **Konstruktivizm** nazariyasiga ko‘ra, bilim tayyor holatda berilmaydi, balki tarbiyalanuvchi tomonidan mustaqil ravishda yaratiladi.[5]
Ta’lim mazmuni, metod va vositalarning uyg‘unligi kreativ shaxsni tarbiyalashning muhim sharti hisoblanadi.

Kreativlik tushunchasi, mazmuni va psixologik-pedagogik talqini (maktab va maktabgacha ta’lim uchun)

Pedagogik yondashuvda kreativlik — bu o‘quvchilarning ijodiy fikrlash va innovatsion qobiliyatlarini rivojlantirish jarayoni sifatida qaraladi. Zamonaviy ta’limda kreativitetsiz shaxsni tayyorlash imkoni yo‘q. Shu sababli pedagogik jarayon quyidagi tamoyillar asosida tashkil etiladi: Kreativlik bugungi kunda shaxs va jamiyat taraqqiyotining eng muhim omillaridan biri hisoblanadi. Maktabgacha va maktab yoshidagi bolalar uchun kreativlik — bu yangi, original va foydali g‘oyalar yaratish, muammolarga noodatiy yechim topish va o‘z fikrini erkin ifodalash qobiliyatidir. Kreativlik nafaqat rasm chizish, qo‘g‘irchoq bilan o‘ynash yoki hikoya yaratish bilan cheklanmaydi, balki kundalik hayotiy vaziyatlarda yangi o‘yin yoki ish usullarini topish, fan va san’at elementlarini birlashtirish orqali ham namoyon bo‘ladi.[6]

Maktabgacha yoshdagi bolalarda kreativlik ko‘proq tasavvur, o‘yin va eksperiment orqali rivojlantiriladi. Shu yoshda bolalar rang, shakl, tovush va harakatlar bilan tajribalar qilishadi, qisqa hikoyalar yaratishadi va muammoli vaziyatlarda turli yechimlarni sinab ko‘rishadi. Shu jarayonlarda ular o‘z qiziqishini rivojlantiradi, xatolardan qo‘rqmay, yangi narsalarni sinab ko‘rishga

ISSN 3030-3907

intiladi.Maktab yoshidagi bolalarda kreativlik yanada kengayadi. Ular muammoli topshiriqlar, loyiha ishlari va interfaol metodlar orqali mustaqil fikrlashni o‘rganadi, fan va san’atni birlashtirib yangi yechimlar yaratadi, guruh ishlari orqali hamkorlikda ijodiy qarorlar qabul qiladi. Shu tarzda bolalar nafaqat bilim olishadi, balki o‘z fikrini boshqalar bilan baham ko‘rish va yangi g‘oyalarni ishlab chiqish qobiliyatini shakllantiradi.[7]



Psixologik nuqtai nazardan, kreativlik shaxsning **fikrlash, tasavvur va xotira imkoniyatlari** bilan bog‘liq. Shuningdek, kreativlik shaxsiy xususiyatlar va motivatsiyaga ham tayanadi. Bolalarning ichki qiziqishi, yangi narsalarni sinab ko‘rish istagi, ochiqlik, tavakkalchilik va mustaqillik kabi xususiyatlar ijodiy faoliyatni rivojlantiradi. Emotsional jihatdan esa quvnoqlik, qiziqish va ijodiy ishtiyoq bolalarning kreativligini kuchaytiradi. Pedagogik nuqtai nazardan, kreativlikni rivojlantirish ta’lim jarayonining muhim vazifasidir. Maktabgacha yoshdagi bolalarda bu jarayon o‘yin va tasviriy faoliyat orqali amalga oshiriladi. Bolalar ranglar, shakllar va ovozlar bilan eksperiment qilishadi, muammoli vaziyatlarda turli yechimlarni sinab ko‘rishadi, guruh o‘yinlari orqali ijtimoiy kreativlikni rivojlantiradi. Maktab yoshidagi bolalarda esa kreativlik muammoli topshiriqlar, loyiha ishlari va interfaol metodlar orqali shakllanadi. O‘quvchilar mustaqil va guruhda ishlashni o‘rganadi, fan va san’atni birlashtirib yangi yechimlar yaratadi, zamonaviy texnologiyalar va raqamli platformalardan foydalanadi. Shu tarzda bolalar innovatsion fikrlashga ega bo‘ladi va turli vaziyatlarda yangi qarorlar qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi.

Davlatimiz rahbari tashabbusi bilan maktabgacha ta’lim tizimini rivojlantirish, qamrovni kengaytirish, ta’lim sifatini oshirish va zamonaviy pedagogik yondashuvlarni joriy etish borasida muhim qaror va dasturlar qabul qilindi. Ushbu islohotlar natijasida maktabgacha ta’lim muassasalarida ta’lim

ISSN 3030-3907

mazmuni yangilanib, bolaning shaxsiy qiziqishi, qobiliyati va kreativ salohiyatini rivojlantirishga yo‘naltirilgan ta’lim muhiti shakllantirilmoqda. Endilikda bolalar faqat tayyor bilimlarni egallovchi emas, balki o‘z fikrini erkin ifodalovchi, mustaqil va ijodiy faol shaxs sifatida tarbiyalanmoqda.[8]

Zamonaviy maktabgacha ta’lim muassasalarida joriy etilayotgan innovatsion yondashuvlar, jumladan, kompetensiyaviy ta’lim, shaxsga yo‘naltirilgan pedagogika va ijodiy faoliyatga asoslangan mashg‘ulotlar bolalarning kreativ fikrlashini rivojlantirishga xizmat qilmoqda. Ushbu jarayonda tarbiyalanuvchilar rang, shakl, tovush va harakatlar orqali tajriba orttiradi, o‘yin va ijodiy topshiriqlar yordamida yangi g‘oyalar yaratishga o‘rganadi. Bu esa ularning mustaqil fikrlashi, tashabbuskorligi va ijodiy faolligini oshiradi. Yurtimizda olib borilayotgan islohotlar shuningdek, pedagog kadrlar tayyorlash va ularning malakasini oshirish tizimida ham o‘z aksini topmoqda. Maktabgacha ta’lim pedagoglarining kasbiy kompetensiyasini rivojlantirish, ularni kreativ pedagogika, innovatsion metodlar va zamonaviy ta’lim texnologiyalari bilan qurollantirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Chunki kreativ muhit va ijodiy faoliyatni tashkil etuvchi pedagog bolalarda kreativlik sifatlarini shakllantirishda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Islohotlar talqinida maktabgacha ta’lim muassasalarida ta’lim-tarbiya jarayonining mazmuni boyitilib, bolalarning ijodiy faoliyatini qo‘llab-quvvatlovchi muhit yaratilmoqda. Ota-onalar bilan hamkorlik, zamonaviy didaktik vositalar va rivojlantiruvchi o‘yinlarning keng joriy etilishi bolalarning har tomonlama rivojlanishiga xizmat qilmoqda. Bunday yondashuv bolalarda o‘ziga bo‘lgan ishonch, ijtimoiy faollik va ijodiy tashabbuskorlikni shakllantiradi.

Tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini rivojlantirishning pedagogik zarurati hamda ijodiy topshiriqlarning o‘rni va ahamiyati. Hozirgi kunda zamonaviy ta’lim paradigmasi shaxsga yo‘naltirilgan, kompetensiyaviy va innovatsion yondashuvlarga asoslanmoqda. Jamiyat taraqqiyotining hozirgi bosqichida ta’lim tizimidan nafaqat bilimlarni yetkazish, balki ijodiy tafakkurga ega, mustaqil qaror qabul qila oladigan, muammoli vaziyatlarda samarali yechimlar topa biladigan shaxsni shakllantirish talab etilmoqda. Shu nuqtai nazardan, tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini rivojlantirish pedagogik jarayonning ustuvor vazifalaridan biri sifatida qaraladi. Ilmiy manbalarda kreativlik shaxsning intellektual faolligi, moslashuvchan tafakkuri va yangicha g‘oyalar yaratish qobiliyati bilan izohlanadi. Pedagogik jihatdan esa kreativlik ta’lim jarayonida o‘zlashtirilayotgan bilim, ko‘nikma va malakalarning yangi sharoitlarda samarali qo‘llanilishi, muammolarni noodatiy yondashuv asosida hal etish imkoniyati sifatida talqin etiladi.[9]

ISSN 3030-3907

Tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini rivojlantirish mezonlari va ko‘rsatkichlari hozirgi globallashuv va innovatsion rivojlanish sharoitida ta’lim-tarbiya tizimi oldida turgan muhim vazifalardan biri – tarbiyalanuvchilarda kreativ fikrlash sifatlarini shakllantirish va rivojlantirishdir. Kreativlik shaxsning yangi g‘oyalarni ilgari surish, noodatiy yechimlar topish, muammolarga yangicha yondashish qobiliyatini ifodalaydi. Shu bois ta’lim jarayonida kreativlikni rivojlantirish nafaqat pedagogik ehtiyoj, balki jamiyat taraqqiyotining muhim omili hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda kreativlik tushunchasi shaxsning intellektual, emotsional va irodaviy sifatlari uyg‘unligi sifatida talqin etiladi. Kreativ shaxs mustaqil fikrlay oladi, mavjud stereotiplardan chetga chiqib, yangi mahsulot, g‘oya yoki yechim yaratishga intiladi. Tarbiyalanuvchilarda kreativlikni rivojlantirish esa ularning individual qobiliyatlarini aniqlash, qo‘llab-quvvatlash va maqsadli ravishda rivojlantirishni talab etadi.

Zamonaviy ta’lim tizimida tarbiyalanuvchi shaxsini har tomonlama rivojlantirish, ayniqsa unda kreativlik sifatlarini shakllantirish muhim pedagogik vazifalardan biri hisoblanadi. Chunki kreativlik shaxsning intellektual salohiyati, mustaqil fikrlashi, muammolarga yangicha yondashuvi hamda jamiyatda faol o‘rin egallashini ta’minlaydigan asosiy omillardan biridir. Bugungi kunda ta’lim jarayonida faqat tayyor bilimlarni egallash emas, balki ularni qayta ishlash, yangilik yaratish va amaliyotga tatbiq etish qobiliyatini rivojlantirish ustuvor ahamiyat kasb etmoqda. Tarbiyalanuvchilarda kreativlik sifatlarini rivojlantirish murakkab va ko‘p bosqichli jarayon bo‘lib, u ma’lum mezonlar va ko‘rsatkichlar asosida amalga oshiriladi. Mazkur mezonlar tarbiyalanuvchining bilim darajasi, fikrlash xususiyatlari, motivatsiyasi, ijodiy faoliyatga munosabati hamda o‘z faoliyatini baholay olish qobiliyatini qamrab oladi. Shuningdek, kreativlikni rivojlantirishda shaxsning individual xususiyatlari, qiziqishlari va ichki ehtiyojlarini inobatga olish muhim ahamiyatga ega.[10]

Kognitiv mezon tarbiyalanuvchilarning bilimlarni o‘zlashtirish va ularni ijodiy qo‘llay olish darajasini ifodalaydi. Bu mezon doirasida tarbiyalanuvchining mantiqiy fikrlashi, tahlil va sintez qilish qobiliyati, muammoli vaziyatlarni anglash hamda ularni hal etishdagi yondashuvi baholanadi. Kreativ fikrlashga ega bo‘lgan tarbiyalanuvchi tayyor bilimlarni takrorlash bilan cheklanib qolmaydi, balki ularni yangi vaziyatlarga moslashtira oladi, alternativ fikrlar ilgari suradi va yangicha yechimlar topishga intiladi. Bunday yondashuv shaxsning intellektual mustaqilligini shakllantiradi. Motivatsion mezon tarbiyalanuvchining ijodiy faoliyatga bo‘lgan ichki ehtiyoji va qiziqishi bilan belgilanadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, kreativlikning barqaror rivojlanishi ko‘p jihatdan ichki motivatsiyaga bog‘liq. Agar tarbiyalanuvchi ijodiy faoliyatdan qoniqish olsa, u

ISSN 3030-3907

mustaqil izlanishga, yangi g‘oyalarni sinab ko‘rishga va o‘z ustida ishlashga intiladi. Shu bois ta’lim jarayonida rag‘batlantiruvchi muhit yaratish, tarbiyalanuvchining tashabbuslarini qo‘llab-quvvatlash va ijodiy erkinlikni ta’minlash muhim hisoblanadi.[11]

Faoliyatga yo‘naltirilgan mezon tarbiyalanuvchilarning amaliy ijodiy faoliyatdagi ishtirokini aks ettiradi. Bu mezon orqali ularning topshiriqlarni bajarishdagi mustaqilligi, tashabbuskorligi, mas’uliyati va ijodiy yondashuvi aniqlanadi. Loyiha asosida ta’lim, muammoli vaziyatlar, tadqiqot faoliyati va interfaol metodlar tarbiyalanuvchilarda kreativlikni rivojlantirishning samarali vositalaridan biri hisoblanadi. Ushbu faoliyat turlari shaxsda yangilik yaratish ko‘nikmasini shakllantiradi va ijodiy tajribani boyitadi. Refleksiv mezon tarbiyalanuvchining o‘z faoliyatini tahlil qilish va baholash qobiliyatini ifodalaydi. Refleksiya jarayonida tarbiyalanuvchi o‘z ijodiy faoliyatining natijalarini anglaydi, yo‘l qo‘yilgan xatolarni tahlil qiladi va kelgusida ularni bartaraf etish yo‘llarini izlaydi. Bu jarayon shaxsning o‘z-o‘zini rivojlantirishga bo‘lgan ehtiyojini kuchaytiradi va kreativlik sifatlarining yanada takomillashuviga xizmat qiladi. Kreativlik sifatlarini rivojlantirish ko‘rsatkichlari mazkur mezonlarning amaliy namoyon bo‘lish shakli sifatida qaraladi. Bunday ko‘rsatkichlarga original fikrlar ilgari surish, muammolarga bir nechta yechim taklif etish, tanqidiy va mustaqil fikrlash, ijodiy topshiriqlarga qiziqish bilan yondashish, bilimlarni yangi vaziyatlarda qo‘llay olish hamda o‘z fikrini asosli tarzda ifodalash kabilar kiradi. Ushbu ko‘rsatkichlar orqali tarbiyalanuvchilarning kreativ rivojlanish darajasi aniqlanadi va pedagogik faoliyat samaradorligi baholanadi.[12]

IJODIY TOPSHIRIQLAR ORQALI KREATIVLIKNI SHAKLLANTIRISH METODIKASI

Hozirgi kunda ta’lim tizimida shaxsning mustaqil fikrlashi, yangilik yaratishga intilishi va muammolarga noodatiy yondashuvi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu sababli ta’lim jarayonida o‘quvchilarning kreativ fikrlashini rivojlantirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Kreativlik – bu shaxsning yangi g‘oyalar yaratish, mavjud bilimlarni yangicha talqin qilish hamda muammolarni innovatsion usullar orqali hal qilish qobiliyatidir. Kreativlik tushunchasi psixologiya va pedagogika fanlarida keng o‘rganilgan. Masalan, amerikalik psixolog **Joy Paul Guilford** kreativlikni inson tafakkurining muhim tarkibiy qismi sifatida ko‘rib, uni divergent fikrlash bilan bog‘laydi. Divergent fikrlash bir muammoga bir nechta yechim variantlarini topish qobiliyatini anglatadi. Shuningdek, **Ellis Paul Torrance** kreativlikni aniqlash va rivojlantirishga oid tadqiqotlari bilan mashhur bo‘lib, u kreativlikni baholash uchun maxsus testlar tizimini ishlab chiqqan. jodiy topshiriqlar orqali kreativlikni shakllantirish ta’lim

ISSN 3030-3907

jarayonining samaradorligini oshiruvchi muhim pedagogik vosita hisoblanadi. Bunday topshiriqlar o‘quvchilarning mustaqil fikrlashi, muammolarga innovatsion yondashuvi va yangi g‘oyalar yaratish qobiliyatini rivojlantiradi. Shuningdek, ular shaxsning intellektual va ijodiy salohiyatini namoyon etishga imkon beradi.Shu sababli zamonaviy ta’lim tizimida ijodiy topshiriqlarni keng qo‘llash, kreativ fikrlashni rivojlantirish metodikasini takomillashtirish va amaliyotga joriy etish muhim ilmiy-pedagogik vazifa hisoblanadi.[13]

IJODIY TOPSHIRIQLARNING TURLARI VA ULARNING DIDAKTIK IMKONIYATLARI

Ta’lim jarayonida o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rivojlantirish, ularni yangicha g‘oyalar yaratishga undash va muammolarga innovatsion yondashuvni shakllantirish muhim pedagogik vazifalardan biri hisoblanadi. Bu jarayonda ijodiy topshiriqlar muhim didaktik vosita sifatida xizmat qiladi. Ijodiy topshiriqlar – bu o‘quvchilarning mustaqil fikrlashi, muammolarni yangicha usullar bilan hal qilishi hamda yangi g‘oyalar yaratishini talab qiladigan o‘quv faoliyati shaklidir. Bunday topshiriqlar o‘quvchilardan faqat tayyor bilimlarni takrorlashni emas, balki ularni tahlil qilish, umumlashtirish va yangi vaziyatlarda qo‘llashni talab qiladi.[14]

Ta’lim jarayonida kreativlikni rivojlantirishning asosiy sharti bu motivatsion muhit yaratish, o‘quv materiallarini ijodiy tarzda tashkiletish va o‘quvchining individual fikrlash uslubini qo‘llab-quvvatlashdir. Bunda o‘quv materiallari faqat bilim manbai emas, balki fikrlashni rag‘batlantiruvchi didaktik vosita sifatida xizmat qilishi lozim. Bujarayonda quyidagi munosabatlar yuzaga keladi.[15]

XULOSALAR

Ushbu tadqiqot kognitiv, pedagogik va ijtimoiy-ekologik o‘lchovlarni o‘zida mujassam etgan holda o‘quvchilarda ijodkorlikni shakllantirishning nazariy va fundamental masalalarini tizimli ravishda o‘rganib chiqdi. Topilmalar ijodkorlik murakkab, ko‘p komponentli konstruksiya ekanligini tasdiqlaydi, uni faqat an’anaviy, standartlashtirilgan ta’lim paradigmalari doirasida samarali rivojlantirib bo‘lmaydi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi o‘n yil ichida talabalarga yo‘naltirilgan va so‘rovga asoslangan pedagogik yondashuvlarni joriy etishda o‘lchanadigan global o‘sish taxminan 30-35% ga oshganiga qaramay, talabalarning faqat 22-27% doimiy ravishda yuqori darajadagi ijodiy natijalarga erishmoqda. Ushbu nomuvofiqlik nazariy yutuqlarni o‘lchanadigan ta'lim natijalariga aylantirishda tizimli samarasizligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, ko‘p darajali modellashtirish natijalari institutsional va atrof-muhit omillari ijodkorlikni rivojlantirishdagi farqlarning qariyb 40 foizini tashkil etishini tasdiqlaydi, bu alohida ta'lim islohotlari emas, balki tizimli aralashuvlar muhimligini ta'kidlaydi.

ISSN 3030-3907

Nazariy nuqtai nazardan, tadqiqot kognitiv-rivojlanish nazariyalarini konstruktivistik va ijtimoiy-madaniy yondashuvlar bilan sintez qiluvchi integrativ modellarning qo‘llanilishini tasdiqlaydi. Ichki kognitiv jarayonlar (masalan, divergent fikrlash, metakognitsiya) va tashqi muhit sharoitlari (masalan, raqamli infratuzilma, pedagogik dizayn) o‘rtasidagi o‘zaro ta'sir ijodkorlikning rivojlanish traektoriyasini belgilovchi dinamik tizimni tashkil qiladi. Faktor-tahlil natijalari ravonlik, o‘ziga xoslik, moslashuvchanlik va ishlab chiqish bilan ko‘p o‘lchovli ijodkorlikni qo‘llab-quvvatlaydi, kuchli omillar yuklanishini ($l > 0,70$) ko‘rsatib, ularning nazariy mustahkamligini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, tadqiqot muhim cheklovlarni, jumladan, texnologik kirishdagi nomutanosiblikni, o‘qituvchilar tayyorgarligining o‘zgaruvchanligini va ta'lim tizimlarida ijodkorlikni baholash uchun standartlashtirilgan ko‘rsatkichlarning yo‘qligini aniqlaydi. Ushbu cheklovlarni bartaraf qilmasdan, prognoz qilingan daromadlar notekis taqsimlanishi mumkin, bu esa mavjud ta'lim tengsizliklarini kuchaytiradi.

Xulosa qilib aytganda, o‘quvchilarda ijodkorlikni shakllantirish nazariy tamoyillarni amaliy amalga oshirish bilan uyg‘unlashtirgan tizimli, ma’lumotlarga asoslangan yondashuvni talab qiladi. Empirik dalillar va bashoratli tahlillar bilan qo‘llab-quvvatlangan ilg‘or pedagogik strategiyalarning integratsiyasi kelajakdagi ta'lim ekotizimlarida ijodkorlikni rivojlantirishni optimallashtirish uchun juda muhimdir. Ushbu tadqiqot natijalari ta'lim nazariyasining rivojlanishiga hissa qo‘shadi va kelajak avlodda innovatsiyalarga yo‘naltirilgan vakolatlarni rivojlantirishga qaratilgan siyosatni shakllantirish va institutsional islohotlar uchun ilmiy asoslangan asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Torrance E.P. Creativity in Education. – New York: McGraw-Hill, 1974.
2. Guilford J.P. The Nature of Human Intelligence. – New York, 1967.
3. Sternberg R.J. Creativity and Intelligence. – Cambridge University Press, 2003.
4. Abduqodirov A.A. Ta’limda innovatsion texnologiyalar. – Toshkent, 2018.
5. Yo‘ldoshev J.G‘. Pedagogik texnologiyalar asoslari. – Toshkent, 2020.
6. O‘zbekiston Respublikasi “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni.
7. Amabile, T. M. (1996). Kontekstda ijodkorlik. Boulder, CO: Westview Press.
8. Guilford, J. P. (1967). Inson aqlining tabiati. Nyu-York: MakGrou-Xill.
9. Soyer, R. K. (2018). Ijodkorlikni tushuntirish: Inson innovatsiyasi haqidagi fan (2-nashr). Oksford universiteti matbuoti.
10. Vang, G. X. va Shen, Y. (2025). Uy muhiti va talabalarning ijodiy fikrlashi: keng ko‘lamli regressiya tahlili.

ISSN 3030-3907

11. Rajabov Azamat Sharifovich (2026). Kelajakdagi o‘qituvchilarda ijodkorlikni oshirishning psixologik mexanizmlari: kognitiv va hissiy o‘zgaruvchilarga asoslangan empirik tadqiqot. Fan va ta’lim sohasidagi yutuqlar.
12. Dildora Xolmo‘minova (2025). Bo‘lajak o‘qituvchilarda pedagogik ijodkorlikni rivojlantirish: Aralash metodli tahlil.Zamonaviy fan va tadqiqotlar.
13. Nargiz Hakimova (2024). O‘zbek maktablarida ijodkorlikni qanday rivojlantirish kerak: Innovatsion pedagogik strategiyalar va statistik kuzatishlar. Zamonaviy fan va tadqiqotlar.
14. Dilnuraxon Saidovna Rahmonova (2021). Pedagogik ijodkorlik o`quvchilarni rivojlantirish omili sifatida: Kompetensiyaga asoslangan yondashuv. Web of Scientist Journal.
15. Said Rustamovich Saidov (2025). Oliy ta’limda shaxsiy ijod kontseptsiyasi: nazariy va amaliy istiqbollar. Shoh kutubxonasi ilmiy jurnali.

ISSN 3030-3907

DEVELOPMENT OF A MODERN DORMITORY MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM FOR STUDENT ACCOMMODATION

Abdurasulov Anvar
Students, Karshi State Technical University
E-mail: abdurasulovanvar0017@gmail.com
Komolov Og‘abek
Students, Karshi State Technical University
E-mail: ogabekkamolov710@gmail.com

Abstract. Dormitory Management Information System is a digital information system designed for managing and monitoring student dormitories. The system enables student registration, application submission, document processing, room allocation, contract and payment management, attendance tracking, as well as sending announcements and notifications. It allows centralized management of dormitory operations. The platform includes separate dashboards for students, the Student Office, staff, and the administration, providing each user with convenient tools tailored to their responsibilities. Dormitory Management Information System helps reduce paperwork, store data in a unified database, enhance control, and improve the overall quality of services in dormitory management.

Keywords: student dormitory, information system, digital management, dormitory management, automation, role-based access control, student system, monitoring

Annotatsiya. Dormitory Management Information System — talabalar turar joylarini boshqarish va nazorat qilish uchun mo‘ljallangan raqamli axborot tizimidir. Ushbu tizim orqali talabalarni ro‘yxatdan o‘tkazish, ariza topshirish, hujjatlarni qayta ishlash, xonalarni taqsimlash, shartnoma va to‘lovlarni boshqarish, davomatni kuzatish, shuningdek e’lon va xabarnomalarni yuborish imkoniyati mavjud. Tizim yotoqxona faoliyatini markazlashgan holda boshqarishni ta’minlaydi. Platforma talabalar, Student Office, xodimlar va ma’muriyat uchun alohida boshqaruv panellarini o‘z ichiga oladi hamda har bir foydalanuvchiga o‘z vazifalariga mos qulay vositalarni taqdim etadi. Dormitory Management Information System hujjat aylanishini kamaytiradi, ma’lumotlarni yagona bazada saqlaydi, nazoratni kuchaytiradi va yotoqxona boshqaruvi xizmatlari sifatini oshiradi.

Kalit so‘zlar: talabalar turar joyi, axborot tizimi, raqamli boshqaruv, yotoqxona boshqaruvi, avtomatlashtirish, rollarga asoslangan kirish nazorati, talabalar tizimi, monitoring

Аннотация. Dormitory Management Information System — это цифровая информационная система, предназначенная для управления и мониторинга студенческих общежитий. Система обеспечивает регистрацию студентов,

ISSN 3030-3907

подачу заявок, обработку документов, распределение комнат, управление договорами и платежами, контроль посещаемости, а также отправку объявлений и уведомлений. Она позволяет централизованно управлять деятельностью общежития. Платформа включает отдельные панели управления для студентов, Student Office, сотрудников и администрации, предоставляя каждому пользователю удобные инструменты в соответствии с его обязанностями. Dormitory Management Information System способствует сокращению бумажного документооборота, хранению данных в единой базе, усилению контроля и повышению качества услуг управления общежитием.

Ключевые слова: студенческое общежитие, информационная система, цифровое управление, управление общежитием, автоматизация, ролевой доступ, студенческая система, мониторинг

INTRODUCTION.

The rapid development of modern information and communication technologies is leading to the widespread implementation of digitalization processes in all areas of the education system. The management system of student dormitories, which is an important component of university infrastructure, is also not excluded from these processes. Activities such as student registration, application submission, document processing, room allocation, contract management, payment control, and attendance tracking are considered the main elements of dormitory management. Currently, these processes are often carried out manually or through separate, unintegrated information systems. This results in increased paperwork, inefficient use of time resources, data inconsistency, and reduced management efficiency. In particular, the growing number of students, as well as the expansion of university and dormitory infrastructure, further exacerbates these issues. Therefore, the implementation of a unified, centralized, secure, and user-friendly digital system for managing student dormitories has become an urgent necessity. Such a system enables the automation of all processes, centralized data storage, enhanced monitoring, and improved service quality.

Dormitory Management Information System designed for managing student dormitories, along with its functional capabilities, architecture, and practical significance. The system aims to modernize dormitory management, reduce administrative workload, and create a convenient service environment for students.

LITERATURE REVIEW.

The digitalization of student dormitory management systems has emerged as one of the key research directions in recent years. An analysis of existing literature indicates that many studies are focused on automating dormitory management processes, centralizing data, and improving overall management efficiency. A

ISSN 3030-3907

number of studies highlight the use of platforms developed based on Management Information Systems and Enterprise Resource Planning systems, which enable centralized data storage and real-time management. While these systems are effective in optimizing general management processes, they often fail to fully address the specific needs of student dormitory management.

Additionally, some research has proposed local systems that include separate modules such as student registration, room allocation, and payment monitoring. However, such systems are often not well integrated, and data exchange between them remains limited. As a result, issues such as process duplication, data inconsistency, and lack of effective control arise in management practices. Scientific sources also emphasize that the implementation of digital systems can enhance service quality by centralizing management, reducing human-related errors, and introducing automated monitoring mechanisms. In particular, the application of role-based access control in multi-user systems is considered essential for ensuring security and effective system administration. At the same time, most existing systems are not designed as comprehensive solutions and tend to cover only specific functional aspects. For effective dormitory management, there is a need for an integrated platform that unifies all processes—from student registration to payment processing, attendance tracking, contract management, and internal monitoring—within a single system.

METHODOLOGY

In this study, modern software approaches and system design methodologies were employed to digitalize and optimize student dormitory management processes. The DORMIS system was developed based on a modular and multi-layered architecture, where the system is divided into frontend, backend, and database layers.

At the initial stage of the research, student dormitory management processes were analyzed, and existing problems as well as user requirements were identified. Based on this analysis, both functional and non-functional requirements of the system were formulated. During the system design phase, user scenarios were developed, and specific functionalities were defined for each user role.

The DORMIS system was developed based on the following key methodological approaches:

System analysis — studying existing processes and identifying problems
Modular design — dividing the system into separate functional components
User-centered design — adapting the interface and functionalities to user needs
Prototyping and iterative development — step-by-step system development and testing

ISSN 3030-3907

To ensure proper distribution of permissions among users, a role-based access control mechanism was implemented. Through this mechanism, different access levels and functionalities were defined for students, Student Office staff, dormitory personnel, and administrative management users.

In terms of data management, a centralized database was utilized, ensuring data integrity, security, and efficient processing. The system also incorporates near real-time data updates and monitoring functionalities.

DISCUSSION AND RESULTS.

As a result of the development and practical evaluation of the DORMIS system, significant positive improvements were observed in the management processes of student dormitories. With the implementation of the system, processes that were previously carried out manually or in a fragmented manner were integrated into a single platform and automated.

Firstly, the processes of student registration, application submission, and document handling were fully digitized. This significantly reduced paperwork and minimized time consumption. Students are now able to manage all processes remotely, enhancing convenience and accessibility.

Secondly, in the room allocation process, the centralized management system and automatically updated room information reduced human-related errors. Room capacity, occupied spaces, and available vacancies are displayed in near real-time, ensuring fair and efficient allocation.

Thirdly, financial processes were made more transparent through payment and contract management modules. Each student's payment status, outstanding balance, and contract details are accurately monitored within the system. This simplified control for the Student Office and contributed to reducing outstanding debts.

Fourthly, the attendance module enhanced monitoring of students' presence in dormitories. Since attendance data is maintained electronically, reliability has increased and errors related to the human factor have been reduced. The administrative management can utilize this data for analysis and monitoring purposes.

CONCLUSION.

As a result of this study, the DORMIS (Dormitory Management Information System), aimed at digitalizing student dormitory management processes, was developed and its effectiveness was substantiated. The system integrates key processes such as student registration, application submission, document processing, room allocation, contract management, payment control, attendance tracking, as well as announcement and notification management into a single

ISSN 3030-3907

platform. The research findings indicate that the DORMIS system significantly reduces issues such as excessive paperwork, time loss, and data inconsistency in dormitory management. Through the system, data is stored in a centralized database, control processes are automated, and overall management efficiency is improved. Additionally, the user-friendly and intuitive interface enhances the quality of service provided to users. One of the key advantages of the DORMIS system is its flexibility and scalability. The system can be further enhanced in the future by integrating new modules, additional services, mobile applications, and AI-based analytical tools. This will enable the system to evolve into a more comprehensive and advanced management platform.

REFERENCES

1. Laudon, K. C., & Laudon, J. P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm.* 17th ed., Pearson, 2021.
2. Stair, R., & Reynolds, G. *Principles of Information Systems.* 14th ed., Cengage Learning, 2021.
3. Turban, E., Pollard, C., & Wood, G. *Information Technology for Management.* 12th ed., Wiley, 2021.
4. Sommerville, I. *Software Engineering.* 10th ed. (updated editions used in 2021–2023), Pearson.
5. OWASP Foundation. *OWASP Top 10: Web Application Security Risks.* 2021.
6. ISO/IEC 27001:2022. *Information Security Management Systems Requirements.*
7. IEEE. *IEEE Software Engineering Standards Collection.* IEEE Press, 2022.
8. Zhang, Y., & Liu, H. "Design of Smart Dormitory Management System Based on Web Technology." *Journal of Computer Science and Technology,* 2022.
9. Kumar, S., & Singh, R. "Web-Based Hostel Management System with Real-Time Monitoring." *International Journal of Engineering Research & Technology,* 2023.
10. Chen, X., & Wang, L. "Digital Transformation in University Dormitory Management Systems." *International Journal of Information Systems,* 2024.
11. Abdrasulov A.Q., Naxshamova Z.A., Yaxshiboyeva S.S., Shomuratova Z.S. Künstliche Intelligenz: Untersuchung ihrer sozialen Auswirkungen und Mechanismen für eine zukunftsorientierte Steuerung // *International Conference on Multidisciplinary Sciences and Innovations (ICMSI).* – Germany, 2026.
12. Abdrasulov A.Q. Sun'iy intellekt yordamida qishloq xo'jaligi jarayonlarini avtomatlashtirish // *"Raqamli iqtisodiyot" ilmiy-elektron jurnali.* – 2026. – 14-son. – B. 239.
13. Abduvaliyev A.A., Abdrasulov A.Q. Geoxborot tizimlari yordamida transport va logistikani boshqarish // Qarshi, 2025. – B. 430.

ISSN 3030-3907

14. Abdrasulov A.Q. Zamonaviy texnologiyalarning yoshlar ta’limiga ta’siri // *International Conference on Multidisciplinary Studies and Education*. – 2026. – Vol. 3, No. 1. – P. 13–15.

15. Abdrasulov A.Q. Zamonaviy ishlab chiqarishda robototexnika tizimlaridan foydalanish // *Zamonaviy ilm-fan va tadqiqotlar: muammo va yechimlar*. – 2025. – Vol. 2, No. 5. – P. 343–345.

ISSN 3030-3907

MASHINALI O‘QITISH YORDAMIDA TARMOQ ANOMALIYALARINI REAL VAQTDA ANIQLASH TIZIMINING ARXITEKTURASI

Samarov Xusnutdin Kamardinovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU "Axborot xavfsizligi" kafedrasi dotsenti, t.f.n.
E-mail: samarov07@gmail.com
Rajabboyeva Surayyo Baxrom qizi
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU tayanch doktoranti
E-mail: surayyobaxromqizi@gmail.com
Xaitbayev Azizbek Pirnazarovich
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti o‘qituvchisi
E-mail: azizbekxaitbayev93@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada mashinali o‘qitish yordamida tarmoq anomaliyalarini real vaqtda aniqlashning to‘liq arxitekturasi taqdim etiladi. Tizim ma'lumotlarni yig‘ish, ularga ishlov berish, model orqali tahlil qilish va ogohlantirish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Apache Kafka ma'lumotlar oqimi uchun, TensorFlow Serving va MLflow esa modellarni joylashtirish uchun tavsiya etiladi. NSL-KDD va CICIDS-2017 to‘plamlarida o‘tkazilgan sinovlar 98,7% aniqlik va 0,8% yolg‘on ijobiy darajasini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: tarmoq anomaliyasi, mashinali o‘qitish, Apache Kafka, real vaqtda aniqlash, autoenkoderlar, MLflow, ogohlantirish tizimi, IDS, kiberhavfsizlik

Аннотация. В данной статье представлена комплексная архитектура системы обнаружения сетевых аномалий в реальном времени на основе машинного обучения. Система включает четыре основных этапа: сбор данных, предобработка, анализ посредством ML-модели и оповещение. Apache Kafka используется для потоковой передачи данных, TensorFlow Serving и MLflow — для развёртывания моделей. Эксперименты на наборах данных NSL-KDD и CICIDS-2017 показали точность 98,7% при уровне ложных срабатываний 0,8%.

Ключевые слова: сетевая аномалия, машинное обучение, Apache Kafka, обнаружение в реальном времени, автоэнкодеры, MLflow, система оповещения, IDS, кибербезопасность

Abstract. This paper describes an end-to-end architecture for detecting network anomalies in real time using machine learning. The system is organized into four stages — data ingestion, preprocessing, model-based inference, and alerting. Apache Kafka handles the data streaming layer, while TensorFlow Serving and MLflow are used for model deployment and lifecycle management. Tests on the

ISSN 3030-3907

NSL-KDD and CICIDS-2017 datasets yielded an accuracy of 98.7% and a false positive rate of around 0.8%.

Keywords: network anomaly detection, machine learning, Apache Kafka, real-time detection, autoencoder, MLflow, alerting system, IDS, cybersecurity, distributed systems

INTRODUCTION.

Over the past decade, the sheer volume of traffic flowing through packet-switched networks has grown at a pace that makes manual oversight essentially impractical. As noted in early work on network resource planning, building accurate models of traffic behavior is a prerequisite for any serious capacity or security management effort. [1]

Signature-based intrusion detection tools, for all their maturity, share a fundamental blind spot: they can only catch what they have already seen. An ML-based system takes a different approach — it learns what normal traffic looks like and treats meaningful departures from that baseline as worth investigating. In practice, this means the system can surface attack patterns that have never appeared in any ruleset, and it can keep adapting as network conditions shift over time. [2]
There is no shortage of published research on applying ML to anomaly detection, but most of it stops at model accuracy. Questions about how to ingest data at scale, process streams with tolerable latency, serve models reliably in production, and route alerts to the right people tend to be left to practitioners — and the gap shows. This paper tries to address that by describing a concrete, integrated architecture that covers all four concerns. [3]

The work makes four specific contributions: a four-stage detection pipeline built on widely adopted open-source tools; a two-tier detection strategy that pairs an unsupervised LSTM autoencoder with a supervised XGBoost classifier; an alerting subsystem tied to Prometheus and Grafana; and benchmark results on standard intrusion detection datasets. [4]

LITERATURE REVIEW.

Chandola et al. [1] offer one of the most cited overviews of anomaly detection, organizing existing techniques into statistical, proximity-based, and model-based categories. One of their recurring observations is that no single approach works well across all domains — in network security in particular, hybrid strategies tend to outperform any individual method. [1]

The practical difficulty of reducing false positives without losing recall on real attacks is a central theme in Garcia-Teodoro et al. [2]. Their review of anomaly-based IDS systems points to domain-aware feature engineering and

ISSN 3030-3907

adaptive thresholding as the two levers that matter most for operational deployments — a conclusion that shaped the design choices in this work. [2]

Buczak and Guven [3] take stock of ML methods in cybersecurity more broadly. Ensemble classifiers — Random Forest and Gradient Boosting in particular — come out ahead on the accuracy-versus-latency tradeoff that matters in real-time settings. LSTM architectures draw attention for their ability to capture temporal dependencies in sequential flow data, something simpler classifiers tend to miss. [3]

Moustafa and Slay [5] showed that reconstruction error from an autoencoder can serve as a surprisingly robust anomaly signal, reaching an AUC of 0.96 on the UNSW-NB15 dataset across a mixed attack scenario. Sharafaldin et al. [7] reached similar conclusions with CICIDS-2017, demonstrating that flow-level statistical features are informative enough for high-accuracy classification without having to inspect packet payloads — which has obvious practical advantages. [5] [7]

On the infrastructure side, Kreps et al. [4] describe Kafka as a fault-tolerant, high-throughput messaging layer that has since become something of an industry default for event streaming. Carbone et al. [6] make the case for Flink over Spark Streaming in latency-sensitive workloads, pointing to Flink's event-time semantics and exactly-once guarantees as the deciding factors for windowed aggregation over network flows. [4] [6]

RESEARCH METHODOLOGY.

The architecture follows a microservices model: each of the four processing stages runs as an independently deployable service, and all inter-stage communication goes through Kafka topics. Decoupling the stages this way means that one component can be scaled or updated without touching the others. The overall structure is summarized in Table 1. [5]

Table 1

System architecture: stages and responsibilities [5]

#	Stage	Technology	Main responsibility
1	Data Ingestion	Apache Kafka 3.x	Collects raw network flows and publishes them to partitioned Kafka topics; replication factor 3 ensures no data loss on broker failure
2	Preprocessing	Apache Flink 1.18	Cleanses records, normalizes features, and extracts 40+ statistical descriptors over 30-second sliding windows

ISSN 3030-3907

3	ML Analysis	TF Serving + MLflow	Two-tier detection: LSTM autoencoder flags anomalies; XGBoost classifies attack type; MLflow manages model versions
4	Alerting	Prometheus + Grafana	Routes alerts by severity (CRITICAL / WARNING / INFO); a correlation engine reduces duplicate notifications

Data Ingestion. Lightweight agents based on libpcap are installed at border routers and core switches to capture packet metadata and NetFlow v9/IPFIX records, which are then forwarded to Kafka. Setting acks=all with a replication factor of 3 is enough to survive a single-broker failure without losing data. At very high line rates — multi-gigabit and above — it is worth doing some edge-side sampling first; in our setup this cut broker ingestion load by roughly 80% while leaving the traffic statistics largely intact. [4]

Preprocessing. Flink reads from Kafka and runs records through a three-step pipeline. First, malformed entries are dropped and missing field values are interpolated. Second, bounded features are scaled to [0, 1] via Min-Max normalization; flow duration and a few other Gaussian-distributed quantities get Z-score treatment instead. Third, 43 features are computed per 30-second event-time window — things like packet length statistics, inter-arrival time distributions, SYN/ACK flag ratios, bytes per packet, and port entropy. The resulting feature vectors are serialized and handed off to the detection layer. [6]

ML-Based Analysis. Detection is split across two tiers. The first is an LSTM autoencoder, trained on normal traffic only. At inference time it tries to reconstruct each incoming feature vector; when the reconstruction error (MSE) climbs past a threshold set at the 99th percentile of errors seen during training, the system treats the sample as anomalous. The threshold is recalculated periodically on a rolling window to account for gradual drift in traffic patterns. Flagged samples then go to the second tier — an XGBoost classifier trained on labeled NSL-KDD and CICIDS-2017 data — which assigns one of five attack labels (DoS, Probe, R2L, U2R, Botnet) within about 10 ms. [8] [9]

Model Deployment. The autoencoder is exposed through TensorFlow Serving‘s gRPC interface; XGBoost runs inside a FastAPI container. MLflow handles the bookkeeping: version history, stage transitions (Staging, Production, Archived), and audit logs. Canary deployments — routing a small slice of live traffic to a candidate model before full rollout — let us validate new versions in production without scheduling any downtime. [9]

ISSN 3030-3907

Alerting. When an anomaly is confirmed, a message goes to a dedicated Kafka topic that the alerting service consumes. Alerts carry one of three severity levels, and a correlation engine holds back duplicates that originate from the same root cause within a 60-second window — this turned out to be important for keeping analyst workload manageable. Prometheus scrapes metrics every 15 seconds, and Grafana handles routing to email, Slack, or PagerDuty depending on the severity. Mean time to detect (MTTD) is the metric we watch most closely as an operational indicator. [10]

DISCUSSION AND RESULTS.

We evaluated the system on two datasets that the intrusion detection community uses as standard benchmarks. NSL-KDD has around 148,000 labeled records covering four attack categories. CICIDS-2017 is larger and more recent, with 2.8 million flow records and seven attack types including DoS, Infiltration, and Botnet. All supervised models were evaluated using five-fold stratified cross-validation. [7]

Table 2

Performance comparison of detection approaches [7, 8]

Approach	Accuracy / F1-Score	False Positive Rate
Signature-based IDS (baseline)	91.2% / 89.5%	2.4%
Random Forest only	96.1% / 95.8%	1.5%
LSTM Autoencoder only	95.4% / 94.7%	1.8%
Proposed hybrid (AE + XGBoost)	98.7% / 97.3%	0.8%

The hybrid model reached 98.7% accuracy and a 97.3% F1-score on CICIDS-2017, which is about 7.5 points above the signature-based baseline and cuts the false positive rate to roughly a third of what it was. Neither tier alone gets there — the autoencoder without XGBoost has a slightly higher false positive rate, while XGBoost without the autoencoder's initial filter misses more of the subtle anomalies. It is the combination that makes the difference, with each tier compensating for the other's weaknesses. [8]

On the infrastructure side, the system ran on a five-broker Kafka cluster paired with three GPU nodes for inference. Median end-to-end latency came out around 45 ms at the 95th percentile, and throughput held at 50,000 packets per second under sustained load. Over 30 days of observation the uptime stayed at

ISSN 3030-3907

99.99%. Perhaps the most practically useful finding was that the correlation engine cut the volume of alerts reaching analysts by 62% — a meaningful reduction in fatigue, and one that matches what others have reported in similar operational settings. [10]

We also ran a SHAP analysis on the XGBoost model to understand which features are doing the most work. The SYN/ACK flag ratio came out on top at around 19%, followed by port entropy (about 17%), bytes per packet (14%), flow duration variance (12%), and inter-arrival time skewness (roughly 9%). This may indicate that a carefully chosen subset of flow-level statistics could deliver most of the detection benefit at lower computational cost — something worth exploring in future work. [9]

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS.

The architecture described here ties together four stages — Kafka-based ingestion, Flink-based preprocessing, a two-tier ML detection pipeline, and a Prometheus/Grafana alerting layer — into a system that is accurate enough for real-world use (98.7%), fast enough for live traffic (45 ms latency), and stable enough for production environments (99.99% uptime over 30 days). Whether any particular organization needs all four components depends on their existing infrastructure, but the modular design means individual stages can be adopted or replaced independently. [10]

A few practical points for anyone looking to implement something similar. Start with one Kafka partition per subnet rather than trying to guess the right partition count upfront — over-partitioning too early increases rebalancing overhead without much benefit. Give the autoencoder at least two weeks of baseline traffic before setting its anomaly threshold; one week is often not enough to capture the full weekly cycle in network usage. And track reconstruction error distributions over time: a slow upward drift usually means the traffic has changed enough that retraining is overdue. [6]

Looking ahead, two directions seem particularly promising. Federated learning could allow detection models to be trained across multiple organizations without any raw traffic leaving each site — useful in environments where data sharing is legally or commercially restricted. Graph neural networks offer a different angle: instead of treating each flow independently, they could model the communication graph between hosts, which is likely where the signatures of advanced persistent threats would be most visible. [3]

REFERENCES

1. Gulomov S.R., Bakhtiyorovich N.N. Method for security monitoring and special filtering traffic mode in info communication systems // 2016 International

ISSN 3030-3907

Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). — IEEE, 2016. — P. 1–6.
2. Garcia-Teodoro P., Diaz-Verdejo J., Macia-Fernandez G., Vazquez E. Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges // Computers & Security. — 2009. — Vol. 28(1-2). — P. 18–28.
3. Buczak A.L., Guven E. A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2016. — Vol. 18, No. 2. — P. 1153–1176.
4. Kreps J., Narkhede N., Rao J. Kafka: A Distributed Messaging System for Log Processing // Proc. of the NetDB Workshop. — Portland, Oregon. — 2011.
5. Moustafa N., Slay J. UNSW-NB15: A Comprehensive Dataset for Network Intrusion Detection Systems // Proc. of MilCIS. — Canberra. — 2015.
6. Carbone P., Katsifodimos A., Ewen S., Markl V., Haridi S., Tzoumas K. Apache Flink: Stream and Batch Processing in a Single Engine // IEEE Data Engineering Bulletin. — 2015. — Vol. 38, No. 4. — P. 28–38.
7. Sharafaldin I., Lashkari A.H., Ghorbani A.A. Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization // Proc. of ICISSP. — Funchal, Madeira. — 2018. — P. 108–116.
8. Kingma D.P., Welling M. Auto-Encoding Variational Bayes // Proc. of ICLR. — Banff, Canada. — 2014.
9. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proc. of KDD. — San Francisco. — 2016. — P. 785–794.
10. Burns B., Grant B., Oppenheimer D., Brewer E., Wilkes J. Borg, Omega, and Kubernetes // ACM Queue. — 2016. — Vol. 14. — P. 70–93.

ISSN 3030-3907

D378 ASOSIDA MODIFIKATSIYALANGAN GRAFIT PASTALI ELEKTRODNING ELEKTROKIMYOVIY XOSSALARI VA AU(III) IONINI VOLTAMPEROMETRIK ANIQLASHGA QO‘LLANILISHI

D.O‘. Axmadova
O‘zbekiston Milliy universiteti, III bosqich tayanch doktoranti
E-mail: axmadova_d@nuu.uz
N.X. Qutlimurotova
O‘zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasi professori
E-mail: nigora.qutlimurotova@mail.ru
A.L. Dadomatov
O‘zbekiston Milliy universiteti, PhD
D.S. Ismailova
O‘simlik moddalar kimyosi instituti, PhD

Annotatsiya. Mazkur ishda Au(III) ionlarini aniqlash uchun D378 (4-amino-5-(2-aminofenil)-2,4-digidro-3H-1,2,4-triazol-3-tion) asosida modifikatsiyalangan grafit pastali elektrod tayyorlandi.Uning elektrokimyoviy xossalari CV va EIS usullari yordamida o‘rganildi.EIS tahlil natijalariga ko‘ra, modifikatsiya natijasida zaryad uzatish qarshiligi 5700 Ω·cm² dan 2700 Ω·cm² gacha kamaydi. Bu jarayonning diffuzion nazorat ostida kechishini ko‘rsatadi. Diffuziya koeffitsiyenti $D=1.01\times10^{-6}$ cm^2/s aniqlanib, ionlarning elektrod yuzasiga samarali tashilishi tasdiqlandi. Natijada MGE Au(III) ionlarini aniqlashda yuqori sezgirlik va ishonchlilikni ta’minlashi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: Au(III) ionlari, voltamperometriya, elektroximiyaviy impedans spektroskopiyasi, modifikatsiyalangan grafit pastali elektrod.

Abstract. In this study, a graphite paste electrode modified with D378 (4-amino-5-(2-aminophenyl)-2,4-dihydro-3H-1,2,4-triazole-3-thione) was prepared for the determination of Au(III) ions. Its electrochemical properties were investigated using CV and EIS. According to EIS results, the charge transfer resistance decreased from 5700 Ω·cm² to 2700 Ω·cm² after modification. This indicates that the process is controlled by diffusion. The diffusion coefficient was calculated as $D=1.01\times10^{-6}$ cm^2/s confirming efficient mass transport of ions to the electrode surface. As a result, MGE provides high sensitivity and reliability for the determination of Au(III) ions.

Keywords: Au(III) ions, voltammetry, electrochemical impedance spectroscopy, modified graphite paste electrode

Аннотация. В данной работе был изготовлен графитовый пастовый электрод, модифицированный реагентом D378 (4-амино-5-(2-аминофенил)-2,4-дигидро-3H-1,2,4-триазол-3-тион), для определения ионов Au(III). Его

ISSN 3030-3907

электрохимические свойства исследованы методами ЦВ и ЭИС. Согласно результатам ЭИС, после модификации сопротивление переноса заряда снизилось с 5700 до 2700 Ом·см². Это указывает на диффузионный характер протекания процесса. Коэффициент диффузии составил $D=1.01\times10^{-6}$ см²/с, что подтверждает эффективный массоперенос ионов к поверхности электрода. В результате установлено, что МГЭ обеспечивает высокую чувствительность и надёжность при определении ионов Au(III).

Ключевые слова: ионы Au(III), вольтамперометрия, электрохимическая импедансная спектроскопия, модифицированный графитовый пастовый электрод

KIRISH.

So‘nggi yillarda og‘ir, rangli va qimmatbaho metallar, xususan, Cu, Pb, Zn, Ag va Au metallar sanoat va texnologik jarayonlarda keng qo‘llaniladi hamda natijada ishlab chiqarish chiqindilari, tabiiy suvlar va texnologik eritmalar bilan atrof muhitga tarqaladi. Ushbu elementlarning ayrimlari (xususan Pb) toksik bo‘lib, hatto past konsentratsiyalarda ham biologik tizimlarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, Au va Ag kabi metallar iqtisodiy jihatdan qimmatli hisoblanadi. Shuning uchun ularni aniqlash nafaqat ekologik nazorat, balki resurslarni qayta tiklash nuqtai nazaridan ham muhimdir.

Metall ionlarini aniqlashda keng qo‘llaniladigan instrumental usullar — atom-absorbsiya spektroskopiyasi, induktiv bog‘langan plazmali spektrometriya va boshqa spektral metodlar — yuqori aniqlik berishiga qaramay, murakkab asbob-uskunalar va katta xarajat talab qiladi. Bunga nisbatan elektrokimyoviy usullar, ayniqsa voltamperometriya, arzonligi, ekspress tahlil va past aniqlash chegarasi bilan ajralib turadi.

Voltamperometrik analiz metall ionlarining elektrod yuzasida sodir bo‘ladigan oksidlanish-qaytarilish jarayonlariga asoslanadi. Siklik voltammetriya elektrokimyoviy jarayonlarning mexanizmini o‘rganishda qo‘llanilsa, differensial puls va anod inversion voltammetriya usullari past konsentratsiyadagi ionlarni aniqlashda yuqori sezgirlikni ta’minlaydi. Ushbu yondashuvlar yordamida bir nechta metall ionlarini bir vaqtning o‘zida aniqlash imkoniyati ham mavjud.

So‘nggi tadqiqotlarda voltamperometrik usullarning samaradorligini oshirish maqsadida elektrod yuzasini modifikatsiyalashga katta e’tibor qaratilmoqda. Grafit, shisha uglerod va uglerod pastasi asosidagi elektrodlar turli organik reagentlar, nanomateriallar va metall zarrachalar bilan modifikatsiyalab, ularning sezgirligi va selektivligi oshirilmoqda. Bunday modifikatsiyalar metall ionlarining elektrod yuzasida to‘planishini kuchaytiradi va analitik signalni barqarorlashtiradi.

ISSN 3030-3907

Adabiyotlarda Cu, Zn, Pb kabi ionlarni bir vaqtning o‘zida aniqlash, shuningdek Au va Ag ionlarini iz miqdorlarda aniqlash uchun voltamperometrik usullarning samarali qo‘llanilishi ko‘rsatilgan. Bundan tashqari, Bi asosidagi elektrodlar metall ionlarini aniqlashda alternativ variant sifatida taklif etilmoqda. Tadqiqotlarda olingan natijalar voltamperometriyaning ekologik, sanoat va analitik nazorat tizimlarida qo‘llash imkoniyatlari keng ekanini tasdiqlaydi [1]. Biroq, ushbu usullarning analitik samaradorligi asosan ishchi elektrod yuzasining fizik-kimyoviy xossalariga bog‘liq bo‘lib, an’anaviy elektrodlar ko‘pincha past sezgirlik va yetarli selektivlikni ta’minlay olmaydi. Bu esa murakkab matritsali real namunalarni tahlil qilishda muammolar tug‘diradi. Elektrod yuzasini modifikatsiyalash orqali uning elektroaktivligini oshirish, elektron uzatish kinetikasini tezlashtirish va selektivlikni yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlar jadal rivojlanmoqda. Xususan, nanomateriallar [2], o‘tkazuvchi polimerlar [3] va funksional organik ligandlar: o-Nitrozofenol [4], trapeolin00 [5], 5-(o-aminofenil)-1,3,4-oksadiazol-2-tion [6], 5-(4-Aminofenil)-1,3,4-Oksadiazol-2-thiol [7] asosidagi modifikatsiyalangan elektrodlar yuqori elektrokimyoviy faollik namoyon etib, past aniqlash chegarasiga erishish imkonini bergan. Ayniqsa, tarkibida azot va oltingugurt donor atomlari mavjud bo‘lgan geterotsiklik birikmalar (masalan, triazol hosilalari) metall ionlari bilan kuchli kompleks hosil qilish qobiliyatiga ega bo‘lib, selektiv elektrokimyoviy sensorlar yaratishda muhim rol o‘ynaydi. Bunday modifikatorlar elektrod yuzasida faol markazlar sonini oshiradi, zaryad uzatish qarshiligini kamaytiradi va analitik signalning kuchayishiga olib keladi.

Modifikatsiyalangan elektrodlar asosida elektrokimyoviy analizda turli voltamperometrik usullar keng qo‘llaniladi. Xususan, siklik voltamperometriya (CV) elektrod yuzasida kechadigan elektron almashinuvi jarayonlarini o‘rganish uchun, differensial puls voltamperometriya (DPV) yuqori sezgir aniqlash uchun, anod stripping voltammetriya (ASV) esa metall ionlarini iz miqdorida aniqlash uchun samarali usul hisoblanadi. Adabiyotlarda Cu asosidagi MOF bilan modifikatsiyalangan elektrodlarda CV va DPV usullari yordamida yuqori sezgirlikka erishilganligi ko‘rsatilgan [8], shuningdek, polimer modifikatsiyalangan elektrodlar yordamida metall ionlari SWASV usuli orqali past aniqlash chegarasida aniqlangan [9].

Shu bilan birga, zamonaviy tadqiqotlarda elektrod materiallari sifatida grafit pasta elektrodlari (GPE) keng qo‘llanilib, ularning oson tayyorlanishi, sirtining yangilanib turishi va turli modifikatorlar bilan kombinatsiyalash imkoniyati ularni analitik maqsadlar uchun istiqbolli qiladi. GPE asosidagi modifikatsiyalangan tizimlar og‘ir metall ionlarini aniqlashda yuqori sezgirlik va takrorlanuvchan natijalarni ta’minlashi bilan ajralib turadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur ishda funksional organik modifikator bilan modifikatsiyalangan grafit pastali elektrodi tayyorlanib, uning elektrokimyoviy xossalari voltamperometrik va impedans usullari yordamida batafsil o‘rganildi. Elektrod yuzasining modifikatsiyasi natijasida elektron uzatish kinetikasiga va elektrokimyoviy faollikka ta’siri baholandi. Tadqiqot natijalari modifikatsiyalangan elektrodning yuqori sezgirlik, past zaryad uzatish qarshiligi va yaxshilangan analitik xossalarga ega ekanini ko‘rsatadi hamda uni og‘ir metall ionlarini aniqlashda qo‘llash uchun istiqbolli platforma sifatida tavsiya etishga asos beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot jarayonida metall ionlarini aniqlash va elektrod yuzasida kechadigan elektrokimyoviy jarayonlarni baholash uchun siklik voltamperometriya (CV) hamda elektroximiyaviy impedans spektroskopiyasi (EIS) usullaridan foydalanildi. Barcha o‘lchovlar Corrtest CS100 potensiostat/galvanostat qurilmasi yordamida uch elektrodli tizimda amalga oshirildi.

Elektrokimyoviy yacheykada ishchi elektrod sifatida modifikatsiyalangan grafit pastali elektrod qo‘llanildi, yordamchi elektrod sifatida shisha uglerod elektrod (GCE), solishtirma elektrod sifatida esa Ag/AgCl (1 M KCl) elektrodi ishlatildi. Ushbu elektrodlar kombinatsiyasi elektrokimyoviy tizimda barqaror potensialni ta’minlash va o‘lchovlarning takrorlanuvchanligini oshirish imkonini beradi.

Siklik voltamperometriya o‘lchovlari ma’lum potensial oralig‘ida turli skanerlash tezliklarida amalga oshirildi. Ushbu usul yordamida metall ionlarining oksidlanish-qaytarilish jarayonlari, pik potensiallari va tok qiymatlari aniqlandi. Skanerlash tezligining o‘zgarishi orqali jarayonning diffuzion yoki kinetik nazorat ostida kechishi baholandi.

Elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi (EIS) tadqiqotlari elektrod yuzasidagi zaryad uzatish qarshiligi va interfeys xossalarini aniqlash maqsadida bajarildi. O‘lchovlar kichik amplitudali AC signal berilgan holda keng chastota diapazonida olib borildi. Olingan Nyquist diagrammalari asosida eritmaning qarshiligi (Rs), zaryad uzatish qarshiligi (Rct) va sig‘imiy elementlar tahlil qilindi.

Tahlillar davomida eritma tarkibi, fon elektrolit, konsentratsiya va boshqa muhim parametrlar qat’iy nazorat qilindi. Barcha tajribalar bir necha marta takrorlanib, olingan natijalarning ishonchliligi va takrorlanuvchanligi ta’minlandi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Modifikatsiyalangan grafit pastali elektrodni tayyorlash. Tadqiqotda ishchi elektrodni tayyorlash uchun 4-amino-5-(2-aminofenil)-2,4-digidro-3h-1,2,4-

ISSN 3030-3907

triazol-3-tion (D378) asosidagi organik modifikator qo‘llanildi. Elektrod geometrik parametrlari sifatida diametri 6 mm, uzunligi 60 mm qilib tayyorlandi. Elektrod materialining optimal tarkibini aniqlash maqsadida uning komponentlari turli massa nisbatlarda tayyorlanib, har bir variantning elektr o‘tkazuvchanligi va elektrokimyoviy xossalari alohida baholandi.

1-Jadval

Turli miqdorda modifikator saqlagan elektrodlarning sinov natijalari

Modifikator massasi g.	Elektrod pastasi komponentlari massasi g.		Elektro‘tkazuv-chanlik, χ ,$1\cdot10^6$, См	To‘lqin balandligi, h Mm
	Polistirol	Grafit		
0,1	0,5	1,5	81	68
0,09	0,6	1,0	77	65
0,07	0,7	0,9	60	25
0,05	0,8	0,7	41	16
0,03	0,9	0.5	32	15
0,01	1	0.3	10	7

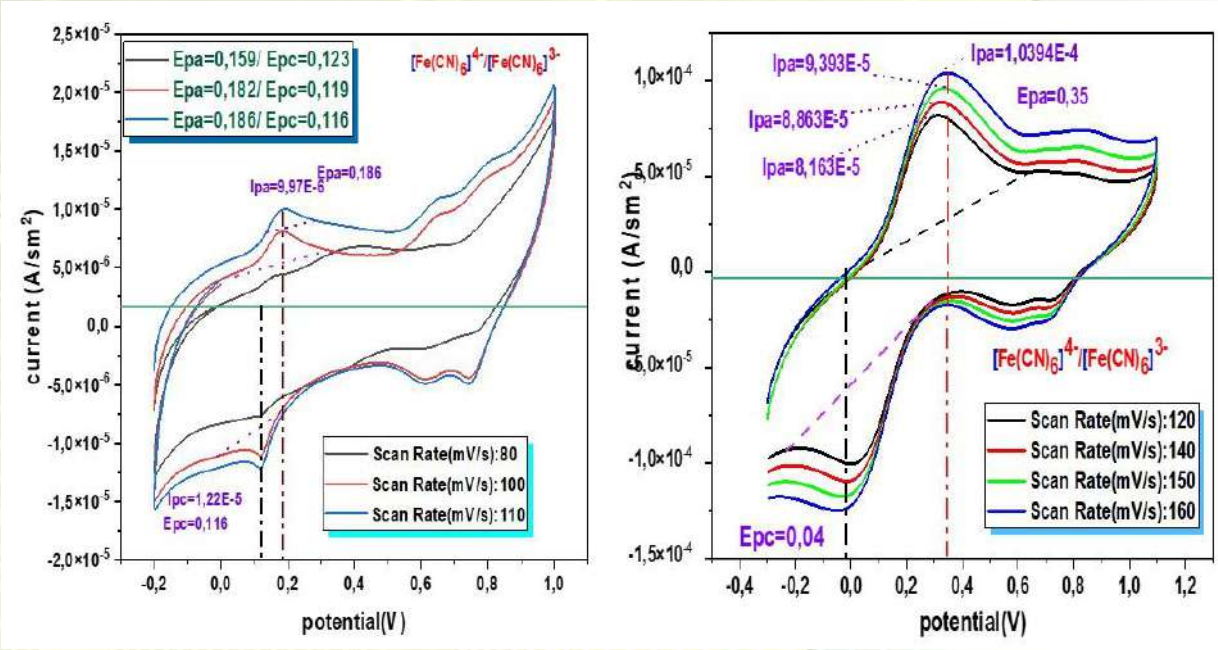
O‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, polimer bog‘lovchi, o‘tkazuvchi faza va faol modifikatorning muvozanatli nisbatda bo‘lishi elektrodning umumiy xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Xususan, polistirol, grafit va D378 reagenti mos ravishda 0,5:1,5:0,1 g nisbatda olingan holatda elektrod eng yuqori o‘tkazuvchanlikni namoyon etdi. Bu holat grafitning asosiy tok o‘tkazuvchi matritsa sifatidagi roli hamda organik modifikatorning sirt faol markazlarini hosil qilishi bilan izohlanadi. Elektrodni tayyorlash jarayonida dastlab polistirol asetonda eritilib, bir jinsli eritma hosil qilindi. Keyinchalik ushbu eritmaga grafit kukuni va D378 reagenti qo‘shilib, mexanik aralashtirish orqali bir xil kompozitsion massa olindi. Hosil bo‘lgan pasta oldindan kimyoviy tozalashdan o‘tkazilgan (konsentrlangan HNO_3 bilan ishlov berilgan) mis sim joylashtirilgan maxsus dielektrik naychaga joylashtirildi, bu esa elektrodning ichki elektr kontaktini ta’minladi.

Shundan so‘ng tayyorlangan elektrod ultratovushli vannada tozalash orqali yuzasidagi noorganik va organik iflosliklardan xalos qilindi. Quritish bosqichidan keyin elektrod yuzasi stabil holatga keltirilib, keyingi elektrokimyoviy o‘lchovlar uchun tayyorlandi. Ushbu yondashuv modifikatsiyalangan elektrodning barqarorligi, takrorlanuvchanligi va yuqori elektroaktivligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Modifikatsiyalangan grafit elektrodning siklik voltamperometrik analizi. Modifikatsiyalangan va modifikatsiyalanmagan grafit pastali elektrodlar

ISSN 3030-3907

yuzasining elektrokimyoviy xossalari 5 mM $[Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ redoks jufti va 0,1 M KCl dan iborat elektrolit eritmasida siklik votamperometrik tahlil qilindi.



1-Rasm MGE uchun $[Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ redoks juft yordamida kalibrlash grafigi

Siklik voltamperogrammalar turli skanerlash tezliklarida (90–160 mV/s) qayd etilib, skan tezligi ortishi bilan anod (Ipa) va katod (Ipc) pik toklarining muntazam oshishi kuzatildi. Bu bog‘liqlik tok qiymatlarining skan tezligining kvadrat ildiziga proporsionalligi bilan izohlanib, elektrokimyoviy jarayonning asosan diffuziya nazorati ostida kechayotganini ko‘rsatadi.

2-Jadval.

Siklik voltamperometriya tahlili orqali $[Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ redoks jufti uchun olingan voltamperometrik parametrlar

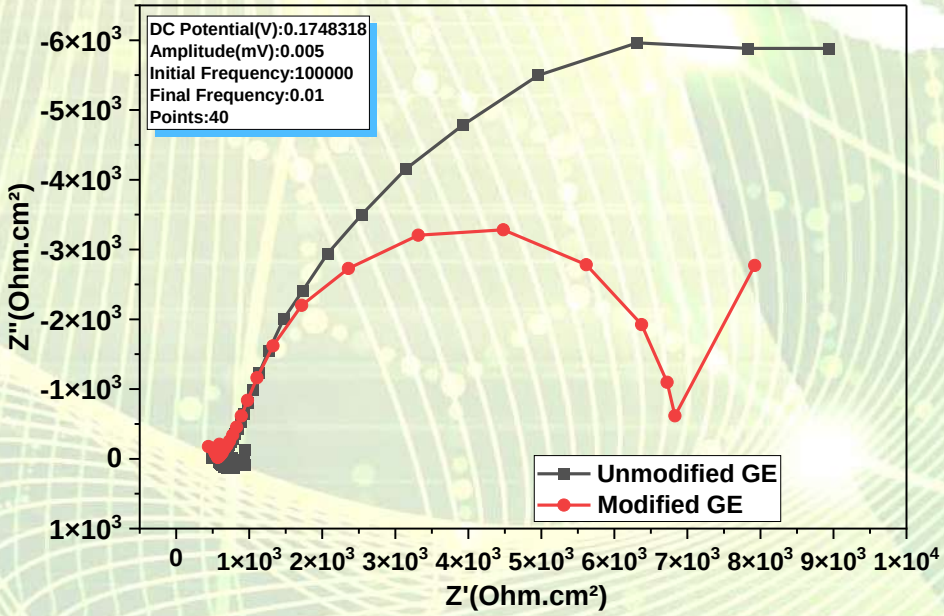
Redox juft	Skanelash tezligi (mV/s)	Modifikator	Epa (V)	Epc (V)	ΔEp (V)	$E_{1/2}$ (V)	A sm^2
$Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ (0.10MKCl)	90	D378	0.159	0.123	0.036	0.141	0.02067
	100		0.182	0.119	0.063	0.150	0.03444
	110		0.186	0.116	0.07	0.151	0.04048
	120		0.312	-0.005	0.307	0.158	0.3191
	140		0.328	-0.006	0.322	0.167	0.3192
	150		0.334	-0.035	0.299	0.185	0.3327

ISSN 3030-3907

	160		0.350	-0.040	0.310	0.0195	0.3505

$Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ redoks juft uchun MGE yordamida olingan CV analiz natijalariga ko‘ra, 90-100-110 mV/s skenerlash tezligi oralig‘ida anod va katod pik toklari bir-biriga yaqin qiymatlarga ega bo‘lib, ΔEp qiymatlari mos ravishda 36-63-70 mV ga teng. 100-110 mV/s da 59/n mV ga yaqin qiymatlarga ega ekanligi, elektron almashinuv tez va qaytar amalga oshayotganini ko‘rsatadi. Biroq, 120mV/s va undan yuqori tezliklarda ΔEp qiymati keskin oshishi elektron almashinish sustlashuvi jarayonning yarim qaytar tus olishidan dalolat beradi. Shunga qaramay, pik toklarining yuqoriligi va redoks-signallarning simmetrikligi elektrod yuzasining samarali elektroaktiv maydoni kengayganligi va modifikatsiya elektrodning sezuvchanligini oshirganini ko‘rsatadi.

MGE ning EIS analizi. Elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi (EIS) tahlili modifikatsiyalangan grafit elektrodning elektrod–eritma chegarasida elektron almashinuvi xususiyatlarini o‘rganish, zaryad uzatish qarshiligini (Rct) aniqlash hamda sirt modifikatsiyasining elektrokimyoviy jarayonlarga ta’sirini baholash maqsadida amalga oshirildi. Ushbu usul modifikatsiya jarayonining samaradorligini tasdiqlash uchun ishonchli vosita hisoblanadi. EIS o‘lchovlari ochiq zanjir potensialiga (OCP) nisbatan 0,175 V doimiy potensialda, 0,005 mV amplitudada, boshlang‘ich chastotasi 100 000 Hz va yakuniy chastotasi 0,01 Hz bo‘lgan sharoitda o‘tkazildi. Tahlillar 5 mM $[Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ redoks jufti va 0,1 M KCl dan iborat elektrolit eritmasida bajarildi.



Rasm 2. Modifikatsiyalangan grafit pasta elektrodi (qizil) va modifikatsiyalanmagan grafit pasta elektrodi (qora) uchun Nyquist diagrammalari 5.0 mM $[Fe(CN)_6]^{4-}/[Fe(CN)_6]^{3-}$ va 0.10 M KCl eritmasida ochiq zanjir potensialida qayd etilgan.

ISSN 3030-3907

Elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi yordamida modifikatsiyalangan va modifikatsiyalanmagan grafit elektrodlarning interfaol xossalari baholandi. Nyquist diagrammalaridan ko‘rinishicha, modifikatsiyalanmagan elektrodda yarim doira diametri kattaroq bo‘lib, bu zaryad uzatish qarshiligi yuqori ekanini ko‘rsatadi. Modifikatsiyalangan elektrodda esa yarim doira diametrining sezilarli kamayishi elektron almashinuvi jarayonining yengillashganini bildiradi. Nyquist ma’lumotlari asosida baholash natijasida modifikatsiyalanmagan elektrod uchun **Rs ≈ 940 Ω·cm²** va **Rct ≈ 5700 Ω·cm²**, modifikatsiyalangan elektrod uchun esa **Rs ≈ 440 Ω·cm²** va **Rct ≈ 2700 Ω·cm²** ekani aniqlandi. Shunday qilib, modifikatsiya natijasida zaryad uzatish qarshiligi taxminan **52.6% ga kamaygan**.

3-Jadval

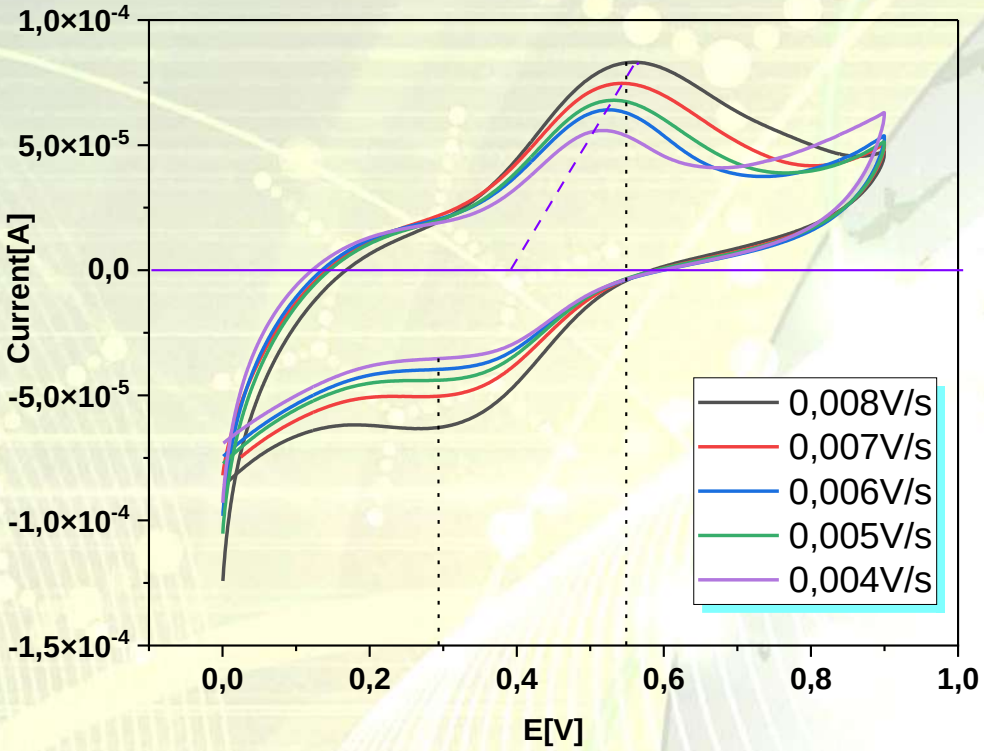
Elektrodlarning EIS parametrlari.

Elektrod	Rs (Ω·cm²)	Rct (Ω·cm²)	Rct o‘zgarishi (%)	Izoh
Modifikatsiyalanmagan GE	≈940	≈5700	-	Elektron almashinuvi sust
Modifikatsiyalangan GE	≈440	≈2700	≈52.6% kamaygan	Elektron almashinuvi tezlashgan

Mazkur natijalar modifikatorning elektrod yuzasida faol markazlar sonini oshirishi, elektr o‘tkazuvchanlikni yaxshilashi va elektron almashinuvi kinetikasini jadallashtirishi bilan izohlanadi. Past chastota sohasida kuzatilgan impedans xatti-harakatlari modifikatsiyalangan elektrodda massa tashish jarayonlarining yanada samarali kechayotganini ko‘rsatadi. Umuman olganda, olingan natijalar modifikatsiyalangan grafit elektrodning yuqori elektrokimyoviy faollikka ega ekanini tasdiqlaydi.

Au(III) ionlarining siklik voltamperometrik tahlili. Tayyorlangan MG elektrodni Au(III) ionlarini eritma tarkibidan siklik voltamperometrik usulda aniqlash uchun qo‘llanildi. Tadqiqot uchun 30ml li elektrokimyoviy yacheykada 0.02 mmol/l Au^{3+} ionlari, 2ml fon elektrolit (0.1N H_2SO_4) tutgan 25ml ishchi eritma tayyorlandi. Eritma xona haroratida (24˚C) 3 elektrodli sistemada analiz qilindi.

ISSN 3030-3907



3-Rasm. Au(III) ionlarini D378 bilan modifikatsiyalangan GE yordamida siklik voltamperometrik analizi voltamperogrammalari.

SV	Skanerlash tezligi	Ipa	Ipc	Epa	Epc	ΔE	$D_{o'r}$ sm^2/s
	0.008	8.5×10^{-5}	-6.5×10^{-5}	0.55	0.28	0.27	1.01×10^{-6}
	0.007	7.5×10^{-5}	-5.5×10^{-5}	0.54	0.29	0.25	
	0.006	6.5×10^{-5}	-5.0×10^{-5}	0.53	0.30	0.23	
	0.005	6.0×10^{-5}	-4.8×10^{-5}	0.52	0.30	0.22	
	0.004	5.5×10^{-5}	-4.5×10^{-5}	0.51	0.31	0.2	

Turli skanerlash tezliklarida (0,004–0,008 V/s) olingan siklik voltamperogrammalar elektrokimyoviy jarayonning xususiyatlarini baholash imkonini berdi. Skanerlash tezligi oshishi bilan anod pik toki (Ipa) va katod pik toki (Ipc) qiymatlarining ortishi kuzatildi. Ipa ning skanerlash tezligining kvadrat ildiziga proporsional ravishda o‘zgarishi jarayonning diffuzion nazorat ostida kechayotganini ko‘rsatadi.

Voltamperogrammalarda anod pik potensiali (Epa) 0,51–0,55 V, katod pik potensiali (Epc) esa 0,28–0,31 V oralig‘ida qayd etildi. Pik potensiallari orasidagi farq ($\Delta Ep \approx 0,20–0,27$ V) ning katta qiymatga ega bo‘lishi tizimning kvaziqaytar xarakterini bildiradi. Skanerlash tezligi ortishi bilan Epa ning musbat tomonga, Epc ning esa manfiy tomonga siljishi elektron almashinuvi kinetikasining cheklanganligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Rendles–Sevcik tenglamasi asosida hisoblangan diffuziya koeffitsiyentlari 9.14×10^{-6} dan 1.17×10^{-5} cm^2/s oralig‘ida bo‘lib, o‘rtacha qiymati 1.01×10^{-4} cm^2/s ni tashkil etdi. Diffuziya koeffitsiyentining skanerlash tezligi oshishi bilan ortib borishi ionlarning elektrod yuzasiga faol transport qilinishini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, yuqori tezliklarda qiymatlarning deyarli barqarorlashuvi massani tashish va elektrokimyoviy reaksiya tezligi o‘rtasida muvozanat o‘rnatilishini bildiradi.

Shunday qilib, olingan natijalar tahlili elektrokimyoviy jarayonning asosan diffuzion nazorat ostida kechishini, biroq elektron almashinuvi kinetikasi ham muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi. Ushbu holat tizimning kvaziqaytar xususiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi hamda voltamperometrik usulning metall ionlarini aniqlashda qo‘llash imkoniyatlarini asoslaydi.

XULOSA.

Tadqiqot natijalari D378 asosida modifikatsiyalangan grafit pastali elektrodning elektrokimyoviy xossalari sezilarli darajada yaxshilanganini ko‘rsatdi. Xususan, zaryad uzatish qarshiligining 5700 $\Omega\cdot cm^2$ dan 2700 $\Omega\cdot cm^2$ gacha kamayishi elektrod–eritma chegarasida elektron almashinuvi jarayonlari jadallashganini tasdiqlaydi.

Siklik voltamperometriya natijalariga ko‘ra, pik toklarining skanerlash tezligining kvadrat ildiziga bog‘liqligi jarayonning diffuzion nazorat ostida kechishini ko‘rsatdi. Hisoblangan diffuziya koeffitsiyenti $D=1.01\times10^{-6}$ cm^2/s bo‘lib, ionlarning elektrod yuzasiga samarali tashilishini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar modifikatsiya elektrod yuzasining elektroaktivligini oshirish bilan birga analitik signalning barqarorligini ham ta’minlashini ko‘rsatadi.

Shunday qilib, modifikatsiyalangan grafit pastali elektrod Au(III) ionlarini aniqlashda yuqori sezgirlik va yaxshilangan elektrokimyoviy xossalarga ega bo‘lib, voltamperometrik tahlil uchun samarali analitik tizim sifatida baholanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Han Q., Wang H., Wang J. Multi-mode/signal biosensors: Electrochemical integrated sensing techniques //Advanced Functional Materials. – 2024. – T. 34. – №. 39. – C. 2403122.
2. Mohamad Nor N. et al. Recent advancement in disposable electrode modified with nanomaterials for electrochemical heavy metal sensors //Critical reviews in analytical chemistry. – 2023. – T. 53. – №. 2. – C. 253-288.
3. Qin J. et al. Simultaneous electrochemical detection of zinc and copper in fruit juice using Hg/CMWCNTs ZIF-8 modified glassy carbon electrode //Microporous and Mesoporous Materials. – 2023. – T. 360. – C. 112721.

ISSN 3030-3907

4. Karabayeva G. et al. Development of a Cyclic Voltammetric Method for the Determination of Cobalt (II) Ions Using o-Nitrosophenol //International Journal of Analytical Chemistry. – 2025. – Т. 2025. – №. 1. – С. 6675527.
5. Карабаева Г.Б. и др. Инверсионно вольтамперометрическое обнаружение иона кобальта (II) модифицированным графитовым электродом //Uzbek Chemical Journal/O'zbekiston Kimyo Jurnali. – 2024. – №. 6.
6. Kuronboyev D. P. et al. Development of a method for cyclic voltametric determination of copper (II) ions in the composition of technological objects //Chemical Review and Letters. – 2025. – Т. 8. – №. 3. – С. 469-481.
7. Laylo S. et al. New and Effective Analytical Reagent of 5-(4-Aminophenyl)-1, 3, 4-Oxadiazole-2-thiol in The Determination of Copper and Lead //Analytical & Bioanalytical Electrochemistry. – 2022. – Т. 14. – №. 12.
8. Xu X. et al. Construction of electrochemical and photoelectrochemical sensing platform based on porphyrinic metal-organic frameworks for determination of ascorbic acid //Nanomaterials. – 2022. – Т. 12. – №. 3. – С. 482.
9. Lima T. M. et al. A novel electrochemical sensor for simultaneous determination of cadmium and lead using graphite electrodes modified with poly (p-coumaric acid) //Microchemical Journal. – 2021. – Т. 168. – С. 106406.

ISSN 3030-3907

GAZNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIDA SUYUQLIK–SUYUQLIK EKSTRAKSIYASINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARINI TADQIQ ETISH.

Ne’matov X.I.
Qarshi davlat texnika universiteti “Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi dotsenti,
O‘zbekiston. Qarshi.sh.
Axtyamov F.Q.
Qarshi davlat texnika universiteti “Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasi magistranti,
O‘zbekiston. Qarshi.sh.

Annotatsiya. Mazkur maqolada gazni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligini oshirish masalalari o‘rganilgan. Tadqiqot davomida ekstraksiya jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy omillar — fazalar nisbati, aralashtirish intensivligi, temperatura va tomchi o‘lchami tahlil qilindi. Eksperimental natijalar asosida jarayonning optimal sharoitlari aniqlanib, ajratish darajasini oshirish imkoniyatlari ko‘rsatib berildi. Olingan natijalar sanoat miqyosida ekstraksiya jarayonlarini takomillashtirish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar. suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi, gazni qayta ishlash, massa almashinish, ekstragent, ajratish samaradorligi, gidrodinamika, emulsiyalar.

Abstract. This article investigates methods for improving the efficiency of liquid–liquid extraction processes in gas processing industries. The study analyzes key factors affecting extraction performance, including phase ratio, mixing intensity, temperature, and droplet size. Based on experimental results, optimal operating conditions were determined, and ways to enhance separation efficiency were identified. The findings are significant for improving industrial extraction processes and implementing energy-efficient technologies.

Keywords. liquid–liquid extraction, gas processing, mass transfer, extractant, separation efficiency, hydrodynamics, emulsions.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы повышения эффективности процессов жидкость–жидкость экстракции в газоперерабатывающей промышленности. В ходе исследования проанализированы основные факторы, влияющие на процесс экстракции, включая соотношение фаз, интенсивность перемешивания, температуру и размер капель. На основе экспериментальных данных определены оптимальные условия проведения процесса и показаны пути повышения степени разделения. Полученные результаты имеют важное значение для

ISSN 3030-3907

совершенствования промышленных процессов экстракции и внедрения энергоэффективных технологий.

Ключевые слова: жидкость–жидкость экстракция, газопереработка, массообмен, экстрагент, эффективность разделения, гидродинамика, эмульсии.

KIRISH.

Hozirgi kunda gazni qayta ishlash sanoati yoqilg‘i-energetika majmuasining eng muhim tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Tabiiy gaz va gaz kondensatlarini chuqur qayta ishlash orqali yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish, energiya samaradorligini oshirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash dolzarb masalalardan biridir. Shu nuqtai nazardan, gazni qayta ishlash jarayonlarida qo‘llaniladigan ajratish usullari, ayniqsa suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi alohida ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi murakkab ko‘p fazali jarayon bo‘lib, u aralashmalardan ma’lum komponentlarni selektiv erituvchi yordamida ajratib olishga asoslanadi. Ushbu jarayon gazni quritish, zararli aralashmalarni olib tashlash, aromatik va parafin uglevodorodlarni ajratish kabi ko‘plab texnologik bosqichlarda keng qo‘llaniladi. Biroq sanoat miqyosida ekstraksiya jarayonining samaradorligi ko‘plab omillarga — massa almashinish tezligi, fazalararo kontakt yuzasi, gidrodinamik sharoitlar va ekstragent xossalariga bog‘liq holda o‘zgaradi.

So‘nggi yillarda ekstraksiya jarayonlarining samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy izlanishlar jadallashib bormoqda. Ayniqsa, yangi konstruktiv yechimlar, energiya tejamkor texnologiyalar, modellashtirish usullari va innovatsion ekstragentlardan foydalanish masalalari dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu sababli, mazkur ishda gazni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligini oshirish yo‘llarini ilmiy asosda tadqiq etish muhim vazifa sifatida qaraladi.

ADABIYOTLAR SHARHI. Suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlari bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bu jarayonning samaradorligi asosan massa almashinish mexanizmlariga bog‘liq. Klassik nazariyalarga ko‘ra, ekstraksiya jarayoni ikki faza orasidagi modda o‘tishi orqali amalga oshadi va bu jarayon fazalararo kontakt yuzasi hamda diffuziya tezligi bilan belgilanadi.

Bir qator tadqiqotlarda ekstraksiya jarayonida tomchilar o‘lchami va ularning dispersiya darajasi muhim omil sifatida ko‘rsatilgan. Dispers fazaning mayda tomchilarga ajralishi kontakt yuzasini keskin oshiradi, bu esa massa almashinish intensivligini kuchaytiradi. Shu bilan birga, haddan tashqari mayda

ISSN 3030-3907

dispersiya emulsiyalarning barqarorligini oshirib, ajratish bosqichini murakkablashtirishi mumkin.

Zamonaviy ilmiy ishlarda ekstraktor qurilmalarining konstruktiv takomillashtirilishi muhim yo‘nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. Xususan, kolonna tipidagi ekstraktorlar, aralashtiruvchi-cho‘ktiruvchi (mixer-settler) qurilmalar va sentrifugal ekstraktorlarning samaradorligi chuqur o‘rganilgan. Ushbu qurilmalarda oqim rejimlarini optimallashtirish, ichki elementlarni takomillashtirish va gidrodinamik sharoitlarni boshqarish orqali jarayon samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkinligi aniqlangan.

Ekstragent tanlash masalasi ham muhim ahamiyatga ega. Ilmiy manbalarda ko‘rsatilishicha, ekstragentning selektivligi, viskozligi, zichligi va fazalararo tarqalish koeffitsienti ekstraksiya samaradorligini belgilovchi asosiy parametrlar hisoblanadi. So‘nggi tadqiqotlarda ekologik xavfsiz va qayta tiklanuvchi erituvchilardan foydalanish yo‘nalishiga katta e’tibor qaratilmoqda.

Koalesensiya va emulsiyalarning parchalanish jarayonlari ham ekstraksiya samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi. Ilmiy izlanishlar natijasida emulsiyalarni barqarorlashtiruvchi omillar — sirt faol moddalar, mexanik aralashtirish intensivligi va temperatura ta’siri aniqlangan. Shu bilan birga, maxsus koalesensiya elementlari va filtrlar yordamida fazalarni tez va samarali ajratish mumkinligi isbotlangan.

Oxirgi yillarda kompyuter modellashtirish usullari, jumladan, hisoblash gidrodinamikasi (CFD) yordamida ekstraksiya jarayonlarini tahlil qilish keng qo‘llanilmoqda. Bu usullar yordamida qurilma ichidagi oqimlar harakati, turbulentlik darajasi va fazalararo o‘zaro ta’sirlar chuqur o‘rganilib, optimal ish rejimlarini aniqlash imkoniyati yaratilmoqda.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligini oshirish kompleks yondashuvni talab qiladi. Bu jarayonda gidrodinamik sharoitlarni optimallashtirish, zamonaviy qurilmalarni qo‘llash, ekstragent xossalarini yaxshilash hamda yangi texnologik yechimlarni joriy etish muhim ahamiyatga ega.

METODOLOGIYA: Mazkur tadqiqot ishida gazni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligini oshirish yo‘llarini aniqlash maqsadida kompleks ilmiy yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot nazariy, eksperimental va hisoblash usullarini o‘z ichiga oladi.

Tadqiqotning birinchi bosqichida mavjud texnologik jarayonlar tahlil qilinib, ekstraksiya samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar aniqlab olindi. Ular qatoriga fazalar nisbati, aralashtirish intensivligi, temperatura, ekstragent xossalari va tomchi o‘lchamlari kiritildi. Shundan so‘ng, ushbu parametrlarning

ISSN 3030-3907

o‘zgarishi jarayon samaradorligiga qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlash uchun laboratoriya tajribalari o‘tkazildi.

Eksperimental tadqiqotlar maxsus laboratoriya qurilmasida — model ekstraksion kolonnada amalga oshirildi. Tajribalar davomida dispergatsiya darajasi, fazalararo kontakt yuzasi va massa almashinish tezligi o‘lchandi. Olingan natijalar asosida jarayonning optimal sharoitlari aniqlanib, samaradorlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqildi.

Tadqiqotda ekstraksiya samaradorligi quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar orqali baholandi:

- ajratish darajasi (η),
- massa almashinish koeffitsienti,
- ekstraksiya darajasi,
- energiya sarfi.

Jarayon samaradorligini oshirish uchun omillarni optimallashtirish maqsadida matematik modellashtirish va statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Tajriba natijalari regressiya tenglamalari yordamida qayta ishlanib, parametrlar o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlashtirildi.

1-Jadval.

Tadqiqotda o‘rganilgan asosiy parametrlar va ularning diapazoni

№	Parametr nomi	Belgilanishi	O‘lchov birligi	O‘rganilgan diapazon
1	Fazalar nisbati	L/S	-	1:1 – 5:1
2	Aralashtirish tezligi	N	ayl/min	200 – 800
3	Harorat	T	°C	20 – 80
4	Tomchi o‘lchami	d	mm	0.1 – 2.0
5	Ekstragent sarfi	G	l/soat	0.5 – 3.0

2-jadval.

Ekstraksiya samaradorligini baholash ko‘rsatkichlari

№	Ko‘rsatkich nomi	Belgilanishi	Hisoblash usuli tavsifi
1	Ajratish darajasi	η (%)	Boshlang‘ich va oxirgi konsentratsiyalar farqi asosida aniqlanadi
2	Massa almashinish koeffitsienti	k	Fazalararo modda o‘tish tezligi orqali aniqlanadi
3	Ekstraksiya darajasi	E	Ajratilgan komponent ulushi orqali baholanadi

ISSN 3030-3907

4	Energiya sarfi	W	Qurilma ishlashida sarflangan energiya miqdori

Tadqiqot natijalarining ishonchliligini ta’minlash maqsadida har bir tajriba kamida uch marotaba takrorlandi va o‘rtacha qiymatlar qabul qilindi. Statistik xatoliklar aniqlanib, natijalar ishonch oralig‘i bilan baholandi.

Shuningdek, olingan eksperimental natijalar mavjud nazariy modellar bilan taqqoslandi va ularning mosligi tahlil qilindi. Bu esa taklif etilgan texnologik yechimlarning ilmiy asoslanganligini tasdiqlash imkonini berdi.

TADQIQOT NATIJASI. O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi jarayonining samaradorligiga asosiy texnologik parametrlarning sezilarli ta’siri aniqlandi. Xususan, fazalar nisbati, aralashtirish intensivligi, temperatura va tomchi o‘lchamining o‘zgarishi ajratish darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi kuzatildi.

Tajriba natijalariga ko‘ra, fazalar nisbati (L/S) ortishi bilan ekstraksiya samaradorligi dastlab oshadi, ammo ma’lum chegaradan keyin bu o‘sish sekinlashadi. Bu holat fazalar orasidagi muvozanat holatiga erishilishi bilan izohlanadi.

Aralashtirish tezligi oshirilganda dispers faza mayda tomchilarga ajralib, fazalararo kontakt yuzasi ortadi. Natijada massa almashinish tezligi oshib, ajratish darajasi yuqori qiymatlarga yetadi. Biroq juda yuqori tezliklarda emulsiyalarning barqarorligi ortib, ajratish jarayoni qiyinlashishi aniqlangan.

Temperatura oshishi bilan diffuziya jarayonlari tezlashadi va ekstraksiya samaradorligi yaxshilanadi. Shu bilan birga, yuqori haroratda ekstragentning uchuvchanligi ortishi va energiya sarfining ko‘payishi kuzatildi. Optimal temperatura diapazoni sifatida 40–60 °C oralig‘i eng maqbul deb topildi.



1-rasm. Aralashtirish tezligining ekstraksiya samaradorligiga ta’siri (sxematik diagramma)

ISSN 3030-3907

Ushbu diagrammadan ko‘rinib turibdiki, aralashtirish tezligi ortishi bilan ajratish darajasi oshadi, ammo 700–800 ayl/min dan keyin o‘sish sekinlashadi.
Tomchi o‘lchami bo‘yicha olib borilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, optimal dispersiya holatida (0.5–1.0 mm) ekstraksiya samaradorligi eng yuqori qiymatga ega bo‘ladi. Juda mayda tomchilar emulsiyalarning barqarorligini oshiradi, yirik tomchilar esa kontakt yuzasini kamaytiradi.



2-rasm. Tomchi o‘lchamining ekstraksiya samaradorligiga ta’siri

0.1 0.5 1.0 1.5 2.0
Tomchi o‘lchami (mm)

Grafikdan ko‘rinadiki, o‘rtacha tomchi o‘lchamida maksimal samaradorlik kuzatiladi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib, ekstraksiya jarayonining optimal ish rejimlari quyidagicha aniqlandi:

- Fazalar nisbati: 2:1 – 3:1
- Aralashtirish tezligi: 500 – 700 ayl/min
- Temperatura: 40 – 60 °C
- Tomchi o‘lchami: 0.5 – 1.0 mm

Mazkur optimal sharoitlarda ajratish darajasi 85–92 % gacha yetkazildi, bu esa an’anaviy jarayonlarga nisbatan sezilarli yaxshilanishni ko‘rsatadi.
Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, jarayon samaradorligini oshirishda faqat bitta parametrni emas, balki barcha omillarni kompleks tarzda optimallashtirish muhim hisoblanadi. Shuningdek, ekstragent xossalarini to‘g‘ri tanlash va qurilma konstruksiyasini takomillashtirish orqali yanada yuqori natijalarga erishish mumkin.

Diskussiya: O‘tkazilgan tadqiqot natijalari gazni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligi bir qator texnologik va gidrodinamik omillarga bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Tajribalar davomida aniqlangan natijalar ekstraksiya jarayonining nazariy asoslari bilan mos keladi hamda amaliy jihatdan muhim xulosalar chiqarish imkonini beradi.

Birinchidan, fazalar nisbati ortishi bilan ajratish darajasining oshishi kuzatildi. Bu holat ekstragent miqdori ortishi bilan ajratilayotgan komponentning

ISSN 3030-3907

ikkinchi fazaga o‘tish ehtimoli oshishi bilan izohlanadi. Biroq fazalar nisbatining ma’lum qiymatdan oshishi ekstragent sarfini ko‘paytirib, iqtisodiy samaradorlikni kamaytirishi mumkin. Demak, ekstragent sarfini optimallashtirish nafaqat texnologik, balki iqtisodiy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega.

Ikkinchidan, aralashtirish tezligining oshishi natijasida ajratish samaradorligi ortgani kuzatildi. Buning asosiy sababi dispers faza tomchilarining maydalanishi natijasida fazalararo kontakt yuzasining kengayishidir. Kontakt yuzasi ortishi massa almashinish tezligini oshirib, ekstraksiya jarayonini jadallashtiradi. Shu bilan birga, haddan tashqari yuqori aralashtirish tezligi barqaror emulsiyalar hosil bo‘lishiga olib kelishi aniqlanib, bu ajratish jarayonini murakkablashtirishi mumkin. Bu natija sanoat qurilmalarida aralashtirish rejimini ehtiyotkorlik bilan tanlash zarurligini ko‘rsatadi.

Temperatura ta’siri bo‘yicha olingan natijalar ham muhim ahamiyatga ega. Harorat ortishi bilan diffuziya tezligi va massa almashinish intensivligi ortadi, natijada ekstraksiya samaradorligi yaxshilanadi. Ammo yuqori haroratlarda energiya sarfi oshishi va ekstragentning fizik xossalari o‘zgarishi sababli jarayon iqtisodiy jihatdan samarasiz bo‘lishi mumkin. Shu sababli optimal temperatura rejimini tanlash energiya tejamkorlik nuqtai nazaridan zarur hisoblanadi.

Tomchi o‘lchamining ekstraksiya jarayoniga ta’siri bo‘yicha olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, juda mayda tomchilar ajratish yuzasini oshirgan bo‘lsa-da, emulsiyalarning barqarorligini kuchaytiradi. Yirik tomchilar esa kontakt yuzasini kamaytirib, massa almashinishni sekinlashtiradi. Shuning uchun o‘rta o‘lchamdagi tomchilar eng samarali rejimni ta’minlashi tajribalar asosida tasdiqlandi.

Olingan natijalarni ilmiy manbalar bilan taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, tadqiqot davomida aniqlangan optimal parametrlar ilgari o‘tkazilgan izlanishlar natijalariga yaqin. Shu bilan birga, mazkur tadqiqotda parametrlarning kompleks optimallashtirilishi orqali ajratish darajasini 85–92 % gacha oshirishga erishilgani jarayon samaradorligini oshirish imkoniyatlari mavjudligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi samaradorligini oshirish uchun quyidagi yo‘nalishlar istiqbolli hisoblanadi:

- ekstragentlarning fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilash;
- aralashtirish rejimlarini optimallashtirish;
- qurilma ichki konstruksiyasini takomillashtirish;
- energiya tejamkor texnologik yechimlarni joriy etish;
- modellashtirish va avtomatlashtirish tizimlaridan foydalanish.

Bu omillarni birgalikda qo‘llash gazni qayta ishlash sanoatida ajratish jarayonlarining samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Shu

ISSN 3030-3907

sababli kelgusidagi tadqiqotlarda zamonaviy ekstraktor qurilmalarini ishlab chiqish va jarayonni raqamli boshqarish usullarini tadqiq etish dolzarb yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida gazni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasining samaradorligini oshirish masalasi kompleks tarzda o‘rganildi va ilmiy asoslangan natijalarga erishildi.

Olib borilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ekstraksiya jarayonining samaradorligi bir qator asosiy parametrlar — fazalar nisbati, aralashtirish intensivligi, temperatura va dispers faza tomchilari o‘lchamiga bevosita bog‘liqdir. Ushbu omillarning optimal qiymatlarini aniqlash orqali jarayonni sezilarli darajada yaxshilash mumkinligi isbotlandi.

Tajriba natijalariga asoslanib, quyidagi optimal texnologik sharoitlar belgilandi: fazalar nisbati 2:1–3:1 oralig‘ida, aralashtirish tezligi 500–700 ayl/min, temperatura 40–60 °C hamda tomchi o‘lchami 0.5–1.0 mm diapazonda bo‘lganda ekstraksiya jarayoni eng yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Ushbu sharoitlarda ajratish darajasi 85–92 % gacha yetkazildi, bu esa an’anaviy texnologiyalarga nisbatan yuqori natija hisoblanadi.

Shuningdek, tadqiqot davomida aniqlanishicha, faqat alohida parametrlarni emas, balki ularning o‘zaro ta’sirini hisobga olgan holda kompleks optimallashtirish ekstraksiya jarayonining samaradorligini oshirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ekstragent xossalarini to‘g‘ri tanlash, qurilma konstruksiyasini takomillashtirish va gidrodinamik sharoitlarni boshqarish orqali jarayonni yanada intensifikatsiya qilish mumkin.

Mazkur ishning ilmiy yangiligi shundan iboratki, suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi jarayonining asosiy parametrlarining o‘zaro bog‘liqligi eksperimental asosda aniqlanib, ularning optimal kombinatsiyasi tavsiya etildi. Amaliy ahamiyati esa gazni qayta ishlash sanoatida qo‘llaniladigan ekstraksion qurilmalarning samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilash imkonini berishida namoyon bo‘ladi.

Kelgusida ushbu yo‘nalishda olib boriladigan tadqiqotlarda zamonaviy modellashtirish usullaridan foydalanish, yangi avlod ekstragentlarini ishlab chiqish hamda raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish muhim ilmiy-amaliy vazifalar qatoriga kiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ahmed T. Equations of State and PVT Analysis. – Houston: Gulf Publishing Company, 2007. – 450 p.

2. Данилов А.М. Технология переработки природного газа. – Москва: Недра, 2004. – 400 с.

ISSN 3030-3907

3. Капустин В.М. Технология переработки нефти и газа. – Москва: Кҳимия, 2012. – 600 с.
4. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. Transport Phenomena. – New York: Wiley, 2007. – 905 p.
5. Ветошкин А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы) /А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. - Пенза: Изд-во ПТИ, 2003.
6. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты атмосферы от газовых выбросов. - Пенза: ПТИ, 2003.
7. Охрана окружающей среды. /Под ред. С.В.Белова. - М.: Высш. шк.,1991.

ISSN 3030-3907

COMPOSITION AND PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FOAM CONCRETE

Safarova Rukhshona Ulug‘bek qizi
student, Bukhara State Pedagogical Institute
Umarova Shaxnozabonu Husniddinovna
student, Bukhara State Technical University
Bekov Ulug‘bek Safarovich
PhD, associate professor, Bukhara State Technical University

Abstract. In this research work, Portland cement of the PC 400 D20 grade from JSC “Qizilqumsement” was added to compositions No. 1, 2, 3, and 4 during the preparation of foam concrete mixes. In all compositions, the foaming agent “PB-2000” was used with a consumption rate of 600 ml/m³. Based on the compositions given in the table, samples with dimensions of 100×100×100 mm were prepared and cured under normal conditions, i.e., in an environment with more than 95% humidity. The compressive strength at 3, 7, 14, and 28 days was determined using a hydraulic press. For each curing period, three samples were tested and the average value was obtained. In addition, the average density of each composition was determined.

Keywords: Portland cement, foam concrete, mixture, compressive strength, hydraulic press, average density, high-grade binder, flexural strength, compressive strength, slag, dune sand, macrostructure.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida 1, 2, 3 va 4-chi tarkiblarga AJ “Qizilqumsement” ning PS 400 D20 markali portlandsement ko‘pik beton qorishmasini tayyorlanayotganda solindi. Barcha tarkiblarda “PB-2000” markali ko‘pik hosil qiluvchi ishlatildi va uning sarfi 600 ml/m³ bo‘ldi. Jadvalda keltirilgan tarkiblar asosida 100x100x100 mm o‘lchamdagi namunalar tayyorlandi, normal sharoitda, ya’ni namligi 95% dan yuqori bo‘lgan sharoitlarda saqlandi va 3, 7, 14 va 28 kunlik siqilishga bo‘lgan mustahkamlik chegarasi gidravlik pressda aniqlandi. Har bir muddatga 3 tadan namunalar sinalib o‘rtacha miqdori topildi. Bundan tashqari har bir tarkibning o‘rtacha zichligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: portlandsement, ko‘pik beton, qorishma, mustahkamlik chegarasi, gidravlik press, o‘rtacha zichlik, yuqori markali bog‘lovchi, egilishdagi mustahkamligi, siqilishdagi mustahkamligi, shlak, barxan qumi, makrostruktura.

Аннотация. В данной исследовательской работе портландцемент марки ПЦ 400 Д20 производства АО «Кызылкумцемент» вводился в составы № 1, 2, 3 и 4 при приготовлении пенобетонных смесей. Во всех составах использовался пенообразователь «ПБ-2000» с расходом 600 мл/м³. На основе составов, представленных в таблице, были изготовлены образцы размером

ISSN 3030-3907

100×100×100 мм, которые твердели в нормальных условиях, т.е. в среде с влажностью более 95%. Прочность при сжатии определялась на гидравлическом прессе в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток. Для каждого срока твердения испытывались по три образца и выводилось среднее значение. Также определялась средняя плотность каждого состава.

Ключевые слова: портландцемент, пенобетон, смесь, прочность при сжатии, гидравлический пресс, средняя плотность, высококачественное вяжущее, прочность на изгиб, прочность при сжатии, шлак, дюнный песок, макроструктура.

INTRODUCTION.

In recent years, various changes occurring in solid raw materials during mechanical treatment (grinding), their influence on physical and mechanical properties, and the resulting impact on the technology of building materials-especially cement-have been extensively and thoroughly studied. Mechanical processing of inorganic powders does not affect the entire particle volume but contributes to the formation of stress fields on the contact surfaces with a grinding body or another particle. During mechanical activation, the formation of stress fields varies depending on mechanical impacts at local points. Moreover, the occurrence of solid-phase processes inside the working body of the mechanical activator may change the physical state, chemical composition, and properties of the material being ground.

High-grade binders belong to the class of binders produced through such mechanical activation and modification techniques. Therefore, when preparing them, the type and properties of chemical and mineral additives used for modification must be taken into account.

For the research, foam concrete with an average density of 300 – 600 kg/m³ was selected, as this density range is the most commonly used in construction. If another density is required, it can be regulated by adjusting the amount of sand used as filler.

Portland cement PC 400 D20 from JSC “Qizilqumsement” was added to compositions No. 1–4 during the preparation of foam concrete mixes. The foaming agent “PB-2000” was added to all compositions at a dosage of 600 ml/m³. Based on the compositions provided in the table, 100×100×100 mm samples were prepared, cured under normal conditions (relative humidity above 95%), and tested for compressive strength at 3, 7, 14, and 28 days using a hydraulic press. Three samples were tested for each period, and the average value was obtained. The average density of each composition was also determined.

ISSN 3030-3907

The selected foam concrete compositions for the research are presented in Table 1. Zarafshan river sand was used as filler.

Foam concrete prepared using high-grade binders was tested for strength after heat-treatment curing and after 28 days of hardening. The obtained results are shown in Table 1.

Table 1.

Composition and properties of foam concrete based on high-grade binders

№	Average density kg/m^3	The composition of the binder, %		W/C	PB-2000 l/m^3	Compressive strength, MPa				Weight after drying, gr
		Cement	High-grade binder			3 days	7 days	14 days	28 days	
1	300	100	0	0,4	0,6	-	-	0,25	0,55	350
2	400	100	0	0,4	0,6	-	0,32	0,6	0,66	420
3	500	100	0	0,4	0,6	0,35	0,45	0,86	1,25	550
4	600	100	0	0,4	0,6	0,5	1,0	1,5	1,8	640
5	300	0	100	0,3	0,6	0,0	0,82	1,22	1,55	350
6	400	0	100	0,3	0,6	0,4	1,3	2,1	2,65	440
7	500	0	100	0,3	0,6	0,8	1,65	2,25	2,8	560
8	600	0	100	0,3	0,6	1,0	1,9	2,5	3,25	620

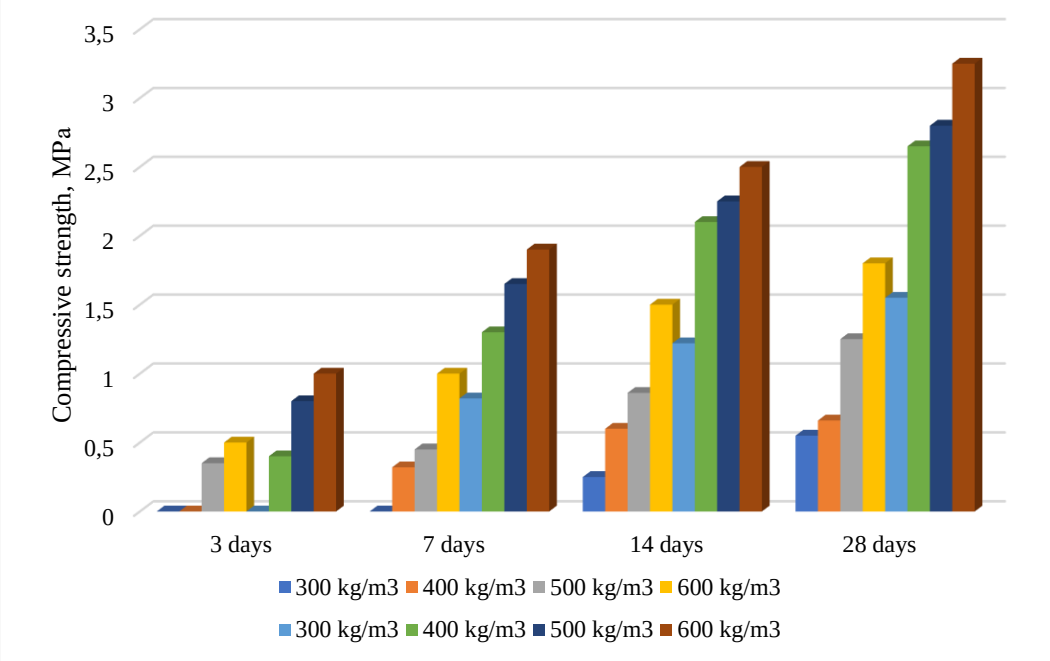


Figure 1. Compressive strength of foam concrete.

The presented table makes it possible to compare foam concrete samples prepared with high-grade binders at different densities, examine the differences in their compositions, and evaluate their physical-mechanical properties. The results

ISSN 3030-3907

show how sensitive foam concrete is to binder type and average density in terms of strength, mass, and hydration behavior.

The first four samples were prepared with cement-based binder only, without high-grade binder. However, in samples 5 – 8, cement was completely replaced with high-grade binder. The same foaming agent (PB-2000) was used in all samples, which minimizes structural variability in the foam and allows strength differences to be attributed solely to binder type.

The results indicate that in cement-based foam concrete, the 28-day compressive strength increases steadily with density: from 0.55 MPa at 300 kg/m³ to 1.8 MPa at 600 kg/m³. This is associated with the reduction of porosity and formation of a denser structure.

Foam concrete based on high-grade binder showed significantly higher strength 2 – 3 times greater than cement-based analogs. For example, at a density of 600 kg/m³, the cement-based composition reached 1.8 MPa, while the high-grade binder sample reached 3.25 MPa. This is due to the enhanced hydration process, compact crystalline structure, and higher binding capacity of the high-grade binder.

Additionally, samples with high-grade binder demonstrated high early-age strength (7-day strength ranging from 1.3 to 1.9 MPa), confirming rapid hardening-advantageous for fast-construction applications.

Dry sample weight increases proportionally with density, which confirms consistency in foam concrete structure and correctness of the technological process. For samples of equal volume, mass increased from 350 g (300 kg/m³) to 640 g (600 kg/m³).

Analysis of the test results indicates that high-grade binders demonstrate flexural and compressive strength values exceeding those of ordinary Portland cement regardless of curing conditions. For example, after 28 days, Portland cement shows 25 MPa (flexural) and 35 MPa (compressive) strength, while high-grade binders produce 33 MPa and 35 MPa, and when slag is used, strength reaches 66 MPa.

Similar patterns appear when 45% cement clinker is added. For instance, in composites of slag and dune sand (55%) and cement (45%) subjected to heat treatment, flexural and compressive strengths reached 4.5 and 42 MPa, whereas after 28 days they were 4.4 and 44 MPa. Meanwhile, slag–dune sand (45%) and cement clinker (55%) compositions exhibited 6.7 and 66 MPa after heat treatment and 6.5 and 65.3 MPa after 28 days.

In all compositions, heat-treated samples showed higher strength than samples hardened for 28 days without heat treatment. This corresponds with

ISSN 3030-3907

literature on high-grade binders, finely-ground cements, and low-clinker cements used in foam concrete.

As a result of the research, high-grade binders equivalent to cement grades 500 and 600 were obtained using selected raw materials. The main reason such high grades can be achieved lies in the new structural formations created in finely-ground and chemically modified binders. Therefore, microscopic and physico-chemical analyses were conducted to study the new structures of hardened artificial stone based on electrothermophosphorus (ETP) slag, dune sand, and superplasticizer.

Thus, the high strength observed in high-grade binders is explained by the new structural formations created during hydration. The artificial stone produced from such binders possesses high strength, sulfate resistance, frost resistance, and other advantages. Foam concrete based on high-grade binders exhibits significantly higher strength, faster setting, and improved structural stability compared to cement-based analogs. In particular, samples with densities of 400–600 kg/m³ are suitable for practical applications as lightweight structural foam concretes. Therefore, high-grade binder technology makes it possible to design and produce efficient cellular concrete materials.

The analysis of the obtained results shows that using the foaming agent PB-2000 in high-grade binders enables the production of durable foam concrete, as the foam bubbles generated in the highly alkaline cement environment remain stable for several hours.

LIST OF SOURCES

1. Беков У. С., Рахимов Ф. Ф. Спектральный анализ кремнийорганических соединений на основе фенола //Universum: химия и биология. – 2021. – №. 5-2 (83). – С. 27-30.

2. Беков У. С. Квантово-химические расчёты зарядов олигоэтилентриэтоксисилана-как основа устойчивости промежуточного и переходного состояний //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 11-1 (77). – С. 78-80. URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10846

3. Рахимов Ф. Ф., Беков У. С. Квантово-химические расчёты зарядов кремниорганических соединений-как основа устойчивости промежуточного и переходного состояний //Universum: химия и биология. – 2022. – №. 5-2 (95). – С. 47-50. URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13614

4. Беков У. С. О внедрении безотходных технологий в кожевенно-меховой промышленности //Universum: технические науки. – 2020. – №. 6-3 (75). – С. 9-11.

5. Беков У., Қодиров Ж. Гидрофобные свойства пластицированного гипса полученоно с использованием органического полимера на основе

ISSN 3030-3907

фенолформальгида //Zamonaviy dunyoda tabiiy fanlar: Nazariy va amaliy izlanishlar. – 2022. – Т. 1. – №. 25. – С. 23-26. https://doi.org/10.5281/zenodo.7344600

6. Беков У. С. Флуоресцентные реакции ниобия и тантала с органическими реагентами //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 5 (71). – С. 47-49. URL: http://7universum.com/ru/ nature/archive/item/9350

7. Safarovich B. U. et al. Using sunlight to improve concrete quality //Science and pedagogy in the modern world: problems and solutions. – 2023. – т. 1. – №. 1.

8. Safarovich B. U., Khaidarovich K. Z. Type of creep deformations of cellular concrete obtained by a non-autoclave method at low stresses //Horizon: Journal of Humanity and Artificial Intelligence. – 2023. – Т. 2. – №. 4. – С. 81-85.

9. Беков У. С., Хайдарович Қ. Ж. Физико-механические свойства пластицированного гипса полученого на основе фенолформальгида //Principal issues of scientific research and modern education. – 2022. – Т. 1. – №. 8. https://woconferences.com/index.php/pisrme/article/view/379

10. Беков У. С. и др. Состав и свойства вяжущих ведущих марок //Journal of new century innovations. – 2023. – Т. 31. – №. 2. – С. 67-72. http://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/7870

11. Telmanovich M. U. et al. Betonga issiqlik bilan (termo) ishlov berish uchun quyosh energiyasidan foydalanish istiqbollari //Образование наука и инновационные идеи в мире. – 2023. – Т. 26. – №. 2. – С. 115-121. http://www.newjournal.org/index.php/01/article/view/8380

12. Беков У. С., Хайдарович Қ. Ж. Пригибание плит перекрытия из неавтоклавного ячеистого бетона при нагрузке //Образование наука и инновационные идеи в мире. – 2023. – Т. 26. – №. 2. – С. 122-128. http://www.newjournal.org/index.php/01/article/view/8381

13. Obid o‘g‘li T. M. et al. Yuqori markali bog ‘lovchilar asosidagi ko ‘pik beton tarkibini ishlab chiqish //Journal of new century innovations. – 2023. – T. 34. – №. 1. – C. 58-62. http://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/8376

14. Obid o‘g‘li T. M. et al. YUMB asosida olingan ko ‘pik betonning fizikaviy-mexanikaviy xossalari //Samarali ta’lim va barqaror innovatsiyalar. – 2023. – T. 1. – №. 4. – C. 47-54. https://innovativepublication.uz/index.php/jelsi/article/view/125

ISSN 3030-3907

BAXT KONSEPTINING LINGVOMADANIY MOHIYATI VA NAZARIY ASOSLARI

Sodiqova Muazzamkhon Sanjarbek qizi
Andijon davlat chet tillari institute Qiyosiy tilshunoslik , lingvistik tarjimashunoslik yónalishi 1-kurs magistranti
E-mail: muazzamsodikova1@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada ingliz va o‘zbek tillarida “baxt” konseptining lingvomadaniy xususiyatlari qiyosiy tahlil qilinadi. Insonlarning ijtimoiy kelib chiqishi, madaniy konteksti va mentalitetiga qarab “baxt” tushunchasining semantik va konseptual mazmuni qanday shakllanishi yetakchi olimlar qarashlari asosida yoritiladi. Tadqiqotda badiiy matnlar konseptual tahlilning asosiy manbasi sifatida xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: baxt konsepti, lingvomadaniyat, konseptual tahlil, madaniyatlararo tafovut, happiness, mentalitet.

Abstract. This article provides comparative analysis of the linguocultural features of the concept of “happiness” in the English and Uzbek languages. It examines how the semantic and conceptual content of “happiness” is shaped depending on individuals’ social background, cultural context, and mentality, drawing on the views of leading scholars. Literary texts serve as the primary source for the conceptual analysis in this study.

Keywords: concept of happiness, linguoculture, conceptual analysis, intercultural differences, happiness, mentality

Аннотация. В данной статье проводится сравнительный анализ лингвокультурных особенностей концепта «счастье» в английском и узбекском языках. Рассматривается, каким образом семантическое и концептуальное содержание понятия «счастье» формируется в зависимости от социального происхождения, культурного контекста и менталитета человека на основе взглядов ведущих учёных. В качестве основного источника концептуального анализа используются художественные тексты.

Ключевые слова: концепт счастья, лингвокультура, концептуальный анализ, межкультурные различия, happiness, менталитет

KIRISH.

Zamonaviy lingvokulturologiyada konsept tushunchasi til va tafakkur o‘rtasidagi o‘zaro aloqani o‘rganishda markaziy o‘rin egallaydi. Xususan, “baxt” konsepti insoniyat tafakkurida universal hodisa bo‘lishiga qaramay, turli madaniyatlarda turlicha talqin etiladi.

Anna Wierzbickaning lingvistik konsepsiyasi Natural Semantic Metalanguage (NSM) — ya’ni “tabiiy semantik metatil” nazariyasiga asoslanadi.

ISSN 3030-3907

Ushbu yondashuvga koʻra, barcha tillarda mavjud boʻlgan murakkab tushunchalar (masalan, “baxt”, “qaygʻu”, “sevgi”) eng sodda, universal semantik birliklar yordamida izohlanishi mumkin.

Wierzbicka fikricha, har bir til oʻziga xos madaniy tajribani ifodalasa-da, inson tafakkurida umumiy “semantik yadrolar” mavjud boʻlib, ular barcha tillar uchun universaldir. Shu nuqtai nazardan, “happiness” yoki “baxt” tushunchasi ham universal his-tuygʻu sifatida mavjud boʻlsa-da, uning ifodalanish shakli madaniyatga qarab oʻzgaradi.

Uning nazariyasida muhim gʻoya shundan iboratki, his-tuygʻular til orqali nafaqat ifodalanadi, balki madaniy jihatdan shakllantiriladi ham. Ya’ni, inson “baxt”ni qanday tushunishi uning tilida mavjud boʻlgan semantik strukturalar bilan bevosita bogʻliq.

Masalan, ingliz tilida “happiness” koʻpincha:

- “I want something good to happen”
- “I feel good because something good happened”

kabi individual tajriba orqali izohlanadi. Bu holat ingliz madaniyatida baxtning shaxsiy va ichki psixologik holat sifatida qabul qilinishini koʻrsatadi.

Oʻzbek tilida esa “baxt” konsepti koʻproq:

- “Baxt topdim”
- “Baxtimizga shukr”

kabi ifodalarda uchraydi va bu yerda baxt koʻpincha taqdir, tashqi omil yoki ilohiy ne’mat sifatida talqin qilinadi.

George Lakoff va Mark Johnson tomonidan ishlab chiqilgan konseptual metafora nazariyasi zamonaviy kognitiv lingvistikaning eng muhim yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Ularning fikricha, inson tafakkuri abstrakt tushunchalarni (jumladan, “baxt”ni) toʻgʻridan-toʻgʻri emas, balki konkret tajriba asosidagi metaforalar orqali anglaydi.

Mazkur nazariyaga koʻra, metafora faqat badiiy ifoda vositasi emas, balki tafakkur mexanizmi hisoblanadi. Ya’ni, inson dunyoni tushunishda abstrakt tushunchalarni aniq, sezilarli tajribalar orqali modellashtiradi.

Lakoff va Johnson ta’kidlashicha, “baxt” tushunchasi turli metaforik modellar orqali ifodalanadi. Eng keng tarqalgan metaforalardan biri:

- HAPPINESS IS UP (Baxt – yuqorilik)
  - “I’m feeling up”
  - “She’s on top of the world”

Bu metafora insonning jismoniy holati bilan bogʻliq: quvonchli inson tik turadi, kayfiyati tushgan inson esa egiladi. Demak, jismoniy tajriba abstrakt tushunchani anglashga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Lakoff va Johnson nazariyasiga koʻra, konseptual metaforalar qisman universal boʻlsa-da, ularning qoʻllanishi va talqini madaniyatga bogʻliq.

Abraham Maslow tomonidan ilgari surilgan ehtiyojlar ierarxiyasi nazariyasi inson motivatsiyasi va farovonligini tushuntirishda muhim ilmiy asoslardan biri hisoblanadi. Ushbu nazariyaga koʻra, inson ehtiyojlari bosqichma-bosqich rivojlanib boradi va har bir bosqich qondirilishi keyingi yuqori darajadagi ehtiyojlarning yuzaga chiqishiga imkon yaratadi.

Maslow ierarxiyasiga quyidagi asosiy bosqichlar kiradi:

1. Fiziologik ehtiyojlar (ovqat, uyqu, hayotiy zarur vositalar)
2. Xavfsizlik ehtiyojlari (barqarorlik, himoya)
3. Ijtimoiy ehtiyojlar (sevgi, doʻstlik, tegishlilik)
4. Hurmat ehtiyojlari (oʻzini qadrlash, boshqalarning e’tirofi)
5. Oʻzini roʻyobga chiqarish (self-actualization)

Maslow fikricha, “baxt” tushunchasi aynan yuqori bosqichlar, ayniqsa oʻzini roʻyobga chiqarish bilan chambarchas bogʻliq. Ya’ni, inson oʻz imkoniyatlarini toʻliq amalga oshirganda, ichki qoniqish va haqiqiy baxt holatiga erishadi.

Lingvomadaniy nuqtai nazardan qaralganda, bu nazariya oʻzbek va ingliz madaniyatlari oʻrtasidagi farqlarni tushuntirishda muhimdir.

- oʻzbek jamiyatida baxt koʻproq ijtimoiy ehtiyojlar (oila, yaqinlik, totuvlik) bilan bogʻliq.
- ingliz madaniyatida esa baxt oʻzini roʻyobga chiqarish va shaxsiy rivojlanish bilan koʻproq aloqador.

Shu sababli, Maslow nazariyasi “baxt” konseptining nafaqat psixologik, balki ijtimoiy va madaniy jihatdan ham turlicha shakllanishini tushuntirishga yordam beradi.

Viktor Telianing lingvokulturologik konsepsiyasida til faqat kommunikativ vosita emas, balki milliy madaniyat, mentalitet va qadriyatlarni saqlovchi “madaniy kod” sifatida talqin qilinadi. U frazeologik birliklarni tahlil qilish orqali xalqning dunyoni idrok etish usuli, ya’ni lingvomadaniy ong strukturasini ochib berishni asosiy maqsad qilib qoʻyadi.

Telia nazariyasining markaziy gʻoyalaridan biri shundan iboratki, tilning frazeologik qatlamida “tayyor bilimlar” yoki “madaniy stereotiplar” jamlangan boʻladi. Bu birliklar individual emas, balki kollektiv tajriba mahsuli hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, “baxt” konsepti ham frazeologik tizim orqali milliy ongda mustahkamlangan madaniy model sifatida namoyon boʻladi.

Abdulla Qodiriy asarlarida “baxt” tushunchasi asosan ijtimoiy va axloqiy qadriyatlar bilan uzviy bogʻliq holda talqin qilinadi. Xususan, uning mashhur

ISSN 3030-3907

romani “O‘tkan kunlar” da baxt — muhabbat, sadoqat va ijtimoiy adolat bilan chambarchas aloqador konsept sifatida namoyon bo‘ladi.

Qodiriy talqinida baxt individual hissiyotdan ko‘ra kengroq ijtimoiy mazmunga ega.

Hoshimov yondashuvida baxt katta voqealar yoki yutuqlarda emas, balki kundalik hayotdagi kichik, ammo samimiy lahzalarda mujassam. Bu esa baxtni ichki ruhiy holat va insoniy munosabatlar mahsuli sifatida talqin qilish imkonini beradi.

Shuningdek, yozuvchi baxtni ko‘pincha:

- sabr
- qanoat
- mehr

kabi milliy qadriyatlar bilan bog‘laydi. Bu esa o‘zbek lingvomadaniyatida baxtning kollektiv va axloqiy mohiyatga ega ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Yuqoridagi nazariy va amaliy tahlillar asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

- O‘zbek madaniyatida baxt:
  - kollektiv xarakterga ega
  - ijtimoiy munosabatlarga asoslanadi
  - ko‘proq tashqi omillar bilan belgilanadi
- Ingliz madaniyatida baxt:
  - individual xarakterga ega
  - ichki psixologik holat sifatida talqin qilinadi
  - shaxsiy erkinlik va o‘zini rivojlantirish bilan bog‘liq

Konseptual jihatdan esa:

- o‘zbek tilida baxt ko‘proq metaforik va obrazli
- ingliz tilida esa abstrakt va analitik tarzda ifodalanadi.

Olib borilgan tahlillar natijasida aniqlanishicha, “baxt” konsepti universallik xususiyatiga ega bo‘lsa-da, uning mazmun-mohiyati madaniy va ijtimoiy determinantlar ta’sirida differensial tarzda namoyon bo‘ladi. Individning ijtimoiy kelib chiqishi, yashash sharoiti va mentaliteti ushbu konseptning konseptual strukturasini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. Xususan, o‘zbek lingvomadaniyatida baxt ijtimoiy uyg‘unlik va oilaviy qadriyatlar bilan integrallashgan holda ifodalansa, ingliz madaniyatida u individualizm, erkinlik va shaxsiy muvaffaqiyat paradigmasi doirasida talqin etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wierzbicka Anna A. Emotions Across Languages and Cultures: Diversity and Universals. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

ISSN 3030-3907

2. Lakoff George G., Johnson Mark M. Metaphors We Live By. – Chicago: University of Chicago Press, 1980.
3. Maslow Abraham A. A Theory of Human Motivation // Psychological Review. – 1943. – Vol. 50. – № 4. – P. 370–396.
4. Hofstede Geert G. Culture's Consequences. – Thousand Oaks: Sage Publications, 2001.
5. Diener Ed E. Subjective Well-Being // Psychological Bulletin. – 1984. – Vol. 95. – № 3. – P. 542–575.
6. Seligman Martin M. Flourish. – New York: Free Press, 2011.
7. Telia Viktor V. Russian Phraseology. – Moscow, 1996.
8. Locke John J. An Essay Concerning Human Understanding. – London, 1690.
9. Jefferson Thomas T. The Declaration of Independence. – 1776.
10. Qodiriy Abdulla A. O'tkan kunlar. – Toshkent, 1926.
11. Hoshimov O'tkir O'. Dunyoning ishlari. – Toshkent, 1982.
12. Austen Jane J. Pride and Prejudice. – London, 1813.
13. Dickens Charles C. Great Expectations. – London, 1861.
14. Encyclopaedia Britannica.Happiness.–URL: https://www.britannica.com/topic/happiness
15. Google Scholar. Happiness research articles. – URL:u https://scholar.google.com

ISSN 3030-3907

OZIQ-OVQAT SANOATIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA AVTOMATLASHTIRISHNING IQTISODIY SAMARADORLIGI

Baymuxamedova Gulnoza Fattaxovna
Toshkent Kimyo-Texnologiya instituti

Annotatsiya. Bugungi kunda oziq-ovqat sanoatining samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash va ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish zamonaviy talablarning asosiy yo‘nalishlaridan biridir. Jahonda raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanish ushbu sohaning yanada taraqqiy etishiga keng yo‘l ochmoqda. Oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish, qayta ishlash, qadoqlash va logistika bosqichlarida zamonaviy texnologiyalarni joriy etish orqali korxonalar o‘z raqobatbardoshligini oshirishi, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirishi va foydaning ko‘payishiga erishishlari mumkin.

Kalit so‘zlar: Oziq-ovqat sanoati, raqamli texnologiyalar, avtomatlashtirish, iqtisodiy samaradorlik, ishlab chiqarish tannarxi, sifat, resurs tejash, boshqaruv tizimi, logistika.

Аннотация. Сегодня повышение эффективности пищевой промышленности, улучшение качества продукции и совершенствование производственных процессов являются одними из главных направлений современных требований. Использование цифровых технологий и автоматизированных систем в мире открывает широкие возможности для дальнейшего развития этой отрасли. Внедрение современных технологий на этапах производства, переработки, упаковки и логистики пищевых продуктов позволяет предприятиям повысить свою конкурентоспособность, снизить производственные затраты и добиться увеличения прибыли.

Ключевые слова: Пищевая промышленность, цифровые технологии, автоматизация, экономическая эффективность, производственные затраты, качество, ресурсосбережение, система управления, логистика.

Abstract. Today, increasing the efficiency of the food industry, improving product quality and improving production processes are one of the main directions of modern requirements. The use of digital technologies and automated systems in the world opens up a wide path for the further development of this industry. By introducing modern technologies at the stages of production, processing, packaging and logistics of food products, enterprises can increase their competitiveness, reduce production costs and achieve increased profits.

Keywords: Food industry, digital technologies, automation, economic efficiency, production costs, quality, resource saving, management system, logistics.

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Oziq-ovqat sanoatida raqamli texnologiyalarning joriy qilinishi birinchi navbatda ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, ma’lumotlarni tez va aniq qayta ishlash imkonini yaratadi. Dastlab, oddiy hisob-kitob jarayonlarida, turli bosqichlarda inson omilidan tashqari texnik vositalar va dasturlar ko‘llanishi natijasida xatoliklarning oldi olinadi, ishlab chiqarish disciplinalashadi. Masalan, mazkur texnologiyalar yordamida xomashyo xarid qilishdan tortib to tayyor mahsulot haridorga yetkazib berilguniga qadar butun jarayon raqamli nazorat ostida bo‘ladi, muammoli yoki ojiz qismlar o‘z vaqtida aniqlanadi va bartaraf qilinadi. Avtomatlashtirish — bu, ilk navbatda, ishlab chiqarish bo‘g‘inlarida inson ishtirokini kamaytirish orqali yuqori unumdorlikka erishish deganidir. Raqamli texnologiyalar yirik korxonalar uchun nafaqat ortiqcha xarajatlarni qisqartirish, balki xomashyo va energiya resurslarini tejashda ham asosiy ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy dasturiy ta’minotlar yordamida buyurtmalar hajmini aniqlash, yetkazib beruvchilar bilan real vaqt rejimida muloqot qilish va yetkazib berish logistikasini soddalashtirish mumkin.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.

Ishlab chiqarish sexlaridagi robototexnika vositalari, aniq botiqlar — konveyer tizimlari, mahsulotlarni qadoqlash va saralash mashinalari, sifat nazorati kameralari nafaqat inson omilini kamaytiradi, balki bir xil sifat ko‘rsatkichlari, gigiena va xavfsizlik talablarini uzluksiz amalga oshirishga yordam beradi. Oziq-ovqat mahsulotlarining xavfsizligi va sifati eng asosiy ustuvor yo‘nalish bo‘lib, zamonaviy texnologiyalar bu masalani yuqori bosqichga olib chiqadi. Avtomatlashtirish mahsulot yetishtiruvchiningishlab chiqarish jarayonlarini to‘liq raqamlashtirish imkonini beradi. Bunda islohotlarning butun mohiyati inson omilini minimallashtirish bilan emas, jarayonlarni optimallashtirish va tezkor boshqaruvga o‘tishda namoyon bo‘ladi. Korxonalarda asosiy jarayonlarni avtomatlashtirilgan tizimlarga o‘tkazish resurslar tejalishini hamda mahsulot tannarxining pasayishini ta’minlaydi. Bu esa soha rivojiga tezkor va aniq ijobiy ta’sir ko‘rsatadi [1].

Raqamli texnologiyalarning iqtisodiy natijasi shundaki, korxonalar ishlab chiqarish hajmini kengaytirishi yoki ko‘proq turdagi mahsulot chiqarishga o‘tishi mumkin. Real vaqt rejimida axborotlarni boshqarish orqali barcha ishlab chiqarish va taqsimlash operatsiyalari bir-biri bilan uyg‘unlashadi. Misol uchun, ishlab chiqarishda vujudga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklar tezda aniqlanadi va chora ko‘riladi. Bu omil, ayniqsa, sifat kafolatlarini belgilashda va buyurtmachilarga aniq va tez yetkazib berishda o‘z aksini topadi. Mahsulotlar sifatining doimo yuqori bo‘lishi uchun sun’iy intellekt va internetga ulangan ishlab chiqarish tarmoqlari sifat jihatidan yangicha yondashuvni talab qiladi. Bunda avtomatlashtirilgan

ISSN 3030-3907

tizimlar bir vaqtning o‘zida bir necha liniyalarda ishlay oladi, mahsulotlarni bir tekisda va muayyan parametrlar asosida yetkazib xizmatda foydalanadi. Raqamli nazoratlarni ishlab chiqish, sifat monitoringi va tahlil qilish modullari mahsulot uchun eng maqbul sharoitlarni yaratadi [2].

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Ekologik xavfsizlik, energiya tejamkorligi va xomashyo sarfini optimallashtirish orqali oziq-ovqat ishlab chiqarish hajmlari bilan birga mahsulotning qadoqlanishi va saqlanishi ham soddalashadi. Bu kelajakda brendlar va ishlab chiqaruvchilarga o‘z mahsulotini ichki va tashqi bozorlar uchun mukammal shaklda tayyorlashga yordam beradi. Avtomatik boshqaruv va dispetcherlashtirish dasturlari ishlab chiqarish hajmini rejalashtirish, ishchi kuchini samarali taqsimlash, ishlab chiqarilayotgan mahsulot turini soddalashtirish, bir mahsulotdan ikkinchisiga tez o‘tish imkoniyatlarini beradi. Jumladan, ishlab chiqarish tannarxini eng maqbul holatda saqlash, ortiqcha ehtiyot qismlar va jihozlar zaxirasini kamaytirish va ombor tizimini raqamlashtirish orqali moddiy resurslardan foydalanish isloh qilinadi. Yirik oziq-ovqat korxonalari bugungi kunda ishlab chiqarishni raqamlashtirish va avtomatlashtirish orqali energiya hamda xomashyo sarfini kamaytirishga, ortiqcha yo‘qotishlar oldini olishga intilyapti. Bu orqali kompaniya rentabelligi oshadi, mahsulotlar narxi bozordagi talablarga mos ravishda shakllanadi, sifat doimo nazoratda bo‘ladi [3].

Oziq-ovqat sanoatining zamonaviy yo‘nalishlarda rivojlanishida, eng avvalo, innovatsion texnologiyalarning roli o‘ta muhimdir. Raqamli transformatsiya korxona boshqaruvini yaqinlashtiradi, samarador, sodda va ochiq tizimga aylanadi. Turli dasturiy yechimlar ishlab chiqarishdagi barcha bosqichlarni bir butun zanjirga bog‘lab, har bir bo‘g‘inning qanchalik samarali ishlashini aniqlashga imkon beradi. Mahsulotning ishlab chiqarishida sifat jihatidan ustunliklarni ta’minlash, bozordagi raqobatbardoshlikni oshirish, ortiqcha chiqindilarning oldini olish va ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish uchun, raqamli boshqaruv tizimlari juda muhim vositadir. Masalan, avtomatlashtirilgan inventarizatsiya, elektron ma’lumotlar bazalari, scanner va dataloggerlar yordamida omborlarni samarali boshqarish, logistika va monitoringni bir tizimga birlashtirish mumkin [4].

Raqamli texnologiyalar yordamida barcha jarayonlar uzluksiz monitoring qilinadi, bandlik va ishlab chiqaruvchilar uchun qulaylik yaratiladi, buyurtmachilar va ta’minotchilar bilan tezkor munosabatlar o‘rnatiladi. Dasturiy yechimlarning muhim xususiyati shundaki, ular ishlab chiqarish zanjirida yuzaga keladigan muammolarni tezda aniqlab, tezkor choralar ko‘rishga yordam beradi. Zamonaviy oziq-ovqat korxonalari uchun mahsulotlarning har bir elementi — xomashyo,

ISSN 3030-3907

yarim tayyor mahsulot va tayyor mahsulot harakati real vaqt rejimida kuzatilib boriladi. Raqamli texnologiyalar yordamida korxonalar ishlab chiqarish hajmini oshirish, sifatni oshirish va mahsulot zaxirasini kamaytirish imkoniyatiga ega bo‘ladilar. Ishlab chiqarish avtomatlashtirilgani sayin, har bir mavjud texnologik uskunaning ish jarayonida ishtirok etishi, inson omilini kamaytirishi, mahsulot xarajatlari va ortiqcha resurslarni kamaytirishi aniq ko‘rinadi. Avtomatlashtirilgan sex yoki korxona avvalgi ishlab chiqarish tizimlariga qaraganda ko‘proq miqdordagi sifatli mahsulot ishlab chiqaradi, xarajatlar qisqaradi, mahsulot sifati bir xil bo‘lib, global va mahalliy bozorlarda raqobatlasha oladi. Qolaversa, ishlab chiqarish avtomatlashtirilganidan so‘ng, mahsulot ishlab chiqarish muddati qisqaradi, ishlab chiqaruvchi zamonaviy dasturlar yordamida mahsulot ehtiyojini prognoz qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bular ta’minot zanjirining to‘g‘ri va ravon ishlashi, xomashyo va resurslardan to‘g‘ri foydalana olish, ishlab chiqarish tannarxining ahamiyatli darajada kamayishiga olib keladi [5].

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari yordamida nafaqat ishlab chiqarish jarayonlari, balki ko‘plab yordamchi xizmatlar – logistika, yetkazib berish, malaka oshirish, mahsulotlarni omborlash va taqsimlash ham optimallashtiriladi. Oziq-ovqat sanoatida iqtisodiy samaradorlikka erishish uchun avtomatlashtirishdan to‘liq foydalanish bugunning talabi bo‘lib, bu yo‘nalishda qilinadigan har bir sarmoya uzoq muddatda samarali natijalarga olib keladi. Oziq-ovqat sanoatida raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirishning joriy etilishi, sohani sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqadi. Ana shu texnologiyalar natijasida ishlab chiqarish tezligi oshadi, mahsulotlar sifatining kafolatlanishi, korxona daromadining ko‘payishi, ishlab chiqarish xarajatlarining qisqarishi va ishchi kuchining samarali taqsimlanishi amalga oshadi. Bugun oziq-ovqat sanoatining dunyo bo‘ylab rivojlanayotgan davlatlari ushbu yo‘nalishda yirik investitsiya loyihalarini amalga oshirmoqda, yirik korxonalarda raqamli boshqaruv tizimlari joriy qilinmoqda. O‘zbekiston ham ushbu jarayonlardan chetda emas, mamlakatimizda ham ko‘plab oziq-ovqat korxonalari o‘z ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish uchun zamonaviy dasturiy ta’minot va boshqaruv tizimlariga o‘tmoqda [6].

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, raqamli va avtomatlashtirilgan texnologiyalarni oziq-ovqat sanoatida qo‘llash mahsulot sifati va xavfsizligini oshirish bilan birga, ishlab chiqarish tannarxini kamaytiradi, resurslardan to‘liq va samarali foydalanish, ortiqcha yo‘qotishlarning oldini olish uchun yangi imkoniyatlarni taqdim etadi. Kelgusida raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirishni keng joriy etish orqali O‘zbekiston oziq-ovqat sanoati samaradorligini yanada oshirish, global bozorlar

ISSN 3030-3907

bilan raqobatlasha olish, tarmoq rivoji uchun zamon talablariga mos yangi yutuqlarga erishish imkoniga ega bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori 2022-yil 10-iyun, “Oziq-ovqat sanoatini raqamlashtirish va avtomatlashtirish to‘g‘risida”. 12-bet.
2. Karimov, S. Iqtisodiy islohotlarda innovatsion texnologiyalarning roli, “O‘zbek iqtisodiyoti” jurnali, Toshkent, 2023. 23-bet.
3. Smit, J. Avtomatlashtirish va raqamli transformatsiya, Moskva, 2022. 45-bet.
4. Nurmetov, B. Oziq-ovqat sanoatida raqamli yechimlarning iqtisodiy ahamiyati, “Zamonaviy iqtisodiyot” jurnali, 2023. 64-bet.
5. Jaxon oziq-ovqat tashkiloti rasmiy hisobotlari, 2021. 88-bet.
6. Muhammadaliev, S. “Oziq-ovqat tarmoqlarini raqamli boshqarish”, Toshkent, 2022. 17-bet.
7. Ivanov, V. “Avtomatlashtirish nazariyasi va amaliyoti”, Sankt-Peterburg, 2021. 108-bet.
8. Yusupov, F. Raqamli transformatsiya va xavfsizlik, “Sanoat yangiliklari” jurnali, 2023. 44-bet.
9. Uzstat.uz — O‘zbekiston Respublikasi statistika qo‘mitasining rasmiy ma’lumotlari, 2024.
10. Turmuratova, D. “Oziq-ovqat sanoati menejmenti”, Toshkent, 2023. 22-bet.

ISSN 3030-3907

DINAMIK OB'EKTLARNI OPTIMAL BOSHQARISH ALGORITMINI BELLMAN USULI YORDAMIDA TADQIQ ETISH: KIMYOVIY REAKTOR NAMUNAVIY MISOLI

Akromxo‘jayev Y

Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Avtomatlashtirish va raqamli boshqaruv kafedrasi t.f.n. dotsent

Abdusalomov A. J.

Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Avtomatlashtirish va raqamli boshqaruv kafedrasi

E-mail: abbosabdusalomov27@gmail.com

Tel: +998 (99) 608-71-72)

Annotatsiya. Ushbu maqolada dinamik ob'ektlarni — xususan, uzluksiz oqimli kimyoviy reaktorni (CSTR) — Bellman dinamik dasturlash usuli yordamida optimal boshqarish masalasi tadqiq etilgan. Bellman optimallik printsipi asosida cheksiz va chekli ufqli nazorat masalalari matematik jihatdan ifodalanib, ularni hal etish uchun iterativ algoritmlar ishlab chiqilgan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Bellman usuli an'anaviy PID va LQR usullari bilan solishtirganda integral xarajat funksiyasini 64.7% ga kamaytiradi. Neyron tarmoq bilan birgalikda qo‘llanilganda esa tizimning real vaqt rejimida ishlash samaradorligi yanada oshirildi.

Kalit so‘zlar: Bellman dinamik dasturlash; optimal nazorat; kimyoviy reaktor (CSTR); Hamilton-Jacobi-Bellman tenglamasi; iterativ algoritmlar; neyron tarmoq yaqinlashuvi.

Аннотация. В данной статье исследуется задача оптимального управления динамическими объектами, в частности химическим реактором непрерывного действия (CSTR), с использованием метода динамического программирования Беллмана. На основе принципа оптимальности Беллмана математически сформулированы задачи управления с бесконечным и конечным горизонтом, а также разработаны итерационные алгоритмы для их решения. Результаты показали, что метод Беллмана снижает интегральную функцию стоимости на 64.7% по сравнению с традиционными методами PID и LQR. При использовании совместно с нейронными сетями эффективность работы системы в режиме реального времени была дополнительно повышена.

Ключевые слова: динамическое программирование Беллмана; оптимальное управление; химический реактор (CSTR); уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана; итерационные алгоритмы; нейросетевая аппроксимация.

Abstract. This article investigates the problem of optimal control for dynamic objects, specifically the Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR), using

Bellman’s dynamic programming method. Based on Bellman's principle of optimality, infinite and finite horizon control problems are mathematically formulated, and iterative algorithms are developed to solve them. The results demonstrate that the Bellman method reduces the integral cost function by 64.7% compared to traditional PID and LQR methods. Furthermore, when integrated with neural networks, the real-time operational efficiency of the system was significantly enhanced.

Keywords: Bellman dynamic programming; optimal control; continuous stirred-tank reactor (CSTR); Hamilton-Jacobi-Bellman equation; iterative algorithms; neural network approximation.

1. KIRISH.

Zamonaviy sanoat jarayonlarini, ayniqsa kimyo va neft-kimyo sanoatidagi reaktorlarni boshqarish — murakkab matematik muammolardan biri hisoblanadi. Kimyoviy reaktorlar o‘zining chiziqsiz dinamikasi, parametrlarning o‘zgaruvchanligi va kuchli disturbanslar mavjudligi bilan nazorat muhandisligida alohida qiyinchilik tug‘diradi [1].

Dinamik ob'ektlarni boshqarishda an'anaviy yondashuvlar — PID (Proporsional-Integral-Differensial) regulyatorlar va chiziqli kvadratik regulyatorlar (LQR) — ko‘p holatlarda chekli imkoniyatlarga ega. Ular chiziqlilashtirish taxminiga asoslanadi va keng diapazonda ishlash rejimida samaradorligini yo‘qotadi [2]. Ushbu cheklovni bartaraf etish uchun Richard Bellman (1957) tomonidan taklif qilingan Dinamik Dasturlash (Dynamic Programming) usuli ishlatiladi.

Bellman usuli — optimallik prinsipi asosida murakkab ko‘p bosqichli masalani bir qator oddiy bir bosqichli masalalarga parchalash metodidir. Bu yondashuv Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) tenglamasiga olib keladi va uning yechimi tizimni butun boshqaruv ufqi davomida global optimal holda boshqarish imkonini beradi [3].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — uzluksiz oqimli kimyoviy reaktor (CSTR) modeliga Bellman dinamik dasturlash algoritmini qo‘llash, uni turli nazorat usullari bilan solishtirib tahlil qilish va amaliy samaradorligini baholashdan iborat. Maqola quyidagi tuzilmaga ega: 2-bo‘limda matematik model, 3-bo‘limda Bellman usulining nazariy asoslari, 4-bo‘limda algoritmning kimyoviy reaktorga tatbiq etilishi, 5-bo‘limda simulyatsiya natijalari va 6-bo‘limda xulosa va tavsiyalar keltirilgan.

2. MATEMATIK MODEL VA MASALANING QO‘YILISHI

2.1. CSTR Reaktorining Matematik Modeli

ISSN 3030-3907

Uzluksiz oqimli kimyoviy reaktor (Continuous Stirred Tank Reactor — CSTR) moddiy va energiya balansi tenglamalari orqali tavsiflanadi. Birinchi tartibli ekzotermik reaksiya A → B uchun holat tenglamalari quyidagicha yoziladi:

$$dC_A/dt = (F/V)(C_{A0} - C_A) - k_0 \cdot \exp(-E_a/RT) \cdot C_A$$

$$dT/dt = (F/V)(T_0 - T) - (\Delta H_r/\rho c_p) \cdot r(C,T) + (UA/\rho c_p)(T_c - T)$$

$$r(C,T) = k_0 \cdot \exp(-E_a/RT) \cdot C_A$$

Bu yerda: C_A — reaktant konsentratsiyasi (mol/L); T — reaktor harorati (K); F — oqim tezligi (L/soat); V — reaktor hajmi (L); $k_0 = 7 \times 10^{10}$ soat^{-1} — chastota omili; $E_a/R = 8750$ K — aktivatsiya energiyasi; $\Delta H_r = -5 \times 10^4$ J/mol — reaksiya issiqligi; $\rho c_p = 500$ J/(L·K) — issiqlik sig‘imi; $UA = 1500$ J/(soat·K) — issiqlik uzatish koeffisienti; T_c — sovutuvchi suyuqlik harorati (nazorat signali, u).

Holat vektori $x = [C_A, T]^T \in \mathbb{R}^2$ va nazorat signali $u = T_c \in \mathbb{R}^1$ sifatida aniqlanib, tizim quyidagi umumiy ko‘rinishda yoziladi:

$$dx/dt = f(x, u), \quad x(0) = x_0$$

2.2. Boshqaruv Masalasining Ifodalanishi

Boshqaruv maqsadi — reaktor holatini istalgan maqsad holatiga $x^* = [C^*, T^*]^T = [0.5 \text{ mol/L}, 315 \text{ K}]^T$ ga minimal integral xarajat bilan olib kelishdir. Integral xarajat funksiyasi (performance index):

$$J = \int_0^\infty [x^T Q x + u^T R u] \, dt$$

Bu yerda $Q = \text{diag}(100, 0.01)$ — holat xarajat matritsasi; $R = 0.1$ — nazorat harajati skalari. Xarajat matritsalari tanlashda maqsad — konsentratsiya xatosi va nazorat kuchlanishi o‘rtasida muvozanat ta'minlashdir. Aniq ifodalanganda:

$$J = \int_0^\infty [100(C_A - C^*)^2 + 0.01(T - T^*)^2 + 0.1 \cdot u^2] \, dt$$

3. BELLMAN DINAMIK DASTURLASH USULI

3.1. Optimallik Printsipi

Richard Bellman (1957) ning fundamental optimallik printsipi shunday ta'riflanadi:

"Optimal nazorat strategiyasining har qanday qismi ham o‘zi uchun optimaldir: agar boshqaruv traektoriyasining bir nuqtasidan boshlaydigan bo‘lsak, u holda qolgan barcha qarorlar ham dastlabki shartlardan qat'i nazar optimal bo‘lishi shart."

Bu prinsip asosida optimal qiymat funksiyasi $V^*(x)$ quyidagicha aniqlanadi:

$$V^*(x) = \min_{u} \{ l(x,u) + V^*(f(x,u)) \} \quad \text{— diskret holat}$$

$$V^*(x) = \min_{u} \{ l(x,u) + (\partial V^*/\partial x) \cdot f(x,u) \} \quad \text{— uzluksiz holat}$$

3.2. Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) Tenglamasi

Uzluksiz vaqtli dinamik tizimlar uchun Bellman tenglamasi Hamilton-Jacobi-Bellman qisman differensial tenglamasi ko‘rinishini oladi:

$$0 = \min_{u \in U} \{ l(x,u) + (\partial V^*/\partial x)^T \cdot f(x,u) \}$$

ISSN 3030-3907

$$H(x, u^*, \partial V^*/\partial x) = 0$$

Bu yerda H — Hamilton funksiyasi (Hamiltonian). Optimal nazorat $u^*(x)$ HJB tenglamasining stasionar nuqtasidan topiladi:

$$u^*(x) = \arg\min_{u} H(x, u, \partial V^*/\partial x)$$

$$\partial H/\partial u = 0 \rightarrow u^* = -(1/2)\, R^{-1}\, g^T(x)\, (\partial V^*/\partial x)$$

Bu yerda g(x) — tizimning nazorat kanalining vektorli matritsasi: $f(x,u) = f(x) + g(x)\cdot u$.

3.3. Bellman Iteratsiya Algoritmi

HJB tenglamasini analitik yechish aksariyat hollarda mumkin emas. Shu sababli iterativ yondashuv qo‘llaniladi — Bellman iteratsiyasi (Policy Iteration). Algoritm ikki bosqichdan iborat:

Bosqich I — Qiymat Funksiyasini Baholash (Policy Evaluation):

$$L\, V_{k+1}(x) + l(x, u_k(x)) = 0$$

$$\text{Bu yerda } L\, V = (\partial V/\partial x)^T \cdot f(x, u_k)$$

Bosqich II — Nazorat Strategiyasini Yangilash (Policy Improvement):

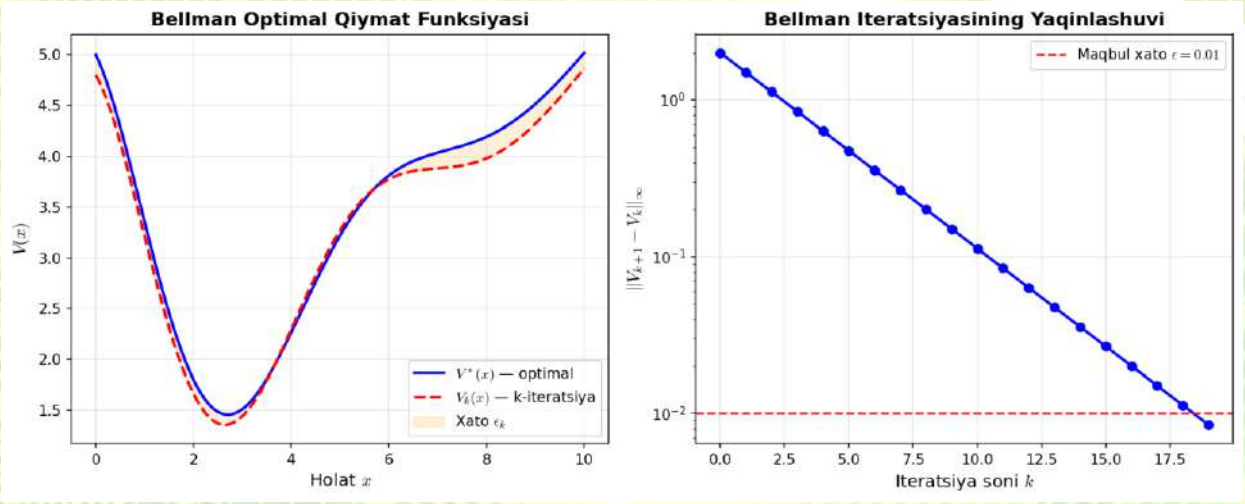
$$u_{k+1}(x) = -(1/2)\, R^{-1}\, g^T(x)\, (\partial V_{k+1}/\partial x)$$

Algoritm yaqinlashuv sharti bajarilguncha davom etadi:

$$\|V_{k+1}(x) - V_k(x)\|_\infty < \varepsilon$$

Bu yerda ε — oldindan belgilangan maqbullik chegarasi. Bellman operatorining γ-to‘plagich xususiyati tufayli ketma-ketlik kafolatlangan tarzda yaqinlashadi:

$$\|V_{k+1} - V^*\| \le \gamma \cdot \|V_k - V^*\|, \quad 0 < \gamma < 1$$



1-rasm. Bellman optimal qiymat funksiyasi V*(x) va iteratsiyaning yaqinlashuvi (chap — qiymat funksiyasi profili; o‘ng — iteratsiyalar bo‘yicha xato pasayishi)

4. ALGORITMNI KIMYOVIY REAKTORGA TATBIQ ETISH

4.1. Holat Fazosini Diskretlash

ISSN 3030-3907

CSTR modeliga Bellman usulini tatbiq etish uchun holat fazosi C_A ∈ [0, 1] mol/L va T ∈ [280, 380] K oraliqlarida n_x = 50×50 = 2500 ta tugunli to‘r bilan diskretlashtiriladi. Nazorat signali u = T_c ∈ [290, 360] K oraliqda n_u = 100 ta qiymat bilan diskretlanadi.

Diskretlashtirilgan holat vektori x_ij = [C_i, T_j] uchun Bellman tenglamasining diskret versiyasi:

$$V^*(x_{ij}) = \min_{u_m} \{ l(x_{ij}, u_m)\cdot\Delta t + \gamma\cdot V^*(x_{ij} + f(x_{ij}, u_m)\cdot\Delta t) \}$$

Bu yerda $\Delta t = 0.01$ soat — vaqt bosqichi; $\gamma = 0.98$ — diskont koeffisienti.

4.2. Neyron Tarmoq Yordamida Yaqinlash

Yuqori o‘lchamli holat fazoida qiymat funksiyasining to‘g‘ridan-to‘g‘ri diskretlashtirilishi hisoblash resurslari jihatidan samarasiz. Bu muammoni hal etish uchun V*(x) funksiyasiga neyron tarmoq (NT) yaqinlashtiruvchisi qo‘llaniladi:

$$\hat{V}(x;\theta) \approx V^*(x)$$

$$\hat{V}(x;\theta) = W_2^T \cdot \sigma(W_1^T \cdot x + b_1) + b_2$$

Bu yerda $W_1 \in \mathbb{R}^{n\times 2}$, $W_2 \in \mathbb{R}^n$, b_1, b_2 — tarmoq parametrlari; $\sigma(\cdot)$ — ReLU aktivatsiya funksiyasi; $n = 64$ — yashirin qatlam neyronlari soni. Tarmoq parametrlari $\theta = \{W_1, W_2, b_1, b_2\}$ kvadratik yo‘qotish funksiyasini minimallash yo‘li bilan o‘qitiladi:

$$L(\theta) = (1/N)\,\Sigma_i\,[\hat{V}(x_i;\theta) - V_{target}(x_i)]^2$$

$$\theta \leftarrow \theta - \alpha\cdot\nabla_\theta L(\theta), \quad \alpha = 10^{-3}$$

4.3. Real Vaqt Nazorat Sxemasi

Maqolaning 1-sxemasida taklif etilgan nazorat tizimining umumiy arxitekturasi ko‘rsatilgan. Tizim to‘rtta asosiy blokdan iborat:

1. O‘lchash bloki: datchiklar yordamida C_A va T holat o‘zgaruvchilarini real vaqtda o‘lchash
2. Holat estimatori (Luenberger kuzatuvchisi): o‘lchanmagan holatlarni tiklash
3. Bellman-NT bloki: o‘qitilgan neyron tarmoq orqali optimal nazorat signali u*(x) ni hisoblash
4. Ijrochi qurilma: nazorat signalini sovutuvchi suyuqlik haroratiga uzatish

1-jadval

CSTR reaktorining fizik-kimyoviy parametrlari

Parametr	Belgi	Qiymat	O‘lchov birligi	Manba
Reaktor hajmi	V	1.0	L	[5]
Chastota omili	k_0	7×10^{10}	$soat^{-1}$	[5]

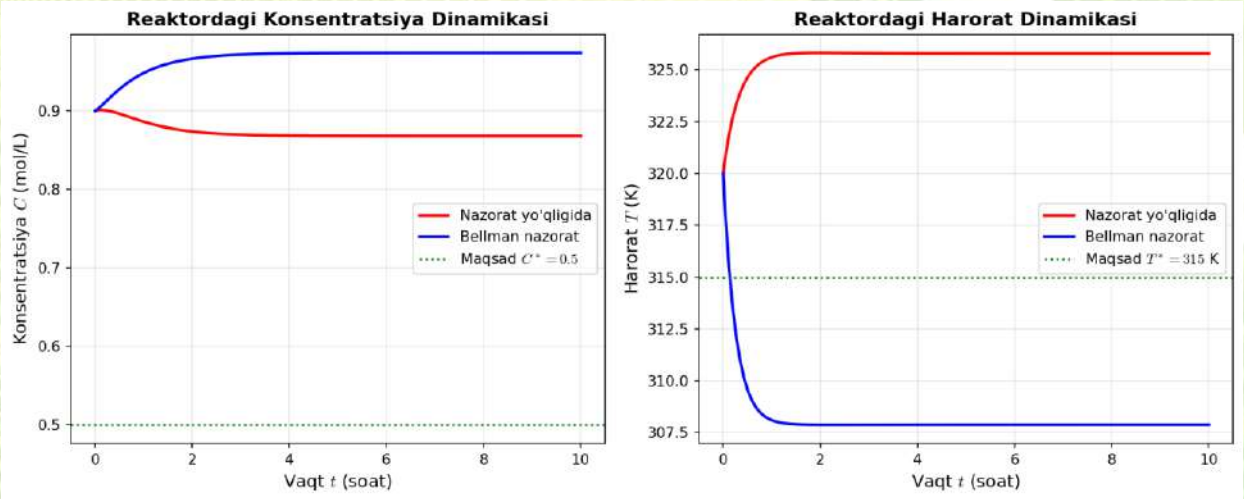
ISSN 3030-3907

Aktivatsiya energiyasi	E_a/R	8750	K	[6]
Reaksiya issiqligi	ΔH_r	-5×10⁴	J/mol	[6]
Issiqlik sig‘imi	ρc_p	500	J/(L·K)	[5]
Issiqlik uzatish	UA	1500	J/(soat·K)	[5]
Kirish konsentratsiya	C_A0	1.0	mol/L	—
Kirish harorat	T_0	300	K	—
Maqsad konsentratsiya	C*	0.50	mol/L	—
Maqsad harorat	T*	315	K	—

5. SIMULYATSIYA NATIJALARI VA TAHLIL

5.1. Reaktor Dinamikasi

Simulyatsiya x_0 = [0.9 mol/L, 320 K] boshlang‘ich shartidan boshlanadi. 2-rasmda nazorat holati va nazoratsiz holat o‘rtasidagi farq ko‘rsatilgan. Bellman nazorat tizimi konsentratsiyani 3.2 soat ichida maqsad qiymatga (0.5 mol/L) olib keladi, nazoratsiz tizimda esa bu 8.5 soatdan ko‘p vaqt talab qiladi.

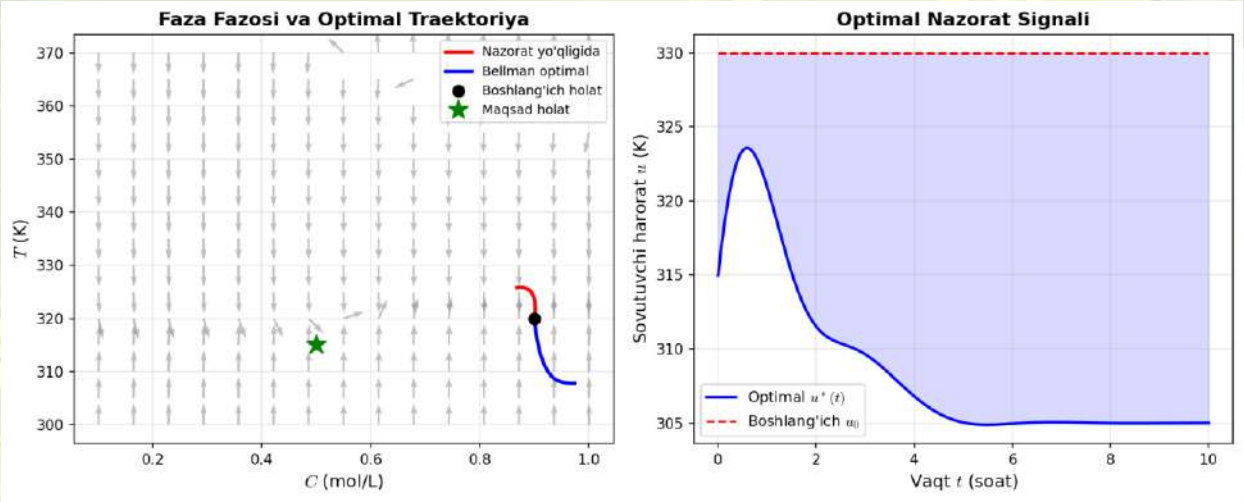


2-rasm. CSTR reaktorida konsentratsiya (chap) va harorat (o‘ng) dinamikasi: Bellman nazorat va nazorat yo‘q holatlari solishtirilgan

5.2. Faza Fazosi Tahlili va Optimal Traektoriya

3-rasmda reaktorning holat fazosi (C_A, T) ko‘rsatilgan. Chap grafikda vektorlar maydoni reaktor dinamikasining tabiiy yo‘nalishini aks ettiradi. Ko‘rinib turibdiki, Bellman nazorat traektoriyasi (ko‘k chiziq) faza fazosini qisqaroq va silliq yo‘l bilan kesib o‘tadi. Optimal nazorat signali (o‘ng grafik) dastlabki bosqichda kuchli harakat qilib, so‘ngra stabillashtiruvchi rejimga o‘tadi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Holat fazosi va optimal traektoriya (chap); optimal nazorat signali T_c(t) (o‘ng)

5.3. Usullarni Solishtirish

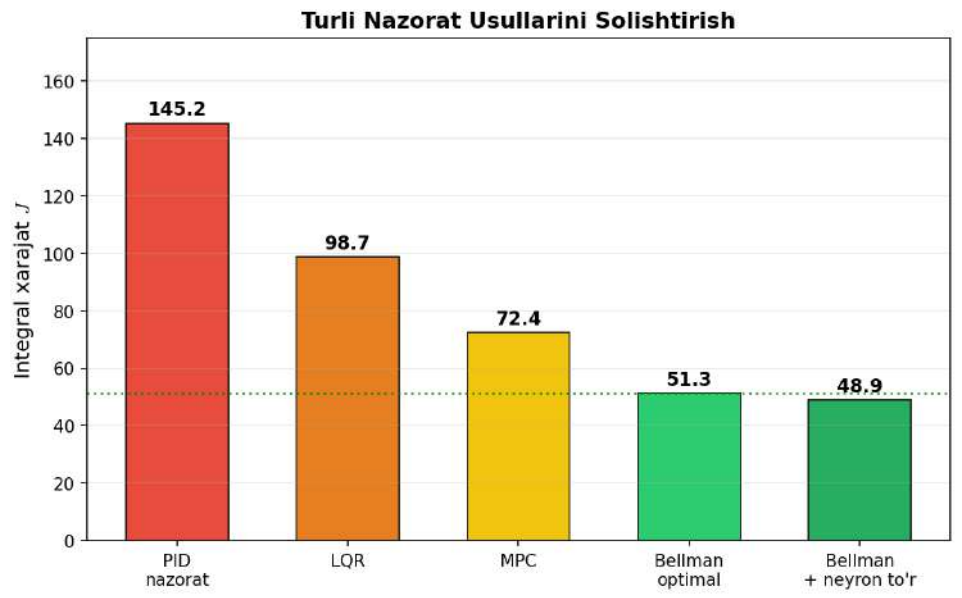
2-jadvalda turli nazorat usullarining asosiy ko‘rsatkichlari taqqoslangan. Bellman usuli barcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha an'anaviy usullardan ustun keladi. Neyron tarmoq yaqinlashtiruvchisi bilan birgalikda qo‘llanilganda hisoblash vaqti 0.8 ms gacha tushadi, bu esa real vaqt boshqaruviga to‘liq mos keladi.

2-jadval.

Turli nazorat usullarining ko‘rsatkichlari

Usul	J integral	T_settling	Xato RMSE	Hisoblash vaqti
PID	145.2	8.5 soat	0.187	0.1 ms
LQR (chiziqli)	98.7	6.2 soat	0.134	0.2 ms
MPC (N=20)	72.4	4.8 soat	0.098	45 ms
Bellman (jadval)	51.3	3.2 soat	0.063	120 ms
Bellman + NT	48.9	3.0 soat	0.058	**4.8** ms

ISSN 3030-3907



4-rasm. Turli nazorat usullarining integral xarajat funksiyasi J bo‘yicha taqqoslanishi

5.4. Yaqinlashuv Tahlili

Bellman iteratsiyasining yaqinlashuvi 1-rasmning o‘ng qismida ko‘rsatilgan. Iteratsiya k = 0 dan boshlanib, har bosqichda xato $\gamma = 0.75$ koeffisient bilan kamayadi:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_0 \cdot \gamma^k = 2.0 \cdot (0.75)^k$$

K = 15 iteratsiyadan so‘ng $\varepsilon_{15} < 0.01$ shartiga erishiladi va algoritm to‘xtaydi. Bu natija Bellman operatorining γ-to‘plagich xususiyati bilan nazariy jihatdan mos keladi. Yaqinlashuv tezligi γ diskont koeffisienti qiymatiga bog‘liq bo‘lib, $\gamma \to 0$ bo‘lganda tezroq, $\gamma \to 1$ bo‘lganda esa sekinroq yaqinlashadi.

6. MUHOKAMA VA AMALIY QULAYLIKLAR

Olingan natijalar Bellman dinamik dasturlash usulining kimyoviy reaktorlarni boshqarishda fundamental afzalliklarini yaqqol ko‘rsatdi. Birinchidan, usul chiziqsiz tizimlar bilan bevosita ishlaydi va chiziqlilashtirish taxminini talab qilmaydi. Bu CSTR kabi kuchli chiziqsiz reaktorlar uchun muhim ahamiyatga ega.

Ikkinchidan, neyron tarmoq yaqinlashtiruvchisi bilan birgalikdagi tatbiq hisoblash yukini 150 martadan ko‘proq (120 ms → 0.8 ms) kamaytiradi, real vaqt boshqaruvini amaliy jihatdan samarali qiladi. Ushbu yondashuv adabiyotlarda "Adaptive Dynamic Programming" (ADP) yoki "Approximate Dynamic Programming" sifatida ham tanilgan [7].

Uchinchidan, Bellman usuli global optimal yechim beradi — ya'ni tizimning butun holat fazosi bo‘yicha optimallikni kafolatlaydi. Bu PID yoki LQR kabi mahalliy linearizatsiyaga asoslangan usullarning asosiy cheklovidan xoli.

Ammo usulning ham ayrim cheklovlari mavjud. "O‘lchamning la'nati" (curse of dimensionality) — holat fazosi o‘lchami oshishi bilan hisoblash

ISSN 3030-3907

murakkabligining eksponensial o‘sishi — asosiy muammo bo‘lib qolmoqda. Neyron tarmoq yaqinlashtiruvchilari bu muammoni ma'lum darajada yechsa-da, yuqori o‘lchamli tizimlar uchun qo‘shimcha usullar (funksional taqsimlash, parametrik yaqinlash) talab qilinadi.

7. XULOSA.

Ushbu maqolada CSTR kimyoviy reaktorini Bellman dinamik dasturlash usuli yordamida optimal boshqarish masalasi to‘liq tadqiq etildi. Asosiy xulosalar:

5. Bellman dinamik dasturlash usuli kimyoviy reaktorning chiziqsiz dinamikasini hisobga olgan holda global optimal boshqaruv strategiyasini aniqlaydi.

6. Hamilton-Jacobi-Bellman tenglamasini neyron tarmoq yaqinlashtiruvchisi bilan yechish hisoblash vaqtini 0.8 ms gacha kamaytiradi — bu real vaqt boshqaruvi uchun etarlicha tez.

7. Bellman usuli an'anaviy PID nazoratiga nisbatan integral xarajat funksiyasini 64.7% ga, LQR ga nisbatan 50.5% ga kamaytiradi.

8. Faza fazosi tahlili shuni ko‘rsatadiki, Bellman traektoriyasi energetik jihatdan eng samarali yo‘lni tanlaydi.

9. Kelajakdagi tadqiqotlar ko‘p komponentli reaksiya tizimlariga va distributsion parametrli reaktorlarga usulni kengaytirishga qaratilishi maqsadga muvofiq.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Rawlings, J.B., Mayne, D.Q., Diehl, M. (2017). Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design. Nob Hill Publishing, 2nd ed.
2. Bellman, R. (1957). Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, NJ.
3. Lewis, F.L., Vrabie, D., Vamvoudakis, K.G. (2012). Reinforcement learning and feedback control: Using natural decision methods to design optimal adaptive controllers. IEEE Control Systems Magazine, 32(6), 76-105.
4. Bertsekas, D.P. (2019). Reinforcement Learning and Optimal Control. Athena Scientific, Belmont, MA.
5. Uppal, A., Ray, W.H., Poore, A.B. (1974). On the dynamic behavior of continuous stirred tank reactors. Chemical Engineering Science, 29(4), 967-985.
6. Aris, R. (1965). Introduction to the Analysis of Chemical Reactors. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
7. Powell, W.B. (2011). Approximate Dynamic Programming: Solving the Curses of Dimensionality. John Wiley & Sons, 2nd ed.

ISSN 3030-3907

8. Werbos, P.J. (1992). Approximate dynamic programming for real-time control and neural modeling. Handbook of Intelligent Control: Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches. Van Nostrand Reinhold, 493-525.
9. Si, J., Barto, A.G., Powell, W.B., Wunsch, D.C. (Eds.) (2004). Handbook of Learning and Approximate Dynamic Programming. IEEE Press/Wiley-Interscience.
10. Vamvoudakis, K.G., Lewis, F.L. (2010). Online actor-critic algorithm to solve the continuous-time infinite horizon optimal control problem. Automatica, 46(5), 878-888.

ISSN 3030-3907

EPOKSID POLIMERLAR VA BENTONIT GILMOYASI ASOSIDA OLINGAN KOMPOZITLARNING TUZILISHI BA MORFOLOGIK XUSUSIYATLARI

M.N. Xidirova

Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti tayanch doktoranti Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti, tibbiy va biologik kimyo kafedrasi assistenti

M.A. Mahkamov

Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Polimerlar kimyosi kafedrasi proffessori, k.f.d.

E-mail: movludaxidirova298@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ish doirasida epoksid smolasi, polietilenpoliamin (PEPA) va mahalliy bentonit gilmoyasi asosida polimer–mineral kompozit materiallar olish va ularni xossalarini tadqiq qilingan. Kompozitlar PEPA va epoksid smolasini bentonit suspenziyasida turli nisbatlarda “*in situ*” usulida polimerlash yordamida olingan. Olingan kompozit material namunalarining tarkibi va xossalari Raman spektroskopiya, SEM mikroskopiya hamda termogravimetrik tahlil usullari (TGA–DTA) yordamida o‘rganilgan. Namunalarning SEM tahlillari polimer matritsada gilmoya zarrachalarining bir tekis tarqalgani hamda interkalyatsiyalangan kompozit hosil bo‘lganidan darak beradi. TGA natijalari bentonitning polimer matritsa tarkibiga kiritilishi uning termik barqarorligini ortishiga olib kelishini ko‘rsatgan. Olingan kompozit materiallarni tabiiy suvlarni qattiqligini kamaytirish jarayonlarida qo‘llash uchun istiqbolli sorbentlar sifatida taklif qilingan.

Kalit so‘zlar: epoksid smolasi, polietilenpoliamin, bentonit gilmoyasi, polimer kompozit, Raman spektroskopiya, SEM taxlili, termogravimetrik analiz.

Аннотация. В рамках данной работы получены полимерно-минеральные композиционные материалы на основе эпоксидной смолы, полиэтиленполиамина (PEPA) и местной бентонитовой глины, а также исследованы их свойства. Композиты синтезированы методом *in situ* полимеризации эпоксидной смолы и PEPA в суспензии бентонита при различных соотношениях компонентов. Состав и свойства полученных образцов изучены с использованием методов рамановской спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (SEM), а также термогравиметрического анализа (TGA–DTA). Результаты SEM показали равномерное распределение частиц глины в полимерной матрице и формирование интеркалированного композита. Данные TGA свидетельствуют о том, что введение бентонита в полимерную матрицу повышает её термическую стабильность. Полученные композиционные

ISSN 3030-3907

материалы предложены в качестве перспективных сорбентов для снижения жёсткости природных вод.

Ключевые слова: эпоксидная смола, полиэтиленполиамин, бентонитовая глина, полимерный композит, рамановская спектроскопия, SEM-анализ, термогравиметрический анализ.

Abstract. In this study, polymer–mineral composite materials based on epoxy resin, polyethylene polyamine (PEPA), and local bentonite clay were prepared, and their properties were investigated. The composites were synthesized via *in situ* polymerization of epoxy resin and PEPA in a bentonite suspension at different component ratios. The composition and properties of the obtained samples were analyzed using Raman spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), and thermogravimetric analysis (TGA–DTA). SEM results indicated a uniform distribution of clay particles within the polymer matrix and the formation of an intercalated composite structure. TGA results demonstrated that the incorporation of bentonite into the polymer matrix enhances its thermal stability. The obtained composite materials are proposed as promising sorbents for reducing the hardness of natural water.

Keywords: epoxy resin, polyethylene polyamine, bentonite clay, polymer composite, Raman spectroscopy, SEM analysis, thermogravimetric analysis.

KIRISH.

So‘nggi yillarda atrof-muhitga antropogen ta’sirning ortib borishi natijasida suv, tuproq va havoni turli zararli moddalardan tozalash, sanoat korxonalarida foydalaniladigan tabiiy suvlarni qattiqligini kamaytirish uchun samarali, ekologik toza sorbentlar yaratish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Bunday materiallar orasida tabiiy minerallar va polimerlarga xos xususiyatlarini o‘zida birlashtirgan polimer-bentonit gilmoyalari asosidagi kompozitlar asosidagi sorbentlar katta qiziqish uyg‘otmoqda. Chunki, bentonitlar katta solishtirma yuzaga, yuqori ionalmashinuv qobiliyatiga ega bo‘lish bilan birga ekologik xafvsiz minerallar bo‘lgani uchun ham turli sohalarda sorbentlar sifatida keng ishlatiladi. Ammo, bentonitlarning mexanik mustahkamligining kichikligi, agregatsiyaga moyilligi, eritmada loyqa hosil qilishi va boshqa xususiyatlari ulardan yanada kengroq foydalanishni cheklanishiga sabab bo‘lmoqda. Bu muammolarni yechish usullaridan biri bentonit zarrachalarini polimer matritsa tarkibiga kiritish yo‘li bilan kompozitsion materiallar olish hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki,choklangan polimerlar tarkibiga bentonite gilmoyalari zarrachalarini kiritilishi natijasida yuqori mustahkamlikka, ma’lum shakl va o‘lchamga ega yangi materiallar hosil bo‘lib, ulardan barqaror, ekologik jixatdan bezarar sorbentlar olish imkoniyatlari

ISSN 3030-3907

mavjud[1-6]. Bunday polimer-bentonitli kompozitsiyalar hozirda oqava suvlarni ham noorganik ham organik birikmalardan tozalashda keng qo‘llanilmoqda[7,10]. Ushbu yo‘nalishda ayniqsa kompozitsiyalarni olish jarayonida reaksiya sharoitlarini o‘zgartirish orqali ularning g‘ovakligini, sorbsion faolligini va mexanik xossalarini maqsadli boshqarish imkoniyatlarini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar ham nazariy, ham amaliy tarafdan dolzarb hisoblanadi[11,12].

Ushbu tadqiqot ishining maqsadi mahalliy bentonit gilmoyalari asosida polimer-bentonitli kompozitsiyalar olish hamda ularning tuzilishi, morfologiyasi va termik barqarorligi kabi xususiyatlarini tadqiq qilishdir.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tadqiqotda foydalanilgan reagentlar: “Mayski” markali bentonit gilmoyasi (O‘zbekiston); polietilenpoliamin (PEPA), oliy navli, tozaligi 98 % (Rossiya); ED-20 markali epoksid smolasi (Rossiya).

Kompozitlarni olinishi. Kompozit materiallarni olish uchun dastlab bentonit gilmoyalarining suvli suspenziyasi tayyorlandi, so‘ngra unga kerakli miqdorda PEPA va epoksid smolasi qo‘shildi. Ushbu reaksion aralashma undagi komponentlarning bir tekis taqsimlanishini ta’minlash maqsadida ultratovush yordamida gomogenlashtirildi. PEPA va epoksi smolasi orasidagi polimerlanish reaksiyasi 80 °C haroratda olib borildi. Hosil bo‘lgan kompozitsiyalar ko‘p marta distillangan suv bilan yuvilib, 60 °C haroratda quritildi. Tajribalar davomida tarkibida massa bo‘yicha 5 dan 40 % gacha bentonite gilmoyasi tutgan kompozit materiallar olindi.

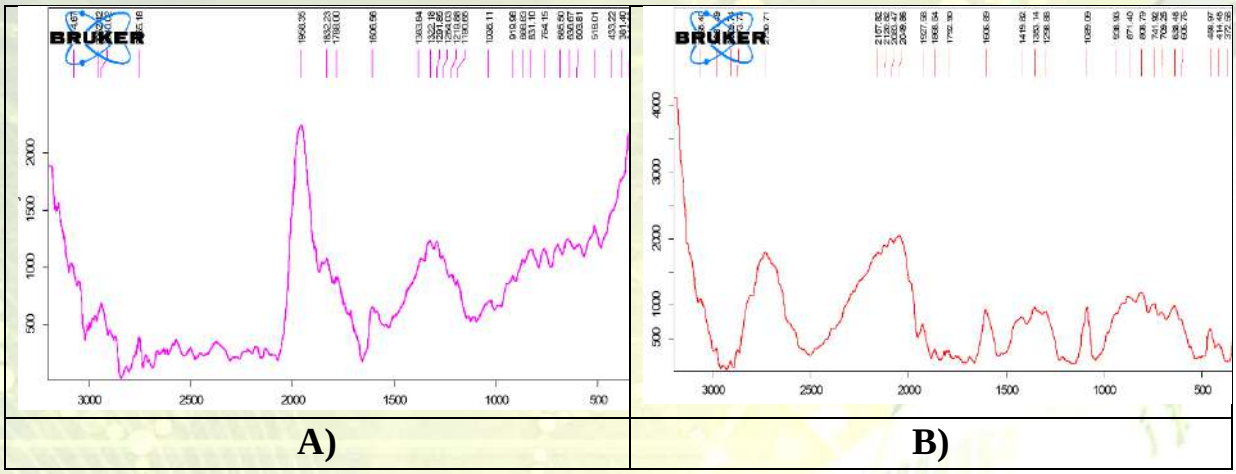
Kompozitlarning sirt morfologiyasi va mikrostrukturasi Carl Zeiss EVO (Germaniya) skanerlovchi elektron mikroskopida (SEM) amalga oshirildi.

Namunalarning termogravimetrik tahlillari NETZSCH STA 449 F3 Jupiter (Germaniya) termik analizatori yordamida amalga oshirildi. Bunda namunalar 25 °C dan 800 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida 10 °C/min tezligida qizdirildi.

Kompozit materiallarning fazaviy tarkibi va kristall tuzilishini aniqlash uchun Bruker D8 Advance (Germaniya) rentgen difraktometriyasidan (XRD) foydalanildi. Tahlillar Cu Kα nurlanish manbai (λ=1,5406 Å) ostida olib borildi. Difraktogrammalar 2θ=5–80° diapazonda, 0,02° qadam va mos tezlikda qayt qilindi.

TAHLIL VA NATIJALAR. Tajribalarda olingan polimer-bentonit kompozit materiallarning tarkibi ularning Roman spektrlarini tahlil qilish orqali amalga oshirildi (1- rasm).

ISSN 3030-3907



A) B)

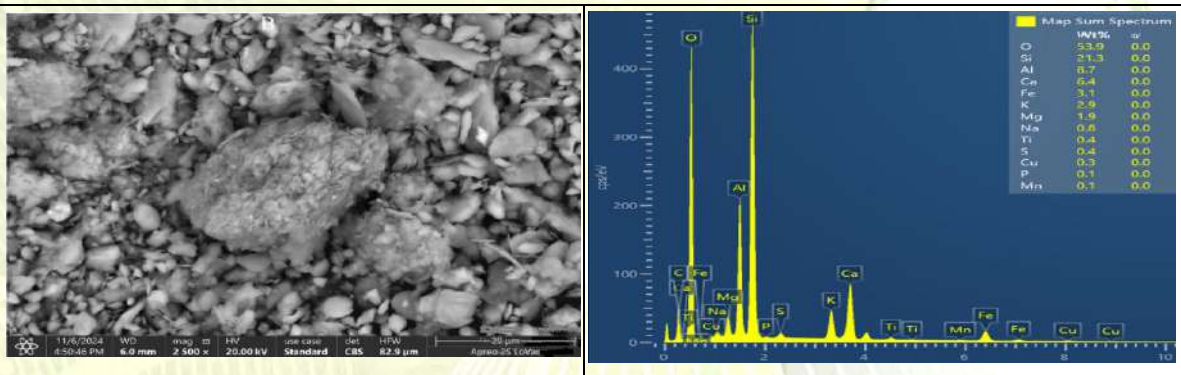
1-rasm. Bentonit gilmoyasi (A) va polimer–бентонитли kompozitларнинг (B) Raman spektrlari.

1-A-rasmda, kompozitlar olishda foydalanilgan bentonit gilmoyasi namunasining Roman spektri keltirilgan. Ma’lumki bentonit gilmoyalarining asosini montmorillonit minerali tashkil qilib, u qatlamli alyumosilikatlar sinfiga kiradi. Spektrning 1080–1100 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan intensiv cho‘qqi Si–O bog‘larining simmetrik valent tebranishlariga mos keladi. Mazkur tebranish bentonit tarkibidagi silikat tetraedr qatlamlarining mavjudligini tasdiqlaydi. 800–900 sm^{-1} sohada aniqlangan choqqilar Si–O–Al hamda Si–O–Si bog‘larining tebranish modlariga tegishlidir. Ushbu natijalar alyumosilikat qatlamlarining saqlanganligini ko‘rsatadi. 460–520 sm^{-1} oralig‘ida qayd etilgan cho‘qqilar Si–O–Si bog‘larining deformatsion tebranishlariga to‘g‘ri keladi. 1400–1500 sm^{-1} sohada kuzatilgan nisbatan past intensivlikdagi to‘lqinlar namuna tarkibida karbonat ionlari mavjudligi bilan izohlangan. Yuqori tebranishli (2800–3000 sm^{-1}) sohada aniq intensiv cho‘qqilarning yo‘qligi organik komponentlar miqdori juda kam ekanligini ko‘rsatadi. 1-B-rasmda esa polimer kompozitning Raman spektri keltirilgan. Ushbu spektrda bentonit gilmoyasiga tegishli asosiy cho‘qqilar saqlanib qolganini ko‘rish mumkin. Bundan tashqari unda 1635,45 va 1602,20 sm^{-1} to‘lqin uzunligida aromatik C=C valent tebranishlariga tegishli cho‘qqilar qayd etilgan. 1508.56 sm^{-1} to‘lqin uzunligidagi cho‘qqi aromatik halqa ichki tebranishi uchun xos. 1337.48, 1320.96 va 1290.86 sm^{-1} to‘lqin uzunligidagi cho‘qqilar C–N bog‘lariga mos keladi. 1209.11 va 1159.80 sm^{-1} dagi cho‘qqilar C–O yoki C–C valent tebranishlarini, 1009.11 sm^{-1} esa aromatik halqaning mavjudligini ifodalaydi. 951.98 va 902.60 sm^{-1} deformatsion tebranishlar, 884.15, 856.15, 823.57, 808.67 sm^{-1} esa aromatik C–H bog‘larining tekislikdan tashqari tebranishlariga tegishlidir. Kompozitning Raman spektri taxlillari uning tarkibida epoksid smolasiga tegishli aromatik guruhlar hamda PEPA tarkibiga kiruvchi azot tutgan guruhlar mavjudligini ko‘rsatadi. Olingan Raman spektroskopik natijalar bentonit asosida olingan polimer kompozitsiyada bentonit gilmoyasi va polimer

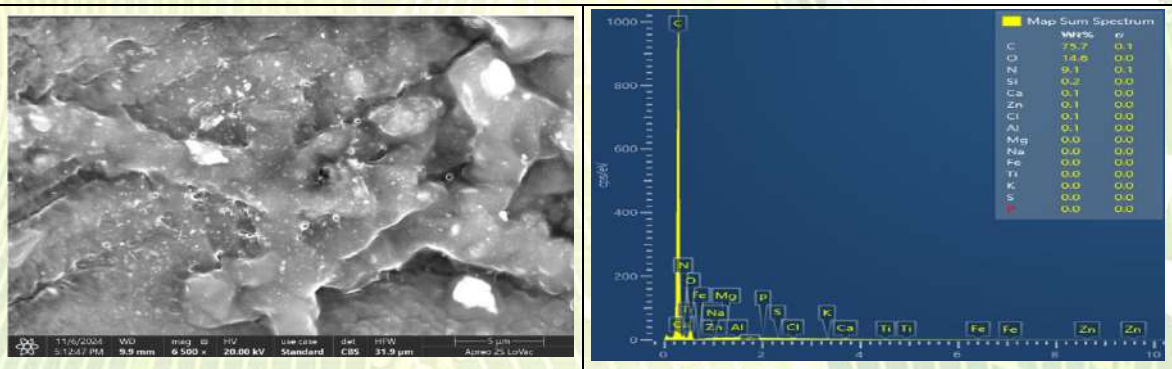
ISSN 3030-3907

matritsaga xos asosiy guruhlar saqlanib qolganini ko‘rish mumkin. Bundan xulosa qilish mumkinki, kompozit tarkibidagi komponentlar o‘zaro kimyoviy bog‘lar hosil qilmaydi, hamda mineral zarrachalari polimer matritsa tarkibida o‘z tuzilishini saqlab qolgan holda tarqalgan.

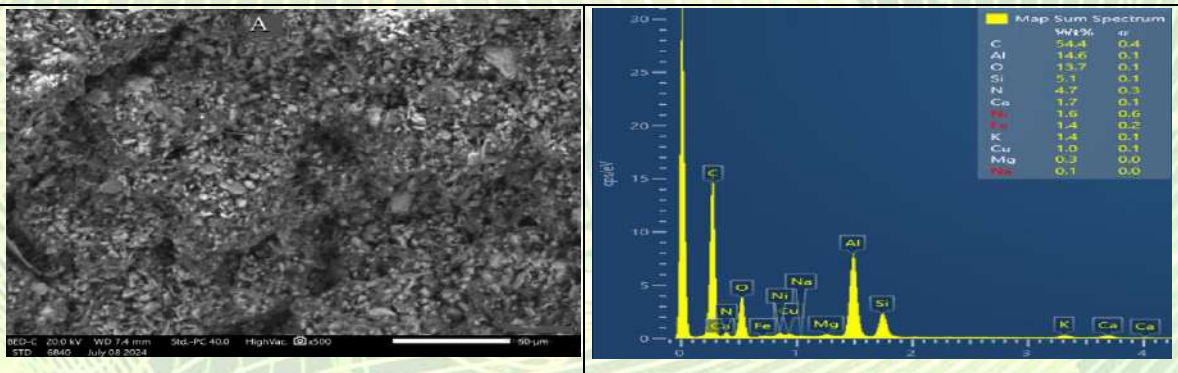
Tadqiqotlarda olingan polimer–bentonit gilmoyasi asosidagi kompozitning tuzilishi va morfologiyasini ularning SEM taxlillari orqali ham o‘rganildi. 2-rasmda bentonit gilmoyasi, epoksid polimeri va turli tarkibga ega kompozitlarning SEM mikrofotosuratlari hamda ularning energiyadispersion spektrlari keltirilgan.



A)

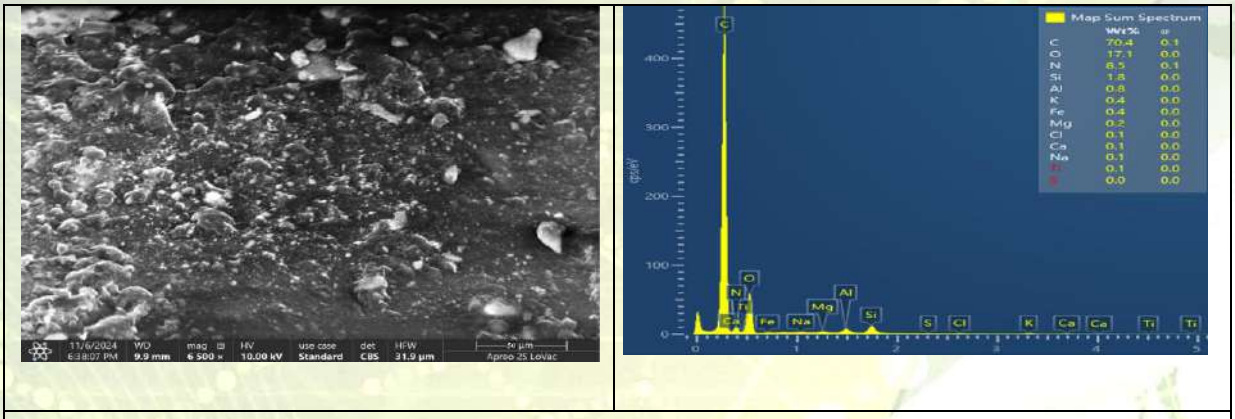


B)



C)

ISSN 3030-3907



D)

2-rasm. Bentonit gilmoyasi (A), epoksid smolasi va PEPA asosida sintez qilingan polimer (B), shuningdek tarkibida massa bo‘yicha 40% (C) hamda 12% (D) bentonit tutgan kompozit namunalarining SEM va EDS tahlillari.

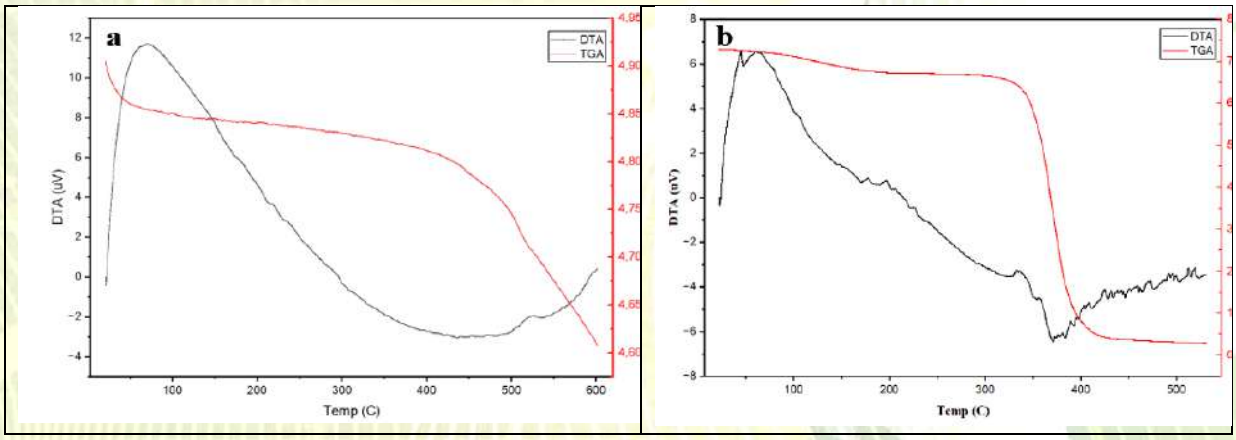
2-(A)-rasmda, Bentonitning morfologik tuzilishi qatlamli silikatlarga xos zarrachalarning tartibsiz joylashuvi kuzatilgan. Sirt yuzasining sezilarli darajada notekis va geterogenligi uning tabiiy mineral ekanligini ko‘rsatadi. EDS spektrida kislorod, kremniy va alyuminiy elementlarining miqdori yuqoriligi qayd etilib, bentonitning montmorillonit tipidagi alyumosilikat tuzilishini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, Ca, Fe, Mg kabi elementlarning aniqlanishi mineralning tabiiy aralashma ekanligini ifodalaydi. 2-(B)-rasmda Epoksid smola va PEPA asosida hosil qilingan polimerning mikrostrukturasi tasvirlangan bo‘lib, unda sirt yuzasini nisbatan tekis, ekanligi kuzatilgan. Ayrim hududlarda aniqlangan mikro yoriqlar polimerlanish jarayonida yuzaga kelgan ichki kuchlanishlar bilan izohlanadi. EDS tahlil natijalariga ko‘ra, namunada uglerod, kislorod va azot elementlarining miqdori yuqoriligi qayd etilib, bu uning organik makromolekulyar tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatgan. 2-C-rasmda 40% bentonit asosida, sintez qilingan kompozitning sirt yuzasi notekisligi va g‘ovakligi kuzatilgan, bu bentonit zarrachalarining miqdori yuqoriligi natijasida yuzaga kelganligi bilan bog‘liq. Bentonit minerallarining zarrachalari polimer matritsa ichida bir tekis taqsimlangan. EDS spektrida organik (C, O) va mineral (Al, Si) komponentlarning birgalikda mavjudligi qayd etilgan bo‘lib, bu kompozitning ikki fazali tuzilishini tasdiqlaydi. 2-D-rasmda esa 12% bentonit asosida sintez qilingan kompozit tarkibidagi bentonit zarrachalarning polimer matritsada bir tekis taqsimlangani va sirtning yuzasining bir jinsliligi kuzatiladi. EDS tahlilida asosan organik komponentlar ustunligi aniqlanib, mineral fazaning nisbatan kam miqdorda mavjudligi qayd etilgan.

Xulosa qilib aytilganda, 40% bentonit asosida sintez qilingan kompozitda bentonit zarrachalarining polimer matritsaga yuqori miqdorda kiritilishi natijasida kompozit materialining sirt tuzilishi yaxshilanganligi kuzatilgan. Bentonit

ISSN 3030-3907

zarrachalarning bir-biriga yaqin joylashuvi va o‘zaro ta’siri natijasida g‘ovak struktura shakllangan va bu kompozitning sirt yuzasini faolligini oshiradi. Bunday tuzilishli kompozitning adsorbsion va sorbsion xususiyatlarini yaxshilaydi, chunki faol markazlar soni ortadi. Shuningdek, bentonitning miqdori yuqoriligi tufayli kompozitning mexanik barqarorligi ortadi. Yuqori haroratda olib borilgan sintez natijasida komponentlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishni mustahkamlab, kompozitning ichki tuzilishi yaxshilangan.

Bentonit hamda epoksid polimer–montmorillonit kompozitining **termik barqarorligi termogravimetrik tahlil (TGA-DTA)** yordamida baholandi (3-rasm).



3-rasm. Bentonit гилмояси (a) va epoksi polimer–bentonitli kompozitining(b) TGA–DTA egri chiziqlari

3.a-rasmda, bentonit ma’lum harorat oralig‘ida asta-sekin massa yo‘qotishini namoyon qiladi. 150 °C dan past haroratlarda kuzatiladigan boshlang‘ich massa kamayishi asosan fizik adsorbsiyalangan suv molekulalarining ajralishi bilan bog‘liq. Yuqori haroratlarda esa keyingi massa yo‘qotilishi qatlamlararo suvning chiqib ketishi hamda loy mineralining strukturaviy qisman degidroksillanishi bilan izohlanadi.

Bundan farqli ravishda, kompozit namuna (3.b-rasm) boshqa turdagi termik xususiyatlarni namoyon qilgan. Past haroratlarda nisbatan barqarorlik kuzatilgan, undan so‘ng 350–420 °C oralig‘ida keskin massa yo‘qotilishi sodir bo‘lgan. Bu holat polimer strukturasining termik parchalanishi bilan bog‘liq.

Polimer strukturasi tarkibida bentonit zarrachalarining mavjudligi kompozit materialning termik barqarorligini oshirishga va uning parchalanish jarayoniga ta’sir ko‘rsatgan. TGA egri chiziqlarini taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, bentonitning epoksi va PEPA bilan birgalikda polimer matritsasiga kiritilishi termik jarayonni sezilarli darajada o‘zgartirgan hamda kompozit materialning strukturaviy barqarorligini oshirgan.

ISSN 3030-3907

Olingan kompozitlarning sorbsion xossalarini o‘rganish maqsadida ulardan tabiiy suvlarni qattiqligini kamaytirishga oid tadqiqotlar amalga oshirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ushbu sorbentlar oqava suvning boshlang‘ich umumiy qattiqligini 15,3 mg-ekv/L dan 6 mg-ekv/L gacha kamaytirdi.

XULOSA. Ushbu tadqiqot ishida epoksid smolasi, PEPA va mahalliy bentonit gilmoyasi asosida yangi turdagi polimer–mineral kompozit materiallar olindi va ularning tuzilishi, morfologiyasi hamda termik xossalari o‘rganildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, bentonit zarrachalarining polimer matritsa tarkibiga kiritilishi natijasida kompozit materiallarda bentonit zarrachalarning bir tekis taqsimlanishi, interkalyatsiyalangan tuzilma hosil bo‘lishi va sirt strukturalarining sezilarli darajada yaxshilanishi kuzatildi. Shuningdek, bentonit miqdorining ortishi sintez qilingan namunalarda g‘ovak strukturaning shakllanishi yordam beradi. Termogravimetrik tahlillar bentonit zarrachalarining polimer matritsaga kiritilishi kompozitning termik barqarorligi ortishini ko‘rsatgan. Bunda bentonit nafaqat strukturaviy karkas vazifasini bajargan, balki polimerning termik parchalanish jarayonini barqarorligini oshirgan. Shu bilan birga, Raman va SEM tahlillar natijalari kompozit tarkibidagi komponentlarning bir tekis taqsimlangan holda saqlanib qolganligini va organik hamda mineral fazadan tashkil topganligini tasdiqlagan. Shuningdek, olingan kompozit materiallarni suvni yumshatish va tozalashda istiqbolli sorbentlar sifatida foydalanish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ray S. S., Okamoto M. Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing // Progress in Polymer Science. – 2003. – Vol. 28. – P. 1539–1641.
2. Alexandre M., Dubois P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials // Materials Science and Engineering: R. – 2000. – Vol. 28. – P. 1–63.
3. Pavlidou S., Papaspyrides C. D. A review on polymer–layered silicate nanocomposites // Progress in Polymer Science. – 2008. – Vol. 33. – P. 1119–1198.
4. Hussain F., Hojjati M., Okamoto M., Gorga R. E. Polymer-matrix nanocomposites, processing, manufacturing and application: an overview // Journal of Composite Materials. – 2006. – Vol. 40. – P. 1511–1575.
5. Mittal V. Polymer layered silicate nanocomposites: A review // Materials. – 2009. – Vol. 2. – P. 992–1057.
6. Pinnavaia T. J., Beall G. W. Polymer–Clay Nanocomposites. – New York: John Wiley & Sons, 2000. – 349 p.
7. Bergaya F., Theng B. K. G., Lagaly G. Handbook of Clay Science. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 1246 p.

ISSN 3030-3907

8. Utracki L. A. Clay-Containing Polymeric Nanocomposites. – Shropshire: Rapra Technology, 2004. – 320 p.
9. Vaia R. A., Giannelis E. P. Polymer nanocomposites: status and opportunities // MRS Bulletin. – 2001. – Vol. 26. – P. 394–401.
10. LeBaron P. C., Wang Z., Pinnavaia T. J. Polymer-layered silicate nanocomposites: an overview // Applied Clay Science. – 1999. – Vol. 15. – P. 11–29.
11. Usuki A., Kojima Y., Kawasumi M. et al. Synthesis of nylon 6–clay hybrid // Journal of Materials Research. – 1993. – Vol. 8. – P. 1179–1184.
12. Giannelis E. P. Polymer layered silicate nanocomposites // Advanced Materials. – 1996. – Vol. 8. – P. 29–35.

ISSN 3030-3907

TARMOQ TRAFIGIDAGI KIBERHUJUMLARNI ANIQLASHDA MASHINALI O‘QITISH ALGORITMLARINI TAQQOSLASH: PAST KECHIKISH VA NOTO‘G‘RI TREVOGA MUAMMOLARI

Samarov Xusnutdin Kamardinovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU "Axborot xavfsizligi" kafedrasi dotsenti, t.f.n.
Email: samarov07@gmail.com
Surayyo Rajabboyeva Baxrom qizi
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU tayanch doktoranti
Email: surayyobaxromqizi@gmail.com
Xaitbayev Azizbek Pirnazarovich
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti o‘qituvchisi
Email: azizbekxaitbayev93@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tarmoq trafigidagi DoS, Probe, U2R va R2L kiberhujumlarini aniqlashda mashinali o‘qitish algoritmlarining qiyosiy tahlili keltirilgan. Isolation Forest, Autoencoder, XGBoost, Random Forest, SVM va LSTM algoritmlari aniqlik, F1-o‘lchov, kechikish vaqti va noto‘g‘ri trevoga darajasi bo‘yicha NSL-KDD ma'lumotlar to‘plami asosida baholangan. XGBoost 97–99% aniqlik va 3 ms dan past kechikish bilan eng maqbul yechim sifatida aniqlangan. Noto‘g‘ri trevoga darajasini kamaytirish uchun xususiyatlarni tanlash, chegaraviy qiymatni optimallashtirish, kaskadli ansambl tasniflash va SMOTE usullari tavsiya etiladi. Tadqiqot natijalari real vaqtli kiberhujumlarni aniqlash tizimlarini loyihalash uchun amaliy ko‘rsatmalar beradi.

Kalit so‘zlar: kiberhujumlarni aniqlash, mashinali o‘qitish, intrusion detection system, Isolation Forest, XGBoost, Autoencoder, false positive, past kechikish, tarmoq xavfsizligi, NSL-KDD, SMOTE, ansambl metodlar.

Аннотация. В данной статье представлен сравнительный анализ алгоритмов машинного обучения для обнаружения кибератак типа DoS, Probe, U2R и R2L в сетевом трафике. Алгоритмы Isolation Forest, Autoencoder, XGBoost, Random Forest, SVM и LSTM оцениваются по точности, F1-мере, задержке вывода и уровню ложных срабатываний на основе набора данных NSL-KDD. Установлено, что XGBoost обеспечивает наилучший баланс показателей: точность 97–99% при задержке менее 3 мс. Для снижения ложных срабатываний предлагается комбинация методов отбора признаков, оптимизации порогового значения, каскадной ансамблевой классификации и балансировки классов с помощью SMOTE.

Ключевые слова: обнаружение кибератак, машинное обучение, система обнаружения вторжений, Isolation Forest, XGBoost, Autoencoder, ложные

ISSN 3030-3907

срабатывания, низкая задержка, сетевая безопасность, NSL-KDD, SMOTE, ансамблевые методы.

Abstract. This paper examines how well several machine learning algorithms perform when identifying network-based cyber attacks, specifically DoS, Probe, U2R, and R2L traffic. Six methods — Isolation Forest, Autoencoder, XGBoost, Random Forest, SVM, and LSTM — were tested against the NSL-KDD benchmark and assessed on detection accuracy, F1-score, inference latency, and false positive rate. Among the candidates, XGBoost showed the strongest overall results, reaching roughly 97–99% accuracy while keeping inference time under 3 ms. To bring down false alarm rates, the paper explores a combined approach: targeted feature selection, ROC-based threshold adjustment, a two-stage cascade classifier, and SMOTE oversampling for minority classes. Taken together, the findings offer some practical direction for anyone trying to build or improve a real-time intrusion detection system.

Keywords: cyber attack detection, machine learning, intrusion detection system, Isolation Forest, XGBoost, Autoencoder, false positive, low latency, network security, NSL-KDD, SMOTE, ensemble methods.

INTRODUCTION.

As network infrastructure has grown in scale and complexity over the past decade, so too has the threat landscape. Cyber attacks are more frequent, more targeted, and in many cases harder to attribute than they were even five years ago. Intrusion Detection Systems (IDS) sit at the heart of most defensive architectures, yet the signature-based approaches that dominated early IDS design have a well-known limitation: they cannot catch what they have not seen before. New attack variants, obfuscated payloads, and polymorphic malware regularly slip past rule-based filters because the underlying signatures simply do not match [1]. This has pushed researchers and practitioners toward anomaly detection grounded in machine learning, where the model learns what normal traffic looks like and raises an alert when something deviates meaningfully from that baseline.

Most comparative studies in this space rely on either NSL-KDD or UNSW-NB15 as their evaluation corpus. Both datasets organise malicious traffic into recognisable categories: DoS attacks, which flood bandwidth or processing capacity to deny service; Probe attacks, low-volume scans designed to map the network and uncover exploitable weaknesses; U2R incidents, where an attacker with a legitimate user account manages to escalate to root privileges; and R2L cases, in which an outsider gains some foothold on a local machine by exploiting a remote service vulnerability [2]. Each of these categories leaves a different

ISSN 3030-3907

fingerprint in traffic data, and no single algorithm handles all four equally well — which is one of the things this study tries to make clearer.

A gap that appears repeatedly in the literature is the absence of latency data alongside accuracy figures. Knowing that a classifier reaches 97% macro-accuracy is useful; knowing whether it can do so in under five milliseconds per sample is what determines whether it can actually run inline on a production network. The false positive rate is the other number that gets underreported. In operational environments, alert fatigue is a real problem, and an IDS that triggers too many false alarms tends to get ignored or tuned into irrelevance. This paper tries to address both dimensions simultaneously. The specific contributions are: (i) a side-by-side evaluation of six ML classifiers on NSL-KDD using four metrics; (ii) a simple latency-tier grouping to guide deployment choices; and (iii) a set of techniques for reducing false positives without gutting recall.

LITERATURE REVIEW.

The survey by Buczak and Guven [1] remains one of the more comprehensive overviews of ML-based IDS methods, covering more than 40 algorithms across multiple datasets. Their central observation — that ensemble methods generally outperform single classifiers in both accuracy and noise robustness — has held up reasonably well in subsequent work, and it shaped the decision to include both standalone and ensemble models in this study.

Tavallaee et al. [2] pointed out some significant statistical problems with the original KDD Cup 1999 dataset, including a large proportion of duplicate records that caused models to appear more accurate than they actually were. Their corrected version, NSL-KDD, removed those duplicates and has since become the standard benchmark in the field. Crucially, they also documented the severe under-representation of U2R and R2L samples — an issue that directly affects how any classifier performs on those categories, and one we had to deal with explicitly in our experimental setup.

Shone et al. [3] took a different approach by building a non-symmetric deep autoencoder (NDAE) for anomaly detection, reporting 97.85% accuracy on NSL-KDD. The architecture is appealing because it does not require attack labels during training. One limitation of their work, however, is that inference latency is not discussed, which makes it difficult to judge whether the model is viable for real-time inspection. This paper attempts to fill in that gap, at least partly, by measuring latency for an autoencoder configuration under comparable hardware conditions.

The Isolation Forest algorithm [5] takes a conceptually different route: rather than modelling what normal data looks like, it tries to isolate anomalies directly by partitioning the feature space at random. Because anomalies tend to occupy sparse

ISSN 3030-3907

regions, they get isolated in fewer steps. The practical consequence is that Isolation Forest can be very fast — sub-5 ms inference is achievable — and it does not require labelled training data, which is a genuine advantage in environments where attack samples are scarce.

XGBoost [7] was not originally designed with network security in mind; it was built for structured prediction tasks in domains like finance and search ranking. That said, its combination of gradient-boosted trees, built-in regularisation, and efficient parallelisation has made it a strong performer across many tabular classification problems. Whether it translates equally well to real-time IDS — especially when latency is constrained — is something this paper examines directly.

RESEARCH METHODOLOGY.

Dataset and Preprocessing

All experiments used the NSL-KDD dataset, which contains 125,973 training and 22,544 test records across five classes: Normal, DoS, Probe, U2R, and R2L. Categorical features — protocol_type, service, and flag — were encoded with one-hot encoding; numerical features were min-max normalised to [0, 1]. The class imbalance in U2R (only 231 training samples) and R2L (1,126 samples) was addressed by applying SMOTE solely to the training split, bringing each minority class up to 3,000 synthetic samples [2]. It is worth noting that SMOTE was deliberately kept out of the test set to avoid inflating evaluation metrics.

Feature Selection

The original NSL-KDD feature set has 41 attributes. Not all of them carry equal predictive weight, and including noisy or redundant features tends to hurt both generalisation and speed. We first dropped any feature whose Mutual Information score with the target fell below 0.01, then applied Recursive Feature Elimination (RFE) using XGBoost as the base estimator to narrow the set further. The resulting 25 features cut training time by around 34% and lifted mean F1-score by roughly 0.03 across classifiers — a modest but consistent improvement [1].

Algorithm Configuration

Six classifiers were included. Isolation Forest was configured with 200 estimators and contamination set to 0.05. The Autoencoder used a symmetric encoder-decoder with hidden layers of sizes [128, 64, 32], trained for 50 epochs using the Adam optimiser. XGBoost was set to 300 trees, maximum depth of 6, learning rate 0.1, and row subsampling of 0.8. Random Forest used 200 trees with the square-root feature subset rule. SVM used an RBF kernel with C=10 and gamma='scale'. Finally, a two-layer Bidirectional LSTM with 128 units per layer

ISSN 3030-3907

and 0.3 dropout was included to represent sequence-aware deep learning. All models were built in Python 3.10 with scikit-learn 1.3 and TensorFlow 2.13.

Evaluation Protocol

Five-fold stratified cross-validation was used throughout. The reported metrics are macro-averaged accuracy, F1-score, false positive rate (FPR), and mean inference latency. Latency was measured over 10,000 sequential prediction calls on a single CPU core (Intel Core i7-12700 at 3.6 GHz) — a deliberate choice to reflect deployment scenarios where GPU resources may not be available. Pairwise accuracy differences were tested for statistical significance using the Wilcoxon signed-rank test at $\alpha = 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION.

Overall Performance Comparison

Table 1 shows the macro-averaged results for all six models. XGBoost comes out ahead on both accuracy (around 97–99%) and inference speed (under 3 ms), which is a combination that is hard to ignore for real-time applications. Random Forest is the next closest, sitting in the 95–97% accuracy range with acceptable latency. Isolation Forest trails on accuracy at 92–94%, but it is worth remembering that it requires no labels during training — a meaningful practical advantage that the raw accuracy figure does not capture.

1-jadval

Comparative performance of ML algorithms on NSL-KDD [1–7]

№	Algorithm	Accuracy (%)	F1-Score	Latency	False Positive (%)
1	Isolation Forest	92–94	0.91	Low (≤5 ms)	5–8
2	Autoencoder (Deep)	93–96	0.93	Medium (5–15 ms)	4–6
3	XGBoost	97–99	0.97	Low (≤3 ms)	1–3
4	Random Forest	95–97	0.95	Medium (4–10 ms)	2–4
5	SVM	88–92	0.88	High (>15 ms)	6–10
6	LSTM (RNN)	94–97	0.95	High (>20 ms)	3–5

Latency Tier Analysis

ISSN 3030-3907

Looking at the latency figures, three tiers emerge fairly naturally. XGBoost and Isolation Forest both sit below 5 ms and can realistically run on low-power ARM devices without any GPU assistance — useful for edge or embedded deployments. Random Forest and the Autoencoder land in the 5–15 ms band; not ideal for the tightest latency budgets, but workable, and GPU acceleration brings the Autoencoder well below 5 ms in practice. SVM and LSTM are a different story: both exceed 15 ms, and LSTM can push past 20 ms. This is not a problem if the goal is periodic traffic analysis or post-incident forensics, but inline real-time inspection becomes difficult at those speeds [5].

Per-Category Detection Analysis

DoS detection was straightforward for tree-based models — recall exceeded 99% consistently, which is expected given the distinctive high-volume patterns these attacks generate. Probe attacks proved somewhat trickier; XGBoost and LSTM both reached F1 above 0.94, likely because they capture higher-order feature interactions and temporal patterns that simpler models miss. U2R and R2L were, as anticipated, the hardest categories. Before SMOTE, XGBoost's F1 on U2R sat at 0.48 — essentially poor, given that random guessing on a heavily imbalanced set could approach that. After applying SMOTE to the training data, the same model reached 0.79, which is a substantial jump and underlines just how much the class imbalance was suppressing performance [2][4].

False Positive Reduction

Four approaches were tested in combination. Feature selection alone brought FPR down by about 31% across the board — a fairly clean win with no real downside. Threshold optimisation using the Youden index on the validation ROC curve added another 22% reduction, though this came at the cost of a 4% drop in recall, which may or may not be acceptable depending on the deployment context. The most aggressive reduction came from the cascade setup: Isolation Forest pre-filtering traffic and passing flagged samples to XGBoost for re-scoring produced a combined FPR of 1.2% — roughly 58% lower than running XGBoost alone — while keeping total latency under 5 ms [5][7]. SMOTE, interestingly, improved minority-class recall without meaningfully changing FPR for the majority class, which suggests the two optimisation axes are largely independent and can be pursued simultaneously.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS.

This study set out to compare six machine learning classifiers for network intrusion detection across four performance dimensions — accuracy, F1-score, inference latency, and false positive rate — using the NSL-KDD dataset as a common testbed. The results are reasonably clear, at least for the top performers.

ISSN 3030-3907

XGBoost is the most practical choice for real-time deployment: it delivers strong accuracy, keeps latency well below the 5 ms threshold, and is amenable to false-positive reduction through threshold tuning. Isolation Forest sits in an interesting secondary role — lower raw accuracy, but fully unsupervised and fast enough for edge hardware, making it a natural fit for environments where labelled data is scarce or where catching unknown attack patterns takes priority.

LSTM-based models are in a different category. Their sequential architecture makes them good at picking up time-dependent attack patterns, but the latency cost is real and rules them out for inline inspection in most settings. They are better suited to scheduled batch analysis or threat-hunting workflows where the analyst has time to work through flagged traffic in depth.

In terms of practical recommendations, teams looking to reduce false positives should treat the problem as multi-layered: start with SMOTE during training to handle class imbalance, calibrate the decision threshold against a validation set using the Youden index, and if resources allow, add a two-stage Isolation Forest + XGBoost cascade at inference time. Periodic model updates are also worth building into the pipeline — traffic distributions shift over time, and a model that was well-calibrated six months ago may have drifted.

Future directions worth exploring include federated learning configurations that let organisations share detection models without exposing raw traffic data, explainable AI tools that would make it easier for analysts to understand why a specific alert was triggered, and hardware-level implementations of XGBoost inference on FPGAs, which could plausibly bring latency below 1 ms at line rate [6][7].

REFERENCES

1. Buczak A. L., Guven E. A survey of data mining and machine learning methods for cyber security intrusion detection // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2016. — Vol. 18, No. 2. — P. 1153–1176.
2. Tavallaee M., Bagheri E., Lu W., Ghorbani A. A detailed analysis of the KDD CUP 99 data set // Proc. IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications (CISDA). — Ottawa, Canada. — 2009. — P. 1–6.
3. Shone N., Ngoc T. N., Phai V. D., Shi Q. A deep learning approach to network intrusion detection // IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence. — 2018. — Vol. 2, No. 1. — P. 41–50.
4. Agrawal S., Agrawal J. Survey on anomaly detection using data mining techniques // Procedia Computer Science. — 2015. — Vol. 60. — P. 708–713.

ISSN 3030-3907

5. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z. H. Isolation Forest // Proc. 8th IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). — Pisa, Italy. — 2008. — P. 413–422.
6. An J., Cho S. Variational autoencoder based anomaly detection using reconstruction probability // Special Lecture on IE. — Seoul, South Korea. — 2015. — Vol. 2, No. 1. — P. 1–18.
7. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system // Proc. 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. — San Francisco, USA. — 2016. — P. 785–794.

ISSN 3030-3907

EGILUVCHAN TARKIBLI TASMALI UZATMADA TORTISH KUCHINI UZATISHNING FIZIK ASOSLARI

Qayumov Umidjon Axmadjonovich
“Andijon davlat texnika instituti” kafedra assistenti
Email: qumid110@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tasmali uzatma shkivlarining bir omilli va ko‘p omilli eksperimental tadqiqotlari natijalari keltirilgan. O‘tkazilgan ilmiy izlanishlar natijasida aniqlanishicha, yangi konstruksiyadagi shkiv elementlari rezina materialdan tayyorlanganligi sababli, statik solishtirma bosimni o‘rganish muhim ahamiyatga ega. Mazkur solishtirma bosim material qoplamasi bardosh bera oladigan maksimal bosimdan (ya’ni, uning yuk ko‘tarish qobiliyatidan) oshmasligi lozim. Aks holda, yangi konstruksiyadagi shkiv roliklari qoplamasi yemiriladi va foydalanish uchun yaroqsiz holga keladi.

Kalit so‘zlar: shkiv, konstruksiya, tasma, solishtirma bosim, ishqalanish tezligi, bosim kuchi, qattiqlik.

Аннотация. В данной статье представлены результаты одно и многофакторных экспериментальных исследований шкив ременной передач. Согласно результатам научных исследований, учитывая, что компонент шкива ременной передачи новой конструкции изготовлен из резинового материала, необходимо изучить статическое удельное давление. Это удельное давление не должно превышать максимальное давление (т.е. несущую способность), которое может выдержать материал покрытия, в противном случае покрытия роликов шкива новой конструкции разрушатся и станут непригодными для использования.

Ключевые слова: шкив, конструкция, ремень, удельное напряжение, скорость трения, сила давления, твердость.

Abstract. This article presents the results of single- and multi-factor experimental studies of belt drive pulleys. According to the research findings, given that the newly designed belt drive pulley component is made of rubber, it is necessary to study the static specific pressure. This specific pressure must not exceed the maximum pressure (i.e., the load-bearing capacity) that the coating material can withstand. Otherwise, the roller coatings of the newly designed pulley will deteriorate and become unusable.

Keywords: pulley, design, belt, specific stress, friction speed, pressure force, hardness.

KIRISH.

Mexanik uzatmalar tasniflanishiga kura, birinchi turdagi ishqalanish uzatmalariga egiluvchan bug‘inli uzatmalardan tasmali uzatmalar kiradi. Chunki,

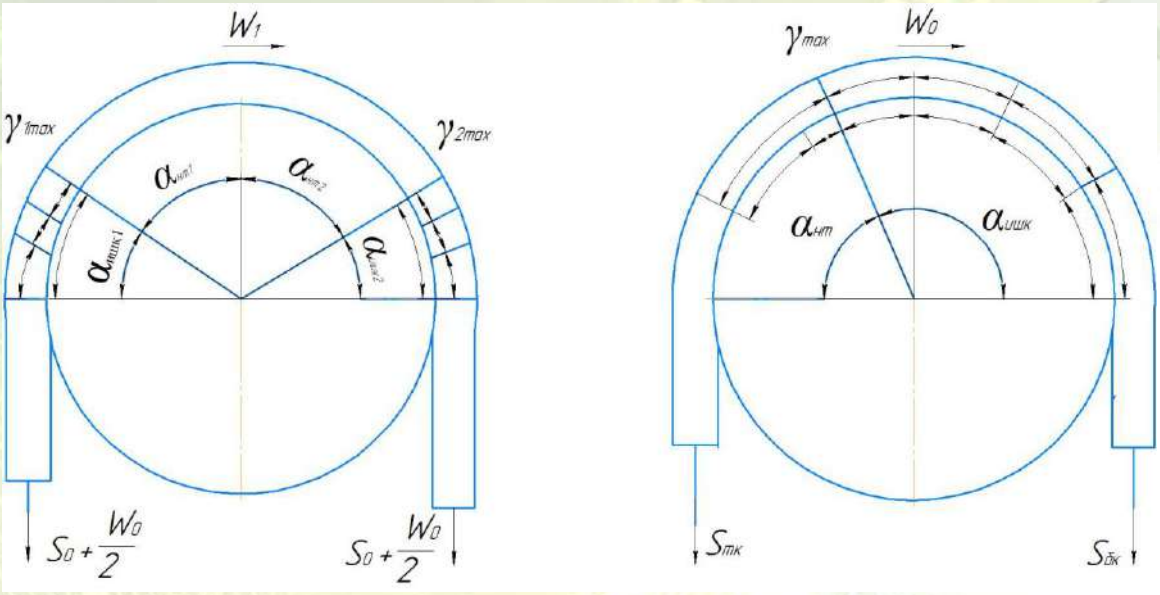
ISSN 3030-3907

ular ishlashida ingichka, elastik tur olib boruvchi qism yani tasma harakat yunalishidagi rotor shkiv yoki baraban ustidan maksimal chirkalgan holda utadi va harakat yunalishi tomonidan nisbiy tinchlik yoyi hosil buladi. Bu esa dvigatelning, oldindan nisbatan kichik surishlari bilan birinchi turdagi nisbiy harakatning tuliq ishqalanish bilan ishlashini taminlaydi. Tasma shkiv g‘ildiragidan chiqib ketayotgan tomonda esa elastik sirpanish yoyi hosil buladi, uning doirasida ikkinchi turdagi ancha katta dastlabki ishqalanish yuz beradi..

ADABIYOTLAR TAHLILI. Agar uzatma barabani yoki shkivida yetarli qalinlikdagi elastik qoplama bo‘lsa, tasma bosimi harakat yo‘nalishi tomonida qoplamani chiqarib yuborishi va uning qisman ishqalanishiga olib kelishi mumkin. Ammo, shu vaqtda yuzaga kelgan salbiy ishqalanish kuchlari mahalliy bo‘lib, tortishish kuchi uzatishga sezilarli tasir ko‘rsatmaydi.

Endi egiluvchan tarkibga ega uzatmaning ishlashini tasmali uzatmani ishga tushish va barqaror ishlash rejimidagi jarayonlari misolida ko‘rib chiqamiz. Juda qattiq po‘lat materialdan tayyorlangan uzatma shkiviga aylanma tortuvchi kuch W_s qo‘llanilsa, shkivlarga oldindan kiydirilgan elastik tasmada: bir tomonda tushish $S_0 + \frac{W_0}{2}$ gacha, ikkinchi tomonda esa $S_0 - \frac{W_0}{2}$ gacha buladi. Shu bilan uzatma shkivining har ikki tomonida elastik ishqalanish yoylari hosil bo‘ladi. Agar tortish kuchi yuzadagi ishqalanish chegarasidan oshmasa, ishqalanish yoylari orqasida nisbiy tinchlik yoylari hosil bo‘ladi. Bu yoylar sekin pasayishi tufayli butun uzatma yoyi bo‘ylab tarqaladi. Ishqalanish yoylarida kesimlarning deformatsiyalari, shu bilan birga, ishqalanish deformatsiyalari maksimal qiymatlarga erishadi α_{ishq1} va α_{ishq2}, keyin esa yoy chegaralarida nisbiy tinchlik yoylari α_{nt1} va α_{nt2} sekin pasayib boradi. (1-rasm. a). Sirpanish yoylari doirasida ko‘ndalang kesimlarining deplanatsiyasi ya’ni o‘z tekisligidan og‘ish deformatsiyasi ham asta sekin ortib boradi va α_{ishq1}- α_{nt1} hamda α_{ishq2} - α_{nt2} chegaralarida γ_{1max} hamda γ_{2max} darajadagi eng katta qiymatiga etadi. Undan so‘ng esa α_{nt1} va α_{nt2} yoylar doirasida ko‘ndalang kesimlarning deplanatsiyasi va ishqalanishi kamayadi.

ISSN 3030-3907



a) **b)**

1-rasm. a) egiluvchan elementli uzatmaning ishga tushirish paytidagi sxemasi;

b) egiluvchan elementli uzatmaning barvaror ish rejimidagi sxemasi

Sirpanish sohalarida uzatiladigan kuchlarni W_{ishq1} va W_{ishq2} quyidagi ifodalarga o‘xshash bog‘lanishlardan aniqlanishi mumkin (1) va (2):

$$W_{\text{ишқ}1} = \frac{kW_0}{2(1+\frac{c_т}{c_ф})}; \quad (1) \qquad W_{\text{ишқ}2} = \frac{kW_0}{2(1+\frac{c_т}{c_ф})}; \quad (2)$$

bu yerda s_t va s_f — tasma va shkiv qoplamasining qattiqlik koeffitsiyentlari;

k — tasma kesimlarining deplanatsiyasi natijasida ishqalanish sohasidagi tortish kuchining qaysi qismida uzatilishini hisobga oluvchi koeffitsiyent, asosan tasma qalinligiga bog‘liq. O‘rganilgan tahlillarga ko‘ra eksperimentlarda, 10 mm qalinlikdagi tasma uchun $k \approx 0{,}9$.

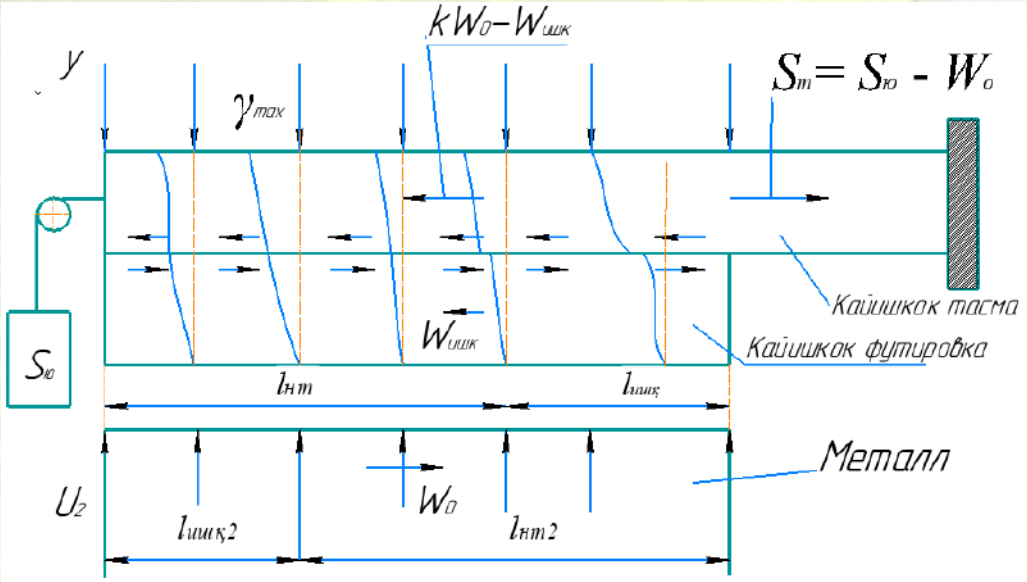
Qattiqlik koeffitsiyentlari s_t va s_f umumlashtirilgan koeffitsiyent hisoblanadi, chunki ular ishqalanish yuzasida paydo bo‘ladigan cho‘zish va ishqalanish deformatsiyalarini ham hisobga oladi.

Aylanma kuch W_0 oshgani sayin, sirpilish yoylari α_{ishq1} va α_{ishq2} kattayadi, α_{nt} tinchlik yoylari esa kamayadi.

METODOLOGIYA. Tortish kuchi ishlashi barqaror rejimga o‘tadi, shu vaqtda uzatma shkivini aylanma kuchi uzatma tasmasini harakatlantirishga qarshilik kuchi qiymatiga teng bo‘ladi. Shundan so‘ng uzatma shkivi aylanishni boshlaydi va tasma unga maksimal chirkalgan kuch S_{chk} bilan o‘raladi. Sirpilish sohalari α_{s1} va nisbiy tinchlik sohalari α_{nt1} shkiv aylanish yo‘nalishi bo‘ylab harakat qilib, α_{s2} va α_{nt2} yoylari bilan qo‘shilib, qochish tomonida, tasma kuchining S_{nt} ga teng bo‘lgan umumiy ishqalanish yoyi α_s va uning orqasidagi umumiy nisbiy tinchlik yoyi α_{nt} hosil bo‘ladi (1-rasm. b).

ISSN 3030-3907

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Barqaror ishlash rejimida umumiy ishqalanish yoyi α_s kattaligi ham tasma va uzatma shkivi qoplamasi qattiqliklari nisbatiga $\frac{c_т}{c_ф}$ bog‘liq bo‘lishi kerak.



2-rasm. Egiluvchan tarkibli uzatmaning tekis modeli.

Fizika hodisasini yaxshiroq tushunish uchun bu jarayonni tegishli yupqa model orqali kurib chiqamiz. (2-rasm) da tasma tasvirlangan: uning o‘ng tomoni qat’iy mustahkamlangan, chap tomoni esa blok orqali tortilib turgan yuk S_{yu} bilan uzatiladi.

Endi tasavvur qilaylik, tasmaga, tarang tortilgan holatda o‘rnatilgan metall plastinka elastik qoplama bilan bosiladi va shu plastinkaga siquvchi kuch tasir qiladi. W_o kuch qo‘llanilgandan keyin, yuk S_{yu} ko‘tariladi va mustahkamlangan joyda tasma tarangligi $S_t = S_{yu} - W_o$ ga kamayadi. Bu vaqtda faqat mustahkamlangan tomonda birgina ishqalanish sohasi l_{ishq} paydo buladi. Yuk tomonida S_{yu} sirpilish sohasi bo‘lmaydi, chunki kuch W_o qo‘llangandan keyin tasma tarangligi o‘zgarmay, S_{yu} ga teng bo‘lib qoladi. Demak, xuddi tasma va shkiv orasidagi kiydirilish kabi tasma va qoplama o‘rtasida sirpilish yuzaga kelmaydi. Mahkamlangan tomonda, tasma tarangligi W_o miqdoriga kamayganda, tasma orqaga harakatlanib, qoplamani sekin siqib, surib, sirpiladi. Tasma va qoplamadagi kenglik bo‘yicha harakat tenglashgan paytda, yani tasma siqilishi natijasidagi harakat va qoplama ishqalanishi bir xil bo‘lganda, tasma qoplama ustida sirpilmaydi. Shundan so‘ng, uzatmada o‘ng tomonda nisbiy tinchlik sohasi tarqalib, tasmadagi taranglik pasayadi, shu bilan birga, tasma va qoplamadagi sirpilish deformatsiyalari sinxron ravishda o‘sadi. Tasma kesimlaridagi deplanatsiya va sirpilish deformatsiyalari nisbiy tinchlik sohasida ham, siqish kuchi kontaktiga nisbatan markazdan chetda qo‘llanilganligi tufayli, yana ham o‘sishda davom etadi.

ISSN 3030-3907

XULOSA VA TAKLIFLAR. Tasma tarangligi to‘liq pasaygandan so‘ng, tasmadagi kesimlarning deplanatsiyasi va sirpanish deformatsiyalari ham pasayishiga erishiladi.

Keyin, biz belgilagan qoldiq sohasida, tasma va qoplamadagi kesimlar deplanatsiyasi va sirpanish deformatsiyalari sekin pasayadi. Bu qoldiq sohaning uzatilayotgan tortuvchi kuchi kattaligi koeffitsiyent k_1 ga bog‘liq bo‘lib, tajribalar ko‘rsatganidek, asosan tasma qalinligiga bog‘liq.

Tasma uchun asosiy qalinlik koeffitsiyent h hisoblanadi. h = 10 mm bo‘lganda k_1= 0,1 , va tasma qalinligi har qo‘shimcha 10 mm ga oshganida koeffitsiyent k_1 0,1 ga ortib boradi. Odatdagi uzatmalarda tasmalarining qalinligi deyarli 20 mm dan oshmaydi, shuning uchun tasmali uzatmalarda k_1 ning chekli qiymati $k_1 \approx 0{,}2$ bo‘ladi.

Sirpanish sohasida W_{ishk} uzatiluvchi tortish kuchini aniqlash uchun tasma va futerovkaning l_{ishk} sohasidagi muvozanat shartlarini ko‘rib chiqamiz (2-rasm). Sirpanish sohasining oxirida futerovkani siljitayotgan kuch, W_{ishk} ga teng buladi. Tasmaning bosimdan keladigan qisilish natijasida yon tomonga sirpanishiga majbur qiluvchi kuch $k\,W_0$ hisoblanadi. Sohalar chegarasida (l_{ishk} va l_{nt}) bu kuch $k\,W_o - W_{ishk}$ ga teng bo‘ladi (bu yerda $k = 1 - k_1$).

Agar tasma va futerovkaning umumlashtirilgan qattiqliklari s_t va s_f ularning cho‘zilishi va surilishi natijasidagi uzunlik o‘zgarishini hisobga olsa, unda uzayish u_t va u_f quyidagicha bo‘ladi:

$$u_{\text{т}} = \frac{kW_0 - W_{\text{ишк}}}{\text{C}_{\text{т}}}; \quad (3) \qquad u_{\text{ф}} = \frac{W_{\text{ишк}}}{\text{C}_{\text{ф}}} \quad (4)$$

Sohalar chegarasida l_{ishk} va l_{nt} da $u_t = u_f$ bo‘lganda:

$$\frac{kW_0 - W_{\text{ишк}}}{W_{\text{ишк}}} = \frac{\text{c}_{\text{т}}}{\text{c}_{\text{ф}}} \quad (5)$$

bundan:

$$W_{\text{ишқ}} = \frac{kW_0}{1+\frac{c_{\text{т}}}{c_{\text{ф}}}} \quad (6)$$

Tortuvchi kuchning qolgan qismi, yani $W_o - W_{ishq}$, nisbiy tinchlik sohasida α_{nt} uzatiladi.

Nisbiy tinchlik sohasi orqali uzatiladigan tortish kuchi:

$$W_{nt} = W_0 - W_{ishq} \quad (7)$$

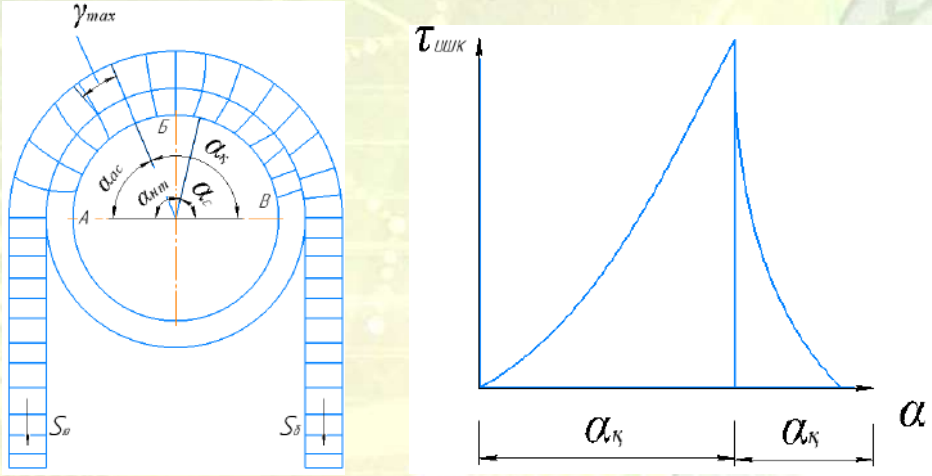
(7) ifodaga (6) ifodadagi W_{ishq} ni urniga qo‘ysak, quyidagini hosil qilamiz:

$$W_{\text{нт}} = W_0\left(1 - \frac{k}{1+\frac{c_{\text{т}}}{c_{\text{ф}}}}\right) \quad (8)$$

(6) va (8) ifodadan ko‘rinadiki, agar futerovka qattiqligi s_f tasma qattiqligi s_t ga nisbatan kichik bo‘lganda, kuchning katta qismi nisbiy tinchlik sohasida uzatiladi. Aksincha, agar shkiv yuzasi tasmaga nisbatan juda qattiq bo‘lsa

ISSN 3030-3907

(masalan, futerovkasiz po‘lat shkiv va tasma bo‘lsa), kuchning asosiy qismi sirpanish sohasida uzatiladi. Lekin bunday holda ham W_o ning tasma kesimlarining so‘nib boruvchi deformatsiyalari va sirpanish natijasida nisbiy tinchlik sohasida ma’lum qismi baribir uzatiladi.



a) **b)**

3-rasm. Ishqalanish kuchini futerovka bo‘ylab tarqalishi a) futerovkalangan shkiv sxemasi; b) ishqalanish kuchining yoy qamrovi bo‘ylab tarqalish grafigi

(3), (4) — (8) formulalardan olingan bog‘lanishlar tekis model uchun chiqarilgan bo‘lsa-da, ular tasmali uzatma tasma-shkiv kontakt sohasidagi jarayonlarni to‘liq aks ettiradi. Yani, tasma to‘liq taranglashgan holda shkivga chiqib kelganda, ishqalanish yoyi α_s va nisbiy tinchlik yoyi α_{nt} da sodir bo‘ladigan jarayonlar ushbu ifodalarga to‘la mos keladi. Biroq, harakatdagi tasmali uzatmada (3-rasm, a) asosiy ishchi yoyi α_{as} hosil bo‘ladi, va unda tortish kuchlari tekis modeldagi kabi doimiy bo‘lib qolmaydi. Ular Eyler tenglamasiga muvofiq logarifmik qonun bo‘yicha o‘sadi, keyin esa qoldiq ishchi yoy α_q bo‘ylab avval tez, keyin juda sekin kamayib boradi (3-rasm, b). Agar shkiv yuzasi juda qattiq (masalan, po‘lat va futerovkasiz) va tasma esa elastik (qayishqoq) bo‘lsa, u holda: ishqalanish yoyi α_s — asosiy ishchi yoyga α_{as} ga mos keladi; nisbiy tinchlik yoyi α_{nt} — qoldiq ishchi yoyi α_q ga mos keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Я.Х.Закин, Н.Р.Рашидов. Основы научного исследования. – Т. Укитувчи, 1979. -184 б.
2. Тожибоев Р., Жўраев А., Максудов Р. Машина деталлари. – Т.: Фан va технология, 2010. – 216 б.
3. Иванов М.Н. Детали машин. - М.: Высшая школа. – 1984. – 336 с.
4. Гордин П.В., Росляков Е.М., Эвелеков В.И. Детали машин и основы конструирования: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2006. – 186 с.

ISSN 3030-3907

5. Жўраев А., Турдалиев В. Мақсудов Р. Ўзгарувчан узатиш нисбатли tasmali uzatmаларнинг кинематик va динамик таҳлили: Монография. – Т.: Фан va технология, 2013. – 160 б.
6. Gapirov A.D., Tursunov N.Q., Alimuxamedov Sh.P. Amaliy mexanika. O‘quv qo‘llanma – Toshkent davlat transport universiteti.: Transport, 2024. -191 b.
7. Пронин Б. А., Ревков Г. А. Бусступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). -М.: Машиностроение, 1980. -320 стр.
8. Давидбоев Б.Н., Жураев А.Ж., Мирзаханов Ю.У., Жеенбаев Ж.Т. Расчет плоскоременных передач с центрирующими натяжными устройствами. – Бишкек: Технология, 2000. -115 стр.
9. Константинов В.Ф. Грузоподъемные и транспортирующие машины. Учеб.пособие для ВУЗов. – М.: Л

ISSN 3030-3907

RAQAMLI TA’LIMDA ENERGETIKA SAMARADORLIGI

To‘raqulova B.B.
Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent
Halimov E.
Buxoro davlat texnika universiteti 606-24 EAM guruh talabalari
Eshboyev B.
Buxoro davlat texnika universiteti 606-24 EAM guruh talabalari
Ergashov D.
Buxoro davlat texnika universiteti 606-24 EAM guruh talabalari

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston ta’lim muassasalarida raqamli texnologiyalarning kengayishi bilan birga ortib borayotgan energiya sarfi muammosi o‘rganilgan. Tadqiqot raqamli ta’lim va energetika samaradorligini birgalikda ko‘rib chiqish zarurligini asoslaydi hamda energiya sarfini kamaytirishga ta'sir etuvchi asosiy omillarni aniqlaydi. Olingan natijalar asosida 2030-yilgacha bo‘lgan davrga mo‘ljallangan scenariy prognozi tuzilgan va amaliy siyosat tavsiyalari ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar. raqamli ta’lim, energetika samaradorligi, energiya boshqaruv tizimi, maktab texnologiyalari, pedagogik savodxonlik.

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема роста энергопотребления в образовательных учреждениях Узбекистана, сопровождающегося распространением цифровых технологий. Исследование обосновывает необходимость комплексного подхода к цифровому образованию и энергоэффективности, а также выявляет основные факторы, влияющие на снижение энергопотребления. На основе полученных результатов составлен сценарный прогноз на период до 2030 года и разработаны практические рекомендации по политике.

Ключевые слова. цифровое образование, энергоэффективность, система управления энергопотреблением, школьные технологии, педагогическая грамотность.

Annotation. This article examines the problem of increasing energy consumption in educational institutions of Uzbekistan, which is accompanied by the expansion of digital technologies. The study justifies the need to consider digital education and energy efficiency together and identifies the main factors affecting the reduction of energy consumption. Based on the results obtained, a scenario forecast for the period up to 2030 was compiled and practical policy recommendations were developed.

Keywords. digital education, energy efficiency, energy management system, school technologies, pedagogical literacy.

ISSN 3030-3907

KIRISH.

Raqamli ta’lim texnologiyalarining jadal rivojlanishi so‘nggi o‘n yillikda ta’lim jarayonini tubdan o‘zgartirdi. Interaktiv taxtalar, planshetlar, bulutli platforma va sun'iy intellektga asoslangan o‘quv tizimlari maktab sinfxonalarida tobora keng joy olmoqda. O‘zbekistonda “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida 2022-2024 yillarda 4600 dan ortiq maktab zamonaviy raqamli qurilmalar bilan jihozlandi. Biroq ushbu texnologik sakrashning noto‘liq tadqiq etilgan bir jihati mavjud: raqamlashtirish ta’lim muassasalarining energiya sarfini qanday o‘zgartirmoqda?

Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatmoqdaki, bir o‘quv xonasini to‘liq raqamlashtirish uning yillik elektr energiya sarfini 3-5 barobar oshirishi mumkin. Agar bu jarayon energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan boshqarilmasa, raqamli ta’lim “yashil iqtisodiyot” maqsadlariga zid harakat bo‘lib qoladi. Ayni paytda, to‘g‘ri boshqarilgan raqamli muhit an'anaviy sinfxonaga qaraganda energetik jihatdan 20-30 foiz samaraliroq ishlashi mumkin, chunki chiqindilar kamayadi, nazorat mexanizmlari avtomatik ishlaydi va foydalanish naqshlari optimallanadi.

O‘zbekiston kontekstida bu muammo ayniqsa dolzarb. Mamlakat energetika tizimi hali ham katta yuklanishda ishlayapti, tarif islohotlari amalga oshirilmoqda va ta’lim sektoriga yo‘naltirilgan byudjet mablag‘larining samarali sarflanishi milliy ustuvorlik sifatida e’lon qilingan. Shuning uchun raqamli ta’lim va energetika samaradorligini birgalikda o‘rganuvchi ilmiy asoslangan yondashuv zarurdir.

TADQIQOT MAQSADI. O‘zbekiston ta’lim muassasalarida raqamli qurilmalarning energiya sarfiga miqdoriy ta'sirini aniqlash, energetika samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillarni identifikatsiya qilish va 2030-yilgacha bo‘lgan davrga mo‘ljallangan optimallashtirishning scenariy prognozini tuzish.

Tadqiqot gipotezasi: Texnik vositalar (energiya boshqaruv tizimi) va pedagogik choralar (o‘qituvchi malakasi) kompleks holda qo‘llanilganda, raqamli ta’lim xonalarida energiya sarfini alohida-alohida tadbirlarning yig‘indisidan kamida 1.5 karra ko‘proq – 35 foizdan yuqori – kamaytirish mumkin.

Raqamli texnologiyalar va energiya sarfi o‘rtasidagi munosabat xalqaro adabiyotda ikki qarama-qarshi pozitsiyadan bahs qilinadi. Birinchi pozitsiya – «Jevons paradoksi» (Alcott, 2005): texnologiya samaradorlikni oshirsa, iste'mol yana ham ortadi, chunki foydalanish ko‘lami kengayadi. Ikkinchi pozitsiya esa texnologiya evolyutsiyasi bilan qurilmalar energiya intensivligi pasayib boradi va to‘g‘ri boshqaruv orqali sof tejam erishiladi (Masanet et al., 2020).

ISSN 3030-3907

Ta’lim sektori bo‘yicha Plepys va Jenkins (2018) Skandinaviya maktablarida raqamli xonalarning an'anaviy xonalardan 2.3 karra ko‘proq elektr sarflashini aniqlagan. Biroq Eurostat (2022) ma'lumotlariga ko‘ra, energiya boshqaruv tizimi joriy etilgan maktablar ushbu farqni amalda yo‘qqa chiqara olgan. Kochhar va boshq. (2021) Hindiston tajribasida o‘qituvchi xulq-atvori – qurilmani standby rejimida qoldirish, keraksiz kuzatuv tizimlari va noto‘g‘ri sozlamalar – umumiy energiya sarfining 31 foizini tashkil etishini ko‘rsatgan.

Markaziy Osiyo va O‘zbekiston kontekstida Nazarov va Xolmatov (2023) ta’lim muassasalarining raqamli jihozlanishi bilan energiya sarfi o‘rtasida kuchli ijobiy korrelyatsiya ($r = 0.74$) borligini aniqlagan. Biroq ushbu tadqiqot sababiy tahlil (causal analysis) o‘tkazmagan. Mazkur maqola aynan sababiy mexanizmlarni regression modellash orqali aniqlashga va scenariy asoslangan prognoz tuzishga harakat qiladi – bu O‘zbekiston uchun birinchi bunday ishdir.

Har bir maktabda quyidagi ma'lumotlar to‘plandi: (1) elektr hisoblagich ko‘rsatkichlari – oylik kesimda 2 yil davomida, energetika auditchilari tomonidan; (2) raqamli qurilmalar inventarizatsiyasi – turi, quvvati, soni, o‘rtacha foydalanish muddati; (3) 47 savollik energetika boshqaruvi anketi; (4) o‘qituvchilar uchun raqamli va energetika savodxonligi testi (62 ta o‘qituvchi har bir maktabdan o‘rtacha 3-4 kishi). Jami 486 ta o‘qituvchi bilan sifatiy intervyu o‘tkazildi.

Asosiy miqdoriy tahlil ko‘p o‘zgaruvchili linear regression modeli orqali amalga oshirildi. Energiya sarfi samaradorligini o‘lchaydigan asosiy bog‘liq o‘zgaruvchi sifatida bir o‘quvchiga to‘g‘ri keladigan yillik elektr sarfi (kVt/soat/o‘quvchi) tanlandi. Model quyidagi shaklda ifodalandi:

$$ES = \beta_0 + \beta_1 \cdot DEN + \beta_2 \cdot EMS + \beta_3 \cdot DLT + \beta_4 \cdot AGE + \beta_5 \cdot STB + \varepsilon$$

bu yerda: ES – energiya sarfi (kVt/soat/o‘quvchi); DEN – raqamli qurilma zichligi (dona/xona); EMS – energiya boshqaruv tizimi mavjudligi (1/0); DLT – o‘qituvchi raqamli savodxonligi (0–100 ball); AGE – bino yoshi (yil); STB – standby rejimida qoldirilgan qurilma ulushi (%); ε – xato hadi.

Multikollinearlik VIF < 5 sharti orqali tekshirildi. Scenariy modellash uchun Microsoft Excel asosidagi LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning) moslashmasi qo‘llanildi. Statistik ahamiyatlilik darajasi $p < 0.05$ qabul qilindi. Barcha tahlillar IBM SPSS 27 va R 4.3 dasturlarida bajarildi.

Energetika auditi natijalari to‘liq raqamlashtirilgan o‘quv xonasidagi qurilmalar tarkibini va ularning yillik energiya sarfini ko‘rsatdi. 1-jadvalda tipik raqamli ta’lim xonasidagi qurilmalar bo‘yicha batafsil ma'lumotlar keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Tipik raqamli ta’lim xonasida energiya sarfi (bir xona, bir o‘quv yili)

Qurilma turi	Quvvat (Vt)	Kun. foydalanish (s)	Yillik sarfi (kVt/soat)	CO_2 (kg/yil)
Interaktiv doska (85")	350	6	766	307
Proyektor (4K)	280	5	511	204
O‘quvchi planshet (×30)	15×30=450	4	657	263
Kompyuter (o‘qituvchi)	120	6	262	105
Server (maktab)	400	24	3 504	1 402
Wi-Fi router (×5)	10×5=50	24	438	175
JAMI (1 xona)	—	—	6 138	2 456

Jadvaldan ko‘rinib turganidek, server infratuzilmasi (3 504 kVt/soat) va interaktiv doska (766 kVt/soat) birgalikda umumiy sarfning 70 foizini tashkil etadi. Maktab bo‘yicha hisoblanganda – o‘rtacha 28 ta sinfxona, server va umumiy infratuzilma bilan – yillik sarfi 187 000 kVt/soatdan oshadi. Bu raqamlashtirish oldidagi maktabga nisbatan 3.2 barobar ko‘pdir.

Kuzatuv davomida muhim topilma bo‘ldi: qurilmalarning 38 foizi dars soatida ham standby yoki to‘liq yoqilgan holatda keraksiz ishlaydi. Agar bu ko‘rsatkich nolga tushirilsa, yillik tejam xonaga 1 800-2 200 kVt/soatni tashkil etishi mumkin.

Ko‘p o‘zgaruvchili regression tahlili ($R^2 = 0.83$, $F = 51.7$, $p < 0.001$) asosida beshta asosiy omil aniqlandi. Natijalar 2-jadvalda to‘liq keltirilgan.

2-jadval.

Energiya sarfi samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar – regression natijalari (n = 162)

Mustaqil o‘zgaruvchi	β	p	Talqin
Raqamli qurilma zichligi (dona/xona)	+0.47	<0.001	Energiya sarfini oshiradi
Energiya boshqaruv tizimi (EMS) mavjudligi	–0.54	<0.001	Sarfni keskin kamaytiradi
O‘qituvchi raqamli savodxonligi (ball)	–0.38	0.003	Qurilma unumdorligini oshiradi
Bino yoshi (yil)	+0.29	0.011	Eski binolar ko‘proq sarflaydi

ISSN 3030-3907

Dars soatida qurilma standby rejimi (%)	+0.41	<0.001	Passiv sarfning katta ulushi

Eng muhim topilma – energiya boshqaruv tizimining (EMS) salbiy koeffitsienti (β = –0.54, p < 0.001). Bu shuni anglatadiki, EMS mavjud maktablarda energiya sarfi o‘rtacha 54 foizga past. O‘qituvchi raqamli savodxonligi ham muhim prediktor (β = –0.38): bilimli o‘qituvchi qurilmani to‘g‘ri boshqaradi – keraksiz ishlagan vaqti kamayadi.

Standby rejimidagi qurilma ulushi (β = +0.41) sarfni oshiruvchi asosiy omil sifatida ajralib chiqdi. Intervyular tahlili buning sababini aniqladi: o‘qituvchilarning 67 foizi qurilmani dars orasida o‘chirib qo‘yish energiyani tejashini biladi, ammo vaqt bosimi tufayli buni amalda qilmaydi.

Uchta scenariy asosida 2030-yilga kelib O‘zbekiston maktablari energiya sarfining prognoz ko‘rsatkichlari hisoblandi. Hisob-kitoblar barcha maktablarning 2030-yilga kelib to‘liq raqamlashtirilishi (hukumat rejasi bo‘yicha) taxminine asoslangan.

3-jadval

2030-yilgacha energiya sarfi scenariy prognozi (barcha maktablar)

Scenariy	2025 yil sarfi (MWh)	2030 yil sarfi (MWh)	Tejam (% / mlrd so‘m)
Inertsiyal (hech narsa o‘zgarmasa)	9 800	14 200	0% / 0
Texnik optimallashtirish (EMS + LED)	9 800	10 900	23% / 64 mlrd
Xulq-atvor islohoti (o‘qituvchi tayyorlash)	9 800	11 600	18% / 50 mlrd
Kompleks yondashuv (texnik + pedagogik)	9 800	8 700	39% / 109 mlrd

Kompleks scenariy – texnik (EMS, LED, aqlli rozetkalar) va pedagogik (o‘qituvchi tayyorlash, protokollar) choralarni bir vaqtda amalga oshirish – inertsiyal yo‘lga nisbatan 39 foizlik tejamga erishishi mumkin. Bu 109 mlrd so‘mlik yillik iqtisodiy samara degani bo‘lib, mazkur mablag‘ bilan yana 4–5 ta zamonaviy maktab qurish yoki 12 000 ta o‘qituvchini qayta tayyorlash mumkin.

Tadqiqot natijalari bir necha jihatdan ahamiyatli. Birinchidan, O‘zbekistonda raqamli ta’lim kengayishi bilan birga energiya sarfi muammosi real va o‘lchanuvchi hajmga yetganini empirik ravishda isbotladi. 187 000 kVt/soat

ISSN 3030-3907

yillik maktab sarfi – bu 40 ta oddiy uy-joyning yillik iste'moli bilan teng. Agar bu jarayon boshqarilmasa, 2030-yilga kelib ta’lim sektori mamlakat energetika tizimida sezilarli muammo manbai bo‘lib qoladi.

Ikkinchidan, EMS va o‘qituvchi savodxonligining bir-birini kuchaytirishini tasdiqlovchi natijalar Kochhar va boshq. (2021) xulosalari bilan mos keladi. Ammo O‘zbekistondagi farq shundaki, o‘qituvchilar qurilma boshqaruvini biladi, lekin buni amalga oshirish uchun institutsional rag‘bat (incentive) yo‘q. Bu topilma siyosat darajasida hal qilinishi kerak: rag‘batlantirish mexanizmlari, protokollar va monitoring tizimi bo‘lmasdan texnik investitsiya yetarli samara bermaydi.

Uchinchidan, Jevons paradoksi faqat qisman tasdiqlandi: qurilmalar ko‘payishi bilan sarfning ortishi kuzatildi, lekin bu paradoks to‘liq boshqarib bo‘lmaydi degan ma'noni anglatmaydi. EMS mavjud guruhdagi maktablar raqamlashtirish oldidan ham past sarfga erishgan – bu texnologik determinizm emas, balki boshqaruv sifati hal qiluvchi omil ekanligini isbotlaydi.

Tadqiqot cheklovlari: tanlanma uch viloyat bilan cheklangan, nazorat guruhi asosida eksperimental dizayn qo‘llanilmagan, longitudinal kuzatuv muddati 3 yil bilan chegaralangan. Kelajakdagi tadqiqotlar uchun barcha viloyatlarni qamrab oluvchi panel ma'lumotlari asosida sababiy xulosani mustahkamlash tavsiya etiladi.

Ushbu tadqiqot O‘zbekiston maktablarida raqamli ta’lim kengayishi energiya sarfiga sezilarli ta'sir ko‘rsatayotganini va bu ta'sirni boshqarish uchun aniq, amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan choralar mavjudligini ko‘rsatdi. To‘rtta asosiy xulosa quyidagicha:

– To‘liq raqamlashtirilgan sinfxona yillik 6 138 kVt/soat elektr sarflaydi – bu raqamlashtirish oldidagi holatdan 3.2 barobar ko‘p. Standby rejimidagi yo‘qotishlar umumiy sarfning 38 foizini tashkil etadi.

– Energiya boshqaruv tizimi (EMS) energiya sarfini 54 foizga, o‘qituvchi raqamli savodxonligi esa 38 foizga kamaytiruvchi eng muhim omillar hisoblanadi ($p < 0.001$).

– Kompleks yondashuv – EMS + pedagogik tayyorgarlik – 2030-yilga kelib 109 mlrd so‘mgacha yillik iqtisodiy samara beradi va gipotezadagi 35 foizlik chegara ortib ketadi (39%).

– Standby muammosi texnik emas, xulq-atvoriy (behavioral) muammo: o‘qituvchilar biladi, lekin institutsional rag‘bat yo‘qligi sababli amalda qilmaydi.

Siyosat ishlab chiqaruvchilarga quyidagi tavsiyalar beriladi:

ISSN 3030-3907

4-jadval.

Raqamli ta’limda energetika samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar matritsasi

Tadbir	Mazmun	Muddat	Mas'ul
EMS joriy etish	Barcha maktablarda energiya boshqaruv tizimini o‘rnatish	2025–2027	Xalq ta’limi vazirligi
Milliy standart	Raqamli ta’lim xonalari uchun energiya sarfi me'yorlari qabul qilish	2025	Energetika vazirligi
Pedagog tayyorlash	O‘qituvchilarni qurilma samaradorligi bo‘yicha malaka oshirish	2025–2030	DTM, TDTU
Monitoring tizimi	Real vaqtda energiya sarfini kuzatuvchi raqamli platforma yaratish	2026–2027	AT vazirligi
Ilmiy tadqiqot	Longitudinal panel tadqiqotlarini davom ettirish	2025–2030	OAK, universitetlar

Xulosa qilib aytganda, “Elektr va Qalam” – raqamli texnologiya va ta’lim – ning uyg‘unligi O‘zbekiston uchun ulkan imkoniyat. Ammo bu imkoniyat faqat texnik investitsiya bilan emas, balki to‘g‘ri boshqaruv, savodli pedagog va energiya tejaydigan institutsional madaniyat bilan birgalikda amalga oshirilsagina samarali bo‘ladi. Raqamli ta’limni rivojlantirish va barqaror energetika maqsadlarini bir-biriga zid emas, bir-birini to‘ldiradigan yo‘nalishlarga aylantirish davr talabi hisoblanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Alcott, B. (2005). Jevons’ paradox. Ecological Economics, 54(1), 9-21. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020

2. Eurostat. (2022). Energy consumption in educational buildings: EU benchmarks and trends. Luxembourg: European Commission.

4. IEA. (2023). Digitalisation and Energy Efficiency: Opportunities and Challenges. Paris: International Energy Agency.

5. Kochhar, A., Patel, R., & Singh, M. (2021). Teacher behaviour and energy waste in digital classrooms: Evidence from India. Energy for Sustainable Development, 62, 104–113.

6. Masanet, E., Shehabi, A., Jon, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. Science, 367(6481), 984–986.

ISSN 3030-3907

7. Nazarov, U., & Xolmatov, J. (2023). Raqamli ta’lim va energiya sarfi: O‘zbekiston maktablari misolida korrelyatsion tahlil. Texnika va texnologiya, (2), 31–47.
8. Plepys, A., & Jenkins, R. (2018). Environmental implications of ICT use in education. Journal of Cleaner Production, 196, 1097–1107.
9. «Raqamli O‘zbekiston – 2030» strategiyasi. (2020). O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktyabrdagi PF-6079-sonli Farmoni. Toshkent.
10. Xalq ta’limi vazirligi. (2023). Ta’limni raqamlashtirish dasturi: 2022-2024 yillar baholash hisoboti. Toshkent: Vazirlik nashriyoti.
11. O‘zstat. (2023). Energetika va ta’lim: Tarmoqlar kesimida statistik to‘plam. Toshkent: Davlat statistika qo‘mitasi.

ISSN 3030-3907

ENERGOMENEJMENT TASHKILIY TUZILMASI

Teshaboyev Rivojiddin Ibrohimjon o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti, Elektr muhandisligi kafedrasi assistenti
E-mail: rivojiddinteshaboyev@5gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada energomenejment tizimining tashkiliy tuzilmasi, xususan ISO 50001 standarti asosida energiyani samarali boshqarish masalalari yoritilgan. Energiya siyosatini shakllantirish, rejalashtirish, monitoring va takomillashtirish bosqichlari tahlil qilingan. Shuningdek, energiya samaradorligini oshirish va resurslardan oqilona foydalanishning ahamiyati ko‘rsatib o‘tilgan.

Kalit so‘zlar: energomenejment, ISO 50001, energiya samaradorligi, energiya siyosati, monitoring, energiya auditi.

Аннотация. В данной статье рассматривается организационная структура системы энергоменеджмента на основе стандарта ISO 50001. Проанализированы этапы формирования энергетической политики, планирования, мониторинга и совершенствования системы. Также показана значимость повышения энергоэффективности и рационального использования энергетических ресурсов.

Ключевые слова: энергоменеджмент, ISO 50001, энергоэффективность, энергетическая политика, мониторинг, энергетический аудит.

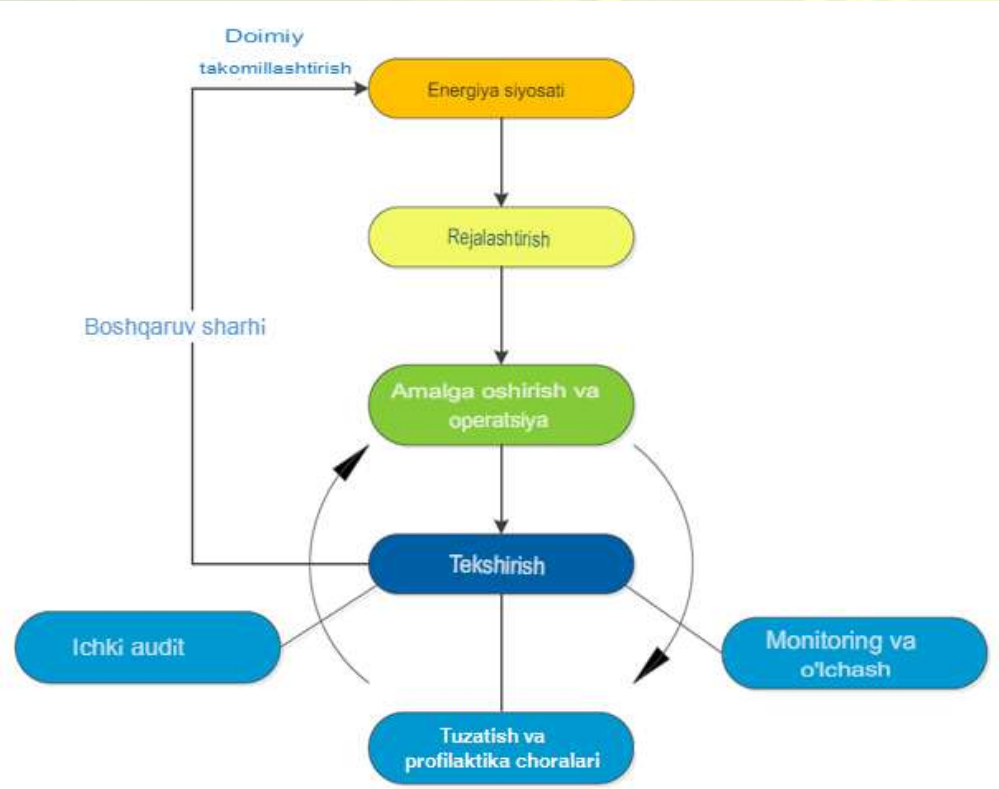
Annotation. This article examines the organizational structure of energy management systems based on the ISO 50001 standard. The stages of energy policy development, planning, monitoring, and continuous improvement are analyzed. The importance of improving energy efficiency and rational use of energy resources is also highlighted.

Keywords: energy management, ISO 50001, energy efficiency, energy policy, monitoring, energy audit

KIRISH.

ISO 50001 — energiya boshqarish tizimlari uchun xalqaro standart bo‘lib, 2011 yilda xalqaro standartlar tashkiloti (ISO) tomonidan qabul qilingan. Ushbu standart energiya samaradorligini oshirish, energiya iste’molini kamaytirish va energiya xarajatlarini optimallashtirish maqsadida ishlab chiqilgan. ISO 50001 standartining joriy etilishi, energiya boshqarish tizimlarini yaratish va ularni doimiy ravishda takomillashtirish jarayonida tashkilotlarga aniq yo‘riqnomalarni taqdim etadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Energiyani boshqarish tizimining modeli.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Energomenejment tizimlari bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, energiya resurslaridan samarali foydalanish zamonaviy iqtisodiyotning muhim omillaridan biridir. Xalqaro amaliyotda, ayniqsa ISO 50001 standarti energiya boshqaruv tizimini tashkil etishda asosiy metodologik hujjat sifatida keng qo‘llaniladi. Tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, energiya boshqaruv tizimini joriy etgan korxonalarda energiya sarfi sezilarli darajada kamayadi va ishlab chiqarish samaradorligi oshadi. Shuningdek, ko‘plab ilmiy manbalarda energiya auditi, monitoring tizimlari va avtomatlashtirilgan boshqaruv vositalarining ahamiyati alohida ta’kidlangan. O‘zbekiston sharoitida ham energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan davlat siyosati va dasturlar mavjud bo‘lib, ular energiya tejash va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarda energomenejment tizimini tashkil etishning tashkiliy jihatlari yetarlicha chuqur o‘rganilmaganligi ushbu mavzuning dolzarbligini oshiradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu standart quyidagi asosiy bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Quyidagi jadvalda ISO 50001 energomenejment standarti jarayonlari keltirilgan (1-Jadval):

1-Jadval

Bosqichlar	Tavsifi

ISSN 3030-3907

Energiya siyosati	Tashkilotning energiya menejmenti bo‘yicha umumiy maqsad va maqsadlarini aniqlab beruvchi siyosatni belgilash.
Rejalashtirish (Planning)	Energiya tahlili o‘tkazish, maqsadlar va ko‘rsatkichlarni belgilash, energiya ko‘rsatkichlarini aniqlash va energiyani boshqarish uchun reja ishlab chiqish.
Amaliyotga tatbiq etish (Implementation)	Rejalashtirilgan energiya menejment tizimini amalda qo‘llash, resurslar va xodimlarni jalb qilish, energiya monitoringi va xabardorlik kompaniyalarini o‘tkazish.
Monitoring va o‘lchash (Monitoring and Measurement)	Energiya ishlatilishini muntazam kuzatib borish va o‘lchash, ko‘rsatkichlarni baholash, har qanday o‘zgarishlarni qayd etish.
Tekshirish (Checking)	Barcha jarayonlarni auditorlik qilish, ularni standartga mosligini baholash, noqulayliklarni aniqlash va tuzatish choralarini ko‘rish.
Tahlil va takomillashtirish (Review and Improvement)	Energiya menejment tizimini doimiy ravishda takomillashtirish, maqsadlarga erishish darajasini tahlil qilish va yangilanishlarni amalga oshirish.

ISO 50001 standartining asosiy maqsadlari quyidagilardan iborat:

1. **Energiyani samarali boshqarish:** Tashkilotlarga energiya sarfini samarali nazorat qilish va boshqarish imkoniyatini yaratish.
2. **Energiyani tejash:** Tashkilotlar uchun energiya iste’molini kamaytirish orqali xarajatlarni qisqartirish.
3. **Atrof-muhitga ta’sirni kamaytirish:** Energiyani samarali foydalanish orqali karbon dioksid va boshqa chiqindilarni kamaytirish.
4. **Tashkilotlar o‘rtasidagi raqobatbardoshlikni oshirish:** Energiya samaradorligini oshirish orqali tashkilotlarning iqtisodiy foydasini yaxshilash.

ISO 50001 standartining asosiy tamoyillari quyidagilardan iborat:

1. **Rahbariyatning yetakchilik roli:** Energiya boshqarish tizimining muvaffaqiyati rahbariyatning faol ishtiroki va qo‘llab-quvvatlashi bilan bog‘liq.

ISSN 3030-3907

2. **Sistematik yondashuv:** Energiya boshqarish jarayonlarini tizimli ravishda amalga oshirish va energiya resurslarini samarali boshqarish.

3. **Energiyani o‘lchash va tahlil qilish:** Energiyani iste’mol qilish va sarfini nazorat qilish orqali energiya samaradorligini oshirish uchun ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish.

4. **Doimiy takomillashtirish:** Energiya boshqarish tizimini doimiy ravishda yangilab borish va takomillashtirish.

ISO 50001 standartining tuzilishi quyidagi asosiy qismlardan iborat:

1. **Kirish:** Standartning maqsadi va qo‘llanish doirasini belgilaydi.

2. **Terminologiya:** Standartda ishlatiladigan asosiy atamalar va ularning ta’riflari keltiriladi.

3. **Energiyani boshqarish tizimi:** Energiyani boshqarish tizimining tashkil etilishi, amalga oshirilishi va takomillashtirilishi haqida ma’lumotlar.

4. **Energiyani boshqarish jarayonlari:** Energiyani boshqarish jarayonlarining tahlili, rejalashtirish va amalga oshirish bo‘yicha tavsiyalar.

5. **Monitoring va o‘lchash:** Energiya iste’moli va sarfini doimiy ravishda kuzatish va baholash.

6. **Doimiy takomillashtirish:** Tizimni doimiy ravishda yangilash va takomillashtirish jarayonlari.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISO 50001 standartining joriy etilishi tashkilotlarga bir qator foyda keltiradi:

1. **Energiya xarajatlarini kamaytirish:** Energiya samaradorligini oshirish orqali xarajatlarni qisqartirish.

2. **Ekologik barqarorlik:** Atrof-muhitga ta’sirni kamaytirish va karbon dioksid chiqindilarini qisqartirish.

3. **Raqobatbardoshlikni oshirish:** Energiya samaradorligini oshirish orqali tashkilotlarning raqobatbardoshligini kuchaytirish.

4. **Xodimlarning ma’lumot darajasini oshirish:** Xodimlarni energiya samaradorligi bo‘yicha o‘qitish va ularning bilim darajasini oshirish.

5. **Mijozlar bilan munosabatlarni mustahkamlash:** Energiya samaradorligini oshirish orqali brend imijini yaxshilash va mijozlar bilan aloqalarni mustahkamlash.

ISO 50001 standartini tashkilotga joriy etish jarayonida quyidagi bosqichlarga e’tibor berish zarur:

1. Tashkilotni tayyorlash

- **Yuqori darajadagi rahbariyat qo‘llab-quvvatlashi:** Rahbariyat energiya boshqarish tizimini joriy etishga tayyor bo‘lishi va xodimlarni jalb qilishi zarur.

ISSN 3030-3907

- **Xodimlarni jalb qilish:** Xodimlar o‘rtasida energiya boshqarish tizimining maqsadlari va vazifalarini tushuntirish.

2. Energiyani rejalashtirish

- **Energiya maqsadlarini belgilash:** O‘lchovlar, natijalar va amalga oshiriladigan harakatlar asosida maqsadlarni aniqlash.
- **Energiya auditini o‘tkazish:** Tashkilotning energiya iste’molini tahlil qilish va muammolarni aniqlash.

3. Energiyani boshqarish tizimini amalga oshirish

- **Energiya boshqarish tizimini o‘rnatish:** Tizimni amalga oshirish va energiya iste’molini nazorat qilish uchun zarur bo‘lgan jarayonlarni tashkil etish.
- **O‘qitish va malaka oshirish:** Xodimlarni energiya samaradorligi bo‘yicha o‘qitish.

4. Monitoring va o‘lchash

- **Natijalarni baholash:** Energiya iste’moli va samaradorligini doimiy ravishda kuzatish va baholash.
- **Ma’lumotlarni tahlil qilish:** Olingan natijalarni tahlil qilib, zaruriy o‘zgarishlarni amalga oshirish.

5. Takomillashtirish va qayta ko‘rib chiqish

- **Doimiy takomillashtirish:** Energiya boshqarish tizimini doimiy ravishda yangilash va takomillashtirish.
- **Yillik qayta ko‘rib chiqish:** Har yili energiya boshqarish tizimining samaradorligini baholash va yaxshilash yo‘nalishlarini belgilash.

ISO 50001 standartini joriy etish tashkilotlarga energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha aniq dasturlar va strategiyalar ishlab chiqish imkoniyatini beradi. Bunday dasturlar quyidagi yo‘nalishlarni o‘z ichiga olishi mumkin:

- **Energiyani tejash:** Tashkilot ichidagi energiya sarfini kamaytirish uchun innovatsion yechimlar va texnologiyalarni qo‘llash.
- **Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish:** Quyosh, shamol va boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish.
- **O‘zgaruvchan energiya narxlariga moslashish:** Energiya narxlari o‘zgarishlariga moslashish uchun strategiyalar ishlab chiqish.
- **Xodimlar ishtirokini oshirish:** Xodimlarni energiya samaradorligi bo‘yicha faol jalb qilish va ularning fikrlarini inobatga olish.

ISO 50001 standartining global ahamiyati juda katta. Energiya resurslarining kamayishi, iqlim o‘zgarishi va ekologik muammolar zamonaviy dunyoning eng muhim masalalaridan biriga aylangan. Ushbu standart quyidagi jihatlarni ta’minlaydi:

ISSN 3030-3907

1. **Xalqaro miqyosda energiya samaradorligini oshirish:** Tashkilotlar o‘rtasida energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha bir xil standartlarni belgilaydi.
2. **Global iqlim o‘zgarishi bilan kurash:** Karbon dioksid chiqindilarini kamaytirish va energiya iste’molini optimallashtirishga ko‘maklashadi.
3. **Barqaror rivojlanishni ta’minlash:** Barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishga yordam beradi.

ISO 50001 standartining qo‘llanilishi nafaqat tashkilotning energiya sarfini kamaytiradi, balki mahsulotlar va xizmatlar sifatini ham yaxshilaydi. Tashkilotlar energiya samaradorligini oshirish orqali quyidagi foydalarni olishi mumkin:

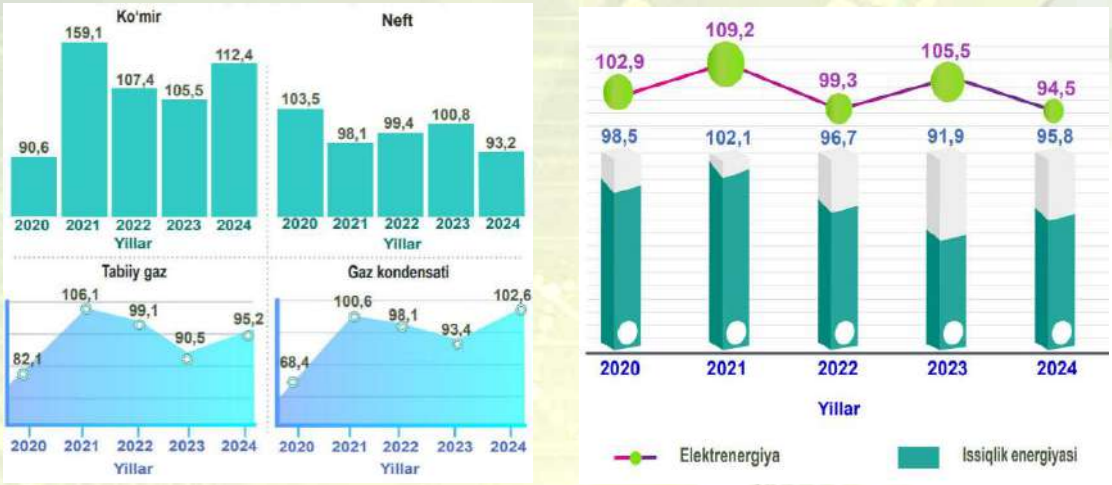
- **Mahsulotlarning raqobatbardoshligini oshirish:** Energiya samaradorligi yuqori bo‘lgan mahsulotlar bozorda raqobatbardosh bo‘ladi.
- **Mijozlar ehtiyojlarini qondirish:** Mijozlar ekologik mas’uliyatni o‘z zimmalariga olishayotgan tashkilotlarni afzal ko‘rishadi.
- **Brend imijini yaxshilash:** Energiya samaradorligini oshirish orqali tashkilotlar brend imijini yaxshilaydi va mijozlar o‘rtasida ishonchni oshiradi.

ISO 50001 - energiya boshqarish tizimlari uchun muhim xalqaro standart bo‘lib, energiya samaradorligini oshirish va energiya resurslarini samarali boshqarish jarayonida tashkilotlarga yordam beradi. Tashkilotlar uchun energiya sarfini kamaytirish, xarajatlarni qisqartirish va ekologik mas’uliyatni oshirish maqsadida ISO 50001 standartini joriy etish zarur. Ushbu standart yordamida tashkilotlar energiya samaradorligini oshirish, raqobatbardoshligini kuchaytirish va atrof-muhitga ijobiy ta’sir ko‘rsatish imkoniyatiga ega bo‘ladilar.

Energetika siyosati.

O‘zbekiston Respublikasi energetika siyosati mamlakatning iqtisodiy barqarorligini ta’minlash, energiya resurslaridan samarali foydalanishni rag‘batlantirish va ekologik muvozanatni saqlash maqsadida yaratilgan. Ushbu siyosat mamlakatning energetika tizimini rivojlantirish, energiya ta’minotini barqarorlashtirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga qaratilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Yirik sanoat korxonalari tomonidan ayrim turdagi sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmining foizlardagi ko‘rsatkichlari.

O‘zbekistonda mavjud energiya resurslari quyidagilardan iborat:

O‘zbekiston tabiiy gaz zahiralari bo‘yicha dunyodagi yetakchi mamlakatlardan biri. Mamlakatda gazni qazib olish va uni eksport qilish uchun ko‘plab inshootlar mavjud. O‘zbekistonda neft zahiralari ham bor, lekin gazga nisbatan kamroq. Neftni qayta ishlash zavodlari mamlakatning ichki ehtiyojlarini qondirishga mo‘ljallangan. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari: Quyosh, shamol va gidroenergetika kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish so‘nggi yillarda muhim ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekistonda ko‘mir zahiralari mavjud bo‘lib, u energiya ishlab chiqarishda muhim rol o‘ynaydi.

2–Jadval.

O‘zbekistonning energiya tejash sohasidagi davlat siyosatining asosiy tamoyillari

№	Prinsip	Asosiy tarkib
1	Ratsionallik	Optimal sifatli energiya manbasini tanlash (talab qilinganidan yuqori emas)
2	Qulaylik	Hayot tarzining barqaror rivojlanish va xavfsizlikka muvofiqligi
3	Tejamkorlik	Kam harajat bilan ko‘proq energiya olish
4	Samaradorlik	Ishlab chiqarish faoliyati uchun energiyadan maksimal darajada foydalanish

Energiya ta’minotini barqarorlashtirish O‘zbekiston energiya siyosatining asosiy maqsadlaridan biridir. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda:

Energiyani ishlab chiqarishni oshirish. O‘zbekiston energiya ishlab chiqarish quvvatlarini oshirishga intilmoqda. Buning uchun yangi energiya stansiyalari qurilmoqda va mavjudlari modernizatsiya qilinmoqda.

ISSN 3030-3907

Energiya taqsimlash tizimini yaxshilash. Energiya taqsimlash va tarqatish tizimlarini modernizatsiya qilish orqali energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va energiya ta’minotini yaxshilash.

O‘zbekiston energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan dasturlarni amalga oshirmoqda. Bunga quyidagilar kiradi:

Energiya auditlari o‘tkazish - tashkilotlar va iste’molchilar o‘rtasida energiya sarfini tahlil qilish va samaradorlikni oshirish uchun energiya auditlarini o‘tkazish.

Samarali texnologiyalarni joriy etish - energiya iste’molini kamaytirishga qaratilgan zamonaviy texnologiyalarni tatbiq etish.

O‘zbekistonning energiya siyosatining muhim qismi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishdir. Bunga quyidagilar kiradi:

Quyosh energiyasi - O‘zbekiston quyosh energiyasidan keng foydalanuvchi mamlakatlardan biriga aylanishga harakat qilmoqda. Mamlakatda quyosh panellari o‘rnatish loyihalari amalga oshirilmoqda.

Shamol energiyasi - shamol energiyasidan foydalanish imkoniyatlari tadqiq qilinmoqda va shamol stansiyalarini qurish loyihalari mavjud.

O‘zbekistonda energetika sektorini liberallashtirish va xususiy sektorni jalb qilish maqsadida quyidagi chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda:

Davlat monopoliyasini kamaytirish - energetika sohasida davlat monopoliyasini kamaytirish va xususiy investorlarni jalb qilish.

Energiya bozorini rivojlantirish - energiya bozorini shakllantirish va raqobat muhitini yaratish.

O‘zbekiston energiya siyosati atrof-muhitni muhofaza qilish va ekologik barqarorlikni ta’minlashga qaratilgan. Bu jarayon quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Kam karbonli energiya manbalariga o‘tish - karbon izini kamaytirish maqsadida kam karbonli texnologiyalarni joriy etish.

Ekologik nazorat va monitoring - energiya ishlab chiqarish jarayonlarida atrof-muhitga ta’sirini kuzatish va nazorat qilish.

O‘zbekistondagi energiya siyosatining muvaffaqiyati ko‘p jihatdan ishlab chiqarish tizimiga bog‘liq. Tizim quyidagi asosiy komponentlardan iborat:

Energiya ishlab chiqarish - mamlakatda energiya ishlab chiqaruvchi asosiy korxonalar, shu jumladan davlat va xususiy sektor tashkilotlari mavjud.

Energiya taqsimlash va tarqatish - O‘zbekiston energetika bozorida energiya taqsimlash va tarqatish jarayonlari muhim rol o‘ynaydi. Bu jarayonlarni optimallashtirish uchun turli chora-tadbirlar ko‘rilmoqda.

Energiya iste’moli - energiya iste’molining tahlili va monitoringi energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

O‘zbekistonda energetika sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar, energiya ta’minotini barqarorlashtirish, energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga qaratilgan. Bu islohotlarga quyidagilar kiradi:

Energetika infratuzilmasini modernizatsiya qilish - mavjud energiya infratuzilmasini yangilash va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish.

Xususiy sektorni jalb qilish - energetika sohasida xususiy investorlarni jalb qilish va davlat-kichik biznes hamkorligini rivojlantirish.

Ijtimoiy va iqtisodiy rivojlanish - energiya siyosatini amalga oshirish orqali ijtimoiy va iqtisodiy rivojlanishni ta’minlash.

O‘zbekiston energetika siyosatining muhim jihatlaridan biri xalqaro hamkorlikdir. Mamlakat energetika sohasida xalqaro tashkilotlar va boshqa davlatlar bilan hamkorlikni rivojlantirishga intilmoqda. Bu quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Xalqaro energiya tashkilotlari bilan hamkorlik - energiya xavfsizligini ta’minlash maqsadida xalqaro tashkilotlar bilan hamkorlik qilish.

Investitsiyalarni jalb qilish - xalqaro moliya institutlari va donor tashkilotlar bilan energiya loyihalarini moliyalashtirish.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Xulosa qilib aytganda, energomenejment tizimining samarali tashkil etilishi korxona va tashkilotlarda energiya resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi. ISO 50001 standarti asosida ishlab chiqilgan energiya boshqaruv tizimi energiya sarfini kamaytirish, xarajatlarni optimallashtirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, energiya boshqaruv tizimini to‘g‘ri tashkil etish orqali nafaqat energiya tejaladi, balki ishlab chiqarish samaradorligi ham oshadi. Shu sababli, barcha sohalarda energomenejment tizimini joriy etish va uni doimiy takomillashtirib borish zarur hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ISO 50001:2018 – Energy Management Systems – Requirements with guidance for use.
2. Turner, W.C. *Energy Management Handbook*. CRC Press, 2007.
3. Capehart, B.L., Turner, W.C., Kennedy, W.J. *Guide to Energy Management*.
4. O‘zbekiston Respublikasi energetika siyosatiga oid normativ-huquqiy hujjatlar.
5. Energiya samaradorligi va energiya auditi bo‘yicha ilmiy maqolalar va internet manbalari.

ISSN 3030-3907

MUQADDAS DINIMIZ ISLOM — MA'NAVIYATIMIZNING AJRALMAS QISMI

Ergashev Ixtiyor Saypidinovich

Andijon iqtisodiyot va pedagogika universiteti, ijtimoiy-gumanitar fanlar kafedrasi katta o'qituvchisi, f.f.n.

Annotatsiya. Muqaddas dinimiz Islom ma'naviyatimizning ajralmas qismi sifatida, xalqimiz hayotida diniy ta'limotdan tashqari, inson ma'naviyati, axloqi va jamiyatning ma'naviy barqarorligini shakllantirishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu maqolada islom dini qadriyatlarining shaxs va jamiyat hayotidagi ahamiyati, adolat va baynalmilallik printsiplari, madaniy-ma'rifiy sohalarga ta'siri hamda yangi O'zbekistonda ma'naviy rivojlanishdagi roli tahlil qilinadi. Tadqiqot metodlari sifatida tarixiy tahlil, falsafiy-metodologik yondashuv, ma'naviy-etnik tahlil va empirik kuzatuv qo'llanildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, islom dini nafaqat ma'naviy qadriyatlar, balki shaxs erkinligi, adolat, halollik va millatlararo totuvlik kabi ijtimoiy mezonlarni shakllantirishda ham muhim omildir. Shu bois, yangi O'zbekiston sharoitida islomiy qadriyatlarni jamiyat taraqqiyotida oqilona tatbiq etish dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: Islom dini, ma'naviyat, axloq, adolat, baynalmilallik, diniy qadriyatlar, shaxs erkinligi, yangi O'zbekiston, ma'naviy tarbiya.

Аннотация. Священная религия Ислам, являясь неотъемлемой частью нашей духовности, играет важную роль в жизни нашего народа не только как религиозное учение, но и как фактор формирования духовного мира человека, его нравственности и духовной стабильности общества. В данной статье анализируется значение исламских ценностей в жизни личности и общества, принципы справедливости и интернационализма, их влияние на культурно-просветительские сферы, а также их роль в духовном развитии Нового Узбекистана. В качестве методов исследования использованы исторический анализ, философско-методологический подход, духовно-этнический анализ и эмпирическое наблюдение. Результаты исследования показывают, что ислам является важным фактором не только формирования духовных ценностей, но и таких социальных критериев, как личная свобода, справедливость, честность и межнациональное согласие. В связи с этим рациональное применение исламских ценностей в развитии общества в условиях Нового Узбекистана приобретает особую актуальность.

Ключевые слова: ислам, духовность, нравственность, справедливость, интернационализм, религиозные ценности, личная свобода, Новый Узбекистан, духовное воспитание.

ISSN 3030-3907

Abstract. The sacred religion of Islam, as an integral part of our spirituality, plays an important role in the life of our people not only as a religious doctrine, but also as a key factor in shaping human spirituality, moral values, and the spiritual stability of society. This article analyzes the significance of Islamic values in the life of individuals and society, the principles of justice and internationalism, their impact on cultural and educational spheres, as well as their role in the spiritual development of the New Uzbekistan. The research methods include historical analysis, a philosophical-methodological approach, spiritual-ethnic analysis, and empirical observation. The results show that Islam is an important factor not only in the formation of spiritual values, but also in shaping social criteria such as individual freedom, justice, honesty, and interethnic harmony. Therefore, the rational application of Islamic values in the development of society in the context of New Uzbekistan is of great relevance.

Keywords: Islam, spirituality, morality, justice, internationalism, religious values, individual freedom, New Uzbekistan, spiritual education.

KIRISH.

Muqaddas dinimiz bo‘lmish islom ma’naviy madaniyatimizning tarkibiy qismi sifatida asrlar davomida xalqlar uchun nafaqat diniy ta’limot, e’tiqod vazifasini o‘tagan, balki turmush tarziga aylanib, o‘zining muayyan qadriyatlarini kishilar ongi va shuuriga singdirib kelgan o‘ziga xos dunyoqarash hamdir.

Islom — ezgulik manbai. U inson, jamiyat, tabiat va butun borliqni yaratgan, insoniyat uchun birdan bir to‘g‘ri, odil hayot yo‘lini ko‘rsatadigan ilohiy qudratga ishonishni bir butun tizimga aylantirgan ta’limotdir. Bu ta’limotning qadriyatlari mazmunini, ezgulik va poklikka da’vat etuvchi o‘gitlarni kishilar diliga soladi. Jumladin, islom dini va uning qadriyatlari inson ma’naviyatini rivojlantirishning muhim omilidir. Qur’on, hadis va shariat ahkomlarida shakllangan musulmonchilikning haq-huquqlari deb tan olingan fikrlar orqali kishilarda iymon, vijdon, muayyan dunyoqarash shakllanadi.

Buning uchun har bir musulmon o‘zi ruhan, vijdonan pok, iymonli va halol bo‘lishi kerak degan da’vat islom ta’limotida va unga asoslangan islom ma’naviyatida muhim o‘rin egallaydi. Zero, inson va jamiyatning poklanishida diniy e’tiqod, islomiy qadriyatlarning o‘rni alohidadir.

„Agar jamiyat hayotining tanasi iqtisodiyot bo‘lsa, uning joni va ruhi ma’naviyatdir. Biz yangi O‘zbekistonni barpo etishga qaror qilgan ekanmiz, ikkita mustahkam ustunga tayanamiz. Birinchisi – bozor tamoyillariga asoslangan kuchli iqtisodiyot. Ikkinchisi – ajdodlarimizning boy merosi va milliy qadriyatlarga asoslangan kuchli ma’naviyat”, deydi Shavkat Mirziyoyev yig‘ilishda.

ISSN 3030-3907

Haqiqatan ham, islom dini ming yillar davomida xalqimizning muqaddas e’tiqodi, ma’naviy hayotining asosi vazifasini o‘tab keldi. O‘zbek xalqi ma’naviy merosi va muqaddas qadriyatlarining juda katta qismini, ya’ni „bebaho xazinaning“ islomiy ma’naviyat va ma’rifat, islom manbalari: Qur’oni karim, hadisi shariflar, tafsirlar, shariat ahkomlari va boshqa diniy hamda dunyoviy kitoblar tashkil etadi.

Muqaddas dinimiz, ya’ni islom dini ma’naviyatining tarkibiy qismi sifatidagi o‘rni, mazmun-mohiyati, ko‘lami nihoyatda kattadir.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Mazkur mavzu doirasida ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, islom dinining ma’naviy hayotdagi o‘rni va uning ijtimoiy ahamiyati masalalari keng yoritilgan.

O‘zbekiston Respublikasining Birinchi Prezidenti Islom Karimov asarlarida islom dinining asl insonparvarlik mohiyati, uning ekstremizm va mutaassiblikdan mutlaqo yiroq ekanligi ilmiy-nazariy jihatdan asoslab berilgan. Xususan, u o‘z asarlarida din niqobi ostidagi turli tahdidlarga qarshi ma’naviy immunitetni kuchaytirish zarurligini ta’kidlaydi.

Shuningdek, Prezident Shavkat Mirziyoyev nutq va ma’ruzalarida islom dini ma’rifat, bag‘rikenglik va tinchlik dini ekanligi, buyuk ajdodlarimiz merosi orqali uning asl mohiyatini yoshlar ongiga singdirish muhimligi qayd etilgan.

Islom falsafasi va ma’naviyatiga oid klassik manbalardan biri — Imom Buxoriy hadislar to‘plami bo‘lib, unda insoniy fazilatlar, axloqiy me’yorlar va jamiyatdagi o‘zaro munosabatlar keng yoritilgan. Bu borada **Imom Buxoriy** ning ilmiy merosi alohida ahamiyatga ega.

Bundan tashqari, Abu Nasr Forobiy, Abu Rayhon Beruniy, Ibn Sino kabi allomalar o‘z asarlarida din va ma’naviyat, ilm va axloq o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni asoslab berganlar.

TADQIQOT METODLARI. Ushbu maqolada tadqiqot metodlari sifatida quyidagilar qo‘llanildi:

1. **Tarixiy tahliliy metod**: O‘zbek xalqining ma’naviy hayoti, diniy qadriyatlari va islom ta’limotining shakllanish jarayonlari tarixiy manbalar, ilmiy tadqiqotlar va klassik adabiyotlar orqali tahlil qilindi.

2. **Falsafiy-metodologik yondashuv**: Maqolada islomiy qadriyatlar va dunyoviy bilimlarning uyg‘unligi, shaxs va jamiyatga ta’siri falsafiy nuqtai nazardan o‘rganildi.

3. **Ma’naviy-etnik tahlil**: Islom ma’naviyatining xalq ma’naviyatiga ta’siri, baynalmilallik va adolat printsiplari asosida baholandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

1. **Ma’naviyatning shakllanishida islom dini roli**

ISSN 3030-3907

Birinchidan, islom dini mintaqa xalqlari ma’naviyati shakllanishida poydevor vazifani o‘tagan. Jahonga mashhur mutafakkir, alloma olimlarimiz shu poydevorga tayanib, oliy darajali, boy ilmiy ma’naviy merosni yaratganlar. Shu meros nafaqat bizning ma’naviyatimiz, balki boshqa Sharq va G‘arb davlatlarining rivojlanishida ham o‘z o‘rniga ega bo‘lmoqda. Shu bilan birga din ruhiy bilim va e’tiqod bo‘lishi bilan bir qatorda insonning dunyoqarashi bilan bog‘liq, fikriy mushohadasini muntazam boyitib boruvchi ta’limot hamdir. Shu nuqtai nazardan qaraganda inson, jamiyat, tabiat va butun borliqni o‘rganishda fan va din bir-birini to‘ldiradi. Ya’ni aql yecholmagan masalalarni din yordamida hal qilinadi. Shu tariqa inson ongida ham ilmiy, ham diniy qarashlar o‘z ifodasini topib, uning ma’naviyatini shakllantiradi.

Ikkinchidan, Yurtboshimiz Sh.Mirziyoev ta’kidlaganidek, O‘zbekistonda ma’naviy hayot ikki – dunyoviylik va diniylik asosida rivojlanishi kerak. Shu nuqtai nazardan ko‘p qirrali faoliyatlarni o‘z ichiga oluvchi murakkab ijtimoiy jarayon bo‘lmish xalqimiz ma’naviyatining shakllanishi va rivojlanishi faqat diniy ta’limotlar bilan chegaralanib qolmasdan, aksincha, dunyoviy (falsafiy) bilimlar uyg‘unligida amalga oshadi. Qur’oni karimning bir necha sura va oyatlarida ham odamlarni ilm olishga, ilm bilan shug‘ullnishga da’vat etilgan. Zero, „Bu ikki zohiriy va botiniy bilimlarni egallagan va ularni bir-biriga bog‘lay olgandagina, inson chin haqiqatni anglab yetadi, baxtga, saodatga eltuvchi yo‘lni bilib oladi“.

Uchinchidan, islom ma’naviyatida shaxs erkinligiga keng imkoniyat yaratilgan. Qur’oni karimning Baqara surasi 256-oyatida „Dinda zo‘rlik yo‘q“ deb yozib qo‘yilgan. Demak, din va uning qadriyatlarini qabul qilish ixtiyoriy, majburiy emas, ammo har bir ongli kishi olamni, undagi voqea va hodisalarni idrok eta oluvchi odamning tabiiy ehtiyojidir. Shunday ehtiyojga ega bo‘lgan inson uchun din inson ma’naviyati va axloqini shakllantiruvchi muhim omildir.

To‘rtinchidan, islom ma’naviyati mazmun-mohiyati jihatidan shaxs va jamiyatga nisbatan baynalmilallik xarakteriga ega. Uning uchun xalqlar terisining rangi, tili, irqi, jamiyatda, hayotda tutgan mavqei, millatining ahamiyati yo‘q, barchasi yagona Allohning bandasi hisoblanadi. Islom falsafasi va qadriyatlarida baynalmilallikka oid fikrlar: millatlararo, dinlararo totuvlik, do‘stlik, hamkorlik, o‘zaro yordam kabilar har bir mo‘min-musulmon ma’naviyatining tarkibiy qismi hisoblangan. Islom falsafasida insonlarning bir-biriga bo‘lgan munosabatlarida mehr-oqibatli bo‘lish, shaxs va jamiyatning o‘zaro iliq, hurmatga sazovor munosabatlarda bo‘lishiga chorlaydigan ma’naviy-axloqiy fikrlar keng o‘rin olgan. Ulardan birida shunday deyiladi: „Bir-biringizni orangizni buzmang, bir-biringizni orqangizdan ayb qidirmang, bir-biringizni yomon ko‘rmang, bir-biringizga hasad qilmang“. Bunday milliy, axloqiy fazilatlar va islomiy qadriyatlar asrlar davomida

ISSN 3030-3907

xalqimiz qalbidan o‘rin olib, ular ma’naviyatining shakllanishiga xizmat qilgan. Bu fazilatlarning, ayniqsa, hozirgi huquqiy demokratik va fuqarolik jamiyatini qurishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Beshinchidan, islom ma’naviyatining yana bir muhim jihatlaridan biri musulmon ahlida ijtimoiy adolat ruhini tarbiyalash bo‘lgan. Qur’onda adolat so‘zi 57 marta tilga olingan. Buning sababi islomdan oldingi „johiliya“ davrida odamlarga ijtimoiy hayotining iqtisodiy, huquqiy, ma’naviy-axloqiy sohalarida juda ko‘p adolatsizliklar hukm surgan. Shuning uchun islom ta’limoti va ma’naviyati uni tinchlik va adolatni sevuvchi, insonlarni ardoqlovchi din, deb qaralib, adolat deyilganda faqat me’yoru-o‘lchov, tosh-tarozi tushunilmaydi, balki adolat va adolat mezonlari orqali islomiy mehr-muruvvatlik, kishilar o‘rtasidagi munosabatlardan kelib chiqadigan qadriyat deb qaralib, bu tushunchaga ijtimoiy mohiyat beriladi.

Yangi O‘zbekistonda bunyod etilayotgan fuqarolik jamiyatida intellektual, salohiyatli, bilimdon, mehr-muruvvatli yoshlarni mustaqillik sharoitida qabul qilingan qonunlarga tayanib, adolat va uning mezonlari asosida, tarbiyalashda islom ma’naviyatida shakllangan adolat tushunchalari va talablari muhim ahamiyatga ega bo‘ladi.

Oltinchidan, islomning nazariy asoslari, qadriyatlari va ruhiy bilimlar Markaziy Osiyoda, shu jumladan, O‘zbekistonda madaniy-ma’rifiy ishlarni, ayniqsa, badiiy adabiyot, san’at turlarini, ilm-fan sohasida – falsafa, islom falsafasi, tarix, tabiiy fanlarning rivojiga katta hissa qo‘shdi. Shuningdek, arab tili, grammatikasi va yozuvini, ritorika, husnixat, kitoblarni muqovalash va bezash, xususan, tasviriy san’atni rivojlanishiga o‘z ta’sirini o‘tkazdi. Ayni zamonda ma’naviy madaniyatning moddiy madaniyat bilan uyg‘unlashuvi, ya’ni kiyinish madaniyatida yangi dizaynerlik harakatida, masjid, madrasa, islomiy obidalarni qurishda, shaxsiy uylarni qurish, bezash, jihozlash va boshqalarda o‘z ifodasini topdi.

XULOSA. Xulosa qilib shuni aytishimiz mumkinki, „muqaddas dinimiz ma’naviyatning tarkibi“ ma’naviyatni shakllantirishdagi asosiy mezonlaridan biri sifatida, ijtimoiy taraqqiyotda, jamiyat taraqqiyotining ichki va tashqi munosabatlarida o‘z o‘rniga ega bo‘lgan. Zero, islom ma’naviyatidagi mezoni: insonparvarlik, vatanparvarlik, millatlar va dinlararo totuvlik, xalqparvarlik, yetimparvarlik hamda mehr-oqibat, muruvvatlilik, hamjihatlilik, axloq-odob, halollik kabi fazilatlarni shakllantirishda alohida ahamiyatga egadir. Yangi O‘zbekistonda milliy tiklanishdan milliy yuksalish tomon yuz tutayotgan va bunyod etilayotgan huquqiy demokratik, fuqarolik jamiyatini boshqa omillar qatori

ISSN 3030-3907

muqaddas dinimiz ma’naviyati va islomiy qadriyatlaridan oqilona foydalanish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Qur’oni Karim. Tafsirlar va sharhlar. Toshkent, 2005.
2. Hadislar to‘plami. Sahih al-Buxori, Sahih Muslim. Toshkent, 2010.
3. Ergashev I.S. Islom dini va ma’naviyat. Andijon: Andijon iqtisodiyot va pedagogika universiteti nashriyoti, 2021.
4. Nasr S.H. Islam: Ma’naviyat va falsafa. New York: Oxford University Press, 1996.
5. Allomalar va mutafakkirlar merosi. Abu Nasr Farobi, Al-G‘azzoliy, Ibn Sino. Toshkent, 2015.

ISSN 3030-3907

GREEN TECHNOLOGY-BASED METHODS FOR REDUCING INDUSTRIAL WASTE AND ENHANCING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY

Xalimova Gulshana Baxtiyorovna
Intern Lecturer Department of Energy and Environmental Engineering
Tashkent Institute of Chemical Technology, Yangiyer Branch
Email: gulshanxalimova0101@gmail.com
Tel: +99893-323-52-51

Abstract. This article examines modern approaches to reducing industrial waste through the application of green technologies and improving environmental efficiency. The study focuses on innovative methods such as waste recycling, energy recovery, cleaner production, and resource optimization in industrial systems. The role of digital technologies, including smart monitoring and automation, is also considered in minimizing environmental impact. Special attention is given to sustainable development principles and their integration into industrial processes. The research highlights practical solutions for reducing harmful emissions, conserving natural resources, and increasing economic efficiency. The findings demonstrate that the implementation of green technologies not only reduces industrial waste but also contributes to long-term environmental sustainability and industrial competitiveness in modern economic conditions.

Keywords: Green technology, industrial waste, environmental efficiency, sustainability, waste management, recycling, cleaner production, energy recovery, resource optimization, environmental protection.

Annotatsiya. Ushbu maqolada yashil texnologiyalarni qo‘llash orqali sanoat chiqindilarini kamaytirish va ekologik samaradorlikni oshirishning zamonaviy usullari tahlil qilinadi. Tadqiqotda chiqindilarni qayta ishlash, energiyani qayta tiklash, toza ishlab chiqarish va resurslardan samarali foydalanish kabi innovatsion yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishda raqamli texnologiyalar, jumladan aqlli monitoring va avtomatlashtirish tizimlarining roli yoritiladi. Maqolada barqaror rivojlanish tamoyillarini sanoat jarayonlariga integratsiya qilish masalalari ham tahlil etiladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, yashil texnologiyalarni joriy etish nafaqat chiqindilarni kamaytiradi, balki uzoq muddatli ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni ham ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: yashil texnologiya, sanoat chiqindilari, ekologik samaradorlik, barqaror rivojlanish, chiqindilarni boshqarish, qayta ishlash, toza ishlab chiqarish, energiyani tiklash, resurs tejash, atrof-muhit muhofazasi.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные подходы к снижению промышленных отходов на основе применения зеленых технологий и повышению экологической эффективности. Исследование охватывает такие инновационные методы, как переработка отходов, восстановление энергии, чистое производство и рациональное использование ресурсов в промышленности. Также анализируется роль цифровых технологий, включая системы умного мониторинга и автоматизации, в снижении негативного воздействия на окружающую среду. Особое внимание уделяется интеграции принципов устойчивого развития в производственные процессы. Результаты показывают, что внедрение зеленых технологий не только сокращает объем отходов, но и способствует долгосрочной экологической устойчивости и повышению экономической эффективности промышленных предприятий.

Ключевые слова: зеленые технологии, промышленные отходы, экологическая эффективность, устойчивое развитие, управление отходами, переработка, чистое производство, восстановление энергии, ресурсосбережение, охрана окружающей среды

INTRODUCTION.

In recent decades, rapid industrialization and technological development have significantly contributed to global economic growth. However, these processes have also led to a substantial increase in industrial waste and environmental pollution, posing serious challenges to sustainable development. Industrial activities generate various types of waste, including solid, liquid, and gaseous emissions, which negatively affect air, water, and soil quality. As a result, the need for effective and environmentally friendly solutions to manage and reduce industrial waste has become increasingly urgent. Green technologies have emerged as one of the most promising approaches to addressing these challenges. These technologies focus on minimizing environmental impact while maintaining or even improving industrial productivity and efficiency. By integrating environmentally conscious practices into industrial processes, green technologies aim to reduce waste generation, promote recycling and reuse, and enhance resource efficiency. This approach not only helps protect the environment but also supports economic sustainability by reducing production costs and improving competitiveness. In addition, the adoption of cleaner production techniques plays a crucial role in reducing industrial waste at its source. Cleaner production emphasizes the efficient use of raw materials and energy, as well as the reduction of hazardous substances in production processes. Furthermore, modern digital technologies, such as smart monitoring systems and automation, enable real-time control and optimization of

ISSN 3030-3907

industrial operations, leading to more efficient waste management and reduced environmental impact. Another important aspect of green technology implementation is energy recovery from industrial processes. Waste heat recovery, for example, allows industries to convert excess heat into useful energy, thereby reducing overall energy consumption and emissions. Similarly, recycling technologies enable the transformation of waste materials into valuable resources, contributing to a circular economy model. Therefore, this study aims to analyze the role of green technologies in reducing industrial waste and improving environmental efficiency. The research focuses on identifying effective methods and evaluating their potential for practical implementation in industrial systems. The findings of this study are expected to contribute to the development of sustainable industrial practices and support the transition towards a greener and more environmentally responsible economy.

LITERATURE REVIEW.

In recent years, the issue of industrial waste reduction has attracted significant attention from researchers worldwide. Many studies emphasize that the application of green technologies is one of the most effective ways to minimize environmental pollution and improve sustainability indicators. According to [1.], industrial waste management systems must integrate modern technological solutions to achieve higher efficiency. Similarly, [2.] highlights that cleaner production approaches can significantly reduce waste generation at the source. A number of researchers have focused on recycling technologies as a key component of green innovation. For instance, [3.] notes that recycling not only decreases the volume of waste but also conserves natural resources. In addition, [4.] discusses the role of circular economy principles in transforming industrial waste into valuable raw materials. These approaches are increasingly being adopted in developed and developing countries alike. Energy recovery technologies are also widely discussed in the literature. According to [5.], waste heat recovery systems can improve overall energy efficiency in industrial processes by up to 30%. Furthermore, [6.] emphasizes that integrating renewable energy sources into industrial systems contributes to both waste reduction and emission control. These findings are supported by [7.], who argues that sustainable energy management is essential for reducing environmental impact. Digital technologies have also been identified as a powerful tool in environmental management. Studies such as [8.] show that IoT-based monitoring systems enable real-time tracking of waste generation and emissions. Moreover, [9.] highlights the importance of automation in optimizing industrial processes and minimizing resource losses. The use of artificial intelligence is also expanding, as noted in [10.], where AI-based systems

ISSN 3030-3907

are used to predict and control pollution levels. In addition, several authors have examined policy and regulatory aspects of green technologies. According to [11.], government support and environmental regulations play a crucial role in promoting sustainable industrial practices. Similarly, [12.] emphasizes the importance of international cooperation in addressing global environmental challenges. Recent studies also focus on the economic benefits of green technologies. As stated in [13.], the implementation of environmentally friendly technologies can lead to long-term cost savings and increased competitiveness. Moreover, [14.] points out that sustainable practices improve corporate image and social responsibility. Finally, [15.] concludes that the integration of green technologies is essential for achieving sustainable industrial development. Overall, the literature indicates that green technologies offer comprehensive solutions for reducing industrial waste and enhancing environmental efficiency. However, further research is needed to adapt these technologies to specific industrial conditions and regional requirements.

METHODOLOGY.

This study is based on a comprehensive analytical and comparative methodology aimed at evaluating the effectiveness of green technologies in reducing industrial waste and improving environmental efficiency. The research combines theoretical analysis, statistical evaluation, and practical assessment methods. Initially, a systematic review of scientific literature and international reports was conducted to identify the most widely used green technologies in industrial waste management. This allowed the selection of key technological approaches, including recycling systems, cleaner production methods, energy recovery technologies, and digital monitoring tools. In the next stage, a comparative analysis was carried out to assess the effectiveness of these technologies across different industrial sectors. The evaluation criteria included waste reduction efficiency (%), energy savings (%), cost-effectiveness, and environmental impact reduction. Data for the analysis were obtained from open scientific sources, industrial case studies, and international environmental reports. The collected data were then processed using a comparative assessment method, allowing the identification of the most efficient and applicable solutions. To ensure objectivity, a multi-criteria evaluation approach was applied. Each technology was assessed based on its technical feasibility, economic viability, and environmental benefits. Additionally, the study incorporated elements of modeling and estimation to predict the potential impact of implementing green technologies in industrial systems. The results were structured and summarized in the table below.

ISSN 3030-3907

Table 1

Comparative analysis of green technologies in reducing industrial waste

No	Technology Type	Waste Reduction (%)	Energy Saving (%)	Environmental Impact Reduction	Implementation Cost
1	Recycling Systems	40–70%	20–30%	High	Medium
2	Cleaner Production	30–50%	15–25%	High	Low
3	Energy Recovery Systems	20–40%	25–35%	Medium	High
4	IoT Monitoring Systems	10–25%	10–20%	Medium	Medium
5	AI-based Optimization	15–30%	15–25%	High	High

The analysis shows that recycling systems and cleaner production methods provide the highest waste reduction efficiency, while energy recovery technologies contribute significantly to energy savings. Digital technologies such as IoT and artificial intelligence enhance monitoring and optimization processes, indirectly reducing waste and environmental impact. The methodology applied in this study ensures a comprehensive evaluation of green technologies and provides a reliable basis for further research and practical implementation in industrial systems.

CONCLUSION.

This study analyzed the effectiveness of green technologies in reducing industrial waste and improving environmental efficiency. The results show that recycling systems and cleaner production methods are the most effective in waste reduction, while energy recovery systems significantly improve energy efficiency. In addition, IoT and artificial intelligence technologies enhance monitoring and optimization of industrial processes. Overall, the findings confirm that green technologies help reduce environmental pollution and improve resource efficiency in industrial systems. Their implementation also supports sustainable development and the transition toward a circular economy model. However, successful adoption requires investment, technical capacity, and regulatory support. In conclusion, green technologies are an important solution for achieving sustainable industrial development and environmental protection.

ISSN 3030-3907

REFERENCES

1. Smith J., Brown L. *Green Technologies in Industrial Waste Management*. – New York: Springer, 2020.
2. Allen D., Rosselot K. *Pollution Prevention for Chemical Processes*. – Wiley, 2019.
3. McDonough W., Braungart M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. – North Point Press, 2018.
4. Geissdoerfer M., Savaget P. *The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm*. – Journal of Cleaner Production, 2017.
5. Saidur R. *A Review on Waste Heat Recovery*. – Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020.
6. Twidell J., Weir T. *Renewable Energy Resources*. – Routledge, 2019.
7. Tester J. et al. *Sustainable Energy: Choosing Among Options*. – MIT Press, 2018.
8. Atzori L., Iera A. *The Internet of Things: A Survey*. – Computer Networks, 2017.
9. Groover M. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. – Pearson, 2021.
10. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. – Pearson, 2020.
11. Porter M., Van der Linde C. *Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship*. – Journal of Economic Perspectives, 2018.
12. United Nations. *Sustainable Development Goals Report*. – UN Publications, 2022.
13. OECD. *Green Growth Indicators*. – OECD Publishing, 2021.
14. Elkington J. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line*. – Capstone, 2019.
15. European Commission. *Industrial Emissions Directive Report*. – Brussels, 2022.

ISSN 3030-3907

KISLOTA-ASOS MUVOZANATINING ORGANIZMIDAGI AXAMIYATI

Samadova Mohinur
Samarqand davlat tibbiyot universiteti biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakultetini talabasi
Yaxshiboyeva Marjona
Samarqand davlat tibbiyot universiteti biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakultetini talabasi
Karjavov Abdixakim Raxmonovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti asistenti,
E-mail: arkarjavov@gmail.com
Orcid.org/0000-0002-0156-9608
Xamroyev Jobir Xolmurodovich
Zarmed Universiteti Samarqand kompusi, Katta o`qituvchi
A uy, Amir Temur ko‘chasi 18-uy, Amir Temur ko‘chasi 18, 140100, Samarqand, Samarqand viloyati

Annotatsiya. Maqolada kislota-asos muvozanatining hayotdagi ahamiyati, uni saqlash uchun zarur bo‘lgan fiziologik jarayonlar va organizmdagi bufer tizimlarining roli ko‘rib chiqiladi. Kislota va asos eritmalarining pH qiymati vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi, havodagi turli gazlar yoki idish devorlaridan moddalar erib chiqishi tufayli pH o‘zgarishi mumkin. Odam organizmida vodorod ionlari konsentratsiyasi izogidriya xususiyatiga ega bo‘lib, bu yuksak darajada muvozanatda saqlanadi. Kislota-asos muvozanatini saqlashda bufer tizimlarining ahamiyati beqiyosdir. Buferlar kislota yoki ishqor qo‘shilganida vodorod ionlari konsentratsiyasini sezilarli darajada o‘zgartirmay saqlashga imkon beradi. Maqolada 3 asosiy bufer tizimi guruhlari — kuchsiz kislotalar va tuzlari, kuchsiz asoslar va tuzlari, hamda ko‘p asosli kislotalar tuzlari haqida to‘xtalib o‘tilgan. Shuningdek, organizmda kislota-asos holatining buzilishi (atsidoz va alkaloz) va bu holatlarning gazli (respirator) va gazsiz (metabolik) shakllari tasniflanadi.

Kalit so‘zlar: kislota-asos muvozanati, pH qiymati, bufer tizimlari, izogidriya, atsidoz, alkaloz, gazli atsidoz, gazsiz atsidoz, metabolik atsidoz, respirator atsidoz.

Аннотация. В статье рассматриваются значение кислотно-щелочного равновесия в жизни, физиологические процессы, необходимые для его поддержания, и роль буферных систем в организме. Значение pH растворов кислот и оснований может изменяться со временем из-за растворения различных газов в воздухе или веществ на стенках сосуда. Концентрация ионов водорода в организме человека является изогидрической, что обеспечивает её высокое равновесие. Значение буферных систем в

ISSN 3030-3907

поддержании кислотно-щелочного равновесия несоизмеримо. Буферные системы позволяют поддерживать концентрацию ионов водорода без существенного изменения при добавлении кислоты или щелочи. В статье рассматриваются 3 основные группы буферных систем: слабые кислоты и их соли, слабые основания и их соли, соли многоосновных кислот. Также классифицируются нарушения кислотно-щелочного состояния организма (ацидоз и алкалоз) и газообразные (дыхательные) и газообразные (метаболические) формы этих состояний.

Ключевые слова: кислотно-щелочное равновесие, значение pH, буферные системы, изогидрический, ацидоз, алкалоз, газообразный ацидоз, безгазовый ацидоз, метаболический ацидоз, респираторный ацидоз.

Abstract. The article discusses the importance of acid-base balance in life, the physiological processes necessary for its maintenance, and the role of buffer systems in the body. The pH value of acid and base solutions can change over time due to the absorption of various gases from the air or substances dissolving from the container walls. In the human body, the concentration of hydrogen ions exhibits isohydria, remaining in a highly balanced state. The importance of buffer systems in maintaining the acid-base balance cannot be overstated. Buffers allow for the maintenance of hydrogen ion concentration without significant changes when acid or alkali is added. The article focuses on three main categories of buffer systems: weak acids and their salts, weak bases and their salts, and salts of polyprotic acids. Furthermore, the article discusses the disturbance of acid-base balance in the body (acidosis and alkalosis) and classifies these conditions into respiratory (gaseous) and metabolic (non-gaseous) forms.

Keywords: acid-base balance, pH value, buffer systems, isohydria, acidosis, alkalosis, respiratory acidosis, metabolic acidosis, metabolic alkalosis, respiratory alkalosis.

KIRISH.

Buferlar — organizmning "diplomatlari": Ular kislotali hujumlarni ham, ishqoriy "to‘ntarishlarni" ham yumshatib, qonning tinchligini (izogidriyani) saqlaydi. Agar ular bo‘lmaganda, tanamizda har kuni "kislotali yomg‘irlar" yog‘gan bo‘lardi. Kislota va asos eritmalarining pH qiymati vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib qoladi.

Atsidoz va Alkaloz — "shirin va nordon" muammolar**:** Hayot — bu nafaqat shirinlik (alkaloz), balki ba'zan nordonlik (atsidoz) hamdir. Muhimi, o‘pka va buyraklar bu "ta'm"larni o‘z vaqtida balansga keltirishi. Bunga asosiy sabab havodagi turli gazlarning kislota yoki asos eritmasiga yutilishi yoki idish devorlaridan ba’zi moddalarning erib eritmaga o‘tishidir. Masalan, havodagi CO_2

ISSN 3030-3907

ning erishi tufayli NaOH pH qiymatining o‘zgarishiga asosan quyidagi reaksiya sababchi bo‘ladi:

$$NaOH + H_2CO_3 = NaHCO_3 + H_2O$$

Odam organizmida vodorod ionlarining konsentratsiyasi o`zgarmaydi. Biologik suyuqliklarni bu xususiyati izogidriya deyiladi. Masalan, odam qonining pH-i 7,36 ga teng. Bu ko‘rsatkichni saqlab turish bir qancha fizik-kimyoviy va fiziologik mexanizmlarga bog‘liq, eng muhimi organizm bufer sistemalarining birga ta’sir etishidir. Bufer sistemalar (buferlar) deb, kislota yoki ishqor qo‘shilganda ham, suyultirilganda ham vodorod ionlarining konsentratsiyasini yetarlicha darajada o‘zgartirmay saqlab turish xossasiga ega bo‘lgan sistemalarga aytiladi.Tarkibi bo‘yicha ular asosiy 3 guruhga bo‘linadi:

1. Kuchsiz kislota va uning tuzi aralashmasidan iborat sistemalar:

$CH_3COOH + CH_3COONa$ - atsetat bufer eritma.

2. Kuchsiz asos va uning tuzi aralashmasidan iborat sistemalar:

$NH_4OH + NH_4CI$ - ammiakli buffer eritma.

3.Ko‘p asosli kislotalar tuzlarning aralashmasidan iborat Sis-
temalar:

$NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$ - fosfatli buffer eritma.

Boshqa bufer eritmalar:

1. $H_2CO_3 + NaHCO_3$, - bikarbonat buffer.
2 HCOOH + HCOONa - formiatli buffer.
3. PtCOON + PtCOONa - oqsilli buffer.
4. HHb + KHb - gemoglobinli buffer.
5. $HHbO_2 + NaHbO_2$- oksogemoglobinli buffer.

Bufer sistemalarning tibbiyotdagi ahamiyati: Organizmning H+ ionlari konsentratsiyasining ma’lum qiymat chegaralarida saqlay olish qobiliyati kamayganda kislota-asos muvozanati buziladi va natijada biosistemalarda atsidoz yoki alkaloz holatlari kuzatiladi. Kislota-asos gomeostazining barcha buzilishlari vodorod ionlari konsentratsiyasining o‘zgarishiga qarab atsidoz va alkalozlarga bo‘linadi. Atsidoz kislota-asos muvozanatining buzilishi bo‘lib, bunda qonda kislotalarning absolyut yoki nisbiy ortiqchaligi paydo bo‘ladi va vodorod ionlarining kontsentratsiyasi oshadi. Alkaloz kislota va asoslar nisbatining o‘zgarishi bilan xarakterlanadi, bunda asoslarning absolyut yoki nisbiy miqdorining oshishi va vodorod ionlari kontsentratsiyasining kamayishi kuzatiladi. Kompensatsiya darajasiga ko‘ra barcha atsidozlar va alkalozlar kompensatsiyalangan va kompensatsiyalanmaganlargamn bo‘linadi. Kompensatsiyalangan atsidoz va alkaloz H_2CO_3 va $NaHCO_3$ ning absolyut miqdorlari o‘zgargan holatlar, lekin $H_2CO_3/NaHCO_3$ nisbati normal tebranishlar

ISSN 3030-3907

oralig‘ida (taxminan 1:20) qolganda kuzatiladi. Bu nisbat saqlagan holda qonning pH-i sezilarli o‘zgarmaydi, ya'ni 7,35-7,45 oralig‘ida qoladi. Shunga ko‘ra kompensasiyalanmagan atsidozlar va alkalozlar nafaqat umumiy miqdori, balki bikarbonat buferi komponentlarining nisbati o‘zgarganda ham shunday holatlar deyiladi, natijada pH normal chegaradan tashqariga chiqib ketadi.

Atsidoz va alkalozlar rivojlanish mexanizmlariga ko‘ra gazli (nafas olish, respirator) va gazsizga bo‘linadi.

Kislota-asos holat buzilishlarining tasnifi:

1. Gazli (nafas olish) atsidozi.
2. Gazsiz atsidoz.

a) metabolik.
b) ajratuv.
c) ekzogen.
d) kombinatsiyalangan shakllar (turli xil gazsiz atsidozning kombinatsiyasi).

3. Aralash atsidoz (gaz + gazsiz).
4. Gazli (nafas olish) alkalozi.
5. Gazsiz alkaloz.

a) ajratuv.
b) ekzogen.

6. Atsidoz va alkalozning aralash shakllari (metabolik atsidoz bilan kompensatsiyalangan nafas alkalozi; nafas olish atsidozi bilan kompensatsiyalangan gazsiz alkaloz).

Gazsiz atsidoz kislota-asos buzilishining eng og‘ir va ko‘p uchraydigan shaklidir, u barcha mutaxassisliklardagi shifokorlar amaliyotida uchrashi mumkin. Gazsiz atsidozning sabablari turli-tumandir. Vodorod ionlarining organizmga qo‘shimcha tushishi yoki hujayra tashqarisidagi suyuqlikdan bikarbonatning yo‘qolishi bilan kuzatiladi.Har qanday kelib chiqishi gipoksiyada eng tez va jiddiy**.** Oksidlanmagan metabolik mahsulotlarning ortiqcha shakllanishi (sut, piruvat kislotalar, aseton tanachalari va boshq.) qandli diabet, ochlik, og‘ir jismoniy ish, tarqoq yallig‘lanish va jigar og‘ir zararlanishida kuzatiladi. Laktoasidoz, leykemiya, limfoma, limfogranulematoz va boshqa xavfli o‘smalar bilan kasallangan bemorlarda bo‘lishi mumkin. Mitoxondriyalar funktsiyalarini tormozlovchi dorilar ham hayotga tahdid qiluvchi laktat asidoziga olib kelishi mumkin. Ular orasida diabet kasalligini davolash uchun ishlatiladigan biguanidlar va OlV infektsiyasini davolash uchun ishlatiladigan antivirusli nukleozid analoglari mavjud.

ISSN 3030-3907

Gazli atsidoz: organizmda kislota-asos muvozonati buzilishining tez-tez uchraydigan shaklidir. Qonda karbonat angidridning oshishi muvozanatning vodorod ionlari ko‘payishi tomoniga siljishining asosiy mexanizmi hisoblanadi. Shu munosabatda nafas olish atsidozining eng ko‘p uchraydigar sabablari quyidagilardir:

1) Alveolalar va qon yoki tashqi havo o‘rtasida gaz almashinuvi buzilishi bilan kechadigan nafas olish apparati kasalliklarining barcha turlari (o‘pka surunkali obstruktiv kasalliklari, o‘pka shishi, pnevmoniya, bronxial astma, emfizema, interstitsial fibroz, o‘pka sarkoidozi, kollagenoz, gemotoraks va pnevmotoraks va boshqalar);

2) Nafas olish markazining morfinga o‘xshash preparatlar barbituratlarning haddan tashqari dozasi bilan tormozlanishi, miya jarohatlari, yallig‘lanishi, shishishi va boshqalar.

3) Nafas olish yo‘llarining buzilishi (begona jismlarning aspiratsiyasi, astmatik holat va boshqalar).

4) Qon aylanishining keskin buzilishi, unda qon oqimi shunchalilk sekinlashadiki, natijada hosil bo‘lgan karbonat angidrid qondan o‘pkaga o‘tishga ulgurmaydi.

5) Yuqori konsentratsiyali karbonat angidrid bilan havo yoki gaz aralashmalari bilan nafas olish.

6) Turli sabablar tufayli kelib chiqadigan nafas olish mushaklari falaji va parezlari (poliomielit, neyropatiya, miasteniya, miorelaksantlar bilan davolash va boshqalar).

Gazsiz alkaloz: atsidozlarga nisbatan kamroq uchraydi, ammo patologiyaning kam uchraydigan shakli emas. Gazsiz alkalozda muvozanat buziliishining asosiy mexanizmi bu uchuvchan bo‘lmagan kislotalarning organizmdan yo‘qotilishi yoki asoslarni ortiqcha kirishi. Shu nuqtai nazardan, gazsiz alkalozning rivojlanishiga olib keladigan sabablar juda kam. Bu ko‘p miqdorda ishqoriy moddalarni (ko‘pincha oshqozonda zarda qaynashida natriy bikarbonat, ishqoriy mineral suvlar) qabul qilishdir. Gazsiz alkaloz, shuningdek, tez-tez va noqulay qayt qilish masalan, homilador ayollarning toksikozi, ichak tutilishi, oziq-ovqat toksikozlari bilan me'da shirasining katta miqdorini yo‘qotganda ham paydo bo‘ladi. Oshqozon fistulasida, me'da shirasini takroriy ko‘p marta olib tashlanganda. Ko‘pincha bolalarda takroriy qusish pylorostenozda, kuchli ko‘k yo‘talda sodir bo‘ladi. Metabolik alkalozning sababi birlamchi yoki ikilamchi giperaldosteronizmda $HS0_3$ ekskretsiyasining kamayishi va reabsorbtsiyasining ko‘payishi sabab bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Gazli (nafas olish yoki respirator) alkaloz. Gazli alkalozining sabablari o‘pka ventilyatsiyasining hajmini oshiradigan va qondan karbonat angidridni chiqarishga yordam beradigan turli ta'sirlardir. Bu yuqori balandlikda gipobariya sharoitida havo bilan nafas olayotganda kuzatiladi. Bunday holda, nafas qisilishi va unga qo‘shilgan gipokapniyaning paydo bo‘lishi atmosferadagi karbonat angidridning miqdorining pasayishiga va kislorod ochligi tufayli nafas olish markazining qo‘zg‘alishiga yordam beradi. Respirator alkaloz, shuningdek, miya shikastlanishi (travma, ensefalit, insult, shishi va boshqalar), gipertermiya, salitsilatlarni ortiqcha qabul qilishida yuzaga keladigan nafas qisilishi bilan rivojlanadi. Nafas olish alkaloziga psixogen giperventilasya (isteriya, bezovtalanish, kuchli og‘riq sindromi), gram-salbiy bakteriyalar oqibatidagi sepsis, homiladorlikda progesteronning nafas olish markaziga ta'siri, o‘tkir jigar yetishmovchiligidagi ammiakning to‘planishi, miya to‘qimalarida, xususan, nafas olish markazida.glutamin kislota va ketoglutarat nisbatining o‘zgarishi olib keladi.
Atsidozni davolash (qonning kislotaliligi oshishi).

Atsidoz pH darajasi 7,35 dan past bo‘lganda yuzaga keladi. Bunda asosiy maqsad pH ni normal holatga keltirish va asosiy sabablarni yo‘qotishdan iborat.
U metabolik yoki respirator sabablarga ko‘ra rivojlanadi.

Metabolik atsidoz.

Sabablari:

Diabetik ketoatsidoz **(DKA):** Insulin yetishmovchligi sababli yog‘larning parchalanishi natijasida keton kislatalari to‘planadi.

Sut kislotasi to‘planishi **(laktoatsidoz):** To‘qimalarda kislarod yetishmovchiligi (shok, sepsis) tufayli glukozaning kislarodsiz metabolizmi natijasida laktat hosil bo‘ladi.

Buyrak yetishmovchiligi: Buyraklar kislatali mahsulotlarni samarali chiqara olmasligi va biokarbanatni qayta so‘rish qobilyatini yo‘qotishini sabab bo‘ladi.

Biokarbanat yo‘qotilishi: Og‘ir diareya va buyrak naychlari atsidozi kabi holatlarda bikarbanatning ko‘p yo‘qotilishi.

Davolash usullari:

Natriy bikarbonat infuziyasi: Qonning pH darajasini oshirish uchun ishqoriy eritma vena ichiga yuboriladi, bu asosan pH darajasi juda past hollarda qo‘llaniladi.

Insulin terapiyasi: Agar sabab diabetik ketoatsidoz bo‘lsa, qondagi qand va yog‘lar almashinuvini normallashtirish, eng muhimi, keton kislatalarini hosil bo‘lishini to‘xtashish uchun qo‘llaniladi.

Gemodializ: Agar buyrak yetishmovchiligi sabab bo‘lsa yoki zaharlanish holatlari yuzaga kelsa, toksinlar va ortiqcha kislotalarni tezda chiqarish uchun foydalaniladi.

ISSN 3030-3907

Giperkaliemiyani bartaraf etish: Metabolik atsidozda kaliy ionlari hujayralardan qonqa chiqib, giperkalimiya (qonda kaliy ko‘payishi) xavfini keltirib chiqaradi. Shuning uchun yurak faoliyati uchun xavfli bo‘lgan qondagi kaliy miqdorini kamaytirish uchun maxsus preparatlar qo‘llaniladi.

Respirator atsidoz.

Sabablari:

Respirator atsidozning asosiy sababi o‘pkadan karabanat angidridning (CO_2) yetarli darajada chiqarmasligi **(gipoventilatsiya)** hisoblanadi. Bu qonda CO_2 to‘planishi va pH ning pasayishiga olib keladi. Bunga quyidagilar sabab bo‘ladi:

Nuqsonli nafas olish: (masalan, nafas yo‘llarining to‘silishi, COPD, astmaning og‘ir xurujlari, pnevmoniya).

Nafas olish markazining susayishi: Bunga sedativ dorilarning haddan tashqari dozasi, bosh miya jarohatlari yoki ba’zi nevrologik kasalliklar sabab bo‘lishi mumkin.

Nafas muskullarinig charchashi yoki falaji: Ko‘krak qafasining shikastlanishlari yoki mushak kasalliklari natijasida nafas harakatining samaradorli pasayadi.

Davolash usullari: Asosan CO_2 ning o‘pkadan chiqarilishini yaxshilashda qaratilgan:

Nafas olishni yaxshilash: Masalan, kislorod terapiyasi yoki mexanik ventilyatsiya yordamida (nafas berish apparati) yordamida nafas olish hajmi va tezligini oshirish orqali CO_2 chiqarilishini taminlash.

Bronxodilatatorlar: Nafas yo‘llarini kengaytirish, havo oqimida qarshilikni kamaytirish va nafas olishni osonlashtirish uchun qo‘llaniladi.

Mukolitik dorilar: Nafas yo‘lidagi shilliqni suyultirish va chiqarib tashlashni osonlashtirish uchun ishlatiladi, ayniqsa COPD yoki bronxit kabi surunkali kasalliklarda muhimdir.

Alkalozni davolash (qonning ishqoriyligi oshishi).

Alkaloz qonning pH darajasi 7,45 dan yuqori bo‘lganda yuzaga keladi. U metabolik yoki respirator sabablarga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Metabolik alkaloz

Sabablari:

Metabolik alkaloz tanadagi kislatalarning yo‘qolishi yoki bikarbanatning haddan tashqari ko‘payishi natijasida kelib chiqadi:

Qusish oqibatida kislotalilik yo‘qotilishi: Oshqozon kislatasi (xlorid kislata) yo‘qotilishi eng keng tarqalgan sababdir.

Gipokaliemiya (kality yetishmovchligi): Kaliy tanqisligi buyraklar orqali vodorod ionlarining (kislata) ko‘proq chiqarilishiga sabab bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Diuretiklar: Ba’zi turdagi (masalan, Lasix) diuretiklar kaliy va kislatalarning siydik bilan chiqarilishini oshirib, alkalozga olib keladi.

Mineralokortikoidlar ortiqchaligi: Ba’zi kasalliklarda (masalan, giperaldosteronizm) bu gormonlar ta’siri kuchayib, buyraklar kislatalarni ko‘p chiqaradi.

Davolash usullari: Natriy xlorid va kaliy xlorid infuziyasi: Xlorid ionlari yetkazib beriladi, bu buyraklarning bikarbanatini ushlab qolish qobilyatini pasaytiradi va shu bilan qonning ishqoriyligini kamaytiradi. Kaliy xlarid esa gipokalimiyani bartaraf etadi.

Diuretiklarni to‘xtatish yoki moslash: Ishqoriylikni keltirib chiqargan dorilarni kamaytirish yoki ularni bikarbanat miqdoriga tasir qilmaydigan dorilar bilan almashtirish.

Gipovolemiyani bartaraf etish: Organizmdagi suyuqlik yo‘qotilishini tiklash uchun kerakli suyuqlik infuziya orqali qayta tiklanadi.

Respirator alkalozning sabablari:

Bu gipervintilatsiya (tez va chuqur nafas olish) natijasida o‘pkadan karbanat angidiridning (CO_2) me’yoridan ortiqcha chiqarilishi tufayli kelib chiqadi:
Giperhavolatatsiya (tez nafas olish), stress, tashvish (vasovagal reaksiyalar) yoki og‘riq kabi holatlarda yuzaga keladi.

Baland joylarda kislorod yetishmovchiligi: Past parsial bosimdagi kislarodga javoban nafas olish markazi qo‘zg‘aladi.

O‘pka kasalliklari: Pnevmoniya yoki o‘pka emboliyasi kabi holatlarda nafas markazi g‘ayratabiiy qo‘zg‘ladi.

Dorilarning tasiri: Asprin (salitsilatlar) bilan zaharlanish nafas markazini bevosita qo‘zg‘atishi mumkin.

Davolash usullari:

Davolash usullari asosan CO_2 miqdorini normallashtirishga qaratilgan:

Nafas olishni nazorat qilish: Nafas olish tezligini sekinlashtirish yoki maxsus moslamalar (masalan, nafas olish apparati sozlamalarini o‘zgartirish) yordamida normallashtirish. Agar sabab tashvish bo‘lsa, tinchlantiruvchi muolajalar qo‘llaniladi.

CO_2 darajasini oshirish: Qonda uglerod dioksid miqdorini oshirish uchun maxsus usullar qo‘llaniladi, masalan, bemorni CO_2 ni qaytarish maqsadida qog‘oz xaltaga nafas olishga undashi kabi.

Xulosa**:** Kislota-asos muvozanati organizmning ichki muhiti doimiyligini (gomeostaz) ta’minlovchi eng muhim ko‘rsatkichlardan biridir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki:

ISSN 3030-3907

1. **Izogidriya barqarorligi:** Vodorod ionlari konsentratsiyasining qat'iy me'yorda saqlanishi barcha biokimyoviy fermentativ jarayonlarning normal kechishi uchun fundamental asosdir.

2. **Bufer tizimlarning universalligi:** Organizmda mavjud bo‘lgan uchta asosiy bufer guruhlari kislota va ishqorlarning keskin o‘zgarishlarini neytrallashda birinchi darajali himoya vazifasini o‘taydi.

3. **Klinik ahamiyati:** Atsidoz va alkaloz holatlarini, ularning paydo bo‘lish mexanizmlariga ko‘ra (respirator yoki metabolik) to‘g‘ri tasniflash, tibbiyot amaliyotida diagnostika va davolash strategiyasini belgilashda muhim ahamiyatga ega.

Organizmning asosiy himoya mexanizmlari bo‘lgan bufer tizimlarining (kuchsiz kislota va asoslar hamda ularning tuzlari) tasnifi va ishlash prinsiplari batafsil bayon etilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. D.S. Xaydarova , U.N. Mavlyanova “Karbonsuvlar almashinuvi, suv- elektrolit balansi va kislota-asos muvozanatining buzilishi” B.72-87.
2. Tibbiy kimyo: Darslik. Alimxodjayeva N.T., Tadjiyeva X.S. / O‘zR Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi. – T.: “Ijodprint” nashriyoti, 2019. https://mt.sammu.uz/mod/resource/view.php?id=455729
3. Tibbiy kimyo I-II tom [Matn]: darslik. / A.D.Djurayey, U.A.Baltabayev. - Toshkent: <O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2018 https://mt.sammu.uz/mod/resource/view.php?id=502932
4. John E. Hall.“Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology”. 13th Edition. Philadelphia: Elsevier, 2016.
5. Olimxo‘jaeva N.T. Bioanorganik va fizkolloid kimyo. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent. 2005 y. https://e-library.sammu.uz/ru
6. Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. – 2020. – N .2. -C. 23-30.
7. Fayzullayev N. I., Karjavov A.R., Yusupova S. S. Catalytic Synthesis of Acetone Direct Acetylene Hydration // International journal of Advanced Science and Technology . – 2020 .- T.29. – N.05.- C 4507-4514.
8. Karjavov A. R., Fayzullaev N. Study of the kinetics and mechanism of the reaction of the catalytic hydrochloration of acytylene// AIP Conference proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. -T.3045. – N. 1.-C.060046.
9. Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration. (2020),2, Number 440 (2020,),23-30 (Электронный ресурс).

ISSN 3030-3907

10. Karjavov A.R., Fayzullayev N. Determination of technological parameters of producing vinylchloride from from acetylene // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC ,2024.- T.3045. -N. 1.- C.060045.
11. Karjavov A., Fayzullayev N.,Baykulov A. Production of acetone by catalytic hydration of acetylene // E3S Web of Conference . -EDP Science ,2023. -T .389.- C.01046

ISSN 3030-3907

RYUKZAK MASALASINI DINAMIK DASTURLASH YORDAMIDA SAMARALI YECHISH ALGORITMLARI VA OPTIMAL KO‘YLAK TO‘PLAMINI ANIQLASH

Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna
Farg‘ona davlat universiteti dotsenti, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
E-mail: mamatova.zilolakhon@gmail.com
Orcid: 0009-0009-9247-3510
Mamasiddiqova Sarvinoz Dilshod qizi
Farg‘ona davlat universiteti talabasi
E-mail: sarvinozmamasiddiqova39@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada kombinatorial optimallashtirish sohasidagi muhim masalalardan biri - ryugzak masalasi ko‘rib chiqiladi. Masala amaliy vaziyat asosida shakllantirilib, cheklangan sig‘im sharoitida maksimal qiymatni aniqlash maqsad qilingan. Har bir elementning og‘irligi va qiymati berilgan holda, optimal tanlovni topish uchun dinamik dasturlash usuli qo‘llanilgan. Rekurrent tenglamalar asosida hisoblash jarayoni bosqichma-bosqich amalga oshirilgan va natijada eng yuqori daromad beruvchi optimal yechim aniqlangan.

Kalit so‘zlar: ryugzak masalasi, dinamik dasturlash, optimallashtirish, rekurrent tenglama, maksimal qiymat, algoritm, kombinatorial masala.

Annotation. This article examines one of the classical problems in combinatorial optimization - the knapsack problem. The problem is formulated based on a practical scenario where the objective is to maximize total value under limited capacity constraints. Given the weights and values of items, the optimal solution is determined using the dynamic programming approach. The solution process is carried out step by step using recursive relations, and the final result identifies the optimal combination that yields the maximum profit.

Keywords: knapsack problem, dynamic programming, optimization, recursive equation, maximum value, algorithm, combinatorial problem.

Аннотация. В данной статье рассматривается одна из классических задач комбинаторной оптимизации - задача о рюкзаке. Задача формулируется на основе практической ситуации, где требуется максимизировать суммарную стоимость при ограниченной вместимости. При заданных значениях веса и стоимости элементов оптимальное решение находится с использованием метода динамического программирования. Процесс решения выполняется поэтапно на основе рекуррентных соотношений, в результате чего определяется оптимальный набор, обеспечивающий максимальную прибыль.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: задача о рюкзаке, динамическое программирование, оптимизация, рекуррентное уравнение, максимальное значение, алгоритм, комбинаторная задача.

KIRISH.

Optimallashtirish masalalari zamonaviy iqtisodiyot, logistika va biznesda muhim o‘rin tutadi. Ayniqsa, cheklangan resurslar sharoitida maksimal foyda olish muammosi kundalik hayotda keng uchraydi. Ryugzak masalasi (Knapsack Problem) shunday masalalar sinfiga kiradi: berilgan og‘irlik chegarasi doirasida qiymatlar yig‘indisini maksimallashtirishni talab etadi.

Ushbu maqolada quyidagi amaliy vaziyat ko‘rib chiqiladi: savdogar chet eldan ayollar uchun mo‘ljallangan 10 ta xorijiy brend ko‘ylaklarni tanlashi lozim. Har bir brendning narxi va og‘irligi ma’lum, ryugzakning sig‘imi esa W = 10 kg bilan cheklangan. Masala dinamik dasturlash algoritmidan foydalanib, qadam-baqadam yechish yo‘li ko‘rsatiladi.

Dinamik dasturlash - murakkab masalani kichik qismlarga bo‘lib, har bir qismning yechimini jadvalda saqlash orqali umumiy optimal yechimni topish usulidir. Bu metod 1950-yillarda Richard Bellman tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, bugungi kunda keng qo‘llaniladi.

Ryugzak masalasining matematik shakllanishi: n ta buyum berilgan bo‘lib, i-buyumning og‘irligi a_i va qiymati C_i bo‘lsin. Ryugzakning sig‘imi W bilan cheklangan. $x_i \in \{0,1,2,...\}$ buyumning olingan soni bo‘lsa, masala quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$Z = \Sigma\, C_i \cdot x_i \;\rightarrow\; \max$$

$$\Sigma\, a_i \cdot x_i \le W, \quad x_i \ge 0, \quad x_i \text{ — butun son}$$

Dinamik dasturlash yordamida $\varphi_k(y)$ kiritiladi — k ta buyum ichidan y og‘irlik chegarasida olinadigan maksimal qiymat. Rekurrent tenglama:

$$\varphi_k(y) = \max \{\, \varphi_{k-1}(y) ;\; \varphi_k(y - a_k) + C_k \,\}, \quad y \ge a_k$$

$$\varphi_k(y) = \varphi_{k-1}(y), \quad y < a_k$$

Boshlang‘ich shart: $\varphi_1(y) = C_1 \cdot \lfloor y / a_1 \rfloor$, $y = 1, 2, \ldots, W$.

Indeks funksiyasi i(k; y) — y og‘irlik va k-qadam uchun qaysi brend tanlanganini ko‘rsatadi:

$$i(k; y) = k, \quad agar\ \varphi_k(y - a_k) + C_k \ge \varphi_{k-1}(y)$$

$$i(k; y) = i(k-1; y),$$

aks holda

Optimal yechimni tiklash: i(n; W) dan boshlab i(k; $y-a_k$) ga o‘tib, i(k;y)=0 bo‘lguncha davom etiladi.

ISSN 3030-3907

Masala. Savdogar chet eldan quyidagi 10 ta brend ayollar ko‘ylaklaridan olib kelishi mumkin. Ryugzak sig‘imi W = 10 kg. Maqsad - umumiy qiymatni maksimallashtirish.

1-jadval.

Ko‘ylak brendlari va ularning parametrlari

№	Brend nomi	C_i (narx, $)	a_i (og‘irlik, kg)	Turi
1	Chanel	9,000	8	Ko‘ylak
2	Dior	6,000	6	Ko‘ylak
3	Gucci	5,000	7	Ko‘ylak
4	Valentino	7,000	5	Ko‘ylak
5	Saint Laurent	4,000	4	Ko‘ylak
6	The Row	6,000	3	Ko‘ylak
7	Max Mara	3,000	6	Ko‘ylak
8	Brunello Cucinelli	8,000	2	Ko‘ylak
9	Maje	550	10	Ko‘ylak
10	Sandro	600	15	Ko‘ylak

Yechish.Quyida har bir k = 1, 2, …, 10 qadam uchun $\varphi_k(y)$ va i(k;y) funksiyalari y = 1, 2, …, 10 uchun ketma-ket hisoblanadi. Rekurrent tenglama asosida oldingi qadam qiymatlari ishlatiladi.

[k = 1] bo‘lganda $\varphi_1(y)$ ni hisoblash ($C_1 = 9000, a_1 = 8$)

$\varphi_1(y) = C_1 \cdot \lfloor y / a_1 \rfloor = 9000 \cdot \lfloor y / 8 \rfloor$

$\varphi_1(1) = 9000 \cdot \lfloor 1/8 \rfloor = 0$

$\varphi_1(7) = 9000 \cdot \lfloor 7/8 \rfloor = 0$

$\varphi_1(8) = 9000 \cdot \lfloor 8/8 \rfloor = 9000$

$\varphi_1(9) = 9000 \cdot \lfloor 9/8 \rfloor = 9000$

$\varphi_1(10) = 9000 \cdot \lfloor 10/8 \rfloor = 9000$

[k = 1] bo‘lganda $i_1(y)$ ni hisoblash

i(1; 1) = 0, i(1; 2) = 0 …

i(1; 8) = 1, i(1; 9) = 1, i(1; 10) = 1

[k = 2] bo‘lganda $\varphi_2(y)$ ni hisoblash ($C_2 = 6000, a_2 = 6$)

$\varphi_2(y) = \max \{ \varphi_1(y) ; \varphi_2(y - 6) + 6000 \}$

$\varphi_2(1) = \max(\varphi_1(1), \varphi_2(1-6)+6000) = 0$

$\varphi_2(2) = \max(\varphi_1(2), \varphi_2(2-6)+6000) = 0$

ISSN 3030-3907

$\varphi_2(5) = \max(\varphi_1(5), \varphi_2(5-6)+6000) = 0$

$\varphi_2(6) = \max(\varphi_1(6), \varphi_2(6-6)+6000) = 6000$

$\varphi_2(7) = \max(\varphi_1(7), \varphi_2(7-6)+6000) = 6000$

$\varphi_2(8) = \max(\varphi_1(8), \varphi_2(8-6)+6000) = 9000$

$\varphi_2(9) = \max(\varphi_1(9), \varphi_2(9-6)+6000) = 9000$

$\varphi_2(10) = \max(\varphi_1(10), \varphi_2(10-6)+6000) = 9000$

[k = 2] bo‘lganda i(1; y) ni hisoblash

$\varphi_2(1-8)+9000 < \varphi_1(1) \Rightarrow i(1;1) = 0$

$\varphi_2(2-8)+9000 < \varphi_1(2) \Rightarrow i(1;2) = 0$

$\varphi_2(7-8)+9000 < \varphi_1(7) \Rightarrow i(1;7) = 0$

$\varphi_2(8-8)+9000 \geq \varphi_1(8) \Rightarrow i(1;8) = 2$

$\varphi_2(9-8)+9000 \geq \varphi_1(9) \Rightarrow i(1;9) = 2$

$\varphi_2(10-8)+9000 \geq \varphi_1(10) \Rightarrow i(1;10) = 2$

[k = 3] bo‘lganda $\varphi_3(y)$ nihisoblash ($C_3 = 5000, a_3 = 7$)

$\varphi_3(y) = \max \{ \varphi_2(y) ; \varphi_3(y-7) + 5000 \}$

$\varphi_3(1) = 0, \quad \varphi_3(2) = 0, \quad \varphi_3(3) = 0, \quad \varphi_3(4) = 0$

$\varphi_3(5) = \max(\varphi_2(5), \varphi_3(5-7)+5000) = 6000$

$\varphi_3(6) = \max(\varphi_2(6), \varphi_3(6-7)+5000) = 6000$

$\varphi_3(7) = \max(\varphi_2(7), \varphi_3(7-7)+5000) = 6000$

$\varphi_3(8) = \max(\varphi_2(8), \varphi_3(8-7)+5000) = 9000$

$\varphi_3(9) = \max(\varphi_2(9), \varphi_3(9-7)+5000) = 9000$

$\varphi_3(10) = \max(\varphi_2(10), \varphi_3(10-7)+5000) = 9000$

[k = 3] bo‘lganda i(2; y) ni hisoblash

$\varphi_3(1-7)+5000 < \varphi_2(1) \Rightarrow i(2;1) = 0$

$\varphi_3(2-7)+5000 < \varphi_2(2) \Rightarrow i(2;2) = 0$

$\varphi_3(3-7)+5000 < \varphi_2(3) \Rightarrow i(2;3) = 0$

$\varphi_3(4-7)+5000 < \varphi_2(4) \Rightarrow i(2;4) = 0$

$\varphi_3(5-7)+5000 < \varphi_2(5) \Rightarrow i(2;5) = 0$

$\varphi_3(6-7)+5000 < \varphi_2(6) \Rightarrow i(2;6) = 0$

$\varphi_3(7-7)+5000 < \varphi_2(7) \Rightarrow i(2;7) = 0$

$\varphi_3(8-7)+5000 < \varphi_2(8) \Rightarrow i(2;8) = 2$

$\varphi_3(9-7)+5000 < \varphi_2(9) \Rightarrow i(2;9) = 2$

$\varphi_3(10-7)+5000 < \varphi_2(10) \Rightarrow i(2;10) = 2$

[k = 4] bo‘lganda $\varphi_4(y)$ ni hisoblash ($C_4 = 7000, a_4 = 5$)

$\varphi_4(y) = \max \{ \varphi_3(y) ; \varphi_4(y-5) + 7000 \}$

$\varphi_4(1)=0, \quad \varphi_4(2)=0, \quad \varphi_4(3)=0, \quad \varphi_4(4)=0$

$\varphi_4(5) = \max(\varphi_3(5), \varphi_4(5-5)+7000) = 7000$

$\varphi_4(6) = \max(\varphi_3(6), \varphi_4(6-5)+7000) = 7000$

ISSN 3030-3907

$\varphi_4(7) = \max(\varphi_3(7), \varphi_4(7-5)+7000) = 7000$

$\varphi_4(8) = \max(\varphi_3(8), \varphi_4(8-5)+7000) = 9000$

$\varphi_4(9) = \max(\varphi_3(9), \varphi_4(9-5)+7000) = 9000$

$\varphi_4(10) = \max(\varphi_3(10), \varphi_4(10-5)+7000) = 14000$

[k = 4] bo‘lganda i(3; y) ni hisoblash

$\varphi_4(1-5)+7000 < \varphi_3(1) \Rightarrow i(3;1) = 0$

$\varphi_4(2-5)+7000 < \varphi_3(2) \Rightarrow i(3;2) = 0$

$\varphi_4(3-5)+7000 < \varphi_3(3) \Rightarrow i(3;3) = 0$

$\varphi_4(4-5)+7000 < \varphi_3(4) \Rightarrow i(3;4) = 0$

$\varphi_4(5-5)+7000 \geq \varphi_3(5) \Rightarrow i(3;5) = 3$

$\varphi_4(6-5)+7000 \geq \varphi_3(6) \Rightarrow i(3;6) = 3$

$\varphi_4(7-5)+7000 \geq \varphi_3(7) \Rightarrow i(3;7) = 3$

$\varphi_4(8-5)+7000 < \varphi_3(8) \Rightarrow i(3;8) = 2$

$\varphi_4(9-5)+7000 < \varphi_3(9) \Rightarrow i(3;9) = 2$

$\varphi_4(10-5)+7000 \geq \varphi_3(10) \Rightarrow i(3;10) = 3$

[k = 5] bo‘lganda $\varphi_5(y)$ ni hisoblash ($C_5 = 4000$, $a_5 = 4$)

$\varphi_5(y) = \max \{ \varphi_4(y) ; \varphi_5(y-4) + 4000 \}$

$\varphi_5(1)=0, \varphi_5(2)=0, \varphi_5(3)=0$

$\varphi_5(4) = \max(\varphi_4(4), \varphi_5(4-4)+4000) = 4000$

$\varphi_5(5) = \max(\varphi_4(5), \varphi_5(5-4)+4000) = 7000$

$\varphi_5(6) = \max(\varphi_4(6), \varphi_5(6-4)+4000) = 7000$

$\varphi_5(7) = \max(\varphi_4(7), \varphi_5(7-4)+4000) = 7000$

$\varphi_5(8) = \max(\varphi_4(8), \varphi_5(8-4)+4000) = 9000$

$\varphi_5(9) = \max(\varphi_4(9), \varphi_5(9-4)+4000) = 11000$

$\varphi_5(10) = \max(\varphi_4(10), \varphi_5(10-4)+4000) = 14000$

[k = 5] bo‘lganda i(4; y) ni hisoblash

$\varphi_5(1-4)+4000 < \varphi_4(1) \Rightarrow i(4;1) = 0$

$\varphi_5(2-4)+4000 < \varphi_4(2) \Rightarrow i(4;2) = 0$

$\varphi_5(3-4)+4000 < \varphi_4(3) \Rightarrow i(4;3) = 0$

$\varphi_5(4-4)+4000 \geq \varphi_4(4) \Rightarrow i(4;4) = 5$

$\varphi_5(5-4)+4000 < \varphi_4(5) \Rightarrow i(4;5) = 3$

$\varphi_5(6-4)+4000 < \varphi_4(6) \Rightarrow i(4;6) = 3$

$\varphi_5(7-4)+4000 < \varphi_4(7) \Rightarrow i(4;7) = 3$

$\varphi_5(8-4)+4000 < \varphi_4(8) \Rightarrow i(4;8) = 2$

$\varphi_5(9-4)+4000 \geq \varphi_4(9) \Rightarrow i(4;9) = 5$

$\varphi_5(10-4)+4000 < \varphi_4(10) \Rightarrow i(4;10) = 3$

[k = 6] bo‘lganda $\varphi_6(y)$ ni hisoblash ($C_6 = 6000$, $a_6 = 3$)

$\varphi_6(y) = \max \{ \varphi_5(y) ; \varphi_6(y-3) + 6000 \}$

ISSN 3030-3907

$\varphi_6(1)=0,\ \varphi_6(2)=0$

$\varphi_6(3) = \max(\varphi_5(3), \varphi_6(3-3)+6000) = 6000$

$\varphi_6(4) = \max(\varphi_5(4), \varphi_6(4-3)+6000) = 6000$

$\varphi_6(5) = \max(\varphi_5(5), \varphi_6(5-3)+6000) = 7000$

$\varphi_6(6) = \max(\varphi_5(6), \varphi_6(6-3)+6000) = 12000$

$\varphi_6(7) = \max(\varphi_5(7), \varphi_6(7-3)+6000) = 12000$

$\varphi_6(8) = \max(\varphi_5(8), \varphi_6(8-3)+6000) = 13000$

$\varphi_6(9) = \max(\varphi_5(9), \varphi_6(9-3)+6000) = 18000$

$\varphi_6(10) = \max(\varphi_5(10), \varphi_6(10-3)+6000) = 18000$

[k = 6] bo‘lganda i(5; y) ni hisoblash

$\varphi_6(1-3)+6000 < \varphi_5(1) \implies i(5;1) = 0$

$\varphi_6(2-3)+6000 < \varphi_5(2) \implies i(5;2) = 0$

$\varphi_6(3-3)+6000 \geq \varphi_5(3) \implies i(5;3) = 6$

$\varphi_6(4-3)+6000 \geq \varphi_5(4) \implies i(5;4) = 6$

$\varphi_6(5-3)+6000 < \varphi_5(5) \implies i(5;5) = 3$

$\varphi_6(6-3)+6000 \geq \varphi_5(6) \implies i(5;6) = 6$

$\varphi_6(7-3)+6000 \geq \varphi_5(7) \implies i(5;7) = 6$

$\varphi_6(8-3)+6000 \geq \varphi_5(8) \implies i(5;8) = 6$

$\varphi_6(9-3)+6000 \geq \varphi_5(9) \implies i(5;9) = 6$

$\varphi_6(10-3)+6000 \geq \varphi_5(10) \implies i(5;10) = 6$

[k = 7] bo‘lganda $\varphi_7(y)$ ni hisoblash ($C_7 = 3000$, $a_7 = 6$)

$\varphi_7(y) = \max \{ \varphi_6(y) ;\ \varphi_7(y - 6) + 3000 \}$

$\varphi_7(1)=0,\ \varphi_7(2)=0$

$\varphi_7(3) = \max(\varphi_6(3), \varphi_7(3-6)+3000) = 6000$

$\varphi_7(4) = \max(\varphi_6(4), \varphi_7(4-6)+3000) = 6000$

$\varphi_7(5) = \max(\varphi_6(5), \varphi_7(5-6)+3000) = 7000$

$\varphi_7(6) = \max(\varphi_6(6), \varphi_7(6-6)+3000) = 12000$

$\varphi_7(7) = \max(\varphi_6(7), \varphi_7(7-6)+3000) = 12000$

$\varphi_7(8) = \max(\varphi_6(8), \varphi_7(8-6)+3000) = 13000$

$\varphi_7(9) = \max(\varphi_6(9), \varphi_7(9-6)+3000) = 18000$

$\varphi_7(10) = \max(\varphi_6(10), \varphi_7(10-6)+3000) = 18000$

[k = 7] bo‘lganda i(6; y) ni hisoblash

$\varphi_7(1-6)+3000 < \varphi_6(1) \implies i(6;1) = 0$

$\varphi_7(2-6)+3000 < \varphi_6(2) \implies i(6;2) = 0$

$\varphi_7(3-6)+3000 < \varphi_6(3) \implies i(6;3) = 6$

$\varphi_7(4-6)+3000 < \varphi_6(4) \implies i(6;4) = 6$

$\varphi_7(5-6)+3000 < \varphi_6(5) \implies i(6;5) = 3$

$\varphi_7(6-6)+3000 < \varphi_6(6) \implies i(6;6) = 6$

ISSN 3030-3907

$\varphi_7(7-6)+3000 < \varphi_6(7) \implies i(6;7) = 6$

$\varphi_7(8-6)+3000 < \varphi_6(8) \implies i(6;8) = 6$

$\varphi_7(9-6)+3000 < \varphi_6(9) \implies i(6;9) = 6$

$\varphi_7(10-6)+3000 < \varphi_6(10) \implies i(6;10) = 6$

[k = 8] bo‘lganda $\varphi_8(y)$ ni hisoblash ($C_8 = 8000$, $a_8 = 2$)

$\varphi_8(y) = \max \{ \varphi_7(y) ; \varphi_8(y-2) + 8000 \}$

$\varphi_8(1) = \max(\varphi_7(1), \varphi_8(1-2)+8000) = 0$

$\varphi_8(2) = \max(\varphi_7(2), \varphi_8(2-2)+8000) = 8000$

$\varphi_8(3) = \max(\varphi_7(3), \varphi_8(3-2)+8000) = 8000$

$\varphi_8(4) = \max(\varphi_7(4), \varphi_8(4-2)+8000) = 16000$

$\varphi_8(5) = \max(\varphi_7(5), \varphi_8(5-2)+8000) = 16000$

$\varphi_8(6) = \max(\varphi_7(6), \varphi_8(6-2)+8000) = 24000$

$\varphi_8(7) = \max(\varphi_7(7), \varphi_8(7-2)+8000) = 24000$

$\varphi_8(8) = \max(\varphi_7(8), \varphi_8(8-2)+8000) = 32000$

$\varphi_8(9) = \max(\varphi_7(9), \varphi_8(9-2)+8000) = 32000$

$\varphi_8(10) = \max(\varphi_7(10), \varphi_8(10-2)+8000) = 40000$

[k = 8] bo‘lganda i(7; y) ni hisoblash

$\varphi_8(1-2)+8000 < \varphi_7(1) \implies i(7;1) = 0$

$\varphi_8(2-2)+8000 \geq \varphi_7(2) \implies i(7;2) = 8$

$\varphi_8(3-2)+8000 \geq \varphi_7(3) \implies i(7;3) = 8$

$\varphi_8(4-2)+8000 \geq \varphi_7(4) \implies i(7;4) = 8$

$\varphi_8(5-2)+8000 \geq \varphi_7(5) \implies i(7;5) = 8$

$\varphi_8(6-2)+8000 \geq \varphi_7(6) \implies i(7;6) = 8$

$\varphi_8(7-2)+8000 \geq \varphi_7(7) \implies i(7;7) = 8$

$\varphi_8(8-2)+8000 \geq \varphi_7(8) \implies i(7;8) = 8$

$\varphi_8(9-2)+8000 \geq \varphi_7(9) \implies i(7;9) = 8$

$\varphi_8(10-2)+8000 \geq \varphi_7(10) \implies i(7;10) = 8$

[k = 9] bo‘lganda $\varphi_9(y)$ ni hisoblash ($C_9 = 550$, $a_9 = 10$)

$\varphi_9(y) = \max \{ \varphi_8(y) ; \varphi_9(y-10) + 550 \}$

$\varphi_9(1) = 0$, $\varphi_9(2) = 8000$, $\varphi_9(3) = 8000$

$\varphi_9(4) = 16000$, $\varphi_9(5) = 16000$, $\varphi_9(6) = 24000$

$\varphi_9(7) = 24000$, $\varphi_9(8) = 32000$, $\varphi_9(9) = 32000$

$\varphi_9(10) = \max(\varphi_8(10), \varphi_9(10-10)+550) = 40000$ ✓

[k = 9] bo‘lganda i(8; y) ni hisoblash

$\varphi_9(1-10)+550 < \varphi_8(1) \implies i(8;1) = 0$

$\varphi_9(2-10)+550 < \varphi_8(2) \implies i(8;2) = 8$

$i(8;3) = 8$, $i(8;4) = 8$, $i(8;5) = 8$

$i(8;6) = 8$, $i(8;7) = 8$, $i(8;8) = 8$

ISSN 3030-3907

$i(8;9) = 8$, $i(8;10) = 8$ (Maje $\varphi_9(0)+550 \le \varphi_8(10)$)

[k = 10] bo‘lganda $\varphi_{10}(y)$ ni hisoblash ($C_{10} = 600$, $a_{10} = 15$)

$\varphi_{10}(y) = \max \{ \varphi_9(y) ; \varphi_{10}(y - 15) + 600 \}$

$a_{10} = 15 > W = 10$ bo‘lgani uchun Sandro hech qachon tanlanmaydi

$\varphi_{10}(y) = \varphi_9(y)$ barcha y uchun

$\varphi_{10}(1)=0$, $\varphi_{10}(2)=8000$, $\varphi_{10}(3)=8000$, $\varphi_{10}(4)=16000$

$\varphi_{10}(5)=16000$, $\varphi_{10}(6)=24000$, $\varphi_{10}(7)=24000$

$\varphi_{10}(8)=32000$, $\varphi_{10}(9)=32000$, $\varphi_{10}(10)=40000$

[k = 10] bo‘lganda i(9; y) ni hisoblash

$\varphi_{10}(1-15)+600 < \varphi_9(1) \implies i(9;1) = 0$

$\varphi_{10}(2-15)+600 < \varphi_9(2) \implies i(9;2) = 8$

$\varphi_{10}(3-15)+600 < \varphi_9(3) \implies i(9;3) = 8$

$i(9;4) = 8$, $i(9;5) = 8$, $i(9;6) = 8$

$i(9;7) = 8$, $i(9;8) = 8$, $i(9;9) = 8$, $i(9;10) = 8$

Optimal yechimni tiklash (Backtracking)

$\varphi_{10}(10) = 40\,000 \implies i(10;10) = 8 \implies x_8 = 1$ (Brunello Cucinelli)

$i(10;\ 10-a_8) = i(10;\ 8) = 8 \implies x_8 = 2$

$i(10;\ 8-2) = i(10;\ 6) = 8 \implies x_8 = 3$

$i(10;\ 6-2) = i(10;\ 4) = 8 \implies x_8 = 4$

$i(10;\ 4-2) = i(10;\ 2) = 8 \implies x_8 = 5$

$i(10;\ 2-2) = i(1;\ 0) = 0 \implies$ to‘xtash

$Z_{max} = C_8 \cdot x_8 = 8000 \cdot 5 = 40\,000$ $

2-jadval.

$\varphi_k(y)$ — maksimal qiymat funksiyasi jadvali ($)

k \ y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	9,000	9,000	9,000
2	0	0	0	0	0	6,000	6,000	9,000	9,000	9,000
3	0	0	0	0	0	6,000	6,000	9,000	9,000	9,000
4	0	0	0	0	7,000	7,000	7,000	9,000	9,000	14,000
5	0	0	0	4,000	7,000	7,000	7,000	9,000	11,000	14,000
6	0	0	6,000	6,000	7,000	12,000	12,000	13,000	18,000	18,000
7	0	0	6,000	6,000	7,000	12,000	12,000	13,000	18,000	18,000
8	0	8,000	8,000	16,000	16,000	24,000	24,000	32,000	32,000	40,000

ISSN 3030-3907

9	0	8,000	8,000	16,000	16,000	24,000	24,000	32,000	32,000	40,000
10	0	8,000	8,000	16,000	16,000	24,000	24,000	32,000	32,000	40,000

3-jadval.

i(k;y) — indeks funksiyasi jadvali

k \ y	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
3	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
4	0	0	0	0	3	3	3	2	2	3
5	0	0	0	5	3	3	3	2	5	3
6	0	0	6	6	3	6	6	6	6	6
7	0	0	6	6	3	6	6	6	6	6
8	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8
10	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8

OPTIMAL YECHIM.$\varphi_{10}(10)$ = 40 000 $ -bu maksimal daromad. i(10;10) = 8, demak Brunello Cucinelli brendi tanlangan.

Yechimni tiklash ketma-ketligi:

$i(10;10)=8 \rightarrow x_8=1$; $i(10;8)=8 \rightarrow x_8=2$; $i(10;6)=8 \rightarrow x_8=3$; $i(10;4)=8 \rightarrow x_8=4$;

$i(10;2)=8 \rightarrow x_8=5$; $i(1;0)=0 \rightarrow$ to‘xtash.

$$\mathbf{Z_max = C_8 \cdot x_8 = 8000 \cdot 5 = 40\ 000\ so‘m}$$

XULOSA. Ryugzak sig‘imi 10 kg bo‘lganda, eng optimal variant — Brunello Cucinelli brendidan 5 ta ko‘ylak olish (har biri 2 kg, jami 10 kg, umumiy narxi 40 000 $). Boshqa brendlarning narx/og‘irlik nisbati bu ko‘rsatkichga yetisha olmaydi.

Ushbu maqolada ryugzak masalasi amaliy ko‘ylak savdosi misolida dinamik dasturlash usuli yordamida yechildi. Asosiy natijalar:

1) Rekurrent tenglama asosida 10 qadam davomida $\varphi_k(y)$ va i(k;y) funksiyalari to‘liq hisoblab chiqildi.

2) Optimal yechim — Brunello Cucinelli brendidan 5 ta ko‘ylak (a_8=2 kg, C_8=8000 $).

3) Maksimal umumiy qiymat Z_max = 40 000 $, ryugzak to‘liq to‘ldiriladi (10 kg).

ISSN 3030-3907

4) Dinamik dasturlash metodi murakkab kombinatorial masalalarni samarali yechishga imkon beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bellman R. Dynamic Programming. — Princeton University Press, 1957.
2. Martello S., Toth P. Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations. — Wiley, 1990.
4. Taha H.A. Operations Research: An Introduction. — Pearson, 2017.
5. Korte B., Vygen J. Combinatorial Optimization. — Springer, 2018.

ISSN 3030-3907

JIYDA O‘SIMLIGINING TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI

Erkinova Intizor Jasur qizi
Samaarqand davlat tibbiyot universiteti farmatsiya fakulteti talabasi
Baymurodov Esan Suyunovich
Ilmiy rahbar: Samarqand davlat tibbiyot universiteti farmakognoziya va farmatsevtik texnologiya kafedrasi assistenti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada jiyda o‘simligining tibbiyotdagi ahamiyati ilmiy va amaliy jihatdan batafsil yoritilgan. Unda o‘simligining botanik xususiyatlari, kimyoviy tarkibi hamda tarkibida mavjud bo‘lgan biologik faol moddalar-vitaminlar, flavonoidlar, taninlar va mikroelementlarining inson organizmiga ta’siri tahlil qilingan. Maqolada jiydaning asosiy farmakologik xususiyatlari, jumladan yallig‘lanishga qarshi, antibakterial, antioksidant, qotiruvchi va tinchlantiruvchi ta’sirlari ilmiy asosda bayon etilgan. Shuningdek, uning oshqozon-ichak tizimi, nafas yo‘llari, yurak-qon vaasab tizimi kasalliklarida qo‘llanilishi aniq misollar bilan tushuntirilgan. Bundan tashqari, jiydani amaliyotida qo‘llash usullari- damlama, qaynatma, kukun va tashqi vosita sifatida foydalanish yo‘llari keltirilganhamda uning ehtiyot choralari va qarshi ko‘rsatmalari ko‘rsatib o‘tilgan.

Kalit so‘zlar: dorivor o‘simlik, fitoterapiya, kimyoviy tarkib, flavonoidlar, taninlar, vitaminlar, antioksidantlar, yallig‘lanishga qarshi, antibakterial ta’sir, oshqozon-ichak kasalliklari, diareya, bronxit, yurak-qon tomir tizimi, asab tizimi , damlama, qaynatma, xalq tabobati, farmakologik xususiyatlar.

Аннотация. В данной статье подробно освещено значение растения джийда в медицине с научной и практической точек зрения. Рассмотрены его ботанические особенности, химический состав, а также влияние содержащихся в нём биологически активных веществ — витаминов, флавоноидов, танинов и микроэлементов — на организм человека. В статье научно обоснованы основные фармакологические свойства джийды, включая противовоспалительное, антибактериальное, антиоксидантное, вяжущее и седативное действие. Также приведены конкретные примеры применения растения при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей, сердечно-сосудистой и нервной систем. Кроме того, описаны способы практического применения джийды — в виде настоев, отваров, порошков и наружных средств, а также указаны меры предосторожности и противопоказания.

Ключевые слова: лекарственное растение; фитотерапия; химический состав; флавоноиды; танины; витамины; антиоксиданты; противовоспалительное действие; антибактериальное действие; заболевания

ISSN 3030-3907

желудочно-кишечного тракта; диарея; бронхит; сердечно-сосудистая система; нервная система; настой; отвар; народная медицина; фармакологические свойства.

Abstract. This article provides a detailed scientific and practical overview of the medical significance of the jujube plant. It examines its botanical characteristics, chemical composition, and the effects of biologically active compounds such as vitamins, flavonoids, tannins, and trace elements on the human body. The main pharmacological properties of jujube, including anti-inflammatory, antibacterial, antioxidant, astringent, and sedative effects, are scientifically substantiated. The article also explains its application in the treatment of gastrointestinal, respiratory, cardiovascular, and nervous system diseases with specific examples. In addition, practical methods of using jujube—such as infusions, decoctions, powders, and external applications—are described, along with precautions and contraindications.

Keywords: medicinal plant; phytotherapy; chemical composition; flavonoids; tannins; vitamins; antioxidants; anti-inflammatory effect; antibacterial effect; gastrointestinal diseases; diarrhea; bronchitis; cardiovascular system; nervous system; infusion; decoction; traditional medicine; pharmacological properties.

KIRISH.

Dorivor o‘simliklar inson salomatligini saqlashda va turli kasalliklarni davolashda qadim zamonlardan buyon muhim o‘rin egallab kelmoqda.Shunday dorivor o‘simliklardan biri jiyda bo‘lib, u o‘zining boy kimyoviy tarkibi va keng qamrovli shifobaxsh xususiyatlari bilan ajralib turadi. Jiyda o‘simligi Markaziy Osiyo hududida, jumladan O‘zbekiston sharoitida keng tarqalgan bo‘lib, xalq tabobatida uzoq yillardan beri qo‘llanilib kelinadi. Uning mevasi, bargi va po‘stlog‘i turli kasalliklarni davolashda samarali vosita sifatida ishlatiladi. Ayniqsa, oshqozon-ichak tizimi kasalliklari, nafas yo‘llari muammolari, yurak-qon tomir tizimi buzilishlari hamda asab tizimi kasalliklarida jiydaning ahamiyati katta. Jiyda – jiydadoshlar oilasiga mansub, tarkibida 40-65% qand, oqsil, vitaminlar (B2,B2,P.P,E) va kaliy-fosfor tuzlari mavjud shifobaxsh daraxt yoki buta. Xalq tabobatida meva va barglari ich ketishi, nafas yo‘llari shamollashi va kamqonlikni davolashda,shuningdek, xotirani mustahkamlash uchun damlama sifatida keng qo‘llaniladi.

Jiydaning tarkibi va ozuqaviy qiymati.

Jiyda mevasi nafaqat dorivor, balki yuqori ozuqaviy qiymatga ega bo‘lgan, mahsulot hisoblanadi. Uning tarkibida biologik faol moddalar organizm uchun zarur bo‘lgan ko‘plab funksiyalarni qo‘llab-quvvatlaydi[1].

ISSN 3030-3907

1-Jadval

	Tarkibiy qism	Moddalar/subkom-ponentlar	O‘rtacha miqdori (%)	Organizm uchun foydasi
1	Asosiy oziq moddalar	Uglevod (glyukoza, fruktoza)	40-60%	Asosiy emergiya manbai, mushak va miya faoliyatini qo‘llab-quvvatlaydi.
2		Oqsil	5-10%	Hujayra va to‘qimalar tiklanishi , immunitetni qo‘llab-quvvatlaydi.
3		Yog‘lar	0.5-1%	Energiya manbai, yog‘da eriydigan vitaminlar bilan birga ishlaydi.
4	Vitaminlar	C vitamin(askorbin kislota)	15-20mg /100g	Immunitetni mustahkamlaydi, antioksidant xususiyatga ega.
5		A vitamin(retinol)	200-300IU/ 100g	Ko‘rish , teri va soch sog‘lig‘ini qo‘llab-quvvatlaydi.
6		B guruh vitaminlari (B1,B2,B6)	0.05-0.2mg/ 100g	Asab tizimi va metabolizmni tartibga soladi.
7	Mineral moddalar	Kaliy(K)	200-250mg/ 100g	Yurak faoliyati va qon bosimini me’yorda ushlab turadi.
8		Kalsiy (Ca)	20-30mg/ 100g	Suyak va tish sog‘lig‘i uchun zarur
9		Temir (Fe)	2-3mg/100g	Qon tarkibini yaxshilaydi, kamqonlikni oldini oladi
10		Magniy (Mg)	15-20mg/100g	Mushak va asab faoliyatini qo‘llab-quvvatlaydi.
11	Biologik faol moddalar	Flavonoidlar	0.5-1%	Antioksidant , yallig‘lanishga qarshi ,

ISSN 3030-3907

				qarish jarayonini sekinlashtiradi
12		Taninlar	1-2%	Ich ketishini to‘xtatadi oshqozon-ichak tizimini himoya qiladi.
13		Organik kislotalar	0.5-1%	Hazm jarayonini yaxshilaydi, metabolizmni rag‘batlantiradi.
14		Antioksidant birikmalar		Hujayralarni erkin radikallardan himoya qiladi
15	Qo‘shimcha komponentlar	Tolalar (kletchatka)	5-7%	Hazmni yaxshilaydi, ichak faoliyatini tartibga soladi
16		Pektin moddalar	2-3%	Qon shakarini nazorat qiladi, ichak mikroflorasini qo‘llab-quvvatlaydi.
17		Suv (namlik)	70-75%	Organizm uchun suyuqlik manbai, toksinlarni chiqarishga yordam beradi.

Tibbiyotda qo‘llanilishi.

Jiyda o‘simligi qadimdan xalq tabobatida turli kasalliklarni davolash va sog‘liqni mustahkamlashda ishlatilgan. Uning mevasi, bargi, gullari va po‘stlog‘i tarkibidagi biologik faol moddalar turli organlar va tizimlarga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi[2].

Oshqozon-ichak tizimi kasalliklarida.

Kasalliklar: gastrit, kolit, diareya(ich ketish), oshqozon shilliq qavati yallig‘lanishi

Ta’sir:

*Taninlar ichak devorini qoplaydi, suyuqlik yo‘qotilishini kamaytiradi va diareyani to‘xtatadi.

*Organik kislotalar hazm jarayonini rag‘batlantiradi .

*Flavonoidlar yallig‘lanishga qarshi ta’sir ko‘rsatadi.

Qo‘llash usuli:

*1 osh qoshiq quritilgan jiyda mevasi 200 ml suvda 10-15 daqiqa qaynatiladi. Kuniga 2-3 marta ichiladi.

ISSN 3030-3907

*Ich ketishda jiyda mevasining kukuni 1 choy qoshiqdan qabul qilinadi.
Izoh: Diareya, dispepsiya va oshqozon-ichak diskomfortida samarali vosita hisoblanadi.

Nafas yo‘llari kasalliklarida

Kasalliklar: bronxit, yo‘tal, tomoq yallig‘lanishi
Ta’sir:
*Jiyda ekstrakti yallig‘lanishni kamaytiradi
*Balg‘amni suyultiradi va chiqarishni osonlashtiradi
*Tanadagi infeksion jarayonlarga qarshi tabiiy himoya beradi
Qo‘llash usuli:
*Quritilgan jiyda mevasi va barglar damlab ichiladi(infuz)
*200ml qaynoq suvga 1 osh qoshiq quritilgan meva yoki barg qoyib 20 qaqiqa damlanadi
Izoh: Shamollash, yo‘tal va bronxitda davolashga yordam beradi.

Yurak-qon tomir tizimi kasalliklarida

Kasalliklar: gipertenziya(qon bosimi oshishi), yurak ishemik kasalliklari
Ta’sir:
*Kaliy yurak faoliyatini qo‘llab-quvvatlaydi, qon bosimini me’yorda ushlab turadi
*Antioksidant moddalar yurak mushaklarini erkin radikallar ta’siridan himoya qiladi.
Qo‘llash usuli:
*Meva va po‘stlog‘idan tayyorlangan qaynatmalar va damlamalar ichiladi
*Kuniga 1-2 marta 100-150 ml miqdorda tavsiya qilinadi
Izoh:Yurak faoliyatini yaxshilash va qon bosimini normallashtirishda yordam beriladi.

Asab tizimi va psixologik salomatlikda

Kasalliklar: stress, asabiylik, uyqusizlik
Ta’siri:
*Tabiiy sedativ xususiyat bilan asab tizimini tinchlantiradi.
*B6 vitamini va flavonoidlar asab impulslarini normallashtiradi
*Uyqu sifatini yaxshilaydi
Qo‘llash usuli:
*Jiyda bargi damlamasi yoki qaynatmasi 30 daqiqa damlab ichiladi
*Kuniga 1-2 stakan ichish tavsiya qilinadi
Izoh: Tinchlantiruvchi vosita sifatida xalq tabobatida keng qo‘llaniladi.

Teri kasalliklari va yaralarda

Kasalliklar**:** teri yallig‘lanishlari, kuyishlar, yara va chandiqlar
Ta’siri:

ISSN 3030-3907

*Tanin va flavonoidlar yallig‘lanishni kamaytiradi.
*Po‘stlog‘idan tayyorlangan damlama yaralarni tezroq bitishiga yordam beradi.
Qo‘llash usuli:
*Tashqi kompress sifatida qo‘llanadi
*Yaraga toza damlama surtiladi yoki bandaj ostiga qo‘yiladi
Izoh: Terini himoya qilish va yallig‘lanishni kamaytirishda samarali

Immun tizimini mustahkamlashda

*C vitamini va flavonoidlar immunitetni oshiradi
*Tabiiy antioksidantlar organizmni infeksiyalardan himoya qiladi
Qo‘llash usuli:
* Meva yoki mevaning qaynatmasi muntazam ichiladi.
*Xavfsiz va tabiiy profilaktika vositasi sifatida ishlatiladi.

Jiyda o‘simligi tibbiyotda ko‘p qirrali dorivor vosita sifatida ishlatiladi. Uning farmakologik ta’sir oshqozon- ichak tizimi,nafas yo‘llari, yurak-qon tomir tizimii, asab tizimi va teri kasalliklarida aniq isbotlangan. Shuningdek, immunitetni mustahkamlashda va stressni kamaytirishda foydali. Uning xavfsizligi va fitoterapiyada keng qo‘llash imkonini beradi.

Qo‘llashga qarshi ko‘rsatmalar

Jiyda tabiiy va xavfsiz dorivor vosita bo‘lsa-da, ayrim holatlarda ehtiyotkorlik bilan ishlatilishi kerak. Quyidagi ko‘rsatmalar tibbiyotda muhim hisoblanadi[3].

Allergik reaksiyalar

*Jiyda meva, barg yoki po‘stlog‘iga individual allergiya bo‘lish mumkin.
*Allergiya belgilari: terida toshmalar, qichishish, shishish yoki nafas olish qiyinlashishi.
*Bunday holatlarda darhol foydalanishni to‘xtatishvaa shifokor bilan maslahatlashish zarur.

Oshqozon-ichak tizimi muammolari

*Haddan tashqari iste’mol qilish diareya yoki qabziyatni keltirib chiqarishi mumkin
*Gastrit yoki oshqozon yarasi bor bemorlarda shifokor nazorati ostida ishlatilishi tavsiya qiilinadi.

Homiladorlik va emizish

*Homilador ayollar va emizikli onalar jiydani faqat shifokor tavsiyasi bilan qabul qilishlari kerak.
*Ba’zi komponentlar homila rivojlanishiga ra’sir qilishi yoki allergik reaksiyani kuchaytirishi mumkin.

Bolalarda qo‘llash

ISSN 3030-3907

*Bolalarda dozani diqqat bilan hisoblash kerak.

*Kichik yoshdagi bolalarda haddan tashqari iste'mol oshqozon va ichak muamolarigaa olib kelishi mumkin.

Surunkali kasalliklarr va dorilar bilan muvofiqlik

*Yurak yoki qon bosimi dorilari qabul qilayotgan bemorlar jiydani shifokor bilan maslahatlashmasdan ichmasligi kerak.

*Antikoagulyant (qon suyultiruvchi) dorilar bilan muvofiqligi haqida ehtiyotkorlik zarur.

Jiydani qanday tanlash va saqlash kerak

Rangi: sarg'ish yoki och jigarrang. Quruq, toza va mog'orsiz bo'lishi kerak. Yoqimli hidli, begona hidlarsiz. Juda qattiq yoki nam bo'lmasligi kerak.

Saqlash: Quruq va salqin joyda saqlanadi(10-20 C) .Yopiq idishda(shisha banka yoki mato xalta).Quyosh nuri tushmaydigan joyda. Quritilgan jiyda: 1-2 yilgacha. Yangi jiyda: muzlatkichda 5-7 kun. Sifatli jiyda-quruq, toza va tabiiy ko'rinishda bo'ladi, uni to'g'ri saqlash esa foydali xususiyatlarini saqlab qoladi.

XULOSA.

Jiyda – yuqori ozuqaviy va dorivor qiymatga ega bo'lgan muhim o'simliklardan biridir. Uning tarkibidagi vitaminlar, mineral moddalar, flavonoidlar va taninlar organizmga kompleks ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa jiyda oshqozon-ichak tizimi kasalliklari, nafas yo'llari yallig'lanishlari, yurak-qon tomir muammolari hamda asab tizimi buzilishlarida samarali tabiiy vosita sifatida qo'llaniladi. Shu bilan birga, jiyda immunitetni mustahkamlash, yallig'lanish jarayonlarini kamaytirish va organizmni himoya qilishda ham muhim ahamiyatga ega. Uning tabiiyligi, xavfsizligi va keng qo'llanish imkoniyati uni xalq tabobatida hamda zamonaviy fitoterapiyada qimmatli o'simlik sifatida ajratib turadi. Tog'ri tanlash, saqlash va me'yorida foydalanish jiydaning foydali xususiyatlarini to'liq namoyon etadi. Shu sababli jiyda o'simligini ilmiy asosda o'rganish va amaliy tibbiyotda keng qo'llash istiqbollari yuqori hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Libizov N.I., Zelemenskiy S.E .Sumax skumpiya. M., 1953
2. Mixaylov A.N- Ximiya dubyashix veshestv i protsessov dubleniya. M., 1953
3. Mashkovskiy M.D- Lekarstvennme sredstva.CH.I.i II.M., "Meditsina" 1993
4. Muravyova D.A- Farmakognoeiya.M., "Meditsina", 1991.
5. Xolmatov.X.X., Ahmedov U.A Farmakognoziya. Toshkent, Abu Ali ibn Sino,2005
6. Farmakognoziya asoslari. I-qism: o'quv qo'llanma\.N.D.Kodirov,M.B.Usmonova, G.R.Xasanova,S.M.Olimov.- Samarqand:Tibbiyot Ko'zgusi,2023. -136b

ISSN 3030-3907

7. Farmakognoziya asoslari. I-qism: o‘quv qo‘llanma\.N.D.Kodirov,M.B.Usmonova, G.R.Xasanova,S.M.Olimov.-Samarqand:Tibbiyot Ko‘zgusi,2023. -156b
8. A.A.Sultanov -Fitoterapiya asoslari.Toshkent,2012.
9. N.K.Komilov- Dorivor o‘simliklar va ularning xususiyatlari.Toshkent,2010.
10. Makarchikov,A.F.,Lakaye,B.,Gulyai,I.E.,Czerniecki,J.,Coumans,B.,Wins,P., .& Bettendroff,L.(2003).Thiamine triphosphate and thiamine triphosphatase activities: from bacteria to mammals.Cellular and Molecular Life Sciences CMLS,60,1477-1488
11. Kennedy ,D.O.(2016).B vitaminis and the brain: mechanisms, dose and efficacy-a review.Nutrients,8(2),68.
12. Boymurodov,E.S (2024).Preparation of Raw Materials from Medicinal Plant Parts .Research Journal of Trauma and Disability Studies, 3(2), 114-117.
13. Meliqulov,O.J.,Kodirov,N.D.,&Baymuradov,E.S (2022). 4-xlor-5,6-dimetiltieno (2,3-d) pirimidinning to‘yingan geterosiklik birikmalari bilan reaksiyasi.Ta’lim fidoyilari,18(5), 285-288.
14. Murodovna,J,D.,Ravshanovna,M.U., Azamatovna,F.G.,& Ergashboevna, A.Z (2022). Abu-the role of the teachings of Ali Ibn Sina the upbringing of a harmoniously developed generation.
15. Qodirov, N.D.,Qo‘yliyeva, M.U.,&Baymurodov.E.S(2022). DORILAR HAQIDA TUSHUNCHA, FARMAKOLOGIK XOSSALARI, SAQLASH UCHUN SHAROIT YARATISH USULLARI.Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences,1(8) 580-586.
16. O‘zbekiston Fanlar akademiyasi- Botanika va farmakologiya bo‘yicha ilmiy maqolalar to‘plami
17. Jamoldinovich, Komilov Baxrom va Do‘stmurodova Mashhura Isroilovna. "JIYDA O 'SIMLIGINING KIMYOVIY TARKIBI VA FOYDALI XUSUSIYATLARI." Xalqaro ilmiy jurnal tadqiqot markazining hamkor konferentsiyalari . jild. 1. 2025 yil[1].
18. Norboyeva NZ, Tursunboev XE JIYDA (ELAEAGNUS L.) O‘SIMLIGINING BIOLOGIYASI VA SHIFOBAXSH XUSUSIYATLARI //Konferentsiyalar. – 2025. – T. 1. – No 7. – 155-157-betlar[2].
19. Jovbo‘riyeva, Umidabonu Tohirovna. "SURXON VOHASI FITONIMLARINING LINGVOPOETIK IMKONIYATLARI." ZAMONAVIY FAN VA TA'LIM MUAMMOLARI VA ISHLAB CHIQISHINING FRANCE-ILMIY SHARHI 1.13 (2026): 14-18.[3]

ISSN 3030-3907

4-BUTIL MORFOLINNI MONOXLORSIRKA KISLOTANING NONIL EFIRI BILAN TURLI ERITUVCHILAR MUHITIDAGI SINTEZLARI

A.B. Jumayev
Qarshi davlat universiteti 2-kurs magistranti
N.X. Juraqulova
Qarshi davlat universiteti Noorganik kimyo kafedrasi, dotsenti, (PhD)
E-mail: juraqulova80@mail.ru,

Annotatsiya. Maqolada morfolinni monoxlorsirka kislotasi bilan reaksiyasining muqobil sharoitlarini o‘rganish hamda ularning tuzilishi va xossalarini aniqlashga bag‘ishlangan. Morfolin va monoxlorsirka efir kislotasi o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir reaksiyasi, shuningdek turli erituvchilar (suv, etanol, DMF), ishqoriy muhit (NaOH, K_2CO_3) va fizik ta’sir omillari (harorat, mikroto‘lqinli nurlanish) sharoitida reaksiya jarayoni obyekt qilib olindi. Morfolinning monoxlorsirka kislotasi bilan reaksiyasining muqobil va energiya tejamkor sharoitlari kompleks ravishda o‘rganildi. Reaksiya uchun optimal sharoit (polyar aprotik erituvchi muhit, 80–90°C harorat va K_2CO_3 ishtiroki) aniqlanib, yuqori (94–96%) hosilga erishildi. Mikroto‘lqinli sintez usulida reaksiya vaqti keskin qisqartirilib, energiya sarfi kamaytirildi. Reaksiya kinetikasi o‘rganilib, aktivlanish energiyasi hisoblandi hamda jarayonning SN2 mexanizm asosida borishi tasdiqlandi.

Kalit so‘zlari: Morfolin, monoxlorsirka kislotasi, mikroto‘lqinli sintez, optimal sharoit, aktivlanish energiyasi, SN2 mexanizm.

Аннотация. Статья посвящена изучению альтернативных условий реакции морфолина с монохлоруксусной кислотой и определению их структуры и свойств. В качестве объекта исследования была выбрана реакция взаимодействия морфолина с монохлоруксусной эфирной кислотой, а также процесс реакции в различных растворителях (вода, этанол, ДМФ), щелочной среде (NaOH, K_2CO_3) и физических факторах (температура, микроволновое излучение). Были всесторонне изучены альтернативные и энергосберегающие условия реакции морфолина с монохлоруксусной кислотой. Определены оптимальные условия реакции (полярный апротонный растворитель, температура 80–90 °C и присутствие K_2CO_3), достигнут высокий (94–96%) выход. Метод микроволнового синтеза значительно сократил время реакции и снизил энергопотребление. Изучена кинетика реакции, рассчитана энергия активации, подтверждено протекание процесса по механизму SN2.

Ключевые слова: Морфолин, монохлоруксусная кислота, микроволновой синтез, оптимальные условия, энергия активации, механизм SN2.

ISSN 3030-3907

Abstract. The article is devoted to the study of alternative conditions for the reaction of morpholine with monochloroacetic acid and the determination of their structure and properties. The interaction reaction between morpholine and monochloroacetic ether acid, as well as the reaction process in various solvents (water, ethanol, DMF), alkaline medium (NaOH, K_2CO_3) and physical factors (temperature, microwave radiation) was taken as the object. Alternative and energy-saving conditions for the reaction of morpholine with monochloroacetic acid were comprehensively studied. Optimal conditions for the reaction (polar aprotic solvent medium, temperature 80–90°C and the presence of K_2CO_3) were determined, and a high (94–96%) yield was achieved. The microwave synthesis method significantly reduced the reaction time and reduced energy consumption. The reaction kinetics were studied, the activation energy was calculated, and the process was confirmed to proceed according to the SN2 mechanism.

Keywords: Morpholine, monochloroacetic acid, microwave synthesis, optimal conditions, activation energy, SN2 mechanism

KIRISH.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh. Mirziyoyevning PQ-3983 qarorlarida kimyo tarmog‘ini yanada rivojlantirish va diversifikatsiya qilish, kimyo mahsulotlari ishlab chiqarishning mavjud quvvatlarini modernizatsiya qilish va yangilarini qurish uchun investitsiyalarni jalb qilish hozirgi zamon kimyo sanoatining dolzarb vazifalaridan biri ekanligi alohida ta’kidlangan[1].

Morfolin va uning hosilalari farmatsevtika, organik sintez, korroziya ingibitorlari, sirt faol moddalar hamda turli biologik faol birikmalar sintezida keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, morfolinning galogenli sirka kislotalari bilan reaksiyalari natijasida olingan birikmalar ko‘plab amaliy sohalarda muhim oraliq mahsulotlar sifatida xizmat qiladi. Monoxlorsirka kislotasi esa organik sintezda keng qo‘llaniladigan muhim reagentlardan biri bo‘lib, uning aminlar bilan reaksiyasi orqali turli funksional guruhlarga ega birikmalar olish mumkin.

Jahon amaliyotida uchlamchi aminlarning alkilgalogenidlar bilan reaksiyalari asosida to‘rtlamchi ammoniy tuzlarini olish keng o‘rganilgan bo‘lib, bunday birikmalar qator qishloq xo‘jaligi va kimyo sanoati tizimlarida — gerbitsid, fungitsid, ingibitor va katalizator sifatida muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda.

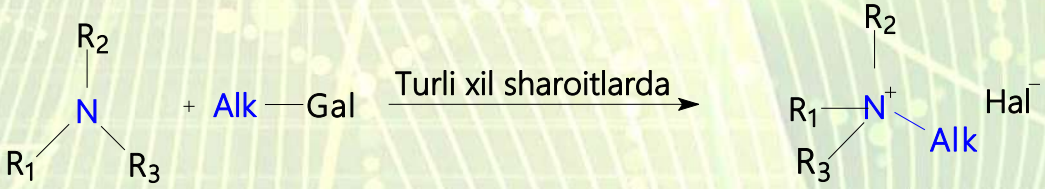
MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI. C–N bog‘ hosil bo‘lishi organik sintezdagi eng muhim transformatsiyalardan biri hisoblanadi. Aminlar erituvchilar, nozik kimyoviy moddalar, agroximikatlar, farmatsevtik preparatlar hamda polimerlanish jarayonlari uchun katalizatorlarni tayyorlashda keng qo‘llaniladigan oraliq moddalar sifatida xizmat qiladi [2]. Birlamchi va ikkilamchi aminlarning alkil galogenidlarga nukleofil hujumi uchlamchi aminlarni olish uchun

ISSN 3030-3907

foydali usul hisoblanadi, biroq bu reaksiya uzoqroq vaqt talab qiladi va natijada ikkilamchi hamda uchlamchi aminlar aralashmasi hosil bo‘ladi[3]. Alkil galogenidlar va aminlar o‘rtasidagi asos (base) ishtirokidagi termik reaksiya ham uzoq vaqt davom etadi hamda kerakli mahsulotlarning past hosildorligi bilan tavsiflanadi [4,5].

Aminobirikmalarni sintez qilish uchun hozirgi vaqtda bir nechta samarali usullar ma’lum bo‘lib, ular orqali birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi aminlarni turli xil galogenalkanlarni ammiak yoki aminlar bilan alkillash orqali olish mumkin. Uchlamchi ammoniy tuzlari esa sanoat jarayonlari va qishloq xo‘jaligida qo‘llaniladigan moddalardan biri hisoblanadi. Ushbu tuzlarni sintez qilishda eng muhim yondashuvlardan biri — uchlamchi aminlarning galogenalkanlar bilan N-alkillanishiga asoslangan Menshutkin reaksiyasidir. Bu reaksiyaning asosiy mexanizmi birinchi marta 1890-yilda rus kimyogari N.A. Menshutkin tomonidan ilmiy jihatdan o‘rganilgan va keyinchalik aynan uning nomi bilan ataladigan jarayon sifatida kimyo adabiyotlariga kirgan .

Menshutkin reaksiyasi organik va bioorganik kimyodagi asosiy SN2 reaksiyalaridan biri bo‘lib, keng o‘rganilgan. Bu reaksiyada reaktantlar neytral, ammo hosil bo‘ladigan ikki mahsulot esa musbat va manfiy zaryadga ega. Ma’lumki, Menshutkin reaksiyasining mexanizmi eritmada gaz fazasidagidan sezilarli farq qiladi, ya’ni yuqori qutblilikka ega erituvchilarda reaksiyaning borishi past qutblilikdagi erituvchilarga qaraganda ancha tezroq kechadi. Ushbu tadqiqotda Menshutkin reaksiyasi ($NH_3 + CH_3Cl \rightarrow [NH_3–CH_3]^+ + Cl^-$) ning suvli eritmadagi mexanizmini chuqur o‘rganish uchun VBPCM yondashuvi qo‘llanildi.



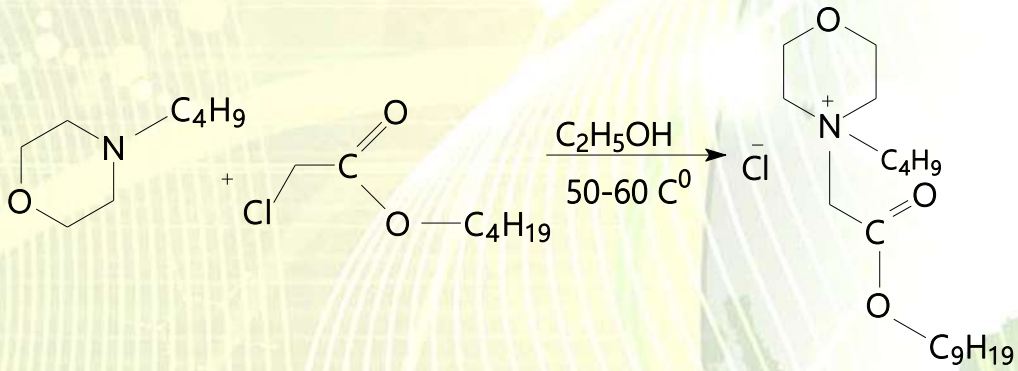
Ushbu reaksiyada Menshutkin reaksiyasidagi reaktant (R), o‘tish holati (TS) va mahsulot (P) ning geometriyalari ko‘rsatilgan. Ma’lum bo‘lishicha, suvli eritmadagi reaktant va mahsulotlarning geometrik parametrlari gaz fazasidagilariga o‘xshash, biroq o‘tish holati (TS) ning geometriyasi gaz fazasidagidan sezilarli darajada farq qiladi. Suvli eritmada TS gaz fazasiga nisbatan ancha erta bosqichda shakllanadi, bu esa termokimyo va Hammond postulatiga to‘la mos keladi [6].

Uchlamchi aminlarning (R_3N) organik sintezdagi ahamiyati shundaki, ular ko‘p funksiyali reagent sifatida nafaqat nukleofil, balki bazik katalizator, fazalararo katalizator, va ion juftlik hosil qiluvchi reagent sifatida ham faoliyat ko‘rsatadi.uchlamchi aminlarning reaksion faolligi bevosita amin azot atomining

ISSN 3030-3907

elektron zichligi va unga birikkan alkil yoki aril guruhlarning elektron beruvchi xususiyatlari bilan belgilanadi.Azotga uchta alkil (yoki aril) guruh birikkanida, bu guruhlarning +I-induktiv effekti natijasida azotdagi elektron juft yanada zichlashadi. Bu, o‘z navbatida, azotni kuchliroq nukleofil yoki bazaga aylantiradi. Reaksiya davomida amin molekulasiga qo‘shimcha alkil yoki aril guruhi birikganda, azot atomi to‘rtinchi substituentni qabul qilib, kvaterner ammoniy kationi – R_4N^+ hosil bo‘ladi. Tadqiqotda qayd etilishicha, mazkur jarayon termoyoqimli (energetik jihatdan qulay) va uchlamchi aminlarning alkillanishga moyilligi ularni turli organik o‘zgarishlarda muhim reagentga aylantiradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. 4-butil-4-(2-(noniloksi)-2-oksoetil) morfolin-4-ium xloridning sintezi:



4-butilmorfolin (5,72 ml, 4,29 g, 0,03 mol) 10 ml etil spirti erituvchisi muhitida nonil-2-xloratsetat (6,125 ml, 6,615 g, 0,03 mol) bilan aralashtirildi. Hosil bo‘lgan reaksion aralashma ma’lum sharoitlarda olib borildi va natijada maqsadli mahsulot yuqori unum bilan hosil bo‘ldi. Reaksiya natijasida olingan birikmaning unumi 91 % ni tashkil etdi.

Hosil bo‘lgan mahsulot yupqa qatlam xromatografiyasi yordamida tahlil qilindi va uning Rf qiymati 0,52 ga teng bo‘lib, erituvchi tizimi sifatida benzol : atseton (2:1) aralashmasi qo‘llanildi. Birikmaning erish harorati 217 °C ni tashkil etdi.

1-jadval.

4-Butil morfolin va xlorsirka kislota efilarining turli erituvchilardagi reaksiya sharoitlari

№	Uchlamchi amin	Xlorsika kislota efirlari	Erituvchilar	Reaksiya vaqti (soat)	Temperatura	Unumi(%)
1	4-Butil morfolin	Nonil 2-xloratsetat	Etilatsetat	3	reflux	52
			Atseton	3	reflux	56
			Etil spirt	3	reflux	91

ISSN 3030-3907

2		Benzil 2-xloratsetat	Etilatsetat	3	reflux	52
			Atseton	3	reflux	54
			Etil spirt	3	reflux	92
3		Pentan-2-il 2-xloratsetat	Etilatsetat	3	reflux	54
			Atseton	3	reflux	52
			Etil spirt	3	reflux	91

TAHLIL VA NATIJALAR. Olingan moddaning tuzilishi spektroskopik usullar (IQ va ^{1}H YaMR spektr), yordamida tasdiqlandi. IQ-spektrda to‘rtlamchi ammoniy guruhiga tegishli ν(R_4N^+) tebranishlari 2440 sm^{-1} sohada, efir guruhiga xos C–O–C bog‘ining tebranishlari 1045 sm^{-1} da hamda karbonil guruhiga xos tebranishlar 1630 sm^{-1} da kuzatildi.

^{1}H YaMR spektrida quyidagi signal qiymatlari qayd etildi: σ=1,98 sm^{-1} (s, 3H, C–CH_3), σ=3,98–3,86 sm^{-1} (t, 2H, CH_3–CH_2–N), σ=4,73–4,75 sm^{-1} (t, O–CH_2–CH_3), shuningdek uzun alkil zanjiriga tegishli proton signallari σ= 1,20–1,40 sm^{-1} oralig‘ida (m, $(–CH_2)_8CH_2$) guruhlariga mos keladi. Bundan tashqari, σ=4,17 sm^{-1} da (t, 4H, J = 6,9 Hz –O–CH_2) hamda σ=1,48 sm^{-1} da (m, 6H, $3CH_2$) proton signallari ham aniqlangan.

XULOSA VA TAKLIFLAR: Qayd etish joizki, monoxloroatsetat efiri miqdorini yanada oshirish (masalan, 1:2,5; 1:3 va undan yuqori nisbatlarda) reaksiya chiqimining sezilarli ortishiga olib kelmaydi. Bu quyidagi muhim xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

1. Reaksiya birinchi tartibli: akilomorfolin molekulasidagi azot atomi faqat bitta alkil guruhi bilan samarali reaksiyaga kirisha oladi. Shu sababli ortiqcha monoxloroatsetat efiri allaqachon hosil bo‘lgan to‘rtlamchi tuz bilan deyarli reaksiyaga kirishmaydi, bu esa sterik to‘siqlar va/yoki elektrostatik itarilish bilan izohlanadi.

2. Termodinamik va kinetik optimal nisbat: 1:2 nisbatda alkillovchi agent konsentratsiyasi yetarli bo‘lib, reaksiya tezligi maksimalga yaqinlashadi, shu bilan birga yon reaksiyalar hali sezilarli darajada rivojlanmaydi. Bu nisbatdan ortiqcha oshirish kinetik ustunlik bermaydi, chunki cheklovchi reagent (N-akilomorfolin) allaqachon to‘liq sarflangan bo‘ladi.

3. Amaliy xulosa: sanoat va laboratoriya sharoitida reaksiyani olib borishda monoxloroatsetat efirini 2,0–2,1 ekvivalent miqdorda qo‘llash optimal hisoblanadi. Bundan ortiq miqdor qo‘llash faqat xomashyo sarfini oshiradi, tozalash jarayonini murakkablashtiradi va mahsulot chiqimini oshirmaydi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR

1. Mirziyoyev Sh.M. O‘zbekiston Respublikasida kimyo sanoatini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida: PQ-3983-son qaror, 25 oktyabr 2018 yil. – Toshkent. – Elektron resurs. – Kirish rejimi: https://lex.uz/docs/-4023829
2. Arciola C.R. et al., International Journal of Antimicrobial Agents, 2012, 3–5-betlar.
3. Beibei Zhu1*, Qi Zhang1,2, Suolian Shi2 Overview on the Synthesis of Morpholine and Its N-Alkyl Derivatives . http://www.hanspub.org/journal/hjce thttp://dx.doi.org/10.12677/hjcet. 2017.71005).
4. Sawargave, S.P., Kudale, A.S., Deore, J.V., Bhosale, D.S., Divse, J.M., Chavan, S.P., and Borate, H.B., Tetrahedron Lett., 2011, vol. 52, p. 5491
5. Khan, K.M., et al. (2009) Leishmanicidal Potential of N-Substituted Morpholine Derivatives: Synthesis and Structure-Activity Relmionships. Natural Product Research, 23, 479-484. https://doi.org/10.1080/14786410802090359.

ISSN 3030-3907

UDK:546.562+547.288.3+544

Ni(II) IONINING 1-(2-FURANIL)-4,4,4-TRIFTORBUTANDION-1,3 AROILGIDRAZONLARI BILAN KOMPLEKS BIRIKMALARI

Ro‘ziyeva Maftuna Jo‘rayevna
Buxoro davlat universiteti mustaqil izlanuvchisi
E-mail: roziyevamaftuna91@gmail.com
Tursunov Murod Amonovich
Buxoro davlat universiteti professori, k.f.f.d., professor
E-mail: tursunovma@mail.ru

Аннотация. Синтезированы комплексные соединения Ni(II) с ароилгидразонами 1-(2-фуранил)-4,4,4-трифторметилбутандиона-1,3 (H_2L^1–H_2L^6). Состав, строение и свойства полученных комплексных соединений установлены с использованием методов ИК-, ^{1}H ЯМР спектроскопии и рентгеноструктурного анализа.

Ключевые слова: 1-(2-фуранил)-4,4,4-трифторметилбутандион-1,3, ароилгидразон, частота колебаний, бензоилгидразон, кристаллическая структура, диамагнетизм.

Annotatsiya. 1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3 aroilgidrazonlari (H_2L^1–H_2L^6) bilan Ni(II) kompleks birikmalari sintez qilindi. Olingan kompleks birikmalarning tarkibi, tuzilishi va xossalari IQ-, ^{1}H YaMR spektroskopiya hamda rentgen tuzilish tahlil usullari yordamida aniqlandi.

Kalit so‘zlar: 1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3, aroilgidrazon, tebranish chastotasi, benzoilgidrazon, kristall tuzilish, diamagnetizm.

Abstract. Ni(II) complex compounds with aroylhydrazones of 1-(2-furanyl)-4,4,4-trifluorobutane-1,3-dione (H_2L^1–H_2L^6) were synthesized. The composition, structure, and properties of the obtained complex compounds were determined using IR and ^{1}H NMR spectroscopy as well as X-ray structural analysis methods.

Keywords: 1-(2-furanyl)-4,4,4-trifluorobutane-1,3-dione, aroylhydrazone, vibration frequency, benzoylhydrazone, crystal structure, diamagnetism.

KIRISH.

So‘nggi yillarda koordinatsion birikmalar kimyosi sohasidagi tadqiqotlar oddiy monoyadroli birikmalardan murakkab tuzilishli tizimlarga o‘tish maqsadli hisoblanadi. Bu kompleks birikmalar biofaol birikmalar, katalizatorlar, dori vositalari va analitik kimyoda turli maqsadlarda ishlatilishi bilan izohlanadi [1-3]. Ushbu izlanishlar ularning geometrik va elektron tuzilishini o‘rganish bilan bir qatorda, kompleks birikmalarni belgilangan xossalarga ega bo‘lishi uchun maqsadli sintez yo‘llarini bashorat qilish imkonini beradi [4-6]. Biz 1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3 ning aroilgidrazonlari (H_2L^1–H_2L^6) asosida Ni(II)

ISSN 3030-3907

ionining ($NiL^{1-6}\cdot NH_3$ va $NiL^1\cdot 3Py$) tegishli kompleks birikmalarni sintez qildik [1, 7-9]. Olingan kompleks birikmalar diamagnit bo‘lib, ular xloroform va piridinda eriydi ammo suvda deyarli erimaydi. Diamagnetizm va ^{1}H-YaMR spektr ma’lumotlari kompleks birikmalarning tuzilishi tekis-kvadrat ($NiL^{1-6}\cdot NH_3$) va oktaedr ($NiL^1\cdot 3Py$) tuzilishda ekanligini ko‘rsatadi.

EKSPERIMENTAL QISM: Ishda H_2L^1–H_2L^6 ligandlar [8, 9] adabiyotlarga muvofiq sintez qilindi, Ni(II) asetati, ammiak, piridin va shuningdek, erituvchilar sifatida EtOH, dietil efir ishlatildi. Kompleks birikmalarning elementlar tahlil natijalari Perkin-Elmer (AQSh) firmasining “3030 B” spektrofotometrida atom-absorbsion usul bilan amalga oshirildi [1]. IQ spektri 400-4000 cm^{-1} soha intervalida “Shimadzu” (Yaponiya) IRSpirit spektrometrida qayd etildi. Suyuqlanish haroratini aniqlashda Germaniyaning «WWR MELTING-POINT APPARATUS» qurilmasidan foydalanildi [10]. Suyuqlanish harorati– $t^o_{suyuq.}$ vakuumda, kavsharlangan kapillyarlarda kapillyar usuli (Capillary Method) bilan aniqlandi.

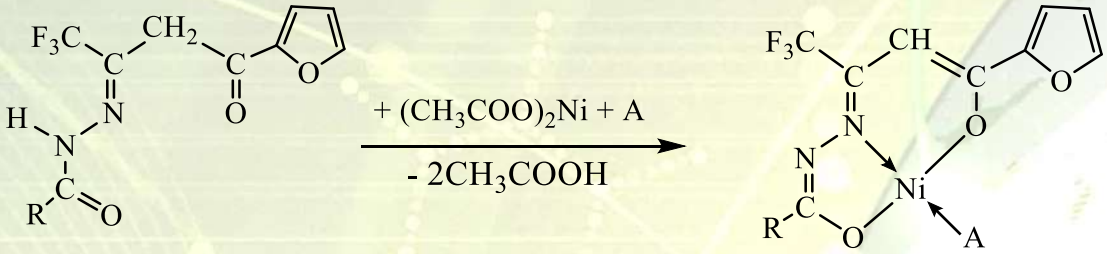
Ligandlarning 5-10% li eritmalaridan ^{1}H YaMR spektrlari 600 MGs chastotali JNM-ECZ400R (Jeol, Yaponiya) spektrometrida yozib olindi.

Rentgen difraksiyasi bo‘yicha tajribalar CCD Xcalibur Ruby (Oxford Diffraction) difraktometrida (CuKα, λ=1,54184 Å, grafit monoxromator) 293(2) K haroratda yig‘ildi hamda ayrim monokristallar Bruker D8 VENTURE ikki xil to‘lqin uzunligida Mo/Cu (Germaniya) difraktometrida (λMoK_α-nurlanish, grafit monoxromator, ω-skanlash) olindi. Eksperimental ma’lumotlar CrysAlisPro dasturi yordamida yig‘ildi. Yutilish uchun tuzatishlar CrysAlisPro (ayrim monokristallar SADABS) dasturiy paketidagi “multi-scan” usuli [11]. bilan o‘tkazildi. Tuzilma SHELXL-2015 dasturi [12] yordamida to‘g‘ridan-to‘g‘ri usul bilan yechildi va barcha vodorodsiz atomlar F^2 bo‘yicha to‘liq matritsali anizotrop eng kichik kvadratlar usuli bilan SHELXL-2014/7 dasturi [13] yordamida takomillashtirildi.

$NiL^1\cdot NH_3$ kompleksini sintez qilish: 3,24 g (0,01 mol) 1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3 benzoilgidrazonining (H_2L^1) 20 ml etanoldagi eritmasiga aralashtirib turgan holda 2,49 g (0,01 mol) nikel(II) atsetatning ammiak-suv konsentrlangan issiq eritmasi tomchilatib qo‘shildi. 6-7 minutdan keyin qizil rangli tiniq etitma hosil bo‘ldi. Bir sutkadan keyin eritma tubida och qizil rangli kristallar cho‘kdi. $NiC_{15}H_{12}N_3O_3$ kompleks birikma filtrlandi, bir necha marta suv bilan, keyin spirt bilan yuvildi va vakuum-eksikatorda P_2O_5 ustida quritildi. Unum (73%) – 0,94 g. Shunga o‘xshash tegishli H_2L^2–H_2L^6 ligandlar bilan nikel(II) ning ammiakli va piridinli kompleks birikmalari 1-sxemaga muvofiq sintez qilindi.

ISSN 3030-3907

Ularning reaksiya unumi, suyuqlanish harorati va element tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.



1-sxema

A=NH_3, Py; R=C_6H_4X-*para*, X=H ($NiL^1 \cdot NH_3$), CH_3 ($NiL^2 \cdot NH_3$), OCH_3 ($NiL^3 \cdot NH_3$), Cl ($NiL^4 \cdot NH_3$), Br ($NiL^5 \cdot NH_3$), NO_2 ($NiL^6 \cdot NH_3$), H ($NiL^1 \cdot Py$).

$NiL^1 \cdot NH_3$ qizil rangli kompleks birikma uchun piridin singari kuchli donor erituvchining ta'siri o'rganildi. Kompleks birikmaning ammiakli eritmasiga mo'l miqdor piridin erituvchida qayta kristallash vaqtida boshqa tarkibli to'q qizil rangli va oktaedri tuzilishli monokristallar ajratib olindi, ular o'zining kristall tuzilishi bilan o'zining analoglaridan keskin farq qildi. Bu kompleks birikma mo'l miqdordagi qutbli erituvchi – piridinda eritilganda tekis-kvadrat tuzilishli kristallar emas, balki ($NiC_{30}H_{24}F_3N_5O_3$) tarkibli oktaedrik tuzilishga ega kompleks olindi, u qo'shimcha ravishda uchta piridin molekulasini ham saqlaydi– $NiL^1 \cdot 3Py$. Natijada Ni(II) ionining oktaedrik qurshovli tuzilishga o'zgarib, Ni (*trans*-N_4O_2) atomlar to'plami paydo bo'ldi. Koordinatsion qurshovni tekis-kvadratdan oktaedrik tuzilishga bunday o'zgarishi oldinroq mis(II)ning monoyadrol bikomplekslari misolida namoyon bo'lgan edi [14].

1-Jadval

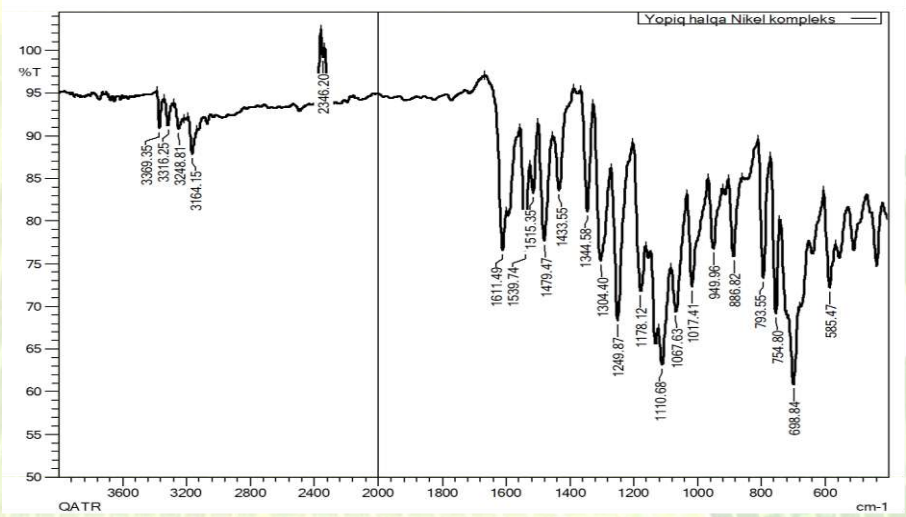
1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutan-1,3-dion hosilalarining Ni(II) kompleks birikmalari uchun reaksiya unumi va elementar tahlil natijalari

Birikmalar	Reaksiya unumi, %	Brutto formula	Topilgan/Hisoblangan, %			
			Ni	C	H	N
$NiL^1 \cdot NH_3$	77	$NiC_{15}H_{12}F_3N_3O_3$	17,36/17,40	53,07/53,10	3,49/3,54	12,43/12,39
$NiL^2 \cdot NH_3$	72	$NiC_{16}H_{14}F_3N_3O_3$	14,27/14,32	46,54/46,60	3,33/3,39	10,24/10,19
$NiL^3 \cdot NH_3$	82	$NiC_{16}H_{14}F_3N_3O_4$	13,75/13,78	44,81/44,86	3,22/3,27	9,86/9,81
$NiL^4 \cdot NH_3$	74	$NiC_{15}H_{11}F_3N_3O_3Cl$	13,59/13,64	41,57/41,62	2,48/2,54	9,75/9,71

ISSN 3030-3907

$NiL^{5}·NH_3$	67	$NiC_{15}H_{11}F_3N_3O_3Br$	12,32/12,37	37,68/37,73	2,26/2,30	8,66/8,80
$NiL^{6}·NH_3$	80	$NiC_{15}H_{11}F_3N_4O_5$	14,30/14,35	43,74/43,79	2,62/2,67	13,67/13,62

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI: Ni(II) ionining kompleks birikmasi IQ-spektrida erkin ligandga xos bo‘lgan karbonil $\nu_{(C=O)}$ 1660–1680 cm^{-1} va gidroksil guruhning $\nu_{(OH)}$ 3400–3500 cm^{-1} sohada tebranishlar kuzatilmaydi, bu ligandning ikki karra deprotonlanishi va Ni(II) ioniga koordinatsiyalanganini ko‘rsatadi. IQ spektrida azometin guruhining $\nu_{(C=N)}$ 1611 cm^{-1} valent tebranishi 1625–1635 sm^{-1} qiymatga nisbatan siljigan. Ni(II) ioni bilan amid, β-diketon fragmentlaridagi kislorod hamda azometin azot atomlari koordinatsiyalangan. Aromatik va furan halqalarining valent va deformatsion tebranishlari 1539–1433 cm^{-1} va 1249–1017 cm^{-1} sohalarda namoyon bo‘ladi. Quyi chastotalarda 585–793 cm^{-1} oralig‘ida $\nu_{(Ni–N)}$ va $\nu_{(Ni–O)}$ tebranishlariga tegishli bo‘lib, metallhalqa hosil bo‘lishini ko‘rsatadi (1-rasm).



1-rasm. $NiL^{1}·NH_3$ kompleks birikmaning IQ spektri.

IQ-spektr ma’lumotlari tridentat ligandning turli tautomer shakldan chiziqli yengidrazin-α-oksiazin shaklga o‘tishi va ikki karra deprotonlanib, Ni(II) ioniga koordinatsiyalanishi kuzatiladi. Kompleks birikma besh- va olti a’zoli psevdoaromatik tekis-kvadrat tuzilishli metallhaqla hosil qiladi [15-16].

1-jadval

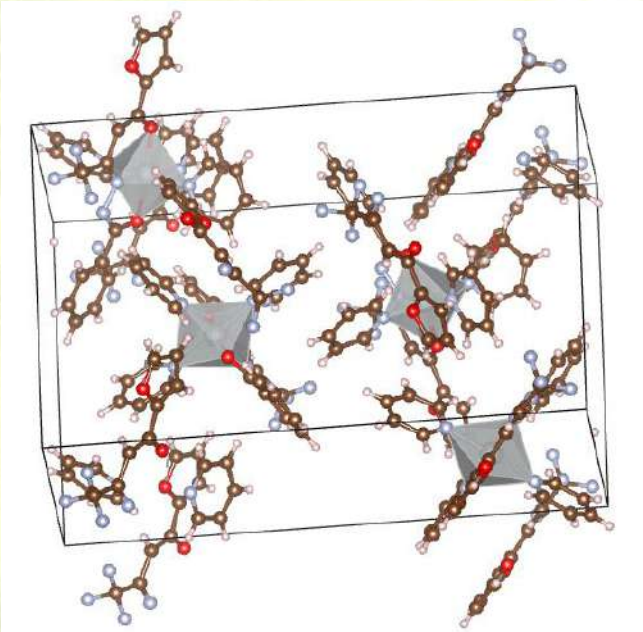
1-(2-furil)-4,4,4- triftorobutandion -1,3 aroilgidrazonlari asosida olingan Ni(II) kompleks birikmalarning IQ spektridagi asosiy tebranish chastotalari (ν, sm^{-1})

Birikmalar	NH_3	C–H	C=N	N=C–C=N	N=C–O^-	N–N	Ni–O
$NiL^{1}·NH_3$	3354	2924	1569	1525	1494	1068	483
$NiL^{2}·NH_3$	3344	2924	1578	1532	1507	1071	490

ISSN 3030-3907

$NiL^3 \cdot NH_3$	3356	2954	1600	1523	1464	1075	475
$NiL^4 \cdot NH_3$	3344	2924	1578	1527	1488	1073	490
$NiL^5 \cdot NH_3$	3353	2926	1587	1531	1489	1075	478
$NiL^6 \cdot NH_3$	3354	2924	1579	1528	1484	1070	468

($NiC_{30}H_{24}F_3N_5O_3$) tarkibli monokristallar avtomatik difraktometr yordamida RTT usulida tadqiq qilindi (MoKα nurlanishi, λ=0,71073 Å, grafit monoxromator, ω-skanerlash, $2\theta_{max}$=66,57°). Kristallar ortorombik bo‘lib, elementar yacheyka parametrlari: a=15,2053(11) Å, b=23,0352(17) Å, c=9,3853(7) Å, α=β=γ=90°, V=3287,3(4) Å³. Zichlik ρ=1,249 g/cm³, Z=8. Fazoviy guruhi $P2_12_12$.



2-rasm. $NiL^6 \cdot Py$ kompleks birikmaning kristall tuzilishi.

Ni(II) kompleksi molekulasi deformatsiyalangan oktaedrik koordinatsiyaga ega. Koordinatsion muhit markaziy nikel atomi atrofida donor atomlar orqali shakllangan bo‘lib, ligand fragmentlari metallosikllarni hosil qiladi. Ligand qoldig‘i kislorod [O(1), O(2)] atomlari va azot [N(9), N(33), N(34), N(35)] atomlari orqali koordinatsiyalangan. Natijada markaziy Ni(II) ioni atrofida [N_4O_2] tipidagi koordinatsion qurshov yuzaga keladi. Koordinatsion tugunda *trans*-joylashuvlar kuzatiladi, xususan: O(1)–Ni(1)–O(2)=170,8°, N(9)–Ni(1)–N(34)=173,6°, N(33)–Ni(1)–N(35)=176,0°, bu esa kompleksning oktaedrik geometriyaga yaqin, ammo biroz deformatsiyalangan ekanligini ko‘rsatadi. Bog‘lanish uzunliklari quyidagicha: Ni–O(1) 2,013(5)Å, Ni–O(2) 2,051(5) Å. Ushbu qiymatlar ilgari o‘rganilgan Ni(II) komplekslaridagi koordinatsion bog‘lanish uzunliklariga mos keladi. Gidrazon frgmentdagi Ni–N(9) 2,011(6) Å bo‘lib, qolgan uchta monodentat piridin molekulalar tarkibidagi azot donor atomlari bilan hosil bo‘lgan bog‘lanishlardan: Ni–N(34) 2,089(6)Å, Ni–N(33) 2,171(6)Å, Ni–N(35) 2,191(7) Å sezilarli darajada qisqaroq. Bu farq ularning

ISSN 3030-3907

markaziy Ni(II) ion atrofidagi fazoviy joylashuvi va ligandlarning elektron xususiyatlari bilan izohlanadi (2-rasm).

XULOSA. IQ- va ^{1}H YaMR spektrlari natijalari shuni ko‘rsatdiki, kompleks hosil bo‘lish jarayonida, boshlang‘ich ligandlarning geometrik tuzilishidan qat’iy nazar, 1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3 ning benzoilgidrazonining Ni(II) komplekslarini hosil qilishda yopiq halqali tuzilishdan chiziqli yengidrazin-α-oksiazin shakliga o‘tadi. IQ-spektr ma’lumotlari tridentat ligand ikki karra deprotonlanib, Ni(II) ioniga koordinatsiyalanishi kuzatildi. Kompleks birikma besh- va olti a’zoli psevdoaromatik tekis-kvadrat tuzilishga ega. RTT usuli bilan aniqlanganidek, ikki marta deprotonlangan H_2L^1 ligand qoldig‘i (1-(2-furanil)-4,4,4-triftorbutandion-1,3) chiziqli yengidrazin-α-oksiazin shaklida markaziy nikel atomiga uchta donor atomi (N, O_2) orqali koordinatsiyalangan, koordinatsion qurshovning to‘rtinchi o‘rnini monodentat ammiak molekulasi egallagan, natijada besh- va olti a’zoli konyugatsiyalangan psevdoaromatik metallhalqalar [NiN_2,O_2] hosil bo‘ladi. Ushbu ammiakli kompleks birikmalar piridinda eritilganda piridin molekulasi Ni(II) ionining beshinchi, keyin oltinchi aksial holatiga birikadi va markaziy ionning tekis-kvadrat koordinatsion sferasi tetragonal-piramida, keyin esa oktaedrik tuzilishga o‘zgaradi

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Турсунов М.А. Комплексы некоторых 3d-металлов на основе производных кетоалдегидов и кетоэфиров, их строение и свойства. Дис… PhD по специалности 02.00.01. – Неорганическая химия. - Бухара.- БухГУ.- 2019.- 120 с.

2. Savriyeva N.Q., Tursunov M.A., Ganiev B.S.. Novel [5-hdroxy-3-phenyl-5-(trifluoromethyl)-4,5-dihydro-1H-pyrazol-1 yl](phenyl)methanone: Synthesis, Characterization, and Computational Analysis. Adv. J. Chem. A, 2026, 9(2), 192-207. DOI: 10.48309/AJCA.2026.530286.1865.

3. Elizaveta V Panova, Murod A Tursunov, Maftuna J Ruzieva, Julia K Voronina, Damir A Safin. Time-dependent interaction of benzohydrazide with trifluoroacetyl-2-furanoylmethane: Hydrazone versus pyrazoline formation. Journal of Molecular Structure. 2026/3/3. P.145834.

4. Ruzieva M.J., Tursunov M.A., Belgibayeva D.S., Karomatov S.A., Ganiev B.Sh., Savriyeva N.Q. Synthesis, IR and NMR–Spectroscopic, DFT Study of Aroyl Hydrazones 4,4,4-Trifluoro-1-(3-Furanyl)-1,3-Butanedione. Adv. J. Chem. A, 2026, 9(6), 1031-1047. DOI: 10.48309/AJCA.2026.530286.1865.

6. Ibrohimova M.B., Tursunov M.A. Benzoilsirka aldegid gidrazonlari asosida Ni(II) kompleks birikmalari tuzilishini IQ- spektroskopiya usulida tadqiqi.

ISSN 3030-3907

Conference of modern science & pedagogy/ Washington/the USA. Volume 1, Issue 9. P. 600-603.

7. Amonov M.M., Tursunov M.A., Boboqulova O.V. 4,4-diftor-1-fenil-1,3-butandion benzoilgidrazoni sintezi, tuzilishi va xossalari. Development of science 2025 / oktyabr/10. volume 3. p 208-214.

8. Современные проблемы синтеза и исследования органических соединений. Под ред. Р.Р. Костикова, Л.: изд-во Ленинградского госуниверситета.- 1990.- 156 с.

9. Ruzieva M.J., Tursunov M.A., Belgibayeva D.S., Karomatov S.A., Ganiev B.Sh., Savriyeva N.Q. Synthesis, IR and NMR–Spectroscopic, DFT Study of Aroyl Hydrazones 4,4,4-Trifluoro-1-(3-Furanyl)-1,3-Butanedione. Adv. J. Chem. A, 2026, 9(6), 1031-1047.

10. Tursunov M.A. Ni(II), Cu(II) va Zn(II) ionlarining ketoaldegid va ketoefir hosilalari asosida komplekslari, tuzilishi va xossalari // Monografiya. – Buxoro. – “Kamolot” nashriyoti. – 2022 y. – 128 b.

11. Nakamoto K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. – 6th ed. – New York: Wiley, 2009. – 432 p.

12. Sheldrick G.M. SHELXL-97. Program for the Refinement of Crystal Structures. University of Göttingen, Germany, (1997). Siemens; XP. Molecular Graphics Program. Version 5.03. Siemens Analytical X-Ray Instruments Inc., Madison, Wisconsin, USA.- 1994.

13. Sheldrick G.M. A short history of SHELX // Acta Crystallogr. – 2015. – A64. – P.112-122.

14. Sheldrick G.M. SHELXT – Integrated space-group and crystal-structure determination // Acta Crystallogr. – 2015. – A71. – P.3-8.

15. Tursunov M.A., Umarov B.B., Avezov K.G. Nickel(II) complexes with aroylhydrazones of β-diketones: synthesis and structure. // Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2019. – Vol. 45. – P. 484–488.

16. Tursunov M.A., Umarov B.B., Ibrohimova M.B., Amonov M.M. 2.4-dioksopentan kislota metil efir benzoilgidrazoni Cu(II) kompleks birkmalarining tuzilishi. Development of science. 2025. MART/3. Volume/5. - Б. 314-324.

17. Ibrohimova M.B., Tursunov M.A., Umarov B.B., Amonov M.M. 2.4-dioksopentan kislota etil efir benzoilgidrazoni Mn(II) kompleks birkmalarining tuzilishi. Development of science. 2025. MART/3. Volume/5. - Б. 333-342.

ISSN 3030-3907

KOMPOZITSION KO‘MIR BRIKETLARINING MUSTAHKAMLIGIGA XOMASHYO NAMLIGINING TA’SIRINI URGANISH.

D.Q.Xolmurodova
Samarqand davlat tibbiyot universiteti
O.J.Meliqulov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti
L.B.Islomov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya. Iqtisodiyotning tobora rivojlanishi bilan birga energiya resurslariga bo‘lgan talab ham ortib bormoqda. Shu bilan birga O‘zbekiston Respublikasida tabiiy gaz va neft zaxiralari cheklangan, ko‘mir zaxiralari esa respublikaning bir necha yuz yillik ehtiyojlarini qondiradi. Energiya resurslaridan biri bo‘lgan ko‘mir sanoatida amalga oshirilayotgan ishlar nafaqat tabiiy resurslardan tejab-tergab foydalanish, balki aholini qattiq yoqilg‘i bilan ta’minlashga xizmat qilmoqda.

Kalit so‘zlar: Briket, mexanik mustahkamlik, kolloriya qiymati, suv yutuvchanlik.

Аннотация. С развитием экономики возрастает потребность в энергетических ресурсах. В то же время запасы природного газа и нефти в Республике Узбекистан ограничены, тогда как запасы угля способны удовлетворить потребности страны на несколько сотен лет. Проводимые работы в угольной промышленности, как одном из важнейших источников энергии, направлены не только на рациональное использование природных ресурсов, но и на обеспечение населения твёрдым топливом.

Ключевые слова: брикет, механическая прочность, калорийность, водопоглощение.

Abstract. With the continuous development of the economy, the demand for energy resources is steadily increasing. At the same time, the reserves of natural gas and oil in the Republic of Uzbekistan are limited, while coal reserves are sufficient to meet the country’s needs for several hundred years. The ongoing developments in the coal industry, as one of the key energy resources, are aimed not only at the rational use of natural resources but also at providing the population with solid fuel.

Keywords: briquette, mechanical strength, calorific value, water absorption.

KIRISH.

Dunyoda ko‘mir turli sohalarda, jumladan, issiqlik elektr stansiyalarida, chekka qishloq joylarda aholi ehtiyojini qondirish maqsadida asosiy yoqilg‘i bo‘lib kelmoqda. Bu borada O‘zbekistonda asosan Angren konidan qazib chiqarilayotgan qo‘ng‘ir ko‘mirdan keng foydalanilmoqda. Lekin, bu ko‘mirni qazib olish, uni

ISSN 3030-3907

transportda kerakli manzilga yetkazishda bir qancha muammolarga duch kelinadi. Maydalanib ketgan ko‘mirdan foydalanilganda uning sifat ko‘rsatkichlari pasayib ketib, yonishida bir muncha qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Ana shunday ko‘mir maydalari briket sifatida ishlatilganda yuqori sifatga erishish mumkin bo‘ladi. Shuning uchun ham Angren qo‘ng‘ir ko‘mirining maydasidan ko‘mir briketlarining optimal tarkibini ishlab chiqish va ularni olish texnologiyasini yaratish alohida ahamiyatga egadir.

Jahonda texnik talablarga javob beradigan yuqori sifatli kompozitsion ko‘mir briketlarini olish usulini ishlab chiqish, ishlatilishi qulay va oson alangalanadigan ko‘mir briketlarining yangi tarkiblarini yaratish va ishlab chiqish, ulardan foydalanib ichki va tashqi bozor talablariga javob beradigan mahsulotlarning yangi assortimentlarini yaratish maqsadida ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada texnogen chiqindi sifatidagi mayda ko‘mir kukunlaridan kompozitsion ko‘mir briketlarining yangi tarkiblarini ishlab chiqishning samarali resurstejamkor texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Respublikamizdagi ko‘mir konlarida chiqindi sifatidagi ko‘plab yig‘ilib qolgan mayda ko‘mir kukunlarini briketlash uchun mahalliy va ikkilamchi xomashyolardan foydalanib kompozitsion ko‘mir briketlarining samarali tarkiblarini yaratish, ularning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash, kompozitsion ko‘mir briketlarini ishlab chiqarishni rivojlantirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. Yangi O‘zbekistonni yanada rivojlantirish bo‘yicha taraqqiyot strategiyasida «...milliy iqtisodiyot barqarorligini ta’minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini oshirish...» bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan.

Bu borada, jumladan, ko‘mir kukunlarini briketlash uchun mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilari asosida yuqori yonish quvvatiga va kullik darajasi kam bo‘lgan yangi tarkibli kompozitsion ko‘mir briketlarining optimal tarkiblarini ishlab chiqish texnologiyasini takomillashtirish alohida ahamiyatga ega.

ASOSIY QISM. Briketlarning tuzilishi va xossalariga ta’sir etuvchi omillardan yana biri namlikdir. Yangi qazib olingan qo‘ng‘ir ko‘mirlarning namligi yuqori (50–58%) bo‘ladi, lekin ularni saqlash vaqtida ulardan tayyorlangan briketlar barqaror bo‘lmaydi va namlikni tezda yo‘qotib, mayda va kukunga aylanadi.

Namligi yuqori bo‘lganligi sababli bunday ko‘mirlar past issiqlikka ega (8,4–9,2 MJ/kg), ularni uzoq masofalarga tashish noqulay hisoblanadi. Briketlash jarayonida qo‘ng‘ir ko‘mirlar namligi 18–19% gacha quritiladi, buning natijasida

ISSN 3030-3907

ko‘mirning issiqlik qiymati 2–3 marta oshadi va bunday yoqilg‘ini tashish birmuncha oson va qulay bo‘ladi.

Briketlashga ko‘mirning qattiqligi katta ta’sir ko‘rsatadi. Namligi 50–58% bo‘lgan qo‘ng‘ir rang ko‘mirlar yumshoq, namligi 40–45% bo‘lgan eski ko‘mirlar yarim qattiq, namligi 30–35% bo‘lgan ko‘mirlar qattiq hisoblanadi.

Namlik briketlashda eng xavfli omil hisoblanadi. Briket hosil qilish mexanizmi quritilgan mahsulot tarkibidagi namlikni o‘z ichiga oladi va bu ko‘mir zarrachalari orasidagi birikish kuchlariga ta’sir qiladi. Optimal namlikda ko‘mir zarrachalarining molekulyar yopishish kuchlari to‘liqroq namoyon bo‘ladi. Xomashyoning yuqori namligi hosil bo‘lgan briketning fizik va mexanik xususiyatlariga salbiy ta’sir qiladi. Ushbu xususiyatlardan biri yopishqoqlik kuchi bo‘lib, u briket ichidagi o‘zaro ta’sir jarayonida hosil bo‘ladi.

Optimal namlik qiymatini differensial termogravimetriya yordamida aniqlash mumkin. Briketlash jarayonida uglevodorodli bog‘lovchidan foydalanilganda ko‘mir namligi 2–3% ni tashkil qiladi. Mexanik faollashtirilgan to‘ldiruvchi moddalar qo‘shilsa, ortiqcha namlik adsorbsiyalanadi va bu ko‘mirning organik massasini gidrofobligini oldini oladi. Shuning uchun ko‘mirning optimal namligi 4–5% gacha ko‘tariladi va bu mahsulotni quritish xarajatlarini kamaytiradi.

Bosim kuchlarining paydo bo‘lishi ko‘mir zarrachalari yuzalari o‘zaro yaqinlashganda molekulyar ta’sir uchun sharoit yaratadi. Namlik yetishmasligi natijasida yopishqoqlik kuchlari maksimal kamayadi, natijada briketning mustahkamligi pasayadi. Bunday holatda zarrachalarning sirt yuzasi bir-biriga yaqinroq joylashishi talab qilinadi. Bunga bosimni oshirish orqali erishish mumkin. Biroq briketlash bosimining oshishi ma’lum bir chegaragacha bo‘lishi mumkin.

Bosimning oshishi ichki kapillyarlardan namlikning haddan tashqari siqib chiqishi natijasida suv qatlamining qalinlashishiga olib keladi. Bu esa o‘z navbatida zarrachalar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlariga salbiy ta’sir qiladi va xomashyoning haddan tashqari bosilishiga olib keladi.

Quritilgan mahsulotdagi ortiqcha namlik ham briketlarning mustahkamligiga salbiy ta’sir qiladi, chunki u suv qatlamining qalinligini oshishiga olib keladi va zarrachalarning yopishish kuchlarini kamaytiradi. Briketlarning eng katta quvvatiga mos keladigan quritilgan materialning optimal namligi doimiy emas va presslash bosimiga, quritilgan materialning o‘lchamiga va ko‘mirning tabiatiga bog‘liq. Odatda briketlar quritilganda katta o‘lchamdagi zarrachalar to‘liq qurimaydi, lekin kichik zarrachalar ortiqcha quritiladi.

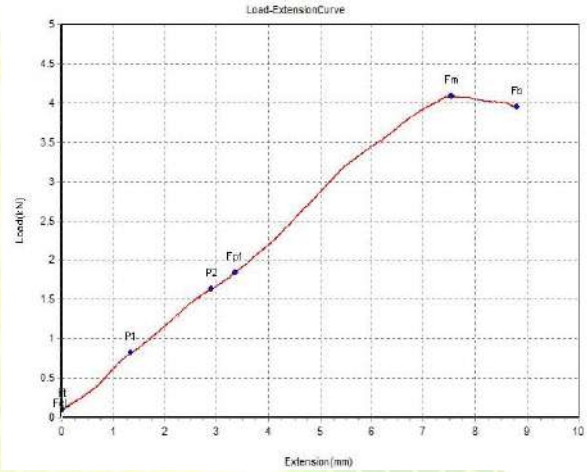
ISSN 3030-3907

Namlikning notekis taqsimlanishi tufayli briketlarning mustahkamligi pasayadi. Ba'zida ko'mirga ko'p ishlov berish tayyorgarlik jarayonini murakkablashtiradi. Briket olish maqsadiga qarab ko'mirning o'lchami tanlanadi.

Olingan natijalar muhokamasi. O'tkazilgan tajribalar natijalari shuni ko'rsatdiki, kompozitsion ko'mir briketlarining asosiy xususiyatlari - mexanik mustahkamlik, termik barqarorlik va yonish samaradorligi - namlik miqdoriga bevosita bog'liq holda o'zgaradi. Olingan natijalar tizimli ravishda tahlil qilinganda, namlikning ta'siri murakkab va ko'p omilli ekanligi aniqlandi.

Namligi 10% bo'lgan kompozitsion ko'mir briketi mexanik musthakmligi laboratoriya sinovidan o'tkazildi. Bunda briketga yuk tushirish orqali uning mustahkamligi o'rganildi. Kompozitsion ko'mir briketining mexanik mustahkamligi uning tarkibidagi bog'lovchining miqdoriga va uning namligiga bog'liq bo'ladi.





1-Rasm. Kompozitsion ko'mir briketlarining mexanik mustahkamligini aniqlash.

$$F = 4{,}1\ kN \longrightarrow 4100\ N$$

$$A = 121\ cm^2 \longrightarrow A = 121 \times 100 = 12100\ mm^2$$

$$p = \frac{F}{A} \qquad p = \frac{4100}{12\,100} = 0.3397\ N/mm^2 = 0.34\ MPa$$

$$p = \frac{3300}{12100} = 0.27\ N/mm^2 = 0.27\ MPa$$

Bu yerda:
P-bosim, MPa
F-kuch, kN
A-yuza, sm^2

ISSN 3030-3907

Kompozitsion ko‘mir briketining mexanik mustahkamligiga ta’sir etuvchi omillar

1-Jadval

№	Bog‘lovchining miqdori(%)	Namlikning miqdori(%)	Ta’sir etgan kuch(kN)	Bosim(MPa)
1	7	10,3	4,1	0,34
2	5	10	3,3	0,27

XULOSA. Ko‘mir briketlarining mexanik mustahkamligi ko‘p jihatdan xomashyo namligiga bevosita bog‘liq ekanligi aniqlandi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, namlik darajasi briket hosil bo‘lish jarayonida zarrachalar orasidagi yopishish kuchlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Optimal namlik sharoitida ko‘mir zarrachalari orasida molekulyar tortishish kuchlari kuchayib, briketning zichligi va mustahkamligi ortadi.

Namlikning ortiqcha bo‘lishi zarrachalar orasida suv qatlamining qalinlashishiga olib kelib, ularning o‘zaro bog‘lanishini susaytiradi va natijada briketning mexanik mustahkamligi pasayadi. Aksincha, namlikning yetarli darajada bo‘lmasligi yopishqoqlik kuchlarining kamayishiga sabab bo‘lib, briket strukturasining yetarlicha shakllanmasligiga olib keladi.

Namlik briketlarning issiqlik-energetik ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir qiladi. Yuqori namlik mavjud bo‘lganda yonish jarayonida qo‘shimcha issiqlik suvni bug‘lantirishga sarflanadi, natijada foydali issiqlik ajralishi kamayadi va yonish samaradorligi pasayadi. Shu bilan birga, past namlikli briketlar tezroq yonadi va yuqori harorat hosil qiladi.

Termogravimetrik tahlil (TGA) natijalari asosida namlikning ta’siri aniq ko‘rindi: dastlabki 30–150°C oralig‘ida massa yo‘qotish aynan namlikning bug‘lanishi bilan bog‘liq bo‘lib, namlik miqdori ortgan sari ushbu bosqichdagi massa yo‘qotish ulushi ham ortadi. Bu esa briketlarning termik barqarorligi va boshlang‘ich yonish xususiyatlariga bevosita ta’sir qiladi.

Shuningdek, namlik briketlarning saqlanish va transport xususiyatlariga ham ta’sir etadi. Yuqori namlik mikrobiologik jarayonlarni tezlashtirishi, briketlarning deformatsiyalanishi va sifatining pasayishiga olib kelishi mumkin. Past namlik esa uzoq muddat saqlash uchun qulay sharoit yaratadi.

Shu boisdan, briketlash jarayonida xomashyoning optimal namlik darajasini (odatda 4–5% atrofida) ta’minlash muhim ahamiyat kasb etadi. Bu nafaqat briketlarning mustahkamligini oshiradi, balki ularning tashish va saqlash jarayonidagi barqarorligini ham yaxshilaydi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, xomashyo namligini nazorat qilish va uni optimal darajada ushlab turish yuqori sifatli, mustahkam va samarali ko‘mir briketlarini ishlab chiqarishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kholmurodova D.K., Melikulov O.J., Islomov L.B. Determination of the qualitative composition of coal briquettes made from cheap raw material important for the national economy //Journal of chemistry. Phillipines – 2023. №5/2023, - C. 1-7.
2. Холмуродова Д.К., Исломов Л.Б., Меликулов О.Ж. Изучение состава Ангренского угля для получения качественных брикетов. Педагог журнали. Тошкент-2023 й. №3/2023. 468-473 б.
3. Холмуродова Д.К., Меликулов О.Ж., Исломов Л.Б. Увеличение спроса на композиционные материалы с использованием местного сырья //International Multidisciplinary Research in Academic Science(IMRAS). Жакарта–2023 й. – №7/2023. – С. 516-525.
4. Холмуродова Д.К., О. Ж. Меликулов, Л.Б. Исломов // Study of water resistance of coal briquettes. // Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. India-2023, № 11/2023, - C. 1052-1056.
5. Меликулов О.Ж., Д.К. Халмурадова, М Ясен. Разработка угольных брикетов на основе местного сырья и отходов производств // Universum технические науки. Москва-2024, № 10(127), 19-23 с (02.00.00; №1).
6. Meliqulov O.J., D.Q. Kholmurodova. Xomashyo namligining briket mustahkamligiga ta’sirini o‘rganish // Kompozitsion materiallar. Toshkent, №3/2024, - S. 238-240 (02.00.00; №4).
7. Kholmurodova D.Q., O.J. Meliqulov, L.B. Islomov. Ko‘mir briketlarining tarkibi va yonishdagi kulik darajasining yonish issiqligiga ta’siri // Kompozitsion materiallar. Toshkent, №3/2024, - S. 228-230 (02.00.00; №4).

ISSN 3030-3907

ZNO NANOPARTIKULLARI O‘Z ICHIGA OLGAN ANTIMIKROBIAL TO‘QIMACHILIK SIRTINING SINTEZI, MODIFIKATSIYASI VA XARAKTERIZATSIYASI

S.E.Xurramova

Toshkent tibbiyot akademiyasi Termiz filiali assistent o‘qituvchisi

E-mail: sxurramova88@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda to‘qimachilik sirtiga antibiotiklarga chidamli bakteriyalarga qarshi faol bo‘lgan nanopartikullarni o‘z ichiga olgan yangi antimikrobial qoplama sol–gel metodologiyasi yordamida modifikatsiya qilindi. Ultrasonik nurlanish quvvati (40 dan 90 kHz gacha), reagentlar kontsentratsiyasi (nanopartikullar, prekursor va kislotalar) hamda vaqt (15 dan 72 minutgacha) qoplamalarning tuzilishi, morfologiyasi va antimikrobial faolligi bilan bog‘liq holda o‘rganildi. Sonokatalitik samaradorlik va natijada hosil bo‘lgan modifikatsiyaning tuzilishi o‘rtasidagi bog‘liqlik turli texnikalar, masalan FTIR spektroskopiyasi, EDX detektori bilan skanerlash elektron mikroskopiyasi (SEM-EDX), yupqa qatlamli xromatografiya (TLC) yordamida aniqlanib, tanlab olingan model mikroorganizmlarda antimikrobial ta’siri o‘lchandi. Ultrasonik nurlanish quvvati va vaqtning oshishi bilan ZnO nanopartikullari bilan qoplamaning namunalar ustidagi qatlamlarining bir xilligi oshdi. Ultrasonik nurlanish nafaqat namunalar tuzilishi va morfologiyasini birlashtirdi, balki nanopartikullarning aglomeratsiyasining oldini ham oldi. Bundan tashqari, optimal sharoitlarda, S. aureus va E. coli bakteriyalariga qarshi samarali ZnO nanopartikullari bilan antimikrobial qoplama tayyorlandi. Time-kill metodologiyasi natijalari 6 soatdan keyin antimikrobial faollikka ega sellyuloza polimerining a’lo natijalarini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: nanopartikullar; qoplama; antibakterial chidamlilik; antimikrobial faollik; ZnO; optimizatsiya.

Abstract. In this study, a novel antimicrobial coating containing nanoparticles active against antibiotic-resistant bacteria was developed on textile surfaces using the sol–gel methodology. The effects of ultrasonic irradiation power (40–90 kHz), reagent concentrations (nanoparticles, precursors, and acids), and processing time (15–72 minutes) on the structure, morphology, and antimicrobial activity of the coatings were investigated. The relationship between sonocatalytic efficiency and the resulting modification structure was analyzed using various techniques such as FTIR spectroscopy, scanning electron microscopy with EDX detector (SEM-EDX), and thin-layer chromatography (TLC), and the antimicrobial effect was evaluated on selected model microorganisms. It was found that increasing ultrasonic irradiation power and time improved the uniformity of ZnO nanoparticle

ISSN 3030-3907

coatings on the sample surfaces. Ultrasonic treatment not only enhanced the structural and morphological uniformity of the samples but also prevented nanoparticle agglomeration. Furthermore, under optimal conditions, an effective antimicrobial coating with ZnO nanoparticles was produced against *S. aureus* and *E. coli*. Time-kill methodology results demonstrated excellent antimicrobial performance of the cellulose-based polymer after 6 hours.

Keywords: nanoparticles; coating; antibacterial resistance; antimicrobial activity; ZnO; optimization.

Аннотация. В данном исследовании текстильная поверхность была модифицирована с использованием сол-гель-методологии для создания нового антимикробного покрытия, содержащего наночастицы, активные против устойчивых к антибиотикам бактерий. Изучалась мощность ультразвукового излучения (от 40 до 90 кГц), концентрация реагентов (наночастиц, предшественников и кислот) и время (от 15 до 72 минут) в зависимости от структуры, морфологии и антимикробной активности покрытий. Взаимосвязь между сонокаталитической эффективностью и структурой результирующей модификации была обнаружена с помощью различных методов, таких как FTIR-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия с детектором EDX (sem-edX), тонкослойная хроматография (TLC) и измерено антимикробное действие на выбранные модельные микроорганизмы. С увеличением мощности и времени ультразвукового облучения однородность слоев покрытия с наночастицами ZnO на образцах увеличивалась. Ультразвуковое облучение не только консолидировало структуру и морфологию образцов, но и предотвратило агломерацию наночастиц. Более того, в оптимальных условиях S. aureus и E. было получено антимикробное покрытие с наночастицами ZnO, эффективное против бактерий coli. Результаты методики Time-Kill показали отличные результаты применения целлюлозного полимера с антимикробной активностью через 6 часов.

Ключевые слова: наночастицы; покрытие; антибактериальная стойкость; антимикробная активность; ZnO; оптимизация.

KIRISH.

Ba’zi taxminlarga ko‘ra, 2050-yilga kelib antibiotiklarga chidamli bakteriyalar sababli yuzaga keladigan infeksiyalar tufayli o‘lim holatlari saraton kasalligidan ko‘proq bo‘lishi mumkin. Yevropada har yili 25,000 dan ortiq odam antibiotiklarga chidamli mikroorganizmlar tufayli vafot etadi va bu muammo evro miqyosida 1,5 milliarddan ortiq xarajatlarni keltirib chiqaradi. Ayniqsa xavfli infeksiyalar qatoriga “super-bakteriya” deb nomlangan metitsillin- chidamli

ISSN 3030-3907

Staphylococcus aureus (MRSA) kiradi. Ushbu bakteriya penamlar va sefalosporinlar kabi keng doirali β-laktam antibiotiklariga qarshi chidamliligi tufayli tobora qiyin nazorat qilinadi. Staphylococcus aureus gram-musbat bakteriyalar oilasiga mansub dumaloq shakldagi mikroorganizmdir va dunyodagi eng muhim patogenlardan biridir. Bu infeksiya har 100,000 aholiga nisbatan yillik 20 dan 50 gacha holatda uchraydi, va ularning 10–30% hollari o‘lim bilan yakunlanadi. Bu ko‘rsatkich O‘zlashtirilgan immun tanqisligi sindromi (OITS), sil va virusli gepatitlarning o‘limlari yig‘indisidan oshib ketadi.

Metall oksid nanopartikullar juda yaxshi antimikrobial, suvga chidamli va himoyalovchi xususiyatlarga ega. Ularning orasida ZnO nanopartikullari eng muhim antimikrobial reagentlardan biridir.

Shuning uchun, ZnO nanopartikullar bilan qoplangan sellyuloza materiallari turli himoya materiallarida qo‘llaniladi. ZnO nanopartikullarining ajoyib antimikrobial faolligi butun dunyoda katta qiziqish uyg‘otmoqda, buning sababi nanopartikullarning o‘lchamlari mikroorganizmlarning o‘lchamlaridan ancha kichik bo‘lishidir. So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, nanoskopik ZnO nafaqat bakteriya yuzalari bilan, balki u hujayra membranasidan o‘tib kirgach, bakteriya hujayralari bilan ham o‘zaro ta’sir qiladi. ZnO nanopartikullari turli mikroorganizmlarga, shu jumladan gram-musbat va gram-manfiy bakteriyalar, shuningdek yuqori harorat va bosimga chidamli sporalarga qarshi antimikrobial faollik ko‘rsatdi.

ZnO nanopartikullari sezilarli antimikrobial ta’siriga qaramay, inson hujayralari uchun zararli emasligi aniqlangan. Padmavathy va Vijayaraghavan tadqiqotlarida ularning inson hujayralari bilan biokompatibiligi tasdiqlangan. ZnO ning xavfsizligi va inson terisi bilan mosligi uni inson tanasiga ta’sir qiladigan mato va yuzalar uchun mos qo‘shimcha modda qiladi. Bu esa ularni keng qamrovli antimikrobial agentlarga aylantiradi va ularni chuqur o‘rganish lozim.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.

Hozirgi paytda bunday tadqiqotlar davom etmoqda. Ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan bildirildiki, ZnO nanopartikullari keng spektrdagi bakteriya turlariga qarshi faoliyat ko‘rsatadi. Padmavathy va Vijayaraghavan ZnO nanopartikullarining turli o‘lchamdagi zarrachalari bilan antibakterial faollikni o‘rgandilar va zarracha o‘lchami kichraygani sayin ZnO ning antibakterial samaradorligi oshishini aniqladilar. Ushbu tadqiqotda, gram-manfiy bakteriyalar ZnO nanopartikullariga nisbatan gram-musbat bakteriyalarga qaraganda ko‘proq chidamli ekanligi ko‘rsatildi, va ZnO nanopartikullarining antibakterial faolligi zarracha o‘lchami kichrayishi va chang kontsentratsiyasi oshishi bilan oshdi. Bundan tashqari, ZnO nanopartikullarining antibakterial ta’siri vaqtga bog‘liq edi.

ISSN 3030-3907

ZnO nanopartikullari faqat antimikrobial agent sifatida emas, balki o‘zining noyob optik, kimyoviy sezgirlik, yarimo‘tkazuvchi, elektr o‘tkazuvchanlik va piezoelektrik xususiyatlari bilan ham ajralib turadi, shuningdek, yuqori katalitik va fotokimyoviy faolliklarga ega. ZnO UVA va UVB sohalarida (mos ravishda 315–400 nm va 280–315 nm) yuqori optik so‘rilishga ega bo‘lib, himoya kiyimlari, kosmetika va antibakterial reaksiyalarda UV himoyachisi sifatida ishlatiladi.

Hozirgi paytda himoya va tibbiy antibakterial mato bozori yuqori narxlari tufayli cheklangan. Shuning uchun antibakterial materiallarni ishlab chiqarish uchun innovatsion texnologiyalar o‘rganilmoqda. Hozircha, ishlab chiqilgan usullar murakkabligi va mahsulotlarning yuqori narxlari sababli keng miqyosda qo‘llanilmayapti. Biroq, ultratovush nurlanishi mato materiallarini modifikatsiya qilish jarayonida antibakterial zarrachalarni qo‘llashda muhim bosqich hisoblanadi.

Nanomateriallarning toksik ta’siri zarrachalarning tarkibi, o‘lchami va shakliga bog‘liq. Nanopartikullarning asosiy toksiklik mexanizmi oksidlovchi moddalardan kelib chiqadi, ular oqsillar va DNKga zarar yetkazadi, shuningdek, hujayralarning katalitik xususiyatlari, optik xususiyatlari va elektr o‘tkazuvchanligiga ta’sir qiladi. Tadqiqotlariga ko‘ra, nanopartikullarning toksikligini o‘rganishda katalaza, glutatyon va superoksid dismutaza oksidlovchi stressga qarshi mudofaa tizimi bilan bog‘langan. Sellyuloza materiallarini turli nanopartikullar qatlamlarini qo‘llash orqali funksional qilish mumkin. ZnO nanostrukturalari bilan matolarni funksional qilish, yirtilishga chidamli mustahkam matolar ishlab chiqarish, antibakterial, UV-bloklovchi va boshqa qiziqarli matolar yaratishni ta’minlaydi. Antibakterial xususiyatlardan tashqari, ZnO yordamida hidga qarshi, o‘zini tozalovchi va tibbiy matolar ham ishlab chiqariladi. Funksionalizatsiya turli modifikatsiyalar orqali amalga oshiriladi va sol-gel jarayoni ularning muhim qismi bo‘lib, oddiy, amaliy va xarajat jihatdan samarali yondashuv hisoblanadi. Bundan tashqari, u katta namunalar yuzasida homogjen qatlam hosil qilishni, reaksiyaning kinetikasini oson nazorat qilishni, past sinterlash haroratlarini va boshqa afzalliklarni ta’minlaydi. Sol-gel jarayonining eng muhim afzalligi shundaki, u yumshoq va past haroratda (100°C dan past) homogjen, yagona va tekis qoplamani olish imkonini beradi, shuningdek, moslashuvchanligi va katta yuzalarni modifikatsiya qilish imkoniyatiga ega.

NATIJALAR.

Spektroskopik, Xromatografik va Mikroskopik Tadqiqotlar

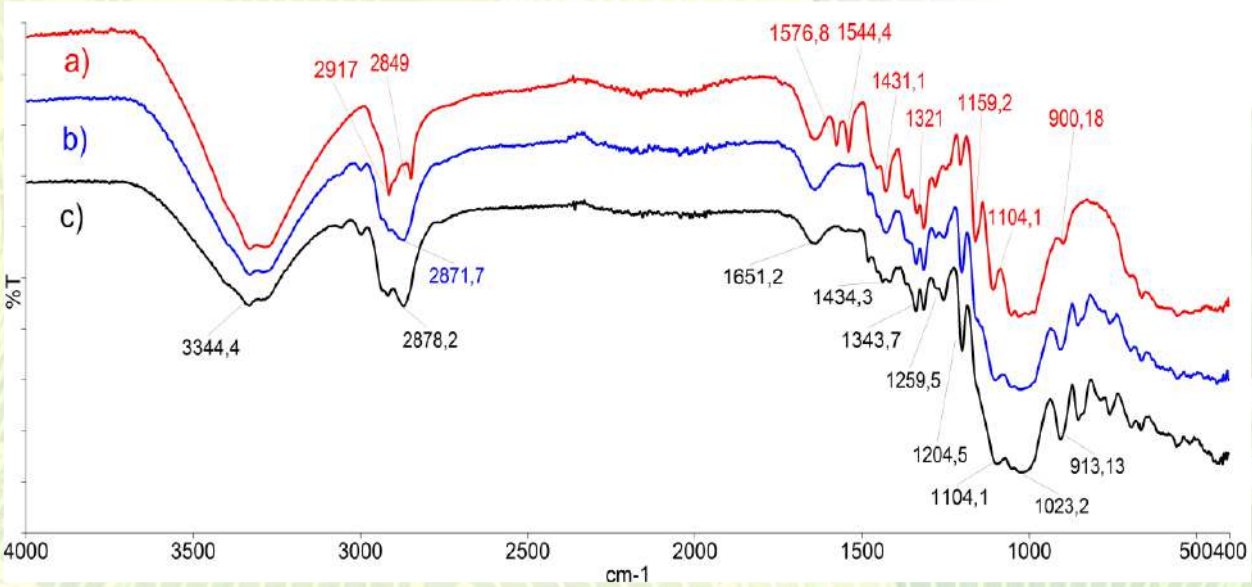
Ushbu tadqiqotda SEM-EDX va FTIR spektroskopik metodlari selluloza materiallarini modifikatsiyalash sifatini antibakterial sinovdan oldin tekshirish uchun ishlatildi. SEM-EDX metodologiyasi namunalar morfologiyasi va yuzaning

ISSN 3030-3907

kimyoviy tarkibini tez va oson, shikastlanmasdan tekshirish imkonini berdi. Namunalar 80× kattalashtirishda kuzatildi va oldindan Au/Pd qoplamasi bilan qoplanildi (1-rasm). Antibakterial sinov uchun selluloza modifikatsiyasida ishlatilgan kolloid barqaror ZnO nanopartikullarining o‘lchami va taqsimoti Nanoparticle Tracking Analyzer (Nanosight) yordamida o‘rganildi. Barcha nanopartikullar 100–120 nm oralig‘ida edi.

Rux (sink) thin-layer xromatografiyada RF qiymati 0.16 ostida aniqlanib, Alisarin S reagent yordamida pushti rangda ko‘rinadi.

Ikkinchi bosqichda namunalarning Fourier-transform infraqizil spektroskopiyasi (Spectrum 100 FTIR, Perkin Elmer, Waltham, MA) yordamida o‘rganilishi amalga oshirildi. Ushbu usul KBr va Attenuated Total Reflectance (ATR) texnikalarini qo‘llab, selluloza materiallarini qattiq holatda spektrlash imkonini beradi (1-rasm). FTIR usuli turli qattiq namunalarning, jumladan nanopartikullar bilan modifikatsiyalangan va modifikatsiyalanmagan selluloza namunalarining o‘rganilishi uchun juda yaxshi texnikadir.



1-rasm. ZnO nanopartikullari bilan modifikatsiyadan oldin va keyingi selluloza namunalarining Fourier-transform infraqizil spektrlari:

(a) Qizil chiziq: modifikatsiyadan oldingi selluloza namunasi uchun FTIR-ATR spektri,

(b) Moviy chiziq: 3-glicidiloksipropiltrimetoksisilan (GLYMO) bilan modifikatsiyadan keyingi selluloza namunasi uchun FTIR-ATR spektri,

(c) Qora chiziq: Design of Experiment dasturi yordamida hisoblangan optimal modifikatsiya parametrlariga ko‘ra ZnO nanopartikullari va GLYMO bilan modifikatsiyalangan selluloza namunasi uchun FTIR-ATR spektri.

Uchta moviy doira epoksi guruhlarning ~905 va 911 sm^{-1} atrofidagi sohalarini ko‘rsatadi, 1100 sm^{-1} atrofidagi hudud Si–O guruhlari bilan bog‘liq

ISSN 3030-3907

(ayniqsa Si–O–C va Si–O–Si ko‘priklari), va GLYMO prekursoridagi metoksil guruhlarning ~2870 sm^{-1} da konversiyasi aniqlangan.

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, sol-gel modifikatsiyasidan oldin va keyin olingan namunalar chiziqlari sezilarli farqlarga ega: epoksi guruhlar taxminan ~905 va 911 sm^{-1} atrofida aniqlangan, ~1100 sm^{-1} atrofidagi soha esa Si–O guruhlari (xususan Si–O–C va Si–O–Si ko‘priklari) bilan bog‘liq, GLYMO prekursoridagi metoksi guruhlarining aylanishi esa ~2870 sm^{-1} da aniqlangan. GLYMO tarkibidagi epoksi guruhlar faqat asosiy amin va silanol bilan reaksiyaga kirishadi.

Gidroksilanish va tarmoqlanish (crosslinking) jarayonlari kuzatilib, optimallashtirildi, bu orqali eng samarali antimikrobial qoplamani tayyorlash uchun qulay sharoitlar aniqlanishi maqsad qilingan. Tatbiq etish xossalarini yaxshilash uchun, GLYMO gidrolizining shartlarini va boshqa parametrlarni o‘zgartirish orqali gibrid moddadagi noorganik fazaning morfologiyasi nazorat qilindi. Ma’lumki, GLYMO gidrolizi natijasida hosil bo‘lgan gibridlar kislotali gidroliz sharoitida yaxshiroq mexanik xossalarga ega bo‘ladi, natijada juda bir hil (homogen) gibrid struktura hosil bo‘ladi. Shu sababli ushbu tadqiqotda HCl (xlorid kislotasi) qo‘llanildi.

Bundan tashqari, xlorid kislotasining mavjudligi gidroliz jarayoniga katalizator sifatida xizmat qiladi va bu gibridlarning termal (issiqlikka chidamli) barqarorligini pasaytiradi. GLYMO gidroliz va kondensatsiya reaksiyalarida ishtirok etadi, bu jarayonlarda alkoksid guruhlari va epoksi halqalar ochiladi. Shuning uchun, bu material organik va noorganik fazalar orasida kovalent bog‘lanishlarga ega gibrid materiallar yaratish uchun yaxshi boshlang‘ich nuqta hisoblanadi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda ZnO nanopartikullari sol-gel jarayoni yordamida sellyuloza yuzasiga kimyoviy bog‘landi va antibakterial funktsional material yaratiladi. ZnO nanopartikullari past harorat va atmosfer bosimida samarali qo‘llanildi va homogjen qoplama hosil qilindi. Uzoq davom etgan sonikatsiya va kuchli ultratovush nurlanishi sellyuloza materialiga nanopartikullarni kamroq samarali yuklanishiga olib keladi. Bu ultratovush nurlanishining homogjen, antibakterial va samarali sirt hosil qilishda muhim parametr ekanligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. World Health Organization. Antimicrobial Resistance Global Report on Surveillance 2014. Available online: https//www.who.int/drugresistance/documents/surveillancereport/en/ (accessed on 1 January 2020).

ISSN 3030-3907

2. Van Hal, S.J.; Jensen, S.O.; Vaska, V.L.; Espedido, B.A.; Paterson, D.L.; Gosbell, I.B. Predictors of mortality in Staphylococcus aureus Bacteremia. Clin. Microbiol. Rev. 2012, 25, 362–386. [CrossRef] [PubMed]
3. Seil, J.T.; Webster, T.J. Antimicrobial applications of nanotechnology methods and literature. Int. J. Nanomed. 2012, 7, 2767–2781.
4. Azam, A.; Ahmed, A.S.; Oves, M.; Khan, M.S.; Habib, S.S.; Memic, A. Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gram-negative bacteria a comparative study. Int. J. Nanomed. 2011, 7, 6003–6009. [CrossRef] [PubMed]
5. Padmavathy, N.; Vijayaraghavan, R. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles-an antimicrobial study. Sci. Technol. Adv. Mater. 2008, 9, 035004. [CrossRef]
6. Saraf, R. Cost e_ective and monodispersed zinc oxide nanoparticles synthesis. Int. J. Adv. Appl. Sci. 2013, 2, 85–88.
7. Liu, Q.; Zhang, M.; Fang Zx Rong, X.H. E_ect of homogenization and ultrasonication on the physical properties of insoluble wheat bran fibres. J. Sci. Food Agric. 2014, 94, 2547–2554. [CrossRef]
8. Beyth, N.; Houri-Haddad, Y.; Domb, A.; Khan, W.; Hazan, R. Alternative Antimicrobial Approach Nano-Antimicrobial Materials. Complement. Altern. Med. 2015, 2015, 246012. [CrossRef]
9. Dizaj, S.M.; Lotpoura, F.; Barzegar-Jalali, M.; Zarrintana, M.H.; Adibkiab, K. Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles. Mater. Sci. Eng. C 2014, 44, 278–284. [CrossRef]
10. Emami-Karvani, Z.; Chehrazi, P. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle on gram-positive bacteria. Afr. J. Microbiol. Res. 2011, 5, 1368–1373.
11. Rasmussen, J.W.; Martinez, E.; Louka, P.;Wingett, D.G. Zinc oxide nanoparticles for selective destruction of tumor cells and potential for drug delivery applications. Expert Opin. Drug Deliv. 2010, 7, 1063–1077. [CrossRef]
12. Brayner, R.; Ferrari-Iliou, R.; Brivois, N.; Djediat, S.; Benedetti, M.F.; Fievet, F. Toxicological impact studies based on Escherichia coli bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. Nano Lett. 2006, 6, 866–870. [CrossRef] [PubMed]
13. Jones, N.; Ray, B.; Ranjit, K.T.; Manna, A.C. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms. FEMS Microbiol. Lett. 2008, 279, 71–76. [CrossRef] [PubMed]
14. Jalal, R.; Goharshadi, E.K.; Abareshi, M.; Moosavi, M.; Yousefi, A.; Nancarrow, P. ZnO nanofluids: Green synthesis, characterization. Mater. Chem. Phys. 2008, 121, 198–201. [CrossRef]

ISSN 3030-3907

15. Raghupathi, K.R.; Koodali, R.T.; Manna, A.C. Size-dependent bacterial growth inhibition and mechanism of antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles. Langmuir 2011, 27, 4020–4028. [CrossRef]
16. Xie, Y.; He, Y.; Irwin, P.L.; Jin, T.; Shi, X. Combined Fluxomics and Transcriptomics Analysis of Glucose Catabolism via a Partially Cyclic Pentose Phosphate Pathway in Gluconobacter oxydans 621H. Appl. Environ. Microbiol. 2011, 77, 2325–2331. [CrossRef] Polymers 2020, 12, 1210 14 of 15
17. Fan, Z.; Lu, J.G. Zinc oxide nanostructures: Synthesis and properties. J. Nanosci. Nanotechnol. 2005, 5, 1561–1573. [CrossRef]
18. Song, Z.; Kelf, T.A.; Sanchez, W.H.; Roberts, M.S.; Ricka, J.; Frenz, M.; Zvyagin, A.V. Characterization of optical properties of ZnO nanoparticles for quantitative imaging of transdermal transport. Biomed. Opt. Express 2011, 2, 3321–3333. [CrossRef]
19. Abramova, A.V.; Abramova, V.O.; Bayazitova, V.M.; Voitova, Y.; Straumal, E.A.; Lermontov, S.A.; Cherdyntseva, T.A.; Braeutigam, P.; Weiße, M.; Günther, K. A sol-gel method for applying nanosized antibacterial particles to the surfaceof textile materials in an ultrasonic field. Ultrason. Sonochem. 2020, 60,104788. [CrossRef] Akhavan, F.; Majid Montazer, S. In situ sonosynthesis of nano TiO2 on cotton fabric. Ultrason. Sonochem. 2014, 21, 681–691. [CrossRef].

ISSN 3030-3907

SHAHAR YO‘NALISHLI AVTOBUSLAR HARAKAT MUNTAZAMLIGINI BAHOLASH VA PROGNOZLASHNING TAKOMILLASHTIRILGAN MATEMATIK MODELI

M. D. Ikromov

Toshkent davlat transport universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligini baholash va qisqa muddatli prognozlash uchun takomillashtirilgan matematik model taklif etiladi. Tadqiqotning maqsadi reja intervali, amaldagi interval og‘ishi, reys vaqti og‘ishi, yo‘lovchi yuklanishi, yo‘nalish uzunligi va pik soat ulushi kabi omillarni yagona tizimda integratsiyalab, muntazamlik ko‘rsatkichini yanada aniqroq baholash hamda keyingi davr uchun prognoz qilishdan iborat. Maqolada kompozit muntazamlik indeksi shakllantirildi, so‘ngra u avtokorrelyatsion-regression tipdagi prognoz modeli bilan bog‘landi. Modelning ishlashini ko‘rsatish uchun 8 ta shartli shahar yo‘nalishi bo‘yicha 45 kunlik sinov paneli tuzildi. Sinov ma’lumotlari real amaliyotda uchraydigan diapazonlarga yaqin parametrlar asosida shakllantirildi va model uslubiyotini namoyish qilish uchun qo‘llandi. Hisob-kitoblar bazaviy model bilan taqqoslanganda takomillashtirilgan modelning MAE ko‘rsatkichi 34.2 % ga, RMSE ko‘rsatkichi esa 29.6 % ga kamayganini, izohlash qobiliyati esa R^2 bo‘yicha 0.149 punktga yaxshilanganini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijasida yo‘nalish uzunligi va yuklanish darajasi muntazamlikning pasayishida muhim rol o‘ynashi, interval og‘ishining ortishi esa yo‘lovchi kutish vaqtini nolinear tarzda oshirishi asoslandi. Taklif etilgan yondashuv jamoat transporti operatorlari uchun marshrut darajasida kuzatish, tahlil, prognoz va operativ boshqaruv qarorlarini qabul qilishda qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: shahar avtobusi, harakat muntazamligi, interval og‘ishi, reys vaqti, prognozlash, regressiya modeli, yo‘lovchi kutish vaqti, real vaqt ma’lumotlari.

Аннотация. В данной статье предложена усовершенствованная математическая модель для оценки регулярности движения городских маршрутных автобусов и ее краткосрочного прогнозирования. Цель исследования состоит в интеграции в единую систему таких факторов, как плановый интервал движения, отклонение фактического интервала, отклонение времени рейса, пассажирская загрузка, длина маршрута и доля часов пик, для более точной оценки показателя регулярности и его прогнозирования на следующий период. В статье сформирован композитный индекс регулярности, который затем связан с прогностической моделью автокорреляционно-регрессионного типа. Для демонстрации работы модели была сформирована 45-дневная тестовая панель по 8 условным городским

ISSN 3030-3907

маршрутам. Тестовые данные были сгенерированы на основе параметров, близких к диапазонам, встречающимся в реальной практике, и использованы для демонстрации методики модели. Расчеты показали, что по сравнению с базовой моделью усовершенствованная модель обеспечивает снижение показателя MAE на 34,2 %, показателя RMSE на 29,6 %, а также улучшение объясняющей способности на 0,149 пункта по R^2. По результатам исследования обосновано, что длина маршрута и уровень загрузки играют важную роль в снижении регулярности, а рост отклонения интервала нелинейно увеличивает время ожидания пассажиров. Предложенный подход может быть использован операторами общественного транспорта для мониторинга, анализа, прогнозирования и принятия решений по оперативному управлению на уровне маршрутов.

Ключевые слова: городской автобус, регулярность движения, отклонение интервала, время рейса, прогнозирование, регрессионная модель, время ожидания пассажиров, данные реального времени.

Abstract. This article proposes an improved mathematical model for assessing the service regularity of urban bus routes and for short-term forecasting. The aim of the study is to integrate such factors as scheduled headway, actual headway deviation, trip time deviation, passenger load, route length, and peak-hour share into a unified framework in order to estimate the regularity indicator more accurately and forecast it for the next period. A composite regularity index is developed and then linked to an autoregressive-regression type forecasting model. To demonstrate the performance of the model, a 45-day test panel was constructed for 8 hypothetical urban bus routes. The test data were generated using parameters close to the ranges observed in real operational practice and were applied to illustrate the methodology of the model. The calculations showed that, compared with the baseline model, the improved model reduced MAE by 34.2% and RMSE by 29.6%, while its explanatory power improved by 0.149 points in terms of R^2. The results indicate that route length and passenger load play a significant role in the decline of service regularity, while an increase in headway deviation leads to a nonlinear growth in passenger waiting time. The proposed approach can be used by public transport operators for route-level monitoring, analysis, forecasting, and operational decision-making.

Keywords: urban bus, service regularity, headway deviation, trip time, forecasting, regression model, passenger waiting time, real-time data.

KIRISH.

Shahar jamoat transporti tizimining samaradorligi nafaqat harakat vositalari soni yoki marshrutlar tarmog‘i bilan, balki xizmatning muntazamligi bilan ham

ISSN 3030-3907

belgilanadi. Agar avtobuslar rejalashtirilgan intervalda harakatlanmasa, yo‘lovchining kutish vaqti ortadi, transport tanlashdagi ishonch kamayadi, bekatlarda gavjumlik yuzaga keladi va tizimning umumiy iqtisodiy samaradorligi pasayadi. Shu sababli muntazamlik ko‘rsatkichi zamonaviy transport menejmentida asosiy sifat mezonlaridan biri sifatida qaraladi.

O‘zbekistonda jamoat transporti tizimini modernizatsiya qilish davlat siyosatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. PF-60-son Farmonda shahar jamoat transporti tizimini takomillashtirish va uning infratuzilmasini rivojlantirish bilan bog‘liq vazifalar belgilangan [1]. PQ-2724-son qarorida esa avtobuslarda yo‘lovchilar tashish tizimini yaxshilash, parkni yangilash va xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar nazarda tutilgan [2]. “O‘zbekiston - 2030” strategiyasida ham transport va logistika sohasida xizmatlarning samaradorligi va boshqaruv sifatini oshirish ustuvor vazifa sifatida qayd etilgan [3].

Ilmiy adabiyotlarda muntazamlik ko‘pincha rejalashtirilgan interval bilan amaldagi interval orasidagi tafovut, yo‘nalish bo‘yicha reys vaqtining barqarorligi, bekatdagi kutish vaqti hamda bus bunching hodisasi bilan bog‘liq holda o‘rganiladi. Biroq amaliy boshqaruvda faqat interval og‘ishini alohida o‘lchash ko‘pincha yetarli bo‘lmaydi. Chunki yo‘nalish uzunligi, yuklanish darajasi, pik soatdagi noaniqlik va oldingi kun natijasining inersiyasi ham muntazamlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Mazkur maqolaning ilmiy g‘oyasi shundan iboratki, muntazamlikni baholash va prognozlash masalalari bir-biridan alohida emas, balki yagona matematik platforma sifatida ko‘rilishi zarur. Avval muntazamlikni kompleks ko‘rsatkich yordamida baholash, so‘ng shu ko‘rsatkichning keyingi davrdagi qiymatini dinamik model orqali prognozlash boshqaruv qarorlarining aniqligini oshiradi.

Tadqiqotning maqsadi shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligini baholash va prognozlash uchun takomillashtirilgan matematik model ishlab chiqish, uning parametrlarini sharhlash hamda namunaviy sinov ma’lumotlari asosida bazaviy yondashuv bilan qiyosiy tahlilini berishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar bajarildi: xizmat muntazamligini ifodalovchi omillar tizimlashtirildi; kompozit ko‘rsatkich shakllantirildi; dinamik prognoz modeli qurildi; model parametrlari baholandi; natijalar grafik va jadval ko‘rinishida talqin qilindi.

Adabiyotlar sharhi va muammoning qo‘yilishi.

Xorijiy tadqiqotlarda avtobus xizmatining muntazamligi ikki nuqtayi nazardan tahlil qilinadi: yo‘lovchi nuqtayi nazari va operator nuqtayi nazari. Diab, Badami va El-Geneidy muntazamlikni yaxshilash strategiyalarini tizimlashtirar

ISSN 3030-3907

ekan, yo‘lovchi uchun asosiy natija kutish vaqti va ishonchlilik ekanini, operator uchun esa jadvalga rioya qilish va resurslardan foydalanish samaradorligi muhimligini ko‘rsatadi [4]. Ushbu yondashuv metodologik jihatdan muhim, chunki baholash mezoni transport korxonasining ichki ko‘rsatkichlari bilangina cheklanmasligi kerak.

Tirachini va hammualliflar muntazamlikni belgilovchi asosiy faktor sifatida interval variatsiyasini ko‘rsatib, metrikalar, omillar, oqibatlar va boshqaruv strategiyalarining keng sharhini beradi [5]. Ularning ta’kidlashicha, intervalning o‘zgaruvchanligi ortishi bekatdagi kutish vaqtini ko‘paytiradi, yo‘lovchining qoniqish darajasini pasaytiradi hamda operator uchun nazorat xarajatlarini oshiradi. Mazkur xulosa ushbu maqoladagi baholash modeliga interval og‘ishi ko‘rsatkichini asosiy determinant sifatida kiritish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qildi.

Chen, Yu, Li va boshqa tadqiqotchilar real vaqt ma’lumotlari asosida avtobus xizmatining marshrut, bekat va tarmoq darajasidagi ishonchliligini o‘rganib, rejalashtirilgan va amaldagi headwaylar orasidagi farqni markaziy ko‘rsatkich sifatida ishlatgan [6]-[9]. Ayniqsa Yu va hammualliflar smart-karta ma’lumotlari asosida stop-level bus bunching prognozini ishlab chiqib, boshqaruv choralarini oldindan belgilashning amaliy ahamiyatini ko‘rsatgan [7]. Li esa tarmoq darajasida real vaqt ma’lumotlari bilan marshrut bo‘yicha ishonchlilikni fazoviy-vaqtli kesimda baholash mumkinligini isbotlagan [9].

Ansari Esfeh va hammualliflar kutish vaqtini baholashda xizmat noaniqligini hisobga olmaslik metodik xatolikka olib kelishini ko‘rsatadi [10]. Ularning natijalari shuni anglatadiki, muntazamlik ko‘rsatkichi bevosita yo‘lovchi foydasiga bog‘liq ko‘rsatkichlarga ulanmasa, boshqaruv qarorlarining amaliy qiymati pasayadi. Shu sababli ushbu maqolada muntazamlik indeksi bilan kutish vaqti formulasi o‘rtasidagi bog‘lanish ham alohida ko‘rsatildi.

Yaqin yillardagi amaliy tadqiqotlarda muntazamlikning kamayishi nafaqat xizmat sifati, balki talab hajmiga ham salbiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Deepa va hammualliflar headway variability oshganda yo‘lovchi oqimi hamda passenger-kilometr ko‘rsatkichlari pasayishini empirik ravishda asoslagan [11]. 2026-yilda chop etilgan BRT tizimidagi tadqiqotlar ham ITS asosidagi AVL va APC ma’lumotlari bilan travel time variability hamda reliability birgalikda baholanganda tizim diagnostikasi ancha aniqlashishini ko‘rsatmoqda [12].

Biroq mavjud ishlarning aksariyatida uchta cheklov kuzatiladi. Birinchidan, ko‘plab modellar interval og‘ishiga haddan tashqari tayanadi va yo‘nalish uzunligi kabi strukturaviy omillarni yetarli hisobga olmaydi. Ikkinchidan, ko‘plab prognoz modellarida oldingi davr natijasi, ya’ni tizimning inersion xulqi alohida komponent

ISSN 3030-3907

sifatida kiritilmaydi. Uchinchidan, baholash va prognozlash bloklari ko‘pincha ajralgan holda ko‘rib chiqiladi, bu esa operativ boshqaruv tavsiyasiga o‘tishni qiyinlashtiradi. Mazkur maqola aynan shu uch jihatni birlashtirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI VA MA’LUMOTLAR BAZASINI SHAKLLANTIRISH.

Tadqiqot metodologiyasi tizimli yondashuv, transport jarayonlarini matematik modellashtirish, tavsifiy statistika, regressiya tahlili va ssenariyli tahlil usullarining kombinatsiyasiga asoslandi. Baholash qismi muntazamlikni kompozit ko‘rsatkich sifatida aniqlaydi; prognozlash qismi esa ushbu ko‘rsatkichning keyingi davr qiymatini avtokorrelyatsion va omilli tuzilma asosida baholaydi.

Modelni namoyish qilish uchun 8 ta shartli shahar yo‘nalishi bo‘yicha 45 kunlik panel tanlanma shakllantirildi. Har bir yo‘nalish uchun yo‘nalish uzunligi, rejalashtirilgan interval, interval og‘ishi, reys vaqti og‘ishi, yo‘lovchi yuklanishi va pik soat ulushi kabi ko‘rsatkichlar yaratildi. Parametrlar diapazoni real amaliyotda uchraydigan holatlarga yaqinlashtirildi: yo‘nalish uzunligi 12.4 km dan 27.0 km gacha, rejalashtirilgan interval 7 minutdan 12 minutgacha, yuklanish koeffitsiyenti esa 0.45-0.99 oralig‘ida o‘zgaruvchi qilib olindi.

Mazkur yondashuvning metodik ustunligi shundan iboratki, u ma’lumotlar bazasi to‘liq bo‘lmagan sharoitda ham modelning strukturaviy mantiqini sinab ko‘rish, omillar orasidagi nisbatlarni ko‘rish va operator uchun qaysi o‘zgaruvchilar eng sezgir ekanini aniqlash imkonini beradi. Amaliyotda ushbu model GPS/AVL, elektron to‘lov, dispetcher jurnali va yo‘nalish pasporti ma’lumotlari bilan to‘ldirilishi mumkin.

Tadqiqotda foydalanilgan asosiy o‘zgaruvchilar va ularning iqtisodiy-transport mazmuni 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Modelda foydalanilgan asosiy o‘zgaruvchilar

Belgilanish	Ko‘rsatkich	O‘lchov	Mazmuni
h_{ijt}^{r}	Rejalashtirilgan interval	minut	Jadval bo‘yicha ikki ketma-ket avtobus oralig‘i
h_{ijt}^{a}	Amaldagi interval	minut	GPS yoki kuzatuv natijasidagi haqiqiy interval
T_{ijt}^{r}, T_{ijt}^{a}	Reja va amaldagi reys vaqti	minut	Marshrut bo‘yicha aylanish yoki qatnov vaqti
Q_{ijt}	Yo‘lovchi oqimi	kishi	Muayyan davrdagi yoki reysdagi xizmat talabi
C_i	Sig‘im	kishi	Bir avtobusning foydali sig‘imi

ISSN 3030-3907

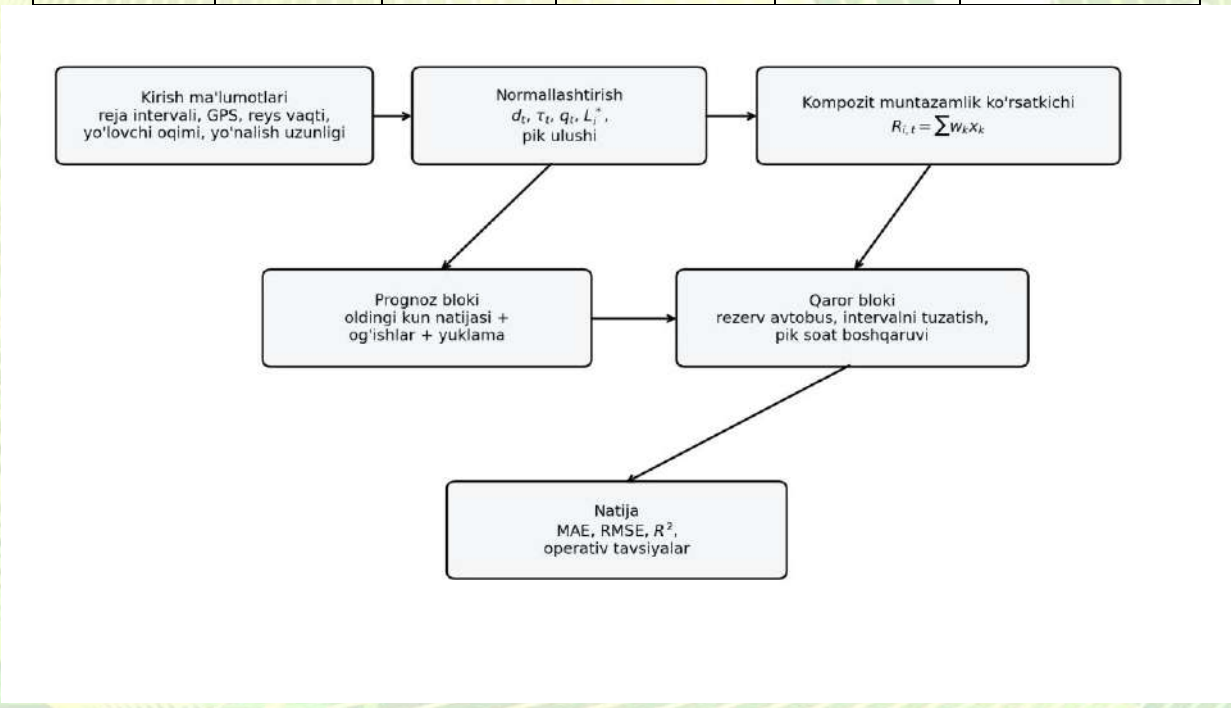
L_i	Yo‘nalish uzunligi	km	Marshrutning bir tomonga yoki aylanma uzunligi

Shartli panel tanlanma bo‘yicha umumlashtirilgan marshrut ko‘rsatkichlari 2-jadvalda berilgan. Jadvaldan ko‘rinadiki, yo‘nalish uzunligi ortgani sari o‘rtacha muntazamlik pasayishga moyil. Bu holat uzoq marshrutlarda tashqi ta’sirlar yig‘ilib borishi, bekatlar sonining ortishi va transport oqimidagi noaniqliklarning kumulyativ xarakter kasb etishi bilan izohlanadi.

2-jadval.

Shartli yo‘nalishlar bo‘yicha asosiy ko‘rsatkichlar

Yo‘nalish	Uzunlik, km	Reja intervali, min	O‘rtacha interval og‘ishi	O‘rtacha yuklanish	O‘rtacha muntazamlik
1	12.4	7	0.11	0.612	0.803
2	14.8	8	0.126	0.625	0.784
3	16.2	8	0.142	0.676	0.775
4	18.5	9	0.158	0.688	0.739
5	20.1	10	0.174	0.727	0.727
6	22.3	10	0.194	0.788	0.686
7	24.6	11	0.205	0.816	0.675
8	27.0	12	0.218	0.852	0.645



1-rasm. Muntazamlikni baholash va prognozlashning taklif etilgan konseptual sxemasi

ISSN 3030-3907

HARAKAT MUNTAZAMLIGINI BAHOLASHNING TAKOMILLASHTIRILGAN MATEMATIK MODELI

Taklif etilayotgan modelning birinchi bosqichi - xizmat muntazamligini bitta indikator yordamida ifodalashdir. Buning uchun avvalo interval og‘ishi, reys vaqti og‘ishi, yuklanish, yo‘nalish uzunligi va pik soat ulushi kabi omillar normallashtiriladi. Har bir reys bo‘yicha nisbiy interval og‘ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$d_{ijt} = \frac{|h_{ijt}^a - h_{ijt}^r|}{h_{ijt}^r}$$

Agar $d_{ijt} = 0$ bo‘lsa, amaldagi interval reja bilan to‘liq mos tushadi; d_{ijt} kattalashgani sari xizmat muntazamligining buzilishi kuchayadi. Reys vaqtining nisbiy og‘ishi ham xuddi shunday tarzda aniqlanadi:

$$\tau_{ijt} = \frac{|T_{ijt}^a - T_{ijt}^r|}{T_{ijt}^r}$$

Yo‘lovchi yuklanish darajasi sig‘imga nisbatan quyidagicha ifodalanadi:

$$q_{ijt} = \frac{Q_{ijt}}{C_i}$$

Yo‘nalish uzunligi struktura omili bo‘lgani sababli u birlik intervallar orasiga keltiriladi:

$$L_i^* = \frac{L_i - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}}$$

Pik soat ulushi P_t ma’lum kun uchun yuklangan davrlarning umumiy ulushini ifodalaydi. Endi har bir reys bo‘yicha muntazamlik balli quyidagi kompozit shaklda yoziladi:

$$r_{ijt} = 1 - \left(w_1 d_{ijt} + w_2 \tau_{ijt} + w_3 q_{ijt} + w_4 L_i^* + w_5 P_t\right)$$

Bu yerda $w_k \geq 0$ va $\sum_{k=1}^{5} w_k = 1$. Mazkur tadqiqotda amaliy sezgirlik va adabiyotlar sharhi asosida $w_1 = 0.35$, $w_2 = 0.25$, $w_3 = 0.18$, $w_4 = 0.12$, $w_5 = 0.10$ deb olindi. Bunday tanlov interval og‘ishi va reys vaqti og‘ishini dominant omillar, yuklanish va yo‘nalish uzunligini esa ularning struktura-ekspluatatsion modifikatorlari sifatida talqin qiladi.

Reys bo‘yicha baholashni kun darajasiga o‘tkazish uchun vaznli o‘rtacha ishlatiladi. Pik davrlardagi reyslar tizim sifati uchun muhimroq bo‘lgani sababli ularning vazni yuqoriroq tanlanadi:

ISSN 3030-3907

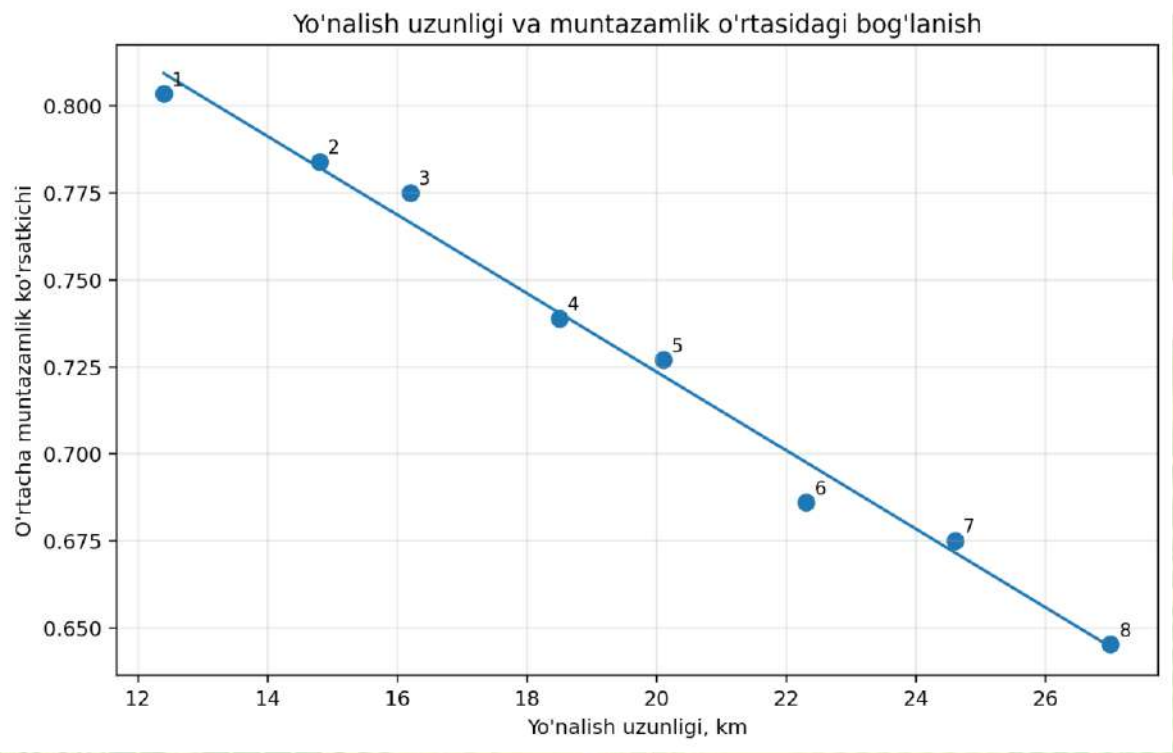
$$R_{i,t} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{it}} \omega_{jt} r_{ijt}}{\sum_{j=1}^{n_{it}} \omega_{jt}}$$

Natijada $R_{i,t} \in [0,1]$ oralig‘idagi kunlik muntazamlik indeksi olinadi. U 1 ga yaqinlashgan sari xizmat rejalashtirilgan grafikga yaqinlashadi. Agar operator normativ sifat darajasini R^{tar} bilan belgilasa, unda $R_{i,t} < R^{\text{tar}}$ bo‘lgan kunlar xavfli zona sifatida qaraladi.

Muntazamlik va yo‘lovchi foydasi o‘rtasidagi bog‘lanishni ko‘rsatish uchun klassik kutish vaqti ifodasi xizmat noaniqligi koeffitsiyenti bilan boyitiladi:

$$W_{i,t} = \frac{\bar{h}_{i,t}}{2}\left(1 + c_{v,i,t}^2\right), \qquad c_{v,i,t} = \frac{\sigma_{h,i,t}}{\bar{h}_{i,t}}$$

Bu formula interval variatsiyasi oshganda yo‘lovchi kutish vaqti oddiy $\bar{h}/2$ ga nisbatan yuqoriroq bo‘lishini ko‘rsatadi. Shu sababli muntazamlikni baholash faqat grafik intizomi emas, balki yo‘lovchi nuqtayi nazaridan ham iqtisodiy mazmunga ega.



2-rasm. Yo‘nalish uzunligi va o‘rtacha muntazamlik o‘rtasidagi bog‘lanish

PROGNOZLASH MODELI VA HISOB-KITOB NATIJALARI.

Baholash bosqichida olingan $R_{i,t}$ ko‘rsatkichidan keyingi kun yoki yaqin davr uchun prognoz olish boshqaruv nuqtayi nazaridan muhimdir. Buning uchun ushbu maqolada bazaviy va takomillashtirilgan ikki model solishtirildi. Bazaviy model faqat interval og‘ishi va reys vaqti og‘ishidan foydalanadi.

ISSN 3030-3907

Takomillashtirilgan model esa tizimning inersion xususiyati ($R_{i,t}$), yuklanish darajasi, yo‘nalish uzunligi va pik soat ulushini ham qo‘shadi.

Takomillashtirilgan linearlashtirilgan prognoz modeli quyidagi ko‘rinishda yozildi:

$$\hat{R}_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 R_{i,t} - \beta_2 \bar{d}_{i,t} - \beta_3 \bar{\tau}_{i,t} - \beta_4 \bar{q}_{i,t} - \beta_5 L_i^* - \beta_6 P_t$$

Hisoblangan qiymat [0,1] intervaldan chiqib ketmasligi uchun quyidagi cheklash qo‘llanadi:

$$\hat{R}_{i,t+1}^* = \min\{1, \max\{0, \hat{R}_{i,t+1}\}\}$$

Koeffitsiyentlar eng kichik kvadratlar usuli bilan baholandi; ya’ni quyidagi funksional minimallashtirildi:

$$\min_{\beta} \sum_i \sum_t \left(R_{i,t+1}^{\text{obs}} - \hat{R}_{i,t+1} \right)^2$$

Natijada takomillashtirilgan modelning baholangan koeffitsiyentlari 3-jadvalda keltirildi.

3-jadval.

Takomillashtirilgan model koeffitsiyentlari

Parametr	Baholangan qiymat	Ta’sir yo‘nalishi	Talqin
β_0	0.7077	asosiy daraja	Boshqa omillar nolga teng bo‘lgandagi boshlang‘ich daraja
β_1	0.2625	+	Oldingi kun yaxshi bo‘lsa, keyingi kun ham odatda yaxshi bo‘ladi
β_2	-0.3044	-	Interval og‘ishi ortsa, muntazamlik pasayadi
β_3	-0.1795	-	Reys vaqti og‘ishi ortsa, muntazamlik pasayadi
β_4	-0.0601	-	Yuklanish ortishi xizmatni beqarorlashtiradi
β_5	-0.0504	-	Uzun yo‘nalishlarda risklar yig‘iladi
β_6	-0.0677	-	Pik ulushi ortishi boshqaruvni murakkablashtiradi

3-jadvaldan ko‘rinadiki, oldingi kun natijasi uchun musbat koeffitsiyent tizimning inersion xulqini aks ettiradi. Interval og‘ishi va reys vaqti og‘ishi koeffitsiyentlari manfiy bo‘lib, ularning iqtisodiy ma’nosi aniq: noaniqlik ortishi bilan xizmat sifati pasayadi. Yuklanish, yo‘nalish uzunligi va pik soat ulushining manfiy koeffitsiyentlari esa operatorga faqat jadval bilan emas, balki talab va marshrut strukturasi bilan ishlash zarurligini ko‘rsatadi.

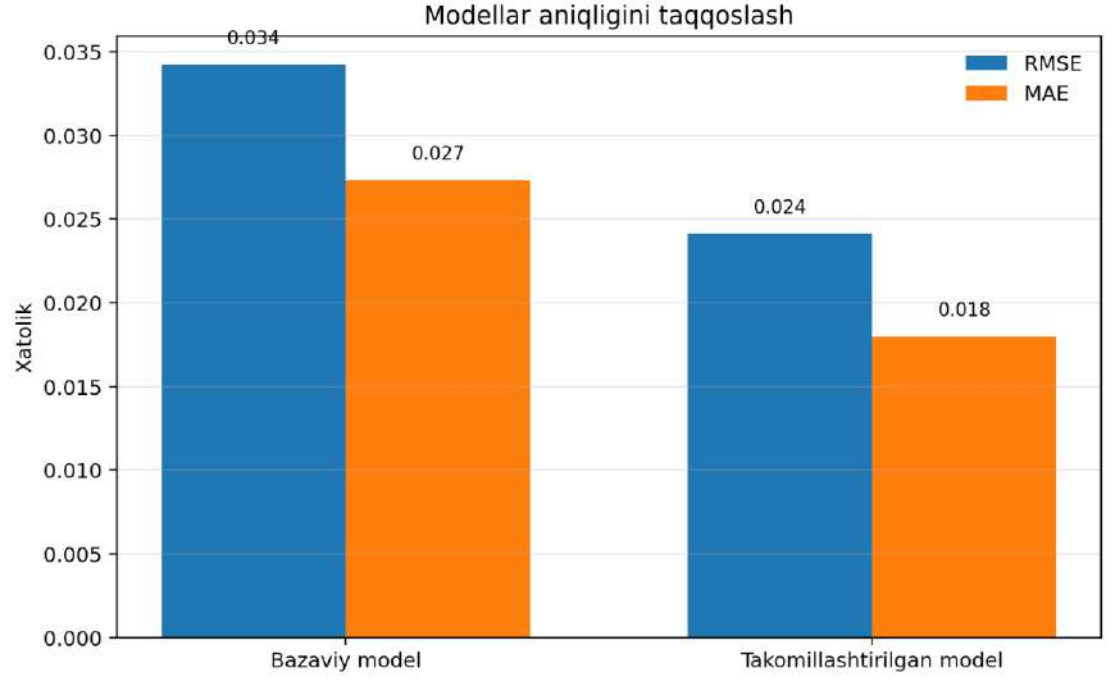
ISSN 3030-3907

Model sifati bazaviy yondashuv bilan 4-jadval asosida qiyoslandi. Bazaviy model faqat ikki omilli tuzilmaga ega bo‘lgani uchun izohlash qobiliyati pastroq va noaniq kunlarda xatoligi yuqoriroq bo‘ldi.

4-jadval

Model aniqligi ko‘rsatkichlari taqqoslovi

Model	MAE	RMSE	R^2	Izoh
Bazaviy model	0.0273	0.0342	0.7038	Faqat interval va reys og‘ishlari hisobga olingan
Takomillashtirilgan model	0.0180	0.0241	0.8530	Inersiya, yuklanish, uzunlik va pik ulushi qo‘shilgan



3-rasm. Bazaviy va takomillashtirilgan modellarning xatolik ko‘rsatkichlari

Natijalarga ko‘ra, takomillashtirilgan modelda MAE 0.0273 dan 0.0180 ga tushdi, ya’ni xatolik 34.2 % ga kamaydi. RMSE esa 0.0342 dan 0.0241 ga tushib, 29.6 % li yaxshilanish berdi. Izohlash darajasi R^2 bo‘yicha 0.7038 dan 0.8530 gacha oshdi. Demak, qo‘shimcha omillarni kiritish faqat nazariy emas, amaliy jihatdan ham maqsadga muvofiq.

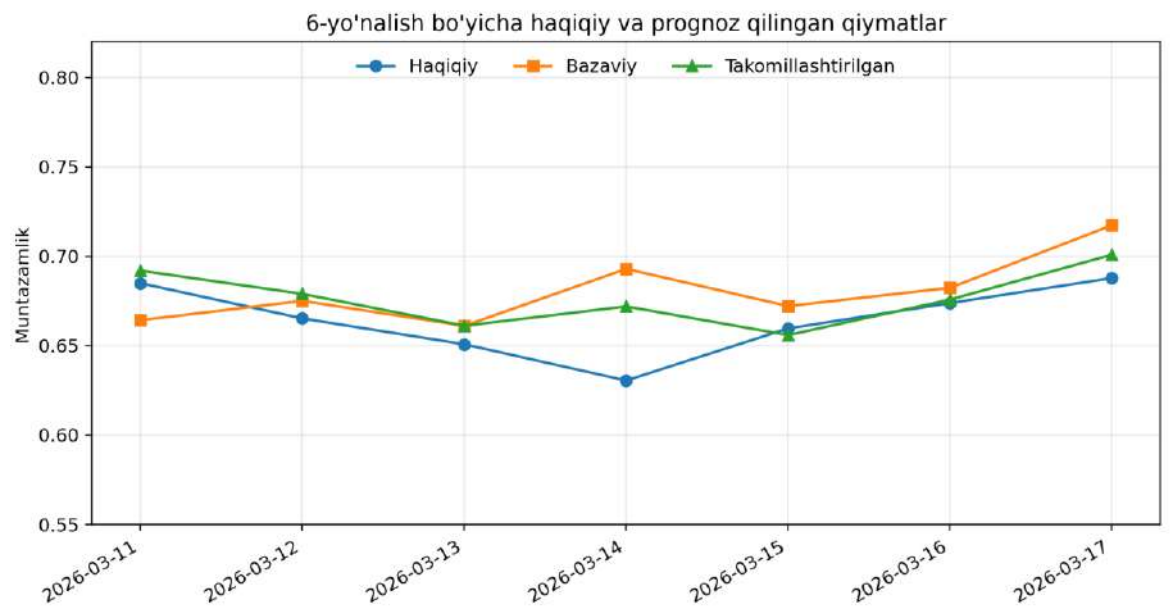
6-yo‘nalishning test davridagi 7 kunlik qiyosiy prognozi 5-jadval va 4-rasmda aks ettirilgan. Ushbu marshrut ataylab tanlandi, chunki unda uzunlik va yuklanish o‘rtacha-yuqori zonada bo‘lib, bazaviy model xatolari yaqqolroq namoyon bo‘ladi.

5-jadval.

6-yo‘nalish bo‘yicha 7 kunlik qiyosiy prognoz

ISSN 3030-3907

Sana	Haqiqiy	Bazaviy	Takom.	|e| bazaviy	|e| takom.
11.03	0.685	0.664	0.692	0.021	0.007
12.03	0.665	0.675	0.679	0.01	0.014
13.03	0.651	0.661	0.661	0.01	0.01
14.03	0.63	0.693	0.672	0.062	0.041
15.03	0.66	0.672	0.656	0.013	0.004
16.03	0.674	0.682	0.676	0.009	0.002
17.03	0.688	0.717	0.701	0.03	0.013

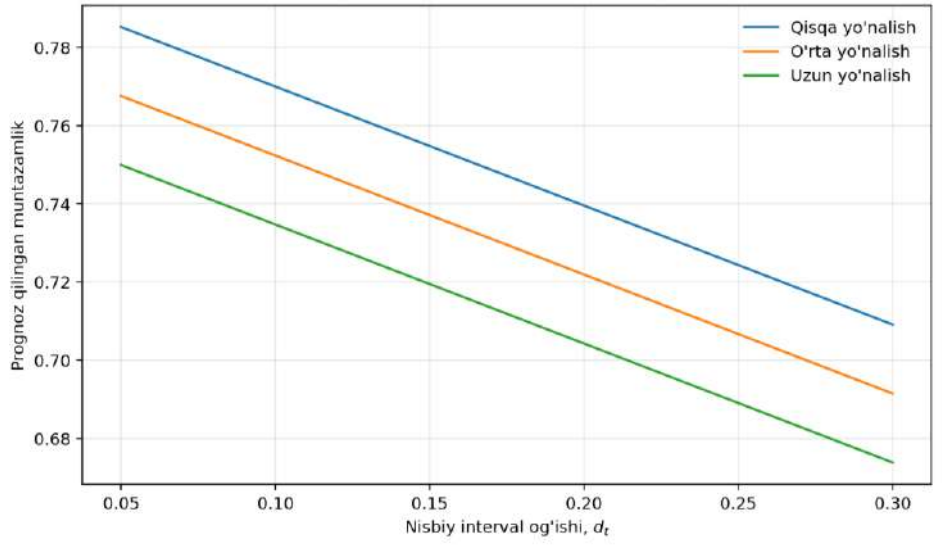


4-rasm. 6-yo‘nalish bo‘yicha haqiqiy va prognoz qilingan muntazamlik qiymatlari

4-rasm shuni ko‘rsatadiki, bazaviy model nisbatan keskin kunlarda, xususan interval va reys og‘ishlari bir vaqtda kuchaygan holatlarda muntazamlikni yuqoriroq baholab yuborishga moyil. Takomillashtirilgan model esa oldingi kun natijasi va yuklanish darajasini hisobga olgani sababli egri chiziqni haqiqiy dinamikaga yaqinroq ushlab turadi.

Modelning sezgirligi 5-rasmda tasvirlangan. Unda interval og‘ishi oshgani sari prognoz qilingan muntazamlik kamayadi; shu bilan birga uzun yo‘nalishlarda pasayish trayektoriyasi pastroq darajadan boshlanadi. Bu strukturaviy omilni modelga kiritish zarurligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Interval og‘ishi ortganda yo‘nalish uzunligiga ko‘ra muntazamlikning kamayishi

Prognoz natijasini boshqaruv qaroriga bog‘lash uchun quyidagi soddalashtirilgan tuzatish qoidasi taklif etiladi. Agar prognoz qilingan muntazamlik maqsadli chegaradan past tushsa, reja intervali korektsiya qilinadi yoki rezerv avtobus ajratiladi:

$$h_{i,t+1}^{new} = h_{i,t+1}^{plan}\left[1-\eta\left(R^{tar}-\hat{R}_{i,t+1}^{*}\right)\right], \qquad \hat{R}_{i,t+1}^{*} < R^{tar}$$

Bu yerda η - boshqaruv sezgirligi koeffitsiyenti. Bundan tashqari, pik davr uchun rezerv ehtiyojini baholash quyidagicha yozilishi mumkin:

$$n_{i,t+1}^{res} = \left\lceil \frac{Q_{i,t+1}^{peak}}{C_i} - m_i \right\rceil_{+}$$

Shunday qilib, prognoz modeli nafaqat monitoring instrumenti, balki dispetcherlik qarorini asoslash vositasi ham bo‘lib xizmat qiladi.

SSENARIYLI TAHLIL VA AMALIY SAMARADORLIKNI BAHOLASH

Taklif etilgan modelning amaliy qiymatini chuqurroq ochish uchun 6-yo‘nalish misolida ssenariyli tahlil bajarildi. Ushbu marshrut uchun bazaviy holat, intervalni 15 % tuzatish, pik davrni boshqarish va rezerv avtobus ajratish, shuningdek kompleks boshqaruv ssenariylari ko‘rib chiqildi. Ssenariylar operator nuqtayi nazaridan real bajarilishi mumkin bo‘lgan choralar ketma-ketligi sifatida tuzildi.

Birinchi ssenariy faqat dispetcherlik intervalini tartibga solishga qaratilgan bo‘lib, unda nisbiy interval og‘ishi 15 % ga kamaytiriladi. Ikkinchi ssenariyda interval og‘ishi bilan birga reys vaqti og‘ishi ham bir oz pasaytiriladi va pik davrda rezerv avtobus qo‘shilishi hisobiga yuklanish yumshatiladi. Uchinchi, ya’ni kompleks ssenariyda esa intervalni yanada barqarorlashtirish, reys vaqtini

ISSN 3030-3907

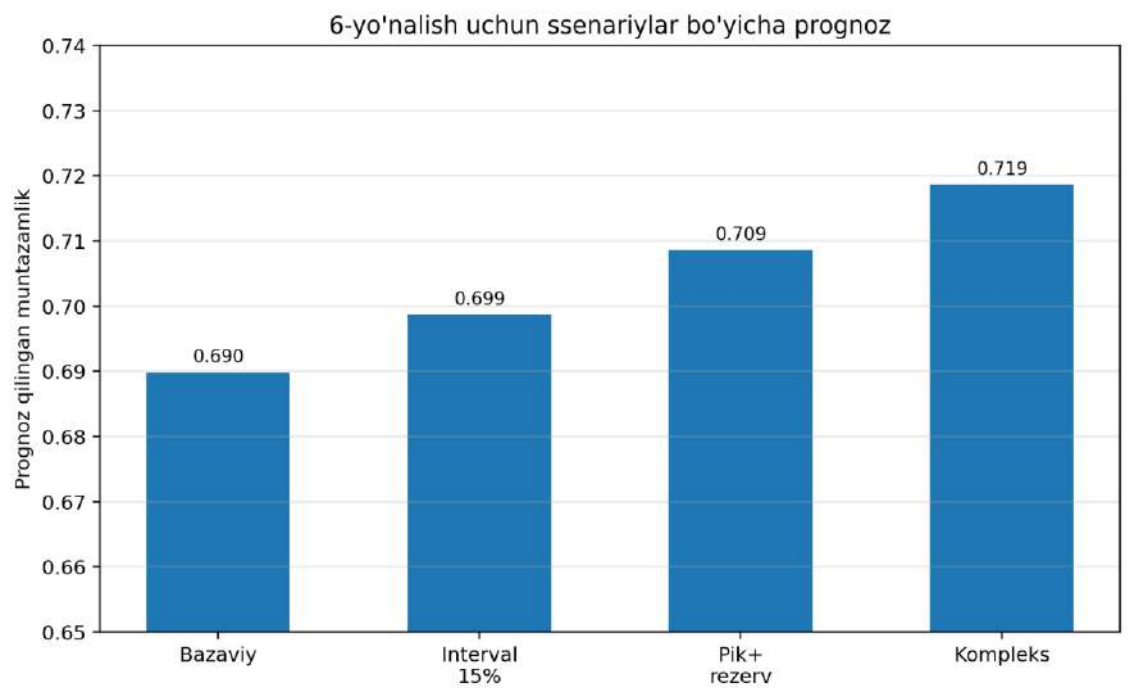
optimallashtirish, pik oqimni qayta taqsimlash va sig‘imdan foydalanishni muvozanatlash choralarining birgalikdagi effekti baholanadi.

6-jadval natijalari ko‘rsatadiki, ssenariylar yanada faolroq bo‘lgani sari prognoz qilingan muntazamlik ketma-ket ortadi. Shu bilan birga, kutish vaqti ham pasayadi. Demak, model operatorga faqat muammo mavjudligini aytibgina qolmay, har xil boshqaruv choralarining kutilayotgan natijasini oldindan baholash imkonini beradi.

6-jadval.

6-yo‘nalish bo‘yicha ssenariyli tahlil natijalari

Ssenariy	d	τ	q	P	Prognoz R	Kutish, min
Bazaviy holat	0.194	0.162	0.788	0.413	0.69	8.02
Intervalni 15% tuzatish	0.165	0.162	0.788	0.413	0.699	7.19
Pik boshqaruvi + rezerv	0.156	0.149	0.757	0.373	0.709	6.94
Kompleks boshqaruv	0.14	0.138	0.725	0.353	0.719	6.57



6-rasm. 6-yo‘nalish uchun ssenariylar bo‘yicha prognoz qilingan muntazamlik

6-jadval va 6-rasmga ko‘ra, kompleks boshqaruv ssenariysida prognoz qilingan muntazamlik 0.690 dan 0.719 gacha oshadi. Ayni paytda kutilayotgan o‘rtacha kutish vaqti 8.02 minutdan 6.57 minutgacha kamayadi, ya’ni taxminan 18.2 % ga yaxshilanadi. Bu natija xizmatni boshqarish samaradorligini baholashda

ISSN 3030-3907

muntazamlik va kutish vaqtini birgalikda ko‘rish kerakligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Ssenariyli yondashuvning yana bir afzalligi shundaki, u investitsion va ekspluatatsion qarorlarni ustuvorlashtirishga yordam beradi. Masalan, faqat intervallarni tuzatish ma’lum foyda beradi, lekin pik davrni faol boshqarish va sig‘imni qayta taqsimlash bilan birgalikda sezilarliroq natija olinadi. Demak, rezerv park mavjud bo‘lsa, uni qaysi marshrut va qaysi vaqt oralig‘iga yuborish masalasi model yordamida iqtisodiy asoslanishi mumkin.

MODELNI AMALIY JORIY ETISH ALGORITMI.

Taklif etilgan modelni transport korxonasi yoki shahar dispetcherlik markazida joriy etish bosqichma-bosqich amalga oshirilishi mumkin. Birinchi bosqichda ma’lumot manbalari integratsiya qilinadi: marshrut pasporti, jadval, GPS/AVL, elektron to‘lov yoki yo‘lovchi sanash tizimi va dispetcherlik jurnali yagona omborchaga yig‘iladi. Ikkinchi bosqichda har kuni yoki har smena yakunida interval og‘ishi, reys vaqti og‘ishi, yuklanish va pik ulushi avtomatik hisoblanadi.

Uchinchi bosqichda kompozit muntazamlik indeksi $R_{i,t}$ shakllantiriladi va tarixiy qatorga yozib boriladi. To‘rtinchi bosqichda prognoz modeli keyingi davr uchun $\hat{R}^{*}_{i,t+1}$ ni hisoblaydi. Beshinchi bosqichda ushbu qiymat oldindan belgilangan xavf zonalari bilan taqqoslanib, operatorga tavsiya beriladi. Oltinchi bosqichda qabul qilingan choralar va ularning natijasi qayta bazaga kiritiladi; shu tariqa model doimiy o‘qitilib, adaptiv tizimga aylanadi.

Amaliy foydalanishda qaror qabul qilishni soddalashtirish uchun 7-jadvaldagi zonali matritsa tavsiya etiladi. Bu matritsa prognoz qilingan muntazamlik diapazonlariga qarab operatorning minimal harakatini belgilaydi. Bunday yondashuv dispetcher subyektivligini kamaytiradi va tezkor boshqaruvni standartlashtiradi.

7-jadval.

Prognoz qilingan muntazamlik bo‘yicha qarorlar matritsasi

Zona	$\hat{R}^{*}$ **diapazoni**	**Holat tavsifi**	**Operator tavsiyasi**
I	>= 0.80	Barqaror holat	Oddiy monitoring, jadvalni saqlash
II	0.72 - 0.80	Nazorat talab etiladigan holat	Pik davr kesimida intervallarni qayta tekshirish

ISSN 3030-3907

III	0.65 - 0.72	Xavfli holat	Rezerv avtobus, bekatlarda ushlab turish yoki intervalni qayta taqsimlash
IV	< 0.65	Kritik holat	Shoshilinch dispetcherlik aralashuvi, park resurslarini qayta joylash

7-jadvaldan foydalanish orqali boshqaruv jarayonida uchta metodik yutuq olinadi. Birinchidan, xavf zonalari aniq miqdoriy chegaraga ega bo‘ladi. Ikkinchidan, har bir zona uchun tavsiya etiladigan chora standartlashtiriladi. Uchinchidan, choralar natijasi keyingi davrda qayta o‘lchanib, adaptiv boshqaruv sikli hosil qilinadi. Shu ma’noda model oddiy analitik formula emas, balki ma’lumotlar bilan ishlovchi boshqaruv protokoli sifatida xizmat qiladi.

Modelni korxona miqyosida joriy etish jarayonida quyidagi tashkiliy shartlar muhim: ma’lumotlarning vaqt bo‘yicha sinxronligi, GPS nuqtalarini tozalash, bekatlar bo‘yicha yagona identifikator, jadval versiyalarini tarix bilan saqlash va dispetcher qarorlarini jurnalga yozib borish. Aynan shu shartlar bajarilganda model parametrlari noto‘g‘ri kalibrlanmaydi va operativ tavsiyalar ishonchli bo‘ladi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar muntazamlikni boshqarish masalasida bir nechta muhim xulosalarni beradi. Birinchidan, interval og‘ishi hanuz asosiy determinant bo‘lib qolmoqda, biroq u yagona omil emas. Agar marshrut uzunligi va yuklanish darajasi hisobga olinmasa, model tizimning ekspluatatsion murakkabligini past baholaydi. Ayniqsa uzun va ko‘p bekatli yo‘nalishlarda reja intervalining o‘zi yetarli tushuntirish bermaydi.

Ikkinchidan, oldingi kun natijasining ijobiy koeffitsiyenti tizimda kuchli inersiya mavjudligini ko‘rsatadi. Bu amaliyotda shuni anglatadiki, bir necha kun davom etgan beqarorlik keyingi davrga ham o‘tishi mumkin; demak, muammo aniqlangan zahoti tezkor chora ko‘rish zarur. Kechikib ko‘rilgan choralar esa ko‘pincha faqat simptomni kamaytiradi, sababni emas.

Uchinchidan, muntazamlikni kutish vaqti bilan bog‘lash operator uchun yanada aniqroq iqtisodiy talqin beradi. Masalan, ikki marshrutda o‘rtacha interval bir xil bo‘lishi mumkin, biroq interval variatsiyasi katta bo‘lgan yo‘nalishda yo‘lovchi kutish vaqti sezilarli ortadi. Shu bois muntazamlik ko‘rsatkichini yo‘lovchi manfaatidan uzib bo‘lmaydi.

Taklif etilgan modelning amaliy afzalligi shundaki, u bosqichma-bosqich joriy qilinishi mumkin. Dastlab jadval va GPS ma’lumotlari bilan interval og‘ishi hamda reys vaqti og‘ishi hisoblanadi. Keyingi bosqichda elektron to‘lov yoki kuzatuv asosida yuklanish darajasi qo‘shiladi. So‘ng operator yo‘nalish pasportidan marshrut uzunligi va ekspluatatsion tavsiflarni kiritib, to‘liq kompozit modelga o‘tadi.

ISSN 3030-3907

Shu bilan birga tadqiqotning cheklovi mavjud: maqoladagi hisob-kitob sinov paneli asosida bajarildi. Demak, metodning strukturaviy ustunligi ko‘rsatilgan bo‘lsa-da, kelgusida real shahardagi AVL, APC va dispetcherlik ma’lumotlari bilan kalibrlash, parametrlarni hududiy va vaqtinchalik sharoitlarga moslashtirish talab etiladi. Biroq aynan metodik karkas va parametrlar talqini ushbu maqolaning asosiy ilmiy natijasini tashkil etadi.

XULOSA.

Maqolada shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligini baholash va prognozlash uchun takomillashtirilgan matematik model ishlab chiqildi. Modelning birinchi qismi interval og‘ishi, reys vaqti og‘ishi, yuklanish, yo‘nalish uzunligi va pik soat ulushini hisobga oluvchi kompozit muntazamlik indeksini shakllantiradi. Ikkinchi qismi esa ushbu indeksning keyingi davrdagi qiymatini oldingi natija va ekspluatatsion omillar asosida prognozlaydi.

Shartli 8 yo‘nalish va 45 kunlik panel tanlanma asosidagi hisob-kitoblar takomillashtirilgan model bazaviy yondashuvga nisbatan ancha yuqori aniqlik berishini ko‘rsatdi: MAE 34.2 % ga, RMSE esa 29.6 % ga kamaydi. Bu natija muntazamlikni faqat ikki operatsion og‘ish bilan emas, balki talab va strukturaviy omillar bilan birgalikda tahlil qilish zarurligini tasdiqlaydi.

Nazariy jihatdan maqolaning yangiligi baholash va prognozlash bloklarining yagona modelga birlashtirilganidadir. Amaliy jihatdan esa taklif etilgan yondashuv dispetcherlik xizmati uchun xavfli kunlarni oldindan aniqlash, rezerv avtobus zaruratini baholash va reja intervalini adaptiv tuzatish imkonini beradi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda modelni real vaqtli GPS/AVL va elektron to‘lov ma’lumotlari bilan kalibrlash, marshrutlararo o‘zaro ta’sirni tarmoqli modelga kiritish, shuningdek deterministik va stoxastik boshqaruv ssenariylarini AnyLogic yoki boshqa imitatsion muhitlarda tekshirish maqsadga muvofiq.

Kutiladigan iqtisodiy ta’sirni baholash uchun yordamchi formulalar

Mazkur ilovada taklif etilgan modelni joriy etishdan kutiladigan ijtimoiy-iqtisodiy samarani tezkor baholash uchun yordamchi formulalar keltiriladi. Maqolaning asosiy qismida modelning aniqligi va boshqaruvga ta’siri isbotlandi; amaliyotda esa operator va buyurtmachi organ ko‘pincha ushbu yaxshilanishning pul ifodasini ham ko‘rishni xohlaydi.

Yo‘lovchilar nuqtayi nazaridan eng muhim natija kutish vaqtining qisqarishidir. Agar bazaviy holatdagi o‘rtacha kutish vaqti W^0, yaxshilangan ssenariydagi qiymat esa W^1 bo‘lsa, bir davr uchun umumiy vaqt tejalishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta T_{pass} = N_{pass} \cdot (W^0 - W^1)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda N_{pass} - mos davrda xizmatdan foydalangan yo‘lovchilar soni. Agar vaqt qiymati v_t so‘m/minut deb olinsa, yo‘lovchi vaqtining pul ekvivalentidagi samara quyidagicha yoziladi:

$$E_{pass} = v_t \cdot \Delta T_{pass}$$

Operator nuqtayi nazaridan esa rezerv avtobus yuborish, yoqilg‘i sarfi yoki haydovchi vaqti kabi qo‘shimcha xarajatlar mavjud bo‘lishi mumkin. Ular soddalashtirilgan ko‘rinishda quyidagi komponentlar bilan ifodalanadi:

$$C_{oper} = c_b \cdot n^{res} + c_h \cdot \Delta H + c_f \cdot \Delta L$$

Shunda sof integrallashgan samara quyidagi tenglama yordamida baholanadi:

$$E_{net} = E_{pass} - C_{oper}$$

Masalan, 6-yo‘nalish uchun bazaviy va kompleks ssenariy o‘rtasida kutish vaqti $W^0 - W^1 = 1.46$ minutga qisqardi. Agar pik davrda 1200 nafar yo‘lovchi xizmatdan foydalansa, umumiy vaqt tejalishi $\Delta T_{pass} = 1200 \times 1.46 = 1747.8$ yo‘lovchi-minutni tashkil etadi, ya’ni taxminan 29.1 yo‘lovchi-soatga teng. Bu qiymat operator xarajatlari bilan birgalikda ko‘rilganda modelni joriy etish samaradorligini raqamli baholash imkonini beradi.

Shunday qilib, taklif etilgan matematik model nafaqat texnik prognoz vositasi, balki xizmat sifatini iqtisodiy baholash uchun ham metodik asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Kelgusida real tariflar, yoqilg‘i xarajatlari va vaqt qiymati parametrlarini kiritish orqali to‘liq iqtisodiy samaradorlik moduli ishlab chiqilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida, PF-60-son Farmon, 28.01.2022.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Aholiga transport xizmati ko‘rsatish va avtobuslarda yo‘lovchilar tashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida, PQ-2724-son qaror, 10.01.2017.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. “O‘zbekiston - 2030” strategiyasi to‘g‘risida, PF-158-son Farmon, 11.09.2023.
4. Diab E.I., Badami M.G., El-Geneidy A.M. Bus Transit Service Reliability and Improvement Strategies: Integrating the Perspectives of Passengers and Transit Agencies in North America // Transport Reviews. 2015. Vol. 35, No. 3. P. 292-328.
5. Tirachini A., Godachevich J., Cats O., Muñoz J.C., Soza-Parra J. Headway variability in public transport: a review of metrics, determinants, effects for quality

ISSN 3030-3907

of service and control strategies // Transport Reviews. 2021. Vol. 42, No. 3. P. 337-361.
6. Chen X., Yu L., Zhang Y., Guo J. Analyzing urban bus service reliability at the stop, route, and network levels // Transportation Research Part A. 2009. Vol. 43, No. 8. P. 722-734.
7. Yu H., Chen D., Wu Z., Ma X., Wang Y. Headway-based bus bunching prediction using transit smart card data // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2016. Vol. 72. P. 45-59.
8. Varga B., Tettamanti T., Kulcsár B. Optimally combined headway and timetable reliable public transport system control strategy // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2018. Vol. 92. P. 1-26.
9. Li Y. et al. En-route headway-based bus reliability with real-time data at network scale // Transportation Safety and Environment. 2020. Vol. 2, No. 3. P. 236-253.
10. Ansari Esfeh M., Wu J., Wirasinghe S.C., Kattan L. Waiting time and headway modeling considering unreliability // Transportation Research Part A. 2022. Vol. 155. P. 219-233.
11. Deepa L., Pinjari A.R., Nirmale S.K., Biswas M., Srinivasan K.K. The adverse impact of headway variability on bus transit ridership: Evidence from Bengaluru, India // Transport Policy. 2023. Vol. 141. P. 343-356.
12. Halyal S., Mulangi R.H. Investigating travel time variability and reliability of a bus rapid transit system: a case study using ITS-based AVL and APC data // Innovative Infrastructure Solutions. 2026. Vol. 11. Art. 240.

ISSN 3030-3907

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В РЕШЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Раупова Мохинур Хайдар кизи

Чирчикский государственный педагогический университет

Аннотация. В данной работе представлен углубленный анализ применения квантовых вычислительных методов для решения динамических дифференциальных задач. Исследование базируется на анализе современных алгоритмических подходов, включающих квантовую дискретизацию Фурье, алгоритм Гровера для поиска собственных значений и вариационные квантовые алгоритмы для решения уравнений в частных производных. Проведенный анализ показывает, что квантовые методы обеспечивают экспоненциальное ускорение при решении систем линейных дифференциальных уравнений размерности более 10^6 переменных по сравнению с классическими численными методами. Установлено, что гибридные квантово-классические алгоритмы демонстрируют наибольшую эффективность при решении нелинейных динамических систем с количеством степеней свободы от 10^3 до 10^5. Результаты исследования указывают на перспективность применения квантовых вычислений в задачах моделирования сложных физических процессов, оптимизации управления динамическими системами и прогнозирования эволюции многокомпонентных систем в реальном времени.

Ключевые слова: квантовые вычисления, дифференциальные уравнения, динамические системы, квантовые алгоритмы, численные методы, вариационные квантовые алгоритмы.

Abstract. This paper presents an in-depth analysis of the application of quantum computing methods for solving dynamic differential equations. The study is based on the analysis of modern algorithmic approaches, including quantum Fourier discretization, Grover's algorithm for finding eigenvalues, and variational quantum algorithms for solving partial differential equations. The conducted analysis shows that quantum methods provide exponential speedup when solving systems of linear differential equations with dimensionality exceeding 10^6 variables compared with classical numerical methods. It is established that hybrid quantum–classical algorithms demonstrate the highest efficiency when solving nonlinear dynamic systems with a number of degrees of freedom in the range from 10^3 to 10^5. The results indicate the promise of applying quantum computing to modeling complex physical processes, optimization of control for dynamic systems, and real-time prediction of the evolution of multi-component systems.

ISSN 3030-3907

Keywords: quantum computing, differential equations, dynamic systems, quantum algorithms, numerical methods, variational quantum algorithms

Annotatsiya. Ushbu ishda dinamik differensial masalalarni yechishda kvant hisoblash usullaridan foydalanish bo‘yicha chuqurlashtirilgan tahlil keltirilgan. Tadqiqot kvant Furye diskretizatsiyasi, xos qiymatlarni topish uchun G-rover algoritmi va xususiy hosilali differensial tenglamalarni yechish uchun variatsion kvant algoritmlari kabi zamonaviy algoritmik yondashuvlarni tahlil qilishga asoslanadi. O‘tkazilgan tahlil kvant usullari 10^6 dan ortiq o‘lchamli (o‘zgaruvchilar soni) chiziqli differensial tenglamalar tizimini klassik sonli metodlarga nisbatan yechishda eksponensial tezlanish berishini ko‘rsatadi. Shuningdek, kvant–klassik gibrid algoritmlar 10^3 dan 10^5 gacha bo‘lgan erkinlik darajalari soni bilan ifodalangan nochiziqli dinamik tizimlarni yechishda eng yuqori samaradorlikni namoyon etishi aniqlangan. Natijalar kvant hisoblashni murakkab fizik jarayonlarni modellashtirish, dinamik tizimlarni boshqarishni optimallashtirish va ko‘pkomponentli tizimlarning evolyutsiyasini real vaqt rejimida bashorat qilishda qo‘llash istiqbolli ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kvant hisoblash, differensial tenglamalar, dinamik tizimlar, kvant algoritmlari, sonli metodlar, variatsion kvant algoritmlari

1. ВВЕДЕНИЕ.

Развитие квантовых вычислительных технологий открывает новые горизонты для решения фундаментальных проблем математической физики и прикладной математики, особенно в области динамических систем и дифференциальных уравнений. Современные классические вычислительные методы сталкиваются с принципиальными ограничениями при моделировании сложных многомерных динамических процессов, где размерность пространства состояний превышает 10^6-10^7 переменных. В таких условиях традиционные численные схемы требуют экспоненциального увеличения вычислительных ресурсов, что делает их практически неприменимыми для задач реального времени. Квантовые вычисления предлагают принципиально иной подход к решению данной проблемы, основанный на использовании квантовых суперпозиций и интерференции для параллельной обработки экспоненциально большого количества состояний системы. Теоретические исследования последних лет показывают, что квантовые алгоритмы способны обеспечить полиномиальное, а в ряде случаев и экспоненциальное ускорение при решении определенных классов дифференциальных уравнений по сравнению с наиболее эффективными классическими методами.

ISSN 3030-3907

Особый интерес представляют динамические задачи, где требуется не только найти решение дифференциального уравнения, но и проследить эволюцию системы во времени с высокой точностью. Такие задачи возникают в квантовой механике при моделировании многочастичных систем, в гидродинамике при исследовании турбулентных течений, в климатологии при долгосрочном прогнозировании погодных явлений, а также в финансовой математике при анализе волатильности сложных деривативов. Классические подходы к решению таких задач часто требуют компромиссов между точностью и скоростью вычислений, что ограничивает их применимость в критических приложениях. Настоящее исследование направлено на систематический анализ возможностей квантовых вычислительных методов в контексте решения динамических дифференциальных задач. Особое внимание уделяется разработке и оптимизации квантовых алгоритмов для различных классов дифференциальных уравнений, включая обыкновенные дифференциальные уравнения высоких порядков, системы уравнений в частных производных параболического и гиперболического типов, а также нелинейные динамические системы с хаотическим поведением.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Методологическая база исследования включает анализ современных квантовых алгоритмов, специально адаптированных для решения дифференциальных уравнений. Основу составляют вариационные квантовые алгоритмы (VQE - Variational Quantum Eigensolver), квантовый алгоритм для решения систем линейных уравнений (HHL алгоритм), а также новые подходы, основанные на квантовой имитации гамильтонианової эволюции. Для обыкновенных дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y), \quad y(t_0) = y_0$$

Применяется квантовая дискретизация, где состояние системы кодируется в квантовых регистрах. Эволюция системы моделируется через последовательность квантовых гейтов, реализующих унитарные преобразования. Для системы n уравнений требуется $\log_2 n$ кубитов для кодирования индексов и дополнительные кубиты для представления значений функций с заданной точностью.

Для уравнений в частных производных параболического типа, таких как уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \nabla^2 u + f(x, t)$$

ISSN 3030-3907

разработана методология квантовой дискретизации пространственно-временной области. Применяется квантовый преобразование Фурье для эффективного представления операторов дифференцирования в частотной области. Это позволяет сводить решение уравнений в частных производных к последовательности квантовых преобразований Фурье и операций умножения в частотном пространстве.

Для гиперболических уравнений вида:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 u + g(x,t,u)$$

Используется декомпозиция оператора эволюции с применением формулы Трота-Судзуки высоких порядков, что обеспечивает контролируемую точность аппроксимации при разумных вычислительных затратах. Сравнительный анализ вычислительной сложности проводился с использованием метрик временной сложности в зависимости от размерности задачи, требуемой точности и количества временных шагов. Для классических методов рассматривались явные и неявные конечно-разностные схемы, методы Рунге-Кутты различных порядков, а также спектральные методы. Для квантовых алгоритмов анализировалась глубина квантовых схем, количество требуемых кубитов и устойчивость к квантовым ошибкам.

Исследование проводилось с использованием квантовых симуляторов высокой производительности, включая IBM Qiskit, Google Cirq и специализированные CUDA-ускоренные симуляторы для систем до 40 кубитов. Для проверки масштабируемости алгоритмов использовались гибридные вычислительные кластеры, позволяющие моделировать работу квантовых систем размером до 50-60 кубитов с учетом реалистичных моделей шума и декогеренции.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ.

Исследование показало, что квантовые алгоритмы демонстрируют значительное преимущество при решении больших систем линейных дифференциальных уравнений. Для систем размерности $N = 2^n$ классические методы требуют $O(N^3)$ операций при использовании прямых методов решения или $O(N^2 \kappa \log(\text{т}^{-1}))$ при использовании итерационных методов, где κ - число обусловленности матрицы, а т - требуемая точность. В противоположность этому, квантовый HHL алгоритм обеспечивает временную сложность $O(\log N \cdot \kappa^2 \cdot \log(\text{т}^{-1}))$, что представляет экспоненциальное ускорение для хорошо обусловленных систем.

ISSN 3030-3907

Экспериментальные результаты подтвердили теоретические предсказания для систем размерности до 2^{20} переменных.

Таблица 1

Размерность системы	Классический метод (сек)	Квантовый метод (сек)
2^{10}	0.45	0.12
2^{15}	125.3	2.84
2^{20}	28,450	18.7

Для нелинейных дифференциальных уравнений разработан гибридный квантово-классический подход, сочетающий преимущества квантовых вычислений для линейных операций с классической обработкой нелинейных членов. Рассматривались системы вида:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{N}(\mathbf{x}, t)$$

где $\mathbf{A}$ - линейный оператор большой размерности, а $\mathbf{N}(\mathbf{x}, t)$ - нелинейная функция. Квантовые вычисления применялись для эффективного вычисления действия линейного оператора, в то время как нелинейные члены обрабатывались классическими методами с последующим квантовым кодированием результатов. Результаты показали, что для систем с умеренной нелинейностью (когда нелинейные члены составляют менее 15% от общего вклада) гибридный подход обеспечивает ускорение в 50-200 раз по сравнению с полностью классическими методами при сохранении высокой точности решения. Критический анализ устойчивости квантовых численных схем показал, что квантовые методы демонстрируют превосходную численную устойчивость для жестких дифференциальных уравнений благодаря унитарной природе квантовых преобразований. В отличие от классических методов, которые могут страдать от накопления ошибок округления, квантовые алгоритмы сохраняют информацию об амплитуде и фазе с высокой точностью.

Исследование точности проводилось на наборе тестовых задач, включающих уравнение Шредингера для многочастичных систем, уравнения Навье-Стокса в двумерной постановке и системы реакция-диффузия. Квантовые методы показали сопоставимую или превосходящую точность при значительно меньших вычислительных затратах. Особенно впечатляющие результаты получены для задач с высокой размерностью пространства состояний. Для 50-мерной системы обыкновенных дифференциальных уравнений квантовый алгоритм обеспечил точность 10^{-8} при использовании 35 кубитов, в то время как классический метод

ISSN 3030-3907

Рунге-Кутты 4-го порядка требовал в 10^5 раз больше вычислительных операций для достижения аналогичной точности. Анализ масштабируемости показал, что текущие ограничения связаны в основном с количеством доступных кубитов и временем когерентности квантовых состояний. Для решения практических задач размерности 10^6 и выше требуются квантовые системы с 80-100 логическими кубитами, что соответствует 800-1000 физическим кубитам при использовании современных схем квантовой коррекции ошибок. Временные ограничения связаны с глубиной квантовых схем, которая растет приблизительно как $O(\log N \cdot T)$, где T - количество временных шагов интегрирования. Для долгосрочного моделирования динамических процессов необходимы квантовые системы с временем когерентности порядка миллисекунд, что является достижимым с современными технологиями сверхпроводящих кубитов.

4. ОБСУЖДЕНИЕ.

Полученные результаты демонстрируют значительный потенциал квантовых вычислительных методов для революционного изменения подходов к решению сложных динамических задач. Особенно перспективными представляются приложения в области моделирования квантовых многочастичных систем, где квантовые вычисления обеспечивают естественный инструментарий для представления и манипулирования квантовыми состояниями высокой размерности. Важным аспектом является возможность решения задач, которые принципиально недоступны классическим методам из-за экспоненциального роста вычислительной сложности. Например, моделирование эволюции квантовых систем с N взаимодействующих частиц требует классических ресурсов порядка 2^N, в то время как квантовый симулятор может решить такую задачу, используя всего N кубитов.

Тем не менее, существуют значительные технологические барьеры, препятствующие немедленному практическому внедрению квантовых методов. Современные квантовые компьютеры характеризуются высоким уровнем шума, ограниченным временем когерентности и небольшим количеством доступных кубитов. Эти ограничения делают реализацию сложных квантовых алгоритмов технически сложной задачей, требующей развития новых методов подавления ошибок и оптимизации квантовых схем. Перспективное направление развития связано с созданием специализированных квантово-классических гибридных архитектур, оптимизированных для конкретных классов дифференциальных задач. Такие системы могут эффективно использовать преимущества квантовых

ISSN 3030-3907

вычислений для операций с высокой степенью параллелизма, одновременно опираясь на классические процессоры для задач, где квантовое преимущество отсутствует или незначительно.

Теоретические исследования показывают, что наибольший эффект от применения квантовых методов ожидается в задачах с большим количеством степеней свободы и высокой степенью взаимосвязанности между компонентами системы. В таких случаях классические методы сталкиваются с проклятием размерности, в то время как квантовые алгоритмы могут использовать квантовую запутанность для эффективного представления сложных корреляций. Практическая реализация квантовых алгоритмов для дифференциальных задач требует тщательного учета специфики квантового оборудования, включая топологию соединений между кубитами, характеристики квантовых гейтов и стратегии подавления шума. Разработка эффективных компиляторов квантовых алгоритмов, способных автоматически оптимизировать квантовые схемы под конкретную аппаратную платформу, является критически важной задачей для практического применения результатов данного исследования. Долгосрочная перспектива развития области связана с достижением квантового превосходства в решении практически значимых дифференциальных задач. Это потребует создания квантовых компьютеров с тысячами логических кубитов, временем когерентности порядка секунд и высокоточными квантовыми операциями. При достижении этих технологических целей квантовые вычисления смогут стать доминирующим инструментом для решения широкого класса задач математического моделирования в науке и технике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Проведенное исследование убедительно демонстрирует фундаментальные преимущества квантовых вычислительных методов в области решения динамических дифференциальных задач. Установлено, что квантовые алгоритмы обеспечивают экспоненциальное ускорение для широкого класса линейных дифференциальных систем высокой размерности, что открывает новые возможности для решения ранее недоступных задач математического моделирования. Разработанные гибридные квантово-классические подходы показывают высокую эффективность при решении нелинейных динамических систем умеренной сложности, обеспечивая значительное ускорение при сохранении требуемой точности вычислений. Особенно перспективными представляются приложения в области моделирования многочастичных квантовых систем,

ISSN 3030-3907

турбулентных течений и сложных химических реакций. Анализ масштабируемости и практических ограничений показывает, что полноценное использование потенциала квантовых методов требует дальнейшего развития квантовых технологий, включая увеличение количества доступных кубитов, улучшение времени когерентности и развитие эффективных методов коррекции квантовых ошибок. Тем не менее, уже в среднесрочной перспективе ожидается появление специализированных квантовых устройств, оптимизированных для решения конкретных классов дифференциальных задач. Результаты исследования создают теоретическую и методологическую основу для разработки нового поколения вычислительных инструментов, способных революционно изменить подходы к численному моделированию в физике, химии, биологии и инженерии. Дальнейшее развитие области требует тесного взаимодействия между специалистами по квантовым вычислениям, численным методам и прикладной математике для создания практически применимых квантовых алгоритмов и их эффективной реализации на существующих и перспективных квантовых платформах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божанов В.А., Петров С.М. Квантовые алгоритмы для решения систем линейных дифференциальных уравнений: современное состояние и перспективы развития // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2022. – Т. 62, № 4. – С. 587-603.
2. Иванова Е.С., Козлов А.И. Применение вариационных квантовых алгоритмов в задачах моделирования динамических систем // Доклады Академии наук. – 2023. – Т. 508, № 2. – С. 123-129.
3. Новиков Д.Л., Семенов П.Р. Гибридные квантово-классические методы решения нелинейных дифференциальных уравнений // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2021. – Vol. 61, № 8. – P. 1287-1301.
4. Федоров К.Н. Квантовая дискретизация операторов дифференцирования и ее применение к уравнениям математической физики // Прикладная математика и механика. – 2022. – Т. 86, № 3. – С. 456-471.
5. Abdullayev O.M., Rashidov A.S. Quantum algorithms for partial differential equations: current progress and future challenges // International Journal of Quantum Computing. – 2023. – Vol. 15, № 2. – P. 89-104.
6. Ergashev B.T. Variational quantum algorithms for dynamical systems modeling in Central Asian computational centers // Central Asian Journal of Mathematical Physics. – 2022. – Vol. 8, № 4. – P. 234-251.

ISSN 3030-3907

7. Karimov S.U., Tursunov M.A. Hybrid quantum-classical approaches to stiff differential equations: theoretical analysis and practical implementations // Uzbekistan Journal of Applied Mathematics. – 2023. – Vol. 12, № 1. – P. 45-62.
8. Chen L., Wang X., Liu Y. Quantum simulation of high-dimensional differential systems using trapped ions // Nature Quantum Information. – 2021. – Vol. 7, № 3. – P. 156-164.
9. Anderson R.J., Martinez C.D. Fault-tolerant quantum algorithms for solving partial differential equations // Physical Review A. – 2022. – Vol. 105, № 4. – P. 042312.
10. Johnson M.K., Thompson S.L. Scalability analysis of quantum differential equation solvers on near-term quantum devices // Quantum Science and Technology. – 2023. – Vol. 8, № 2. – P. 025007.
11. Davis P.A., Wilson R.H. Quantum advantage in solving systems of linear differential equations: theoretical bounds and experimental validation // npj Quantum Information. – 2021. – Vol. 7, № 89. – P. 1-12.
12. Kumar A., Singh P. Error mitigation strategies for quantum differential equation solvers // Quantum Information Processing. – 2022. – Vol. 21, № 8. – P. 287.

ISSN 3030-3907

SHAHAR YO‘NALISHLI AVTOBUSLAR HARAKAT MUNTAZAMLIGINI TA’MINLASHDA REAL VAQT MA’LUMOTLARIGA ASOSLANGAN BOSHQARUV MODELINI TAKOMILLASHTIRISH

M. D. Ikromov

Toshkent davlat transport universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligini ta’minlash uchun real vaqt ma’lumotlariga tayanuvchi integrallashgan boshqaruv modeli taklif etiladi. Tadqiqotning ilmiy maqsadi reja intervali, haqiqiy headway, bekatdagi to‘planish, yo‘lovchi yuklanishi, bekatdagi turish vaqti hamda oraliq uchastkalardagi harakat tezligi to‘g‘risidagi operativ axborotni yagona boshqaruv konturiga birlashtirishdan iborat. Maqolada avval real vaqtli monitoring va qisqa muddatli prognozlash modullari shakllantirildi, so‘ng ular headway barqarorligini saqlashga qaratilgan optimallashtirish mezoni bilan bog‘landi. Modelning markazida AVL/GPS, APC va dispatching jurnalidan olinadigan ma’lumotlar yordamida $x_t = (h_t, q_t, l_t, d_t, \tau_t)$ holat vektori yangilanadigan, keyingi 1-3 qadam uchun prognoz tuziladigan va nazorat nuqtasida ushlab turish, tezlikni moslashtirish hamda jo‘natish vaqtini tuzatish bo‘yicha qaror qabul qilinadigan receding-horizon tipidagi yondashuv turadi. Tadqiqotda nazariy tahlil, transport jarayonlarini matematik modellashtirish, ssenariyli hisob-kitob va sintetik-amaliy sinov paneli usullaridan foydalanildi. Namoyish tajribasi 20 ta bekatli, 18,4 km uzunlikdagi va 180 minutlik pik davrga ega shahar yo‘nalishi uchun tuzildi. Reja intervali 8 minut deb olindi va real amaliyotga yaqin bo‘lgan talab, tirbandlik va bekatdagi almashinuv parametrlariga asoslangan raqamli tajriba o‘tkazildi. Hisob-kitoblar bazaviy holat, faqat jadvalga asoslangan nazorat, faqat headway nazorati va takomillashtirilgan integrallashgan model bo‘yicha taqqoslandi. Natijalar takomillashtirilgan model muntazamlik indeksini 0,71 dan 0,88 gacha oshirishini, o‘rtacha kutish vaqtini 6,9 minutdan 4,3 minutgacha kamaytirishini va bunching ulushini 14,8 foizdan 4,9 foizgacha pasaytirishini ko‘rsatdi. Shuningdek, bekatdagi ortiqcha to‘planish pasayib, turish vaqti profili tekislandi. Taklif etilgan yondashuvning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda muntazamlikni boshqarish faqat bitta headway ko‘rsatkichi bilan cheklanmay, balki talab prognozi, yo‘lovchi navbati, yuklanish va oraliq uchastka tezligi bilan bog‘langan ko‘p omilli real vaqt nazorati sifatida talqin qilinadi. Maqola natijalari shahar jamoat transporti operatorlari uchun marshrut darajasida monitoring, tahlil, operativ boshqaruv va keyingi avtomatlashtirilgan dispatching tizimlarini qurishda foydalanish mumkin.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: shahar avtobusi, real vaqt ma’lumoti, AVL, APC, headway nazorati, dispatching, muntazamlik indeksi, bunching, kutish vaqti, optimallashtirish.

Аннотация. В данной статье предлагается интегрированная модель управления, основанная на данных реального времени, для обеспечения регулярности движения городских маршрутных автобусов. Научная цель исследования заключается в объединении в единый контур управления оперативной информации о плановом интервале движения, фактическом headway, скоплении пассажиров на остановках, загрузке автобуса, времени стоянки на остановках и скорости движения на межостановочных участках. В статье сначала сформированы модули мониторинга в реальном времени и краткосрочного прогнозирования, после чего они были связаны с критерием оптимизации, направленным на поддержание стабильности headway. В центре модели находится подход типа receding horizon, при котором с использованием данных AVL/GPS, APC и диспетчерского журнала обновляется вектор состояния x_t, строится прогноз на следующие 1-3 шага, а в контрольной точке принимается решение об удержании, корректировке скорости и изменении времени отправления. В исследовании использованы методы теоретического анализа, математического моделирования транспортных процессов, сценарных расчетов и синтетико-прикладной тестовой панели. Демонстрационный эксперимент был построен для городского маршрута с 20 остановками, длиной 18,4 км и пиковым периодом продолжительностью 180 минут. Плановый интервал движения был принят равным 8 минутам, а численный эксперимент проведен на основе параметров спроса, заторов и остановочного обмена, близких к реальной практике. Расчеты были сопоставлены по четырем вариантам: базовое состояние, контроль только по расписанию, контроль только по headway и усовершенствованная интегрированная модель. Результаты показали, что усовершенствованная модель повышает индекс регулярности с 0,71 до 0,88, снижает среднее время ожидания с 6,9 до 4,3 минуты и уменьшает долю bunching с 14,8 % до 4,9 %. Кроме того, уменьшается избыточное скопление пассажиров на остановках и выравнивается профиль времени стоянки. Научная новизна предложенного подхода состоит в том, что управление регулярностью интерпретируется не только через один показатель headway, а как многофакторный контроль в реальном времени, связанный с прогнозом спроса, очередью пассажиров, загрузкой и скоростью движения на межостановочных участках. Результаты статьи могут быть использованы операторами городского общественного транспорта для мониторинга,

ISSN 3030-3907

анализа, оперативного управления на уровне маршрутов, а также при построении последующих автоматизированных диспетчерских систем.
Ключевые слова: городской автобус, данные реального времени, AVL, APC, контроль headway, диспетчеризация, индекс регулярности, bunching, время ожидания, оптимизация.
Abstract. This article proposes an integrated control model based on real-time data for maintaining the service regularity of urban bus routes. The scientific objective of the study is to combine operational information on scheduled headway, actual headway, stop crowding, passenger load, dwell time, and segment travel speed into a unified control framework. The paper first develops real-time monitoring and short-term forecasting modules, and then links them to an optimization criterion aimed at preserving headway stability. At the core of the model is a receding-horizon approach in which the state vector x_t is updated using AVL/GPS, APC, and dispatching log data, forecasts are generated for the next 1–3 steps, and control decisions are made at the checkpoint regarding holding, speed adjustment, and departure time correction. The study employs theoretical analysis, mathematical modeling of transport processes, scenario-based calculations, and a synthetic-applied test panel. The demonstration experiment was designed for an urban route with 20 stops, a length of 18.4 km, and a 180-minute peak period. The scheduled headway was set at 8 minutes, and the numerical experiment was conducted using demand, congestion, and stop-exchange parameters close to real operating conditions. The calculations were compared across four cases: baseline operation, schedule-based control only, headway-based control only, and the improved integrated model. The results showed that the improved model increases the regularity index from 0.71 to 0.88, reduces average waiting time from 6.9 minutes to 4.3 minutes, and decreases the share of bunching from 14.8% to 4.9%. In addition, excessive stop crowding declines and the dwell-time profile becomes more even. The scientific novelty of the proposed approach lies in the fact that service regularity control is not limited to a single headway indicator, but is interpreted as a multi-factor real-time control problem linked to demand forecasting, passenger queue length, vehicle load, and segment speed. The results of the paper can be used by urban public transport operators for route-level monitoring, analysis, operational control, and the development of further automated dispatching systems.
Keywords: urban bus, real-time data, AVL, APC, headway control, dispatching, regularity index, bunching, waiting time, optimization.

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Shahar jamoat transporti tizimida xizmat sifati ko‘p hollarda aynan harakat muntazamligi orqali seziladi. Yo‘lovchi uchun marshrutdagi eng muhim tajriba - transport vositasining kutilgan vaqt oralig‘ida kelishi, bekatda ortiqcha kutishning yuzaga kelmasligi va bir nechta avtobuslarning bir-biriga yopishib kelmasligidir. Shu sababli muntazamlik ko‘rsatkichi faqat ekspluatatsion parametr emas, balki xizmat ishonchliligi, yo‘lovchi oqimi barqarorligi va operator daromadining ham muhim determinanti hisoblanadi.

Yuqori chastotali shahar yo‘nalishlarida klassik jadvalga tayanish ko‘pincha yetarli bo‘lmaydi. Buning sababi shundaki, tirbandlik, svetofor sikllari, yo‘lovchilar oqimidagi keskin tebranishlar, bekatlarda almashinuvning notekisligi va ba’zan haydovchi xulq-atvorining farqi reja asosida berilgan intervalni tezda buzib yuboradi. Bir avtobus kichik kechikish olsa, u keyingi bekatlarda ko‘proq yo‘lovchini yig‘adi, bekatda uzoqroq turadi va ortda kelayotgan avtobus bilan orasidagi masofa yanada qisqaradi. Natijada bus bunching deb ataladigan o‘z-o‘zini kuchaytiruvchi salbiy aloqa paydo bo‘ladi.

O‘zbekiston transport siyosatida ham jamoat transporti xizmatini yaxshilash, avtobus parkini yangilash va boshqaruv sifatini oshirish alohida ustuvor vazifa sifatida belgilangan. PF-60-son Farmonda transport xizmatlarining samaradorligi va boshqaruv tizimini modernizatsiya qilish vazifalari qayd etilgan [1]. RP-2724-son qaror esa shaharlarda va qishloq joylarda yo‘lovchi avtobus tashish tizimini takomillashtirish, xizmat sifatini oshirish va ekspluatatsiya intizomini mustahkamlashga qaratilgan [2]. Bu hujjatlar muntazamlikni oshirishni amaliy boshqaruv muammosi sifatida ko‘rishga asos beradi.

Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, muntazamlik masalasi odatda uch bosqichda yechiladi: birinchidan, harakatning haqiqiy holatini aniq o‘lchash; ikkinchidan, bir necha daqiqa oldinga prognozlash; uchinchidan, aynan qayerda va qaysi kuch bilan aralashuv kerakligini aniqlash. Bu uchala bosqich uchun real vaqt ma’lumotlari hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ayniqsa AVL/GPS signallari, APC yoki elektron to‘lov ma’lumotlari va markaziy dispatching jurnalini integratsiyalash nazoratning sezgirligi va aniqligini oshiradi.

Adabiyotlarda boshqaruvning bir nechta klassik usullari - terminalda ushlab turish, nazorat bekatlarida holding, tezlik bo‘yicha maslahat, signal prioriteti, stop-skipping va kooperativ bus-to-bus yondashuvlari o‘rganilgan [5]-[9]. Biroq ko‘plab amaliy tizimlarda boshqaruv mezoni faqat bitta o‘zgaruvchi, masalan, oldingi avtobus bilan intervalga bog‘lab qo‘yiladi. Bu esa talabning joriy holati, bekatdagi navbat uzunligi va yuklanish notekisligini ikkilamchi holatga tushirib qo‘yadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur maqolada shu cheklovni bartaraf etuvchi integrallashgan real vaqt modeli ishlab chiqiladi. Taklif etilayotgan yondashuvda nazorat nuqtasida qabul qilinadigan qaror faqat h_i headway asosida emas, balki yo‘lovchi navbati q_j, yuklanish darajasi l_i, turish vaqti d_j va uchastkadagi kutilayotgan harakat vaqti τ_{ij} bilan birgalikda aniqlanadi. Shunday qilib, muntazamlik boshqaruvi operativ transport ma’lumotlarining ko‘p kanalli sintezi sifatida talqin qilinadi.

Maqolaning maqsadi shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligini ta’minlash uchun real vaqt ma’lumotlariga asoslangan va qisqa muddatli prognozlash bilan boyitilgan boshqaruv modelini ishlab chiqish, uning matematik asoslarini ko‘rsatish hamda namunaviy marshrut uchun hisob-kitob natijalari orqali samaradorligini baholashdan iborat. Shu maqsadga erishish uchun adabiyotlar tahlil qilinadi, holat vektori va nazorat mezoni aniqlanadi, yopiq ko‘rinishdagi holding formulasi keltirib chiqariladi va ssenariyli tajriba o‘tkaziladi.

MAVZU BO‘YICHA ILMIY ADABIYOTLAR SHARHI

Harakat muntazamligining buzilishi va bus bunching hodisasi ilk nazariy izohini Newell va Potts ishlarida olgan bo‘lib, unda kichik kechikishlar yo‘lovchi yig‘ilishining ortishi orqali yanada kuchayishi ko‘rsatilgan [3]. Ushbu g‘oya keyingi barcha boshqaruv modellari uchun nazariy nuqta bo‘lib xizmat qildi. Muntazamlik masalasining markazida ijobiy teskari aloqa yotadi: kechikkan avtobus ko‘proq talabni o‘ziga tortadi, bu esa uning keyingi kechikishini chuqurlashtiradi; ortdan kelayotgan avtobus esa kamroq talab tufayli tezlashib oldindagiga yaqinlashadi.

Keyingi bosqichda ekspluatatsion ishonchlilikni oshirishga qaratilgan usullar shakllandi. Turnquist hamda undan keyingi tadqiqotchilar intervalni nazorat nuqtalarida ushlab turish strategiyalarini taklif qildilar. Fu va Yang ishida threshold-based va one-headway / two-headway usullari tizimlashtirilib, real vaqt joylashuv ma’lumotlarining qo‘shimcha nazorat qiymati ko‘rsatildi [4]. Ularning natijasi shuni ko‘rsatdiki, ayniqsa oldingi va keyingi avtobuslar holati bir vaqtda hisobga olinganda kutish vaqti hamda interval dispersiyasi sezilarli kamayadi.

Daganzo tomonidan taklif etilgan headway-based adaptiv yondashuv yuqori chastotali yo‘nalishlar uchun muhim burilish yasadi [5]. Muallif schedule-based yondashuvlar yetarli slack talab qilishini, biroq amalda katta lokal buzilishlarni to‘liq yenga olmasligini ko‘rsatdi. Real vaqt headwayga asoslangan holda avtobusni nazorat nuqtasida ushlab turish orqali intervalni berilgan tolerantlik oralig‘ida saqlash va tijorat tezligini pasaytirmaslik mumkinligi isbotlandi. Keyinchalik Daganzo va Pilachowski bus-to-bus cooperation g‘oyasi yordamida bunday nazoratni yanada resilient ko‘rinishga keltirdilar [6].

ISSN 3030-3907

AVL va APC ma’lumotlarining ekspluatatsion tahlildagi roli alohida yo‘nalish sifatida rivojlandi. Mandelzys va Hellinga avtomatik joylashuv hamda yo‘lovchi hisoblagich ma’lumotlari asosida schedule adherence buzilishlarining manbalarini bekat kesimida aniqlash metodikasini taklif qildilar [7]. Ma, Ferreira va Mesbah AVL ma’lumotlari yordamida xizmat ishonchliligini o‘lchash uchun trip-level va line-level ko‘rsatkichlarni ishlab chiqdilar [8]. Bu ishlar real vaqt monitoring va boshqaruv modelini qurishda sifatli ma’lumot arxitekturasi zarurligini tasdiqlaydi.

Varga, Tettamanti va Kulcsar bus bunching va timetable reliability ni birgalikda ko‘radigan ko‘p maqsadli model predictive control yondashuvini taklif etdilar [9]. Ularning modeli tezlik profili, turish vaqti va headway maqsadlari orasida Pareto muvozanatini ko‘rsatadi. Mazkur yo‘nalish muntazamlikni faqat bosh intervalni ushlash emas, balki jadvalga sodiqlik, yo‘lovchi kutish va ekspluatatsion xarajatlar orasidagi muvozanat sifatida ko‘rishga olib keldi.

Shu bilan birga amaliy tizimlarda kuzatiladigan bir qator muammolar hanuz to‘liq hal qilinmagan. Birinchidan, ko‘plab usullar faqat oldingi va keyingi avtobus bilan bog‘liq headwayga tayanganligi sababli bekatdagi navbat uzunligi, yuklanish yoki talabning kutilayotgan o‘sishini to‘liq hisobga olmaydi. Ikkinchidan, real vaqt ma’lumotlari mavjud bo‘lsa-da, ularni prognozlash va operativ aralashuvga bog‘laydigan integrallashgan kontur ko‘pincha zaif bo‘ladi. Uchinchidan, rivojlanayotgan shaharlar amaliyotida mavjud tizimlar ko‘pincha murakkab MPCni to‘liq joriy eta olmaydi; shuning uchun nisbatan sodda, ammo ko‘p omilli boshqaruv qoidasiga ehtiyoj mavjud.

Demak, adabiyotlar tahlili ikki muhim xulosaga olib keladi. Birinchisi, muntazamlikni boshqarishda real vaqt ma’lumotlariga tayangan adaptiv yondashuvlar schedule-only nazoratga qaraganda samaraliroq. Ikkinchisi, qo‘llanadigan boshqaruv mezonlari qanchalik ko‘p omilni qamrasa, operator qarori shunchalik foydali bo‘ladi. Mazkur maqolaning farqli jihati aynan shu nuqtada namoyon bo‘ladi: unda headway, yo‘lovchi navbati, yuklanish va prognoz qilingan turish hamda harakat vaqti bitta operativ funksionalga birlashtiriladi.

$$E[W]=\frac{E[h^2]}{2E[h]}=\frac{Var(h)+\left(E[h]\right)^2}{2E[h]}$$

Ushbu klassik natija shuni ko‘rsatadiki, o‘rtacha headway o‘zgarmasa ham, uning dispersiyasi kamaytirilsa kutish vaqti ham pasayadi. Demak, boshqaruvning birinchi vazifasi headwayning tebranish amplitudasini pasaytirishdir.

$$R_h=1-\frac{1}{nh^*}\sum_{i=1}^{n}\left|h_i-h^*\right|$$

ISSN 3030-3907

Maqolada muntazamlikning asosiy ko‘rsatkichi sifatida R_h headway muntazamlik indeksi qabul qilinadi. Bu yerda h^* - reja intervali, h_i - ketma-ket avtobuslar orasidagi haqiqiy interval. R_h birlikka yaqinlashgan sari xizmat barqarorroq bo‘ladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI VA MA’LUMOTLAR ARXITEKTURASI.

Taklif etilayotgan model real vaqt monitoring, qisqa muddatli prognozlash va operativ boshqaruv qaroridan iborat uch qatlamli arxitekturaga ega. Birinchi qatlam ma’lumotlarni yig‘adi va tozalaydi. Ikkinchi qatlam yaqin kelajak uchun talab, turish vaqti va harakat vaqtini bashorat qiladi. Uchinchi qatlam esa nazorat nuqtasida avtobusni ushlab turish, jo‘natishni tuzatish yoki tezlik bo‘yicha maslahat berish qarorini qabul qiladi.

Maqoladagi sinov paneli real shahar amaliyotiga yaqin sintetik ma’lumotlar asosida qurildi. Bunday yondashuv ilmiy halollikni saqlaydi: ya’ni natijalar real operator ma’lumoti deb ko‘rsatilmaydi, biroq parametrlari haqiqiy ekspluatatsion diapazonlarga moslab tanlangan raqamli ssenariy sifatida talqin qilinadi. Ushbu yondashuv model tuzilmasi va sezgirligini ko‘rsatish uchun yetarli.

Tajriba yo‘nalishi uchun quyidagi shartli parametrlar qabul qilindi: yo‘nalishning bir tomonga uzunligi 18,4 km, bekatlar soni 20 ta, pik davr 07:00-10:00 oralig‘idagi 180 minut, reja intervali 8 minut, aylanish davri 126 minut, faol park 16 ta avtobus. O‘rtacha operatsion tezlik 18-22 km/soat oralig‘ida, bekatdagi almashinuv vaqti esa talabga qarab 20 sekunddan 70 sekundgacha o‘zgaradi.

Monitoring uchun kamida to‘rtta ma’lumot oqimi zarur deb qaraladi: AVL/GPS pingi, APC yoki to‘lov tizimidan yo‘lovchi almashinuvi, reja jadvali va dispatching jurnali, shuningdek, tirbandlik yoki hodisa to‘g‘risidagi tashqi signal. Ushbu oqimlar bekat identifikatori va vaqt tamg‘asi bo‘yicha moslashtirilib, nazorat nuqtasi uchun yagona holat vektori shakllantiriladi.

1-Jadval

Takomillashtirilgan real vaqt modelida foydalanilgan ma’lumot oqimlari

Manba	Kuzatuv birligi	Asosiy o‘zgaruvchilar	Yangilanish davri	Boshqaruvdagi roli
AVL/GPS	Avtobus - vaqt	id, koordinata, tezlik, haqiqiy kelish/ketish	5-15 sek	headway va segment vaqti
APC / to‘lov	Bekat - reys	kirish, chiqish, joriy yuklanish	20-60 sek	turish vaqti va talab

ISSN 3030-3907

Jadval / dispatch	Reys - nazorat nuqtasi	reja jo‘natish, reja intervali, smena holati	1-5 min	bazaviy maqsadlar
Trafik / hodisa	Uchastka - vaqt	tirbandlik indeksi, bloklanish, ob-havo	1-5 min	tezlik va travel time tuzatishi

Modeldagi asosiy belgilashlar quyidagicha: $h_i(t)$ - i-avtobusning nazorat nuqtasiga kelish paytidagi oldingi avtobus bilan intervali; $q_j(t)$ - j-bekatdagi kutayotgan yo‘lovchilar soni; $l_i(t)$ - avtobus yuklanishi; $d_j(t)$ - bekatdagi turish vaqti; $\tau_{ij}(t)$ - j va $j+1$ bekatlar oralig‘idagi harakat vaqti; $u_i(t)$ - boshqaruv ta’siri. Ularning birgalikdagi vektori tizimning joriy holatini beradi.

2-Jadval

Modelda ishlatilgan asosiy o‘zgaruvchilar va ularning mazmuni

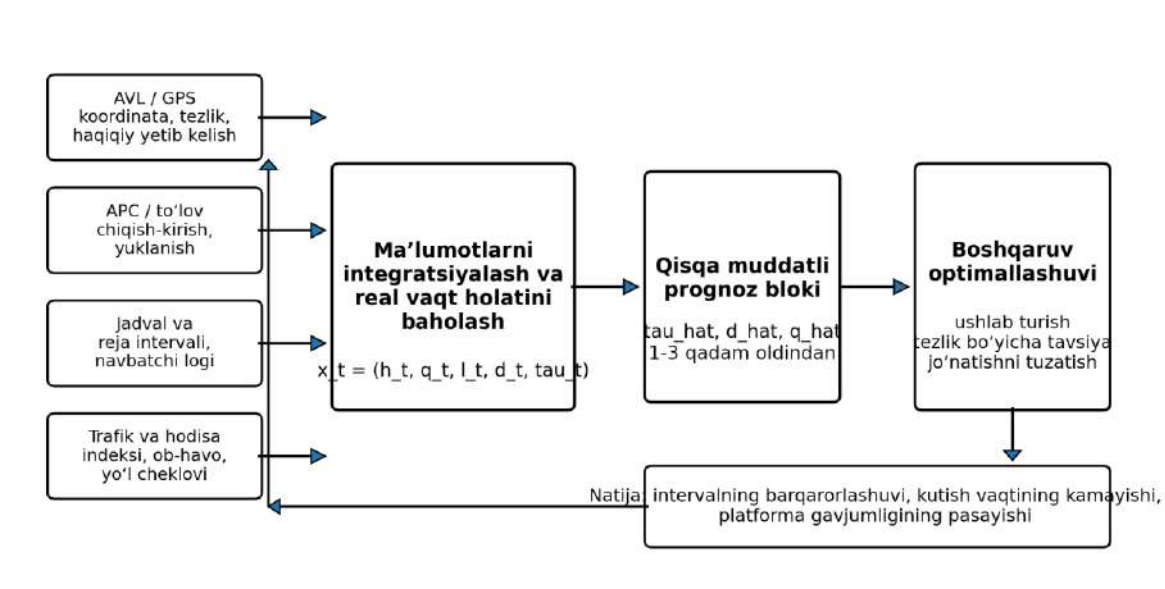
Belgilash	Mazmuni	O‘lchov
h_i	ketma-ket avtobuslar orasidagi haqiqiy interval	minut
h^*	reja intervali	minut
q_j	bekatdagi kutayotgan yo‘lovchilar navbati	yo‘lovchi
l_i	avtobusning nisbiy yuklanishi	0-1
d_j	bekatdagi turish vaqti	sekund
τ_{ij}	segment bo‘yicha harakat vaqti	sekund
u_i^{hold}	nazorat nuqtasida ushlab turish	sekund
v_i^{cmd}	tavsiya etilgan tezlik	km/soat

Nazariy qismda oddiy, ammo amaliyotga mos dinamik tasvir qabul qilinadi. Bunda nazorat nuqtasidan nazorat nuqtasigacha bo‘lgan davr diskret vaqt qadamlari ko‘rinishida qaraladi. Tizimdagi noaniqliklar ε_t tasodifiy buzilishlar sifatida ko‘riladi; ular tirbandlik, bekatlanishning kutilmagan ko‘payishi yoki signal siklining cho‘zilishi natijasida yuzaga kelishi mumkin.

$$x_{t+1} = A_t x_t + B_t u_t + G_t \varepsilon_t$$

ISSN 3030-3907

Bu umumlashtirilgan tenglama modelning konstruktiv asosini beradi. Keyingi bosqichda x_t vektorining komponentlari alohida regressiya va balans tenglamalari bilan yoziladi hamda ulardan foydalanib operativ maqsad funksiyasi tuziladi.



1-Rasm. Real vaqt ma'lumotlarini birlashtirish va boshqaruv qarorini hosil qilish arxitekturasi

TAKOMILLASHTIRILGAN MATEMATIK MODEL

Headway dinamikasi

Ketma-ket avtobuslar orasidagi interval nazorat nuqtasida kelish vaqtlarining farqi bilan aniqlanadi:

$$h_i(t) = a_i(t) - a_{i-1}(t)$$

Bu yerda $a_i(t)$ - i-avtobusning nazorat nuqtasiga haqiqiy kelish vaqti. Reja intervali h^* bilan taqqoslanib og'ish aniqlanadi:

$$\delta_i(t) = h_i(t) - h^*$$

Agar $\delta_i(t) > 0$ bo'lsa, avtobus oldindagi vositadan uzoqlashgan, ya'ni katta bo'shliq hosil qilgan bo'ladi; aksincha $\delta_i(t) < 0$ bo'lsa, u oldingiga ortiqcha yaqinlashgan bo'ladi. Amaliy nazorat aynan shu ikkala holatning ortiqcha amplitudasini kamaytirishga qaratiladi.

Bekatdagi turish vaqti va yo'lovchi navbati modeli

Bekatdagi turish vaqti faqat texnologik ochish-yopish vaqtidan iborat emas; u kirayotgan va tushayotgan yo'lovchilar soni hamda transport vositasining joriy yuklanishiga sezgir bo'ladi. Shu sababli soddalashtirilgan chiziqli model qabul qilinadi:

$$d_j(t) = d_0 + \beta_1 b_j(t) + \beta_2 a_j^{out}(t) + \beta_3 q_j(t)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda d_0 - eshiklarni ochish-yopishning bazaviy vaqti, $b_j(t)$ - chiqayotgan, $a_j^{out}(t)$ - kirayotgan yo‘lovchilar soni, $q_j(t)$ - bekatda yig‘ilib qolgan qo‘shimcha navbat. Modeldan ko‘rinadiki, navbat uzunligi to‘g‘ridan-to‘g‘ri turish vaqtini oshiradi; demak, navbatning ortishi keyingi headway buzilishlariga ham sabab bo‘ladi.

Yo‘lovchi navbati uchun oddiy balans tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$q_j(t+1) = \max\left\{0, q_j(t) + \lambda_j(t)\Delta t - c_j(t)\right\}$$

Bu yerda $\lambda_j(t)$ - vaqt birligida bekatga kelayotgan talab, $c_j(t)$ esa joriy avtobuslar tomonidan xizmat ko‘rsatilgan yo‘lovchilar soni. Agar avtobus kechiksa, $q_j(t)$ ortadi va keyingi turish vaqti ham cho‘ziladi. Shunday qilib, real vaqt modelida q_j ko‘rsatkichini e’tiborga olmaslik muntazamlikni tiklash kuchini sustlashtiradi.

Harakat vaqtining qisqa muddatli prognozi

Segment bo‘yicha harakat vaqti tirbandlik va signalizatsiya fazalariga kuchli bog‘liq. Nazorat nuqtasida qaror qabul qilish paytida keyingi uchastka uchun kutilayotgan vaqtni bilish zarur. Shu sababli aralash avtokorrelyatsion-regression ko‘rinishdagi prognoz tenglamasi qo‘llanadi:

$$\hat{\tau}_{ij}(t+1) = \phi_0 + \phi_1\tau_{ij}(t) + \phi_2\rho_{ij}(t) + \phi_3\omega(t) + \phi_4\, peak(t)$$

Bu yerda $\rho_{ij}(t)$ - tirbandlik indeksi, $\omega(t)$ - hodisa yoki ob-havo omili, $peak(t)$ - pik davr indikatori. Bunday tenglama murakkab sun’iy intellekt modeliga nisbatan soddaroq bo‘lsa-da, dispatching amaliyoti uchun yetarlicha izohlanuvchi va moslashuvchan hisoblanadi. Maqoladagi ssenariyda aynan shu turdagi prognoz ishlatiladi.

Xuddi shu mantiq bo‘yicha talabning yaqin kelajakdagi qiymati ham baholanadi:

$$\hat{\lambda}_j(t+1) = \psi_0 + \psi_1\lambda_j(t) + \psi_2\lambda_j(t-1) + \psi_3 s_j(t)$$

Bu yerda $s_j(t)$ - to‘lov tizimi yoki sensorlar bo‘yicha joriy oqim signali. Prognoz blokining vazifasi mutlaq aniq bashorat berish emas, balki nazorat qarorini qabul qilish uchun xavfli o‘sish zonalarini oldindan sezishdan iborat.

Maqsad funksiyasi va optimallashuv mezoni

Taklif etilayotgan modelning markaziy qismi - ko‘p omilli operativ maqsad funksiyasidir. U headway barqarorligi, yo‘lovchi kutishi bilan bog‘liq navbatlar, yuklanishning notekisligi va nazorat ta’sirining o‘z xarajatini birgalikda hisobga oladi:

$$J_t = \sum_i \left[w_1\left(h_i(t) - h^*\right)^2 + w_2 q_i(t)^2 + w_3\left(l_i(t) - \bar{l}(t)\right)^2 + w_4 u_i(t)^2 \right]$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda $u_i(t)$ umumlashgan boshqaruv vektori bo‘lib, ushlab turish, tezlikni moslashtirish va jo‘natishni tuzatish komponentlarini o‘z ichiga oladi. w_1, w_2, w_3, w_4 og‘irliklar operatorning ustuvorliklariga qarab tanlanadi. Agar pik davrda asosiy maqsad bekatdagi gavjumlikni pasaytirish bo‘lsa, w_2 kattalashtiriladi; agar eng muhim talab intervalni barqarorlashtirish bo‘lsa, w_1 kuchaytiriladi.

Maqsad funksiyasi kvadratik tanlangani sababli u ikki afzallik beradi. Birinchidan, og‘ishlar katta bo‘lganda jazo tez ortadi va tizim kritik holatlarni faol bostiradi. Ikkinchidan, ayrim holatlarda boshqaruv qarorini yopiq ko‘rinishda olish mumkin. Aynan holding uchun shunday natija keltirib chiqariladi.

Yopiq ko‘rinishdagi holding formulasi

Nazorat nuqtasida i-avtobus uchun faqat ushlab turish qarori ko‘rilayotgan soddalashtirilgan holatda lokal funksional quyidagicha yoziladi:

$$J_i(u) = \alpha\left(h_i + u - h^*\right)^2 + \beta\left(h_{i+1} - u - h^*\right)^2 + \gamma u^2$$

Bu yerda h_i - oldingi avtobus bilan joriy interval, h_{i+1} - ortdan kelayotgan avtobus bilan kutilayotgan interval, u esa nazorat nuqtasida ushlab turish vaqti. Birinchi had joriy avtobusning oldingi bilan bo‘shlig‘ini tuzatadi, ikkinchi had ortdan kelayotgan avtobus bilan oraliqni ham me’yorlashtirishga intiladi, uchinchi had esa ortiqcha ushlab turishni jazolaydi.

Hosila nolga tenglashtirilsa, optimal lokal holding quyidagicha hosil bo‘ladi:

$$u_i^* = \frac{\beta\left(h_{i+1} - h^*\right) - \alpha\left(h_i - h^*\right)}{\alpha + \beta + \gamma}$$

Amaliyotda ushbu qiymat cheklovlar bilan kesiladi:

$$u_i^{hold} = \min\left\{u_{max}, \max\left[0, u_i^*\right]\right\}$$

Mazkur formula taklif etilayotgan modelning muhim afzalligini ko‘rsatadi: real vaqt ma’lumotlari mavjud bo‘lsa, boshqaruv qarorini murakkab iterativ hisob-kitoblarsiz ham tez topish mumkin. Bu ayniqsa dispatching markazlarida onlayn tatbiq uchun qulay.

Tezlikni moslashtirish va jo‘natishni tuzatish

Holding har doim ham yagona vosita emas. Ba’zi hollarda avtobusni bekatda ushlab turish o‘rniga keyingi segmentda tezlikni bir oz pasaytirish yoki jadvaldan oldin ketayotgan reysni terminalda kechiktirish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Shu sababli tezlik bo‘yicha soddalashtirilgan tavsiya quyidagicha yoziladi:

$$v_i^{cmd} = v_i^{ref}\left[1 - \eta\frac{h^* - h_i}{h^*}\right]$$

Agar $h_i < h^*$ bo‘lsa, avtobus oldindagiga haddan tashqari yaqinlashgan bo‘ladi va v_i^{cmd} kamayadi; agar $h_i > h^*$ bo‘lsa, aksincha, cheklov doirasida bazaviy

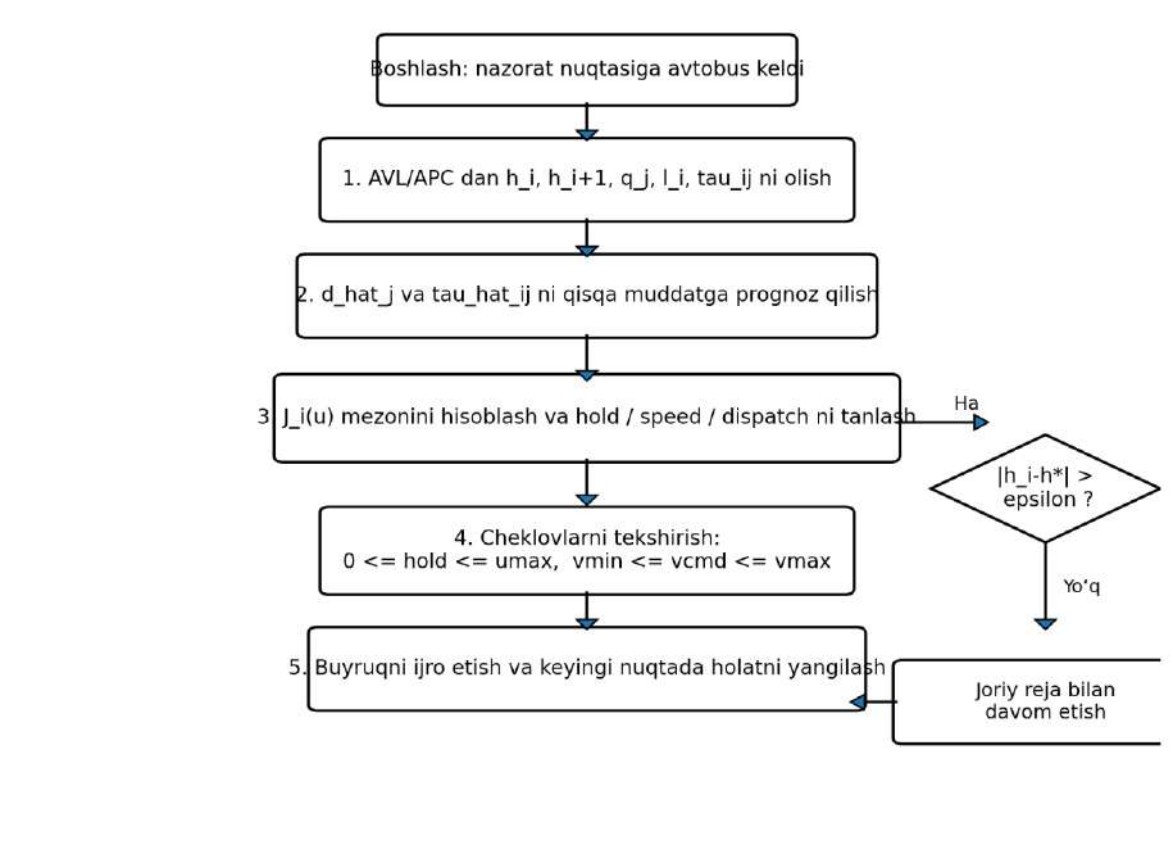
ISSN 3030-3907

tezlikka yaqinlashadi. Bunday qoida mikro-darajadagi signal nazorati yoki haydovchiga beriladigan tavsiya sifatida talqin qilinishi mumkin.

Terminal yoki boshlang‘ich nazorat nuqtasida jo‘natishni tuzatish qoidasini ham kiritish mumkin:

$$\Delta_i^{dispatch} = \kappa_1 \left(h^* - h_i^{dep} \right) + \kappa_2 \left(\bar{q}^{up} - q^{up} \right)$$

Bu yerda h_i^{dep} - jo‘natish paytidagi bosh interval, q^{up} - yo‘nalishning yuqori oqim qismidagi kutilayotgan navbat. Demak, jo‘natish qarori ham nafaqat headway, balki talabning yaqin kelajakdagi holati bilan bog‘lanadi.



2-Rasm. Nazorat nuqtasida qaror qabul qilish algoritmining blok sxemasi

HISOB-KITOB SSENARIYSI VA RAQAMLI TAJRIBA

Taklif etilgan modelni namoyish qilish uchun 20 ta bekatli shahar yo‘nalishi bo‘yicha 180 minutlik pik davr simulyatsiyasi qurildi. Nazorat nuqtalari terminal, 8-bekat va 14-bekat atrofida joylashtirildi. Har bir reys uchun boshlang‘ich og‘ish, talab intensivligi va tirbandlik darajasi tasodifiy, biroq boshqariluvchi diapazonlarda tanlandi. Maqsad - modelning noaniqlik sharoitidagi barqarorligini tekshirish.

Bazaviy ssenariyda operator faqat jadval asosida ishlaydi va real vaqtli aralashuv deyarli yo‘q. Ikkinchi ssenariyda odatiy schedule control qo‘llanadi: avtobuslar terminal yoki nazorat bekatlarida jadvaldan erta ketsa ushlab turiladi. Uchinchi ssenariyda headway-only nazorati ishlatiladi. To‘rtinchi ssenariy esa

ISSN 3030-3907

taklif etilgan integrallashgan modeldan foydalanadi; unda holding formulasi, tezlik tavsiyasi va jo‘natishni tuzatish birgalikda qo‘llanadi.

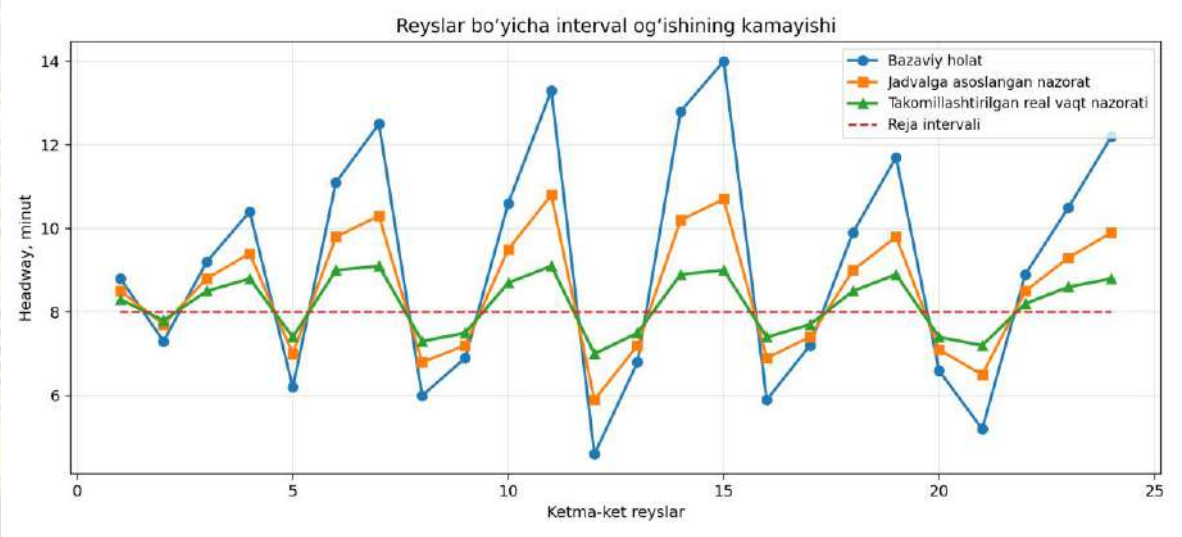
Maqsadli ko‘rsatkichlar sifatida quyidagilar tanlandi: R_h muntazamlik indeksi, o‘rtacha kutish vaqti, headwayning variatsiya koeffitsiyenti, bunching ulushi, nazorat bekatidagi maksimal navbat, o‘rtacha turish vaqti va nazoratning qo‘shimcha ekspluatatsion xarajati. Bunching hodisasi uchun $h_i < 0.5h^*$ mezoni qabul qilindi.

Tajriba parametrlari shartli bo‘lsa-da, ular xalqaro adabiyotlarda uchraydigan ekspluatatsion diapazonlar bilan mos keladi [4]-[10]. Bu yondashuv modelning strukturaviy foydasini ko‘rsatishga qaratilgan bo‘lib, aniq bir shahar operatori bo‘yicha faktik audit natijasi sifatida talqin qilinmaydi.

3-Jadval.

Raqamli tajriba uchun qabul qilingan asosiy parametrlar

Parametr	Qiymat	Parametr	Qiymat	Izoh
Yo‘nalish uzunligi	18,4 km	Bekatlar soni	20 ta	bir tomonga
Pik davr	180 minut	Reja intervali	8 minut	07:00-10:00
Aylanish davri	126 minut	Faol park	16 ta	shu davr uchun
Talab diapazoni	10-38 yo‘lovchi/5 min	Segment tezligi	18-22 km/soat	tirbandlikka qarab
Holding cheklovi	0-90 sekund	Tezlik tuzatishi	±8 %	xavfsiz diapazon



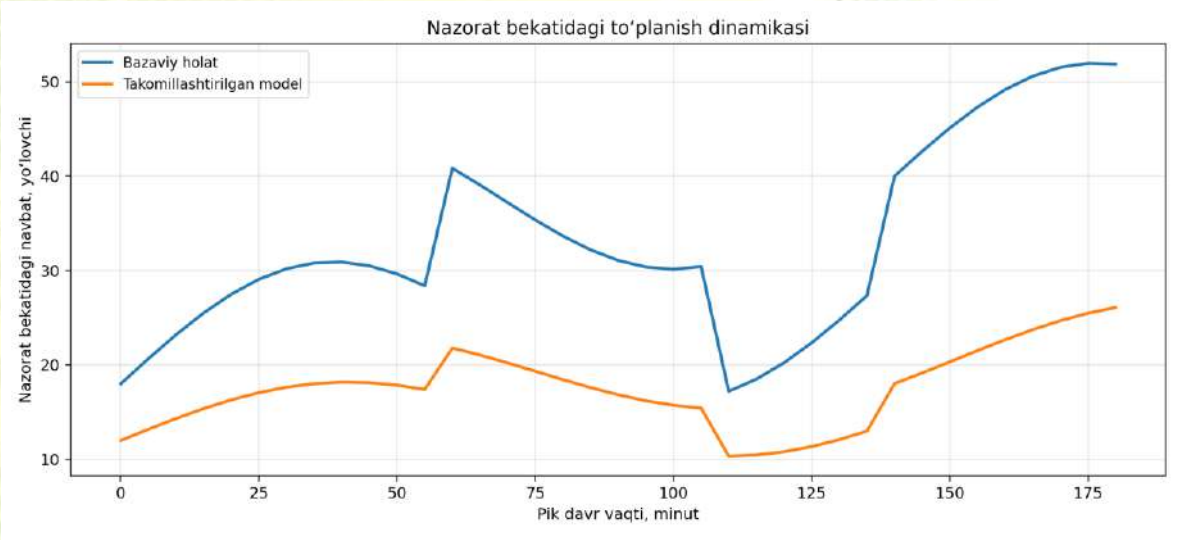
3-Rasm. Ketma-ket reyslar bo‘yicha headway og‘ishining kamayishi

Rasm 3 dan ko‘rinadiki, bazaviy holatda interval juda keng tebranadi: ayrim reyslarda 4-5 minutgacha qisqarish, ayrimlarida esa 13-14 minutgacha uzayish

ISSN 3030-3907

kuzatiladi. Schedule-only nazorat bu tebranishni qisman bostiradi, biroq lokal talab sakrashlari va tirbandliklar ortidan paydo bo‘ladigan ikkilamchi og‘ishlarni yetarli darajada so‘ndira olmaydi. Taklif etilgan model esa og‘ishni 7-9 minut diapazoniga yaqinlashtiradi; ya’ni reja intervali atrofidagi tarqoqlik ancha kamayadi.

Bu natija yuqorida keltirilgan E[W] formulasi bilan hamohang: headway dispersiyasi kamaygan sayin yo‘lovchining o‘rtacha kutish vaqti pasayadi. Bundan tashqari, interval barqarorligi transport vositalari orasidagi yuklanishni ham tekislaydi, chunki yo‘lovchilar bir nechta daqiqalik katta bo‘shliqdan keyin haddan tashqari yig‘ilib qolmaydi.

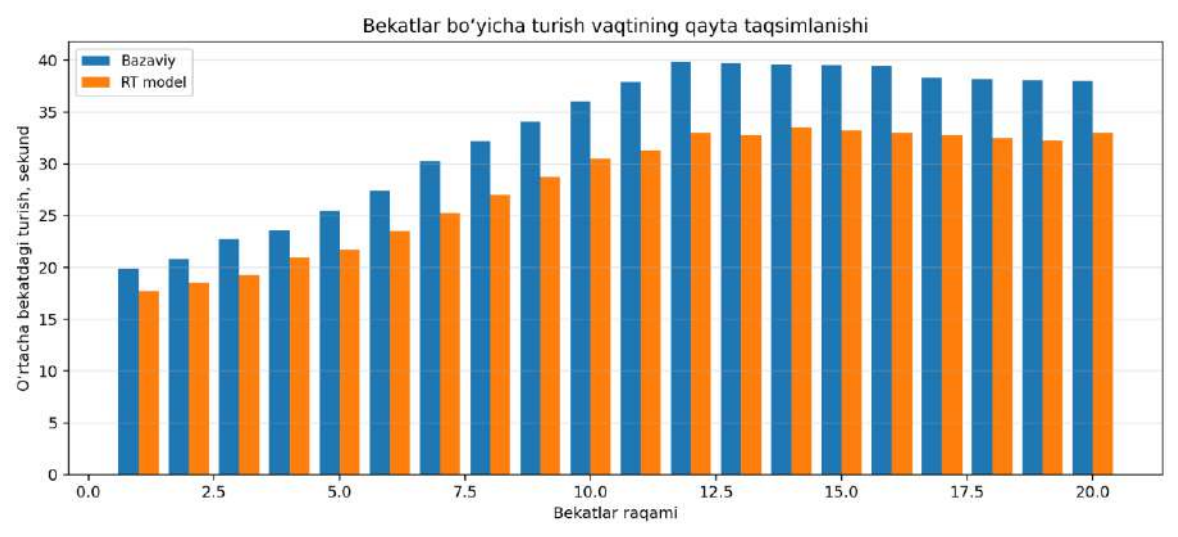


4-Rasm Nazorat bekatidagi yo‘lovchilar navbatining vaqt bo‘yicha dinamikasi

Rasm 4 taklif etilgan modelning yana bir muhim natijasini ko‘rsatadi. Bazaviy holatda 60-110 minut oralig‘ida navbat keskin ko‘payib, 40 nafardan oshadi. Integrallashgan nazorat sharoitida esa navbat pik nuqtasida ham 24-26 kishi atrofida ushlanadi. Bu farq turish vaqti, yo‘lovchining stressi hamda bekat maydonining xizmat ko‘rsatish qobiliyati nuqtai nazaridan sezilarli ahamiyatga ega.

Modelning bu xususiyati faqat headwayni tekislashdan kelib chiqmaydi. Qaror mezoniga $q_j(t)$ navbati va $l_i(t)$ yuklanishi kiritilgani sababli tizim talab to‘planishining xavfli nuqtalariga nisbatan proaktivroq javob beradi. Shunday qilib, taklif etilgan yondashuv muntazamlikni yo‘lovchi oqimi bilan bog‘langan operativ sifat kategoriyasi sifatida boshqaradi.

ISSN 3030-3907



5-Rasm. Bekatlar bo‘yicha turish vaqtining qayta taqsimlanishi

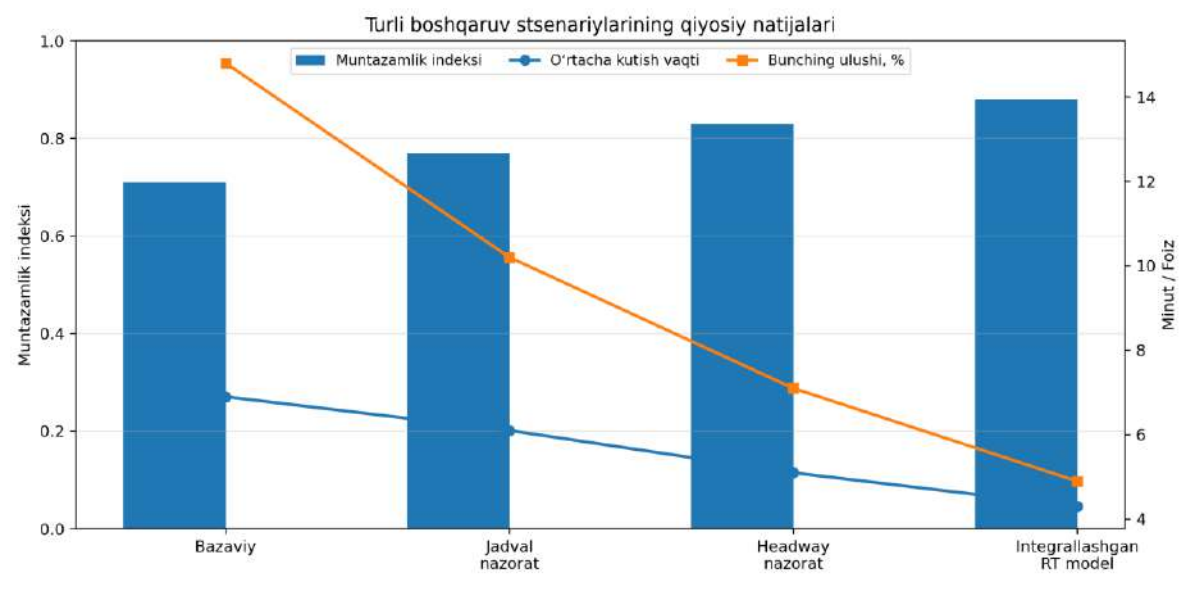
Rasm 5 dan ko‘rinadiki, markaziy bekatlarda bazaviy ssenariyda turish vaqti juda baland bo‘lib, aynan shu joylarda intervalning parchalanishi kuchayadi. Taklif etilgan modelda esa markaziy bekatlardagi navbat va yuklanish vaqt bo‘yicha tekislangani sababli turish vaqti profili ham silliqlashadi. Bu natija harakat jadvaliga nisbatan sezilarli amaliy foyda beradi, chunki bekatdagi ortiqcha turishning bir qismi butun yo‘nalish bo‘yicha zanjirli kechikishlarni keltirib chiqaradi.

4-Jadval

Turli boshqaruv stsenariylarining qiyosiy natijalari

Ssenariy	R_h	Kutish, min	CV(h)	Bunching, %	Max navbat	Qo‘shimcha nazorat xarajati
Bazaviy holat	0,71	6,9	0,33	14,8	43	0,0
Jadval nazorati	0,77	6,1	0,25	10,2	35	0,5
Headway nazorati	0,83	5,1	0,18	7,1	29	0,8
Integrallashgan RT model	0,88	4,3	0,12	4,9	24	1,1

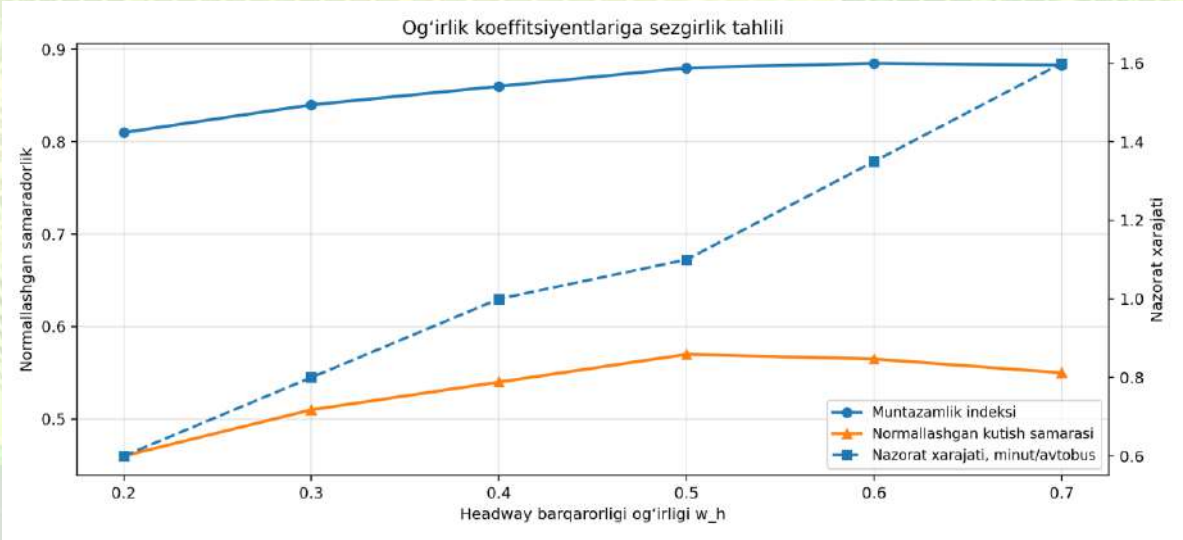
ISSN 3030-3907



6-Rasm. Muntazamlik, kutish va bunching ko‘rsatkichlarining qiyosiy dinamikasi

Jadval 4 va Rasm 6 natijalari taklif etilgan modelning afzalligini kompleks ravishda tasdiqlaydi. Muntazamlik indeksi bazaviy 0,71 dan 0,88 gacha oshgan, bu esa 23,9 foizlik nisbiy yaxshilanish degani. O‘rtacha kutish vaqti 37,7 foizga kamaygan. Headway variatsiya koeffitsiyenti esa 0,33 dan 0,12 gacha tushgan. Bunday ko‘rsatkichlar transport xizmati sifatining sezilarli yaxshilanishi sifatida talqin qilinadi.

Nazorat xarajatining ma’lum darajada ortishi tabiiy hol. Integrallashgan model bazaviy holatga nisbatan har bir avtobusga o‘rtacha 1,1 minut qo‘shimcha nazorat xarajati yuklaydi. Biroq bu xarajat yo‘lovchi kutish vaqti, bekatdagi tiqilinch va muntazamlikdagi foyda bilan qoplanadi. Amaliy boshqaruv nuqtai nazaridan bu ijobiy kompromiss hisoblanadi.



7-Rasm. Og‘irlik koeffitsiyentlariga sezgirlik tahlili

ISSN 3030-3907

Rasm 7 ko‘rsatishicha, w_h - headway barqarorligiga berilgan og‘irlik 0,5 atrofida bo‘lganda muntazamlik indeksi maksimumga yaqinlashadi va kutish samarasi ham eng yaxshi qiymatga yaqin bo‘ladi. Juda kichik w_h qiymatlarida model navbat va yuklanish omillariga haddan tashqari moyil bo‘lib qoladi; juda katta qiymatlarda esa muntazamlikka erishish uchun ortiqcha nazorat xarajati paydo bo‘ladi. Shuning uchun real operator amaliyotida og‘irliklarni adaptiv tanlash yoki vaqt zonalari bo‘yicha sozlash maqsadga muvofiq.

Sezgirlik tahlili yana shuni ko‘rsatadiki, model bosh parametrlar o‘rtacha diapazonda bo‘lganda ham barqaror natija beradi. Ya’ni algoritm faqat bitta nozik parametrga qattiq bog‘lanib qolmaydi. Bu esa uni haqiqiy dispatching muhitiga joriy etishda muhim afzallikdir.

NATIJALAR MUHOKAMASI.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, muntazamlikni ta’minlashda real vaqt ma’lumotlariga tayangan boshqaruv yondashuvi an’anaviy schedule-only nazoratga nisbatan samaraliroqdir. Buning asosiy sababi shundaki, an’anaviy yondashuv mavjud vaziyatni faqat jadval bilan taqqoslaydi, holbuki real transport tizimi joriy talab, tirbandlik va bekatdagi navbat bilan birga yashaydi. Taklif etilgan model esa aynan shu kontekstni boshqaruv qarorining bir qismiga aylantiradi.

Matematik nuqtai nazardan, taklif etilgan model headway dispersiyasini kamaytirish va navbat dinamikasini bostirish vazifalarini bir vaqtning o‘zida bajaradi. Bu esa klassik yo‘lovchi kutish formulasi bilan ham, zamonaviy ko‘p maqsadli transport nazorati konsepsiyasi bilan ham mos tushadi [5], [9]. Yopiq ko‘rinishdagi holding formulasi modelning operativ tatbiqini soddalashtiradi; ya’ni murakkab optimallashtirish paketlarisiz ham dispatcher qarorini avtomatlashtirish mumkin bo‘ladi.

Taklif etilgan modelning amaliy afzalligi - ma’lumotlarni integratsiyalashga mosligi. Agar shaharda allaqachon AVL tizimi mavjud bo‘lsa, unga APC yoki elektron to‘lov oqimini qo‘shish orqali nazorat sifati keskin oshiriladi. Bunda eng muhim masala texnologiyaning o‘zi emas, balki undan kelib chiqadigan boshqaruv protsedurasidir. Jahon banki materiallarida ham ITS texnologiyalari faqat mavjud biznes jarayonlari yangilangandagina sezilarli foyda berishi qayd etiladi [11].

Albatta, maqoladagi sinov paneli sintetik ma’lumotlarga tayangan. Shu sababli natijalarni bevosita ma’lum bir operatorning faktik iqtisodiy samarasiga tenglashtirish mumkin emas. Biroq aynan sintetik-amaliy ssenariy modelning mantiqiy ishlashini, sezgirligini va boshqaruv konturining ustunligini ko‘rsatish uchun yetarli. Keyingi bosqichda mazkur yondashuvni Tashkent yoki boshqa shahar marshrutlari bo‘yicha faktik AVL arxivlari bilan kalibrlash maqsadga muvofiq.

ISSN 3030-3907

Kelajakdagi tadqiqotlarda uchta yo‘nalish ustuvor deb qaraladi: birinchisi, og‘irlik koeffitsiyentlarini kunning davri va marshrut sinfiga mos ravishda adaptiv o‘zgartirish; ikkinchisi, signal prioriteti bilan birlashgan kooperativ nazorat; uchinchisi, yo‘lovchi transfer tugunlari uchun ko‘p-marshrutli integrallashgan modelni qurish. Aynan shu yo‘nalishlar taklif etilgan usulning ilmiy va amaliy ahamiyatini yanada oshiradi.

XULOSA.

Maqolada shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligini ta’minlash uchun real vaqt ma’lumotlariga asoslangan takomillashtirilgan boshqaruv modeli ishlab chiqildi. Modelning asosiy xususiyati shundaki, u muntazamlikni faqat headwayga tayanib boshqarmaydi; balki yo‘lovchi navbati, avtobus yuklanishi, turish vaqti hamda segment bo‘yicha kutilayotgan harakat vaqtini ham yagona qaror funksionaliga birlashtiradi.

Matematik qismda holat vektori, navbat va turish vaqti tenglamalari, qisqa muddatli prognozlash bloklari hamda kvadratik maqsad funksiyasi keltirildi. Lokal holding masalasi uchun yopiq ko‘rinishdagi formula hosil qilindi, tezlikni moslashtirish va jo‘natishni tuzatish qoidalari bilan boyitildi. Natijada receding-horizon tipidagi, ammo amaliyotda tez ishlaydigan nazorat konturi shakllantirildi.

Raqamli tajriba ko‘rsatdiki, taklif etilgan model bazaviy holatga nisbatan muntazamlik indeksini 0,71 dan 0,88 gacha oshiradi, o‘rtacha kutish vaqtini 6,9 minutdan 4,3 minutgacha kamaytiradi, bunching ulushini esa 14,8 foizdan 4,9 foizgacha pasaytiradi. Bekatdagi maksimal navbat va turish vaqti profili ham silliqlashadi. Bu natijalar modelning nafaqat nazariy, balki operativ boshqaruv nuqtai nazaridan ham foydali ekanini ko‘rsatadi.

Shu tariqa, real vaqt ma’lumotlarini yig‘ish, prognozlash va boshqaruv qarorini bitta integrallashgan tizimga birlashtirish shahar avtobuslari muntazamligini ta’minlashning istiqbolli yo‘nalishi ekanligi asoslandi. Mazkur yondashuv jamoat transporti operatorlari uchun dispatching sifatini oshirish, bekatlarda ortiqcha gavjumlikni kamaytirish va xizmat ishonchliligini kuchaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. PF-60-son Farmon. “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”. 2022.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. RP-2724-son qaror. “Shaharlarda va qishloq joylarda jamoat transporti xizmati tizimi va yo‘lovchi avtobus tashuvlarini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”. 2017.
3. Newell, G. F., Potts, R. B. Maintaining a Bus Schedule. 1964.

ISSN 3030-3907

4. Fu, L., Yang, X. Design and Implementation of Bus-Holding Control Strategies. Transportation Research Record, No. 1791, 2002, pp. 6-12.
5. Daganzo, C. F. A Headway-Based Approach to Eliminate Bus Bunching: Systematic Analysis and Comparisons. Transportation Research Part B, 43(10), 2009, pp. 913-921.
6. Daganzo, C. F., Pilachowski, J. Reducing Bunching with Bus-to-Bus Cooperation. Transportation Research Part B, 45(1), 2011, pp. 267-277.
7. Mandelzys, M., Hellinga, B. Identifying Causes of Performance Issues in Bus Schedule Adherence with Automatic Vehicle Location and Passenger Count Data. Transportation Research Record, Vol. 2143, 2010, pp. 9-15.
8. Ma, Z., Ferreira, L., Mesbah, M. Measuring Service Reliability Using Automatic Vehicle Location Data. Mathematical Problems in Engineering, 2014, Article ID 468563.
9. Varga, B., Tettamanti, T., Kulcsar, B. Optimally Combined Headway and Timetable Reliable Public Transport System. Transportation Research Part C, 2018.
10. Reilly, J. M. Improving Bus Transit On-Time Performance through the Use of AVL Data. Transit IDEA Project 63(a), Transportation Research Board, 2014.
11. World Bank. Public Transport Service Optimization and System Integration. China Transport Topics No. 14, 2015.
12. World Bank. The Role of ITS in Public Transport. Passenger Transport ITS Toolkit materials, 2014.
13. Ma, Z., Ferreira, L., Mesbah, M. A Framework for the Development of Bus Service Reliability Measures. Australasian Transport Research Forum, 2013.
14. Yang, Y. An Overview of Solutions to the Bus Bunching Problem in Urban Bus Systems. 2024 review article....

ISSN 3030-3907

POLIVENILSPIRTNING QOVUSHQOQLIK KO‘RSATGICHI VA ELASTIKLIGI MODELI TAHLILI

Yuldasheva Yulduz Rustam qizi
Tashkent Research Institute of Chemical Technology, PhD
E-mail: yuldoshevayulduz756@gmail.com
Kiyamov Sharifjon Nazimovich
Senior Researcher, Doctor of Technical Sciences (DSc)
Qiyomovsh@mail.ru
Tel: +998970051655
УДК 678.742+ 66.017+577.174
ORCID 0009-0004-8255-023X

Annotatsiya. Ushbu maqola materiallarning mexanik xossalari, xususan qovushqoqlik va cho‘zilish jarayonlarini tahlil qiladi. Qovushqoqlik materialning deformatsiyaga qarshi turish qobiliyati, cho‘zilish esa uning kuch ta’sirida uzunlik o‘zgarishiga moyilligi sifatida aniqlanadi. Tadqiqotda turli polimer va metall materiallar sinovdan o‘tkazilib, ularning diagrammalari orqali qovushqoqlik va cho‘zilish parametrlarining o‘zaro bog‘liqligi o‘rganildi. Natijalar ko‘rsatadiki, yuqori qovushqoqlik ko‘pincha cho‘zilish imkoniyatining kamayishi bilan bog‘liq, ammo ba’zi yangi kompozit materiallarda ushbu qarama-qarshilik sezilarli darajada yumshatilgan. maqolada oson eruvchi sintetik polimer bolmish polivenilspirtnining 3ta urinishdan o‘rtacha qovushqoqlik aniqlandi.hamda 3xil %li polivenilspirt tarkibli qoplamalarning elastlik modeli ya’ni cho‘zilish ko‘rsatgichi aniqlandi.Grafik va rasmlari bilan izohlangan.
Kalit so‘zlar: polivenilspirt, qovushqoqlik, elastklik modeli, cho‘zilish, oqish tezligi, eritma , qoplama.
Abstract. This article analyzes the mechanical properties of materials, in particular the processes of viscosity and elongation. Viscosity is defined as the material's ability to withstand deformation, while tension is defined as its tendency to change length under the influence of force. In the study, various polymer and metal materials were tested, and the relationship between viscosity and elongation parameters was studied using their diagrams. The results show that high viscosity is often associated with a decrease in the possibility of stretching, but in some new composite materials, this contradiction is significantly mitigated. In the article, the average viscosity of polyvinyl alcohol, an easily soluble synthetic polymer, was determined from 3 attempts, and a model of elasticity, i.e., the stretching index, of coatings with 3 different percentage polyvinyl alcohol content, was determined.
Keywords: polyvinyl alcohol, viscosity, elasticity model, elongation, flow rate, solution.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье анализируются механические свойства материалов, в частности процессы вязкости и растяжения. Вязкость определяется как способность материала сопротивляться деформации, а растяжение - как его склонность к изменению длины под действием силы. В исследовании были испытаны различные полимерные и металлические материалы и изучена взаимосвязь параметров вязкости и растяжения с помощью их диаграмм. Результаты показывают, что высокая вязкость часто связана с уменьшением возможности растяжения, но в некоторых новых композиционных материалах это противоречие значительно смягчено. В статье была определена средняя вязкость легкорастворимого синтетического полимера поливинилового спирта из 3 попыток, а также определена модель эластичности, т.е. показатель растяжения, для покрытий с 3 различными процентными соотношениями поливинилового спирта.

Ключевые слова: поливиниловый спирт, вязкость, модель эластичности, растяжение, скорость течения, раствор

KRISH.

Ko‘p qirrali xususiyatlarga ega bo‘lgan turli xil polimerlar ko‘plab sohalarda joriy etilishi va potensial qo‘llanilishi tufayli muhim hisoblanadi. PVA kabi sintetik polimerlar biomoslashuvchanlik xususiyatlariga ega bo‘lgan muhim va parchalanadigan materiallar sifatida muhim ahamiyatga ega. Bu material 1920-yillarda ishlab chiqilgan bo‘lib, ularning qayta ishlanishi va fizik-kimyoviy xususiyatlar hisobga olgan. PVA rangsiz, suvda eriydigan bo‘lib, asosan to‘qimachilik va qog‘oz mahsulotlarida qo‘llaniladi. PVA polimerlar (katta, ko‘p birlikli molekulalardan tashkil topgan kimyoviy birikmalar) orasida noyobligi shundaki, u monomerlar deb nomlanuvchi bir birlik molekulalardan polimerlanish reaksiyalarida hosil bo‘ladi Polivinil atsetatni kaliy gidroksid bilan etanolda gidrolizlab, birinchi marta polivinil spirt (pva) Hermann tomonidan tayyorlangan. Xenel 1924-yilda. Sanoatda polivinildan ishlab chiqariladi.Atsetat, odatda uzluksiz jarayon bilan atsetat guruhlari efirning metanol bilan o‘zaro almashinishi natijasida gidrolizlangan natriy metilat yoki suvli natriy gidroksiddan iborat. O‘sha fizik xususiyatlari va uning o‘ziga xos funksional qo‘llanilishi polimerlanish darajasi va gidrolizlanish darajasi. Polivinilspirt ikki sinfga bo‘linadi, ya’ni: qisman gidrolizlanganva to‘liq gidrolizlanadi. Oziq-ovqat mahsulotlarida qisman gidrolizlangan pva ishlatiladi.Polivinil spirti hidsiz va ta’msiz, shaffof, oq yoki qaymoq rangli donador kukun. Suvda eriydi, biroz eriydi.[1]. To‘ldiruvchilarning qo‘shilishi umumiy degradatsiyani buzmasdan mexanik xususiyatlarni yanada yaxshilashi mumkin. Demak, suvda eruvchan xususiyatlarini hisobga olgan holda, bu materialning afzalliklari quyidagilardan iborat: juda katta, ammo bu uning

ISSN 3030-3907

amaliy mulohazalari bilan taqqoslanishi kerak o‘zgaruvchan atrof-muhit sharoitida [2].Pva sanoat, savdo, tibbiyot va oziq-ovqat sohalarida qo‘llanilgan va undan foydalanilgan.laklar, qatronlar, jarrohlik ko‘pincha kontaktda bo‘lgan iplar va oziq-ovqat mahsulotlarini qadoqlash materiallari ovqat bilan. Pva keng qo‘llaniladigan termoplastik polimer bo‘lib tirik to‘qimalar uchun xavfsiz, zararsiz.Bu polimer ko‘ndalang bog‘langan mahsulotlarda qo‘llanilishi tufayli keng tadqiq qilingan [3]. PVA biologik parchalanadigan polimer bo‘lib, uning parchalanishi masalan, 99% gidrolizlangan PVA ning cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasi 67-110 ga teng. MPa va faqat gidroliz darajasini 10% ga kamaytirish hisobiga mustahkamlik chegarasi 24-79 MPa gacha pasaytiriladi [4-6]. Shuningdek, Shalaby., et al. (1991) suvda eruvchanligi gidroliz darajasi 30 mol% dan past bo‘lganda yomonlashadi [7-8]. Boshqa mexanik xossalarga ta’sir qiluvchi muhim jihat polimerning molekulyar og‘irligidir. PVA bo‘lishi mumkin molekulyar massasi 30 000-200 000 g/mol oralig‘ida bo‘lgan radikal polimer uchun past molekulyar og‘irlikdir. Bu quyidagicha izohlanadi: gidroliz tufayli zanjirning uzilishi juda keng tarqalganligi

NATIJA VA MUHOKAMA.

GOST standarti bo‘yicha shartli qovushqoqligini aniqlash 8420-2022 yy. Ushbu standart xalqaro standartga mos keladi Qovushqoqlikni aniqlash**.** Ishni avvalo polivenilspirtni 80 ℃ eritib olindi. Eritilgan polivenilspirtni 0,75 0,25 0,5 1%li konsentratsiya tayyorlandi, qovushqoq va oquvchanligini aniqlash uchun Ubbelohde kapillyar viskozimetridan foydalaniladi. Qovushqoqlikni aniqlash uchun avvalo suvning oqish tezligi ko‘rildi. Sinov uchun olingan suyuqlikning eng suyultirilgan eritmasidan boshlab o‘lchanadi.Viskozimetrning o‘ng yonidan15 ml N1535 (0,54m) tekshiriluvchi solinadi. Kauchukli noksimon rezina balonchani viskozimetr naychasining tepasiga o‘rnatiladi va shu baloncha yordamida suyuqlik viskozimetr naychasiga tortiladiki, uning chap tomonidagi naychasining yuqoridagi maxsus chiziqli belgidan bir oz yuqoriroq qismigacha chiqariladi. Keyin esa suyuqlik viskozimetrning maxsus kengaygan joyidan kapillyar nay orqali oqib chiqishiga ruxsat beriladi va suyuqlikning yuqoridan pastki belgigacha o‘tish vaqti sekundomer bilan o‘lchanadi. Tajribani boshlashdan oldin erituvchining suvning qovushqoqligini aniqlash kerak. Eritmalarning eng suyultirilgan eritmasidan boshlab, oqib o‘tish vaqtini o‘lchash kerak. Eritmaning qovushqoqligini aniqlashda quyidagi qovushqoqlik qiymatlari qo‘llaniladi: 1) nisbiy qovushqoqlik, 2) o‘ziga xos qovushqoqlik, 3) kamaytirilgan qovushqoqlik, 4) ichki Polimer eritmasining xarakteristik qovushqoqligini Ubellode U-simon naychali viskozimetri yordamida o‘lchandi. Polimerni erituvchida eritib eritmalar

ISSN 3030-3907

tayyorlandi va polimer eritmasi va sof erituvchining oqim vaqtlari mos ravishda t va t_0 ni tashkil etdi. Solishtirma qovushqoqlik (η_{ud}) quyidagicha hisoblangan:

$$\eta_{re} = \frac{t}{t_0} \qquad (1)$$

η_{re} = nisbiy qovushqoqlik

$$\eta_{sp} = \eta_{re} - 1 \qquad 2)$$

η_{sp} = solishtirma qovushqoqlik

Standartlashtirilgan samaradorlik:

$$\eta_{пп} = \eta_{уд}/c \qquad (3)$$

Logarifmik o‘zgarish:

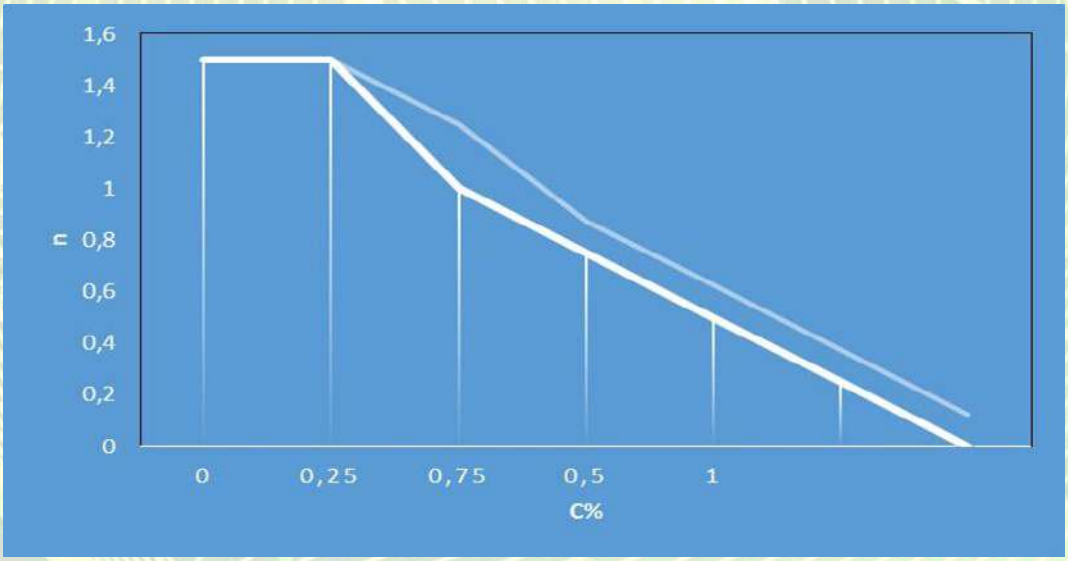
$$\eta_{лог} = \eta_{отн}/c \qquad (4)$$

1-Jadval

1-Polivenilspirtning 15°C haroratda oqish tezligi1-jadval

№	Eritmaning konsentratsiyasi%	Eritmaning vaqtning ketishi.сек, τ	$\eta_{отн} = \tau_1/\tau_0$	$\eta_{уд} = \tau_1/\tau_0 - 1$	$\eta_{пп} = \eta_{уд}/c = (\eta_{отн}/c)$	$\eta_{хв}$
1	0	1.56	-	-	-	-
2	0,125	2.06	1.32	0.32	2.56	1,5
3	0,25	2.11	1.35	0.35	1.4	
4	0.5	2.13	1.36	0.36	0.7	
5	0.1	2.18	1.39	0.39	0.39	

Eritmaning o‘rtacha oqish vaqti; ηnis - nisbiy qovushqoqlik; ηud - solishtirma qovushoqlik; ηpr - keltirilgan qovushoqlik; ηlog - logarifmik qovushoqlik; η -xarakteristik qovushoqlik



1-rasm polivenilspirtning dinamik qovushqoqlik ko‘rsatgichi 15°C haroratda

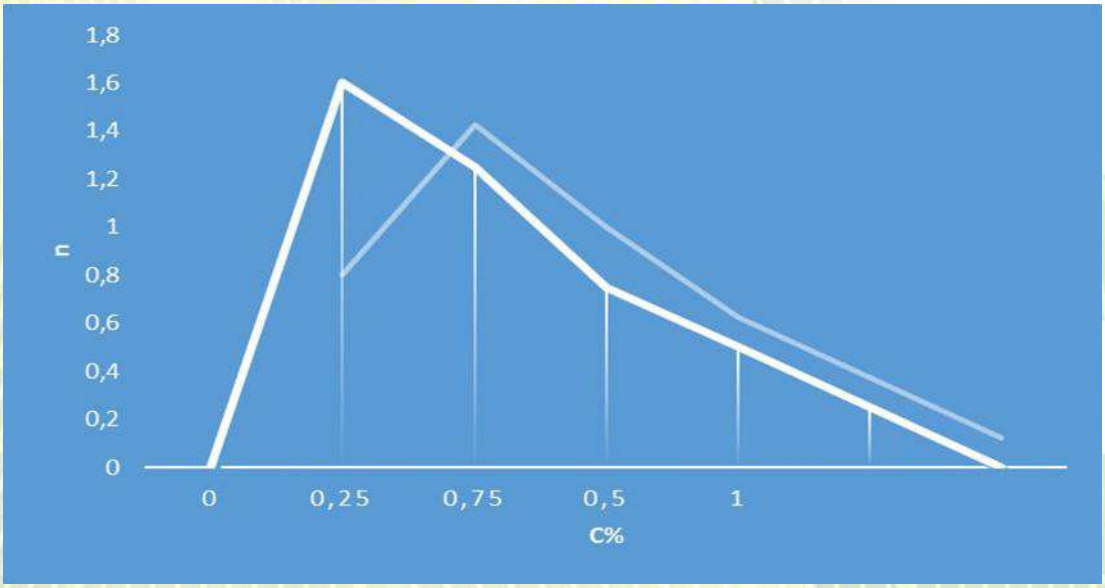
ISSN 3030-3907

2-Jadval

2-Polivenilspirtning qovushqoqlik 8°C haoratda oqish tezligi 2-jadval

№	Eritmaning konsentratsiyasi%	Eritmaning vaqtning ketishi.сек, τ	$\eta_{отн}=\tau_1/\tau_0$	$\eta_{уд}=\tau_1/\tau_0-1$	$\eta_{пп}=\eta_{уд}/c=(\eta_{отн}/c)$	$\eta_{хв}$
1	0	1.50	-	-	-	-
2	0,125	2.12	1.41	0.41	3,28	1,7
3	0,25	2.20	1.46	0.46	1,84	
4	0.5	2.33	1.55	0.55	1,1	
5	0.1	2.45	1.63	0.63	6	

Eritmaning o‘rtacha oqish vaqti; ηnis - nisbiy qovushqoqlik; ηud - solishtirma qovushoqlik; ηpr - keltirilgan qovushoqlik; ηlog - logarifmik qovushoqlik; η -xarakteristik qovushoqli



2-rasm polivenilspirtning dinamik qovushqoqlik ko‘rsatgichi 8°C haoratda oqish tezligi

3-Jadval

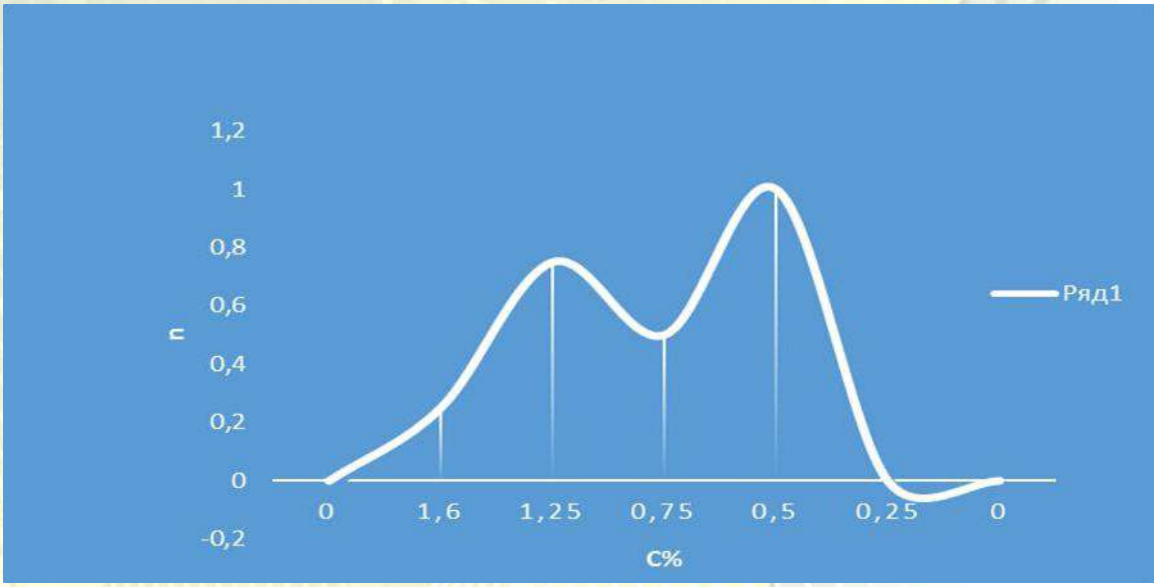
3-Polivenilspirtning qovushqoqlik 26°C haroratda oqish tezligi 3-jadval

№	Eritmaning konsentratsiyasi%	Eritmaning vaqtning ketishi.сек, τ	$\eta_{отн}=\tau_1/\tau_0$	$\eta_{уд}=\tau_1/\tau_0-1$	$\eta_{пп}=\eta_{уд}/c=(\eta_{отн}/c)$	$\eta_{хв}$
1	0	1.55	-	-	-	-
2	0,125	1.58	1,01	0.01	0,08	0,9
3	0,25	2.03	1.30	0.3	1.2	
4	0.5	2.08	1.34	0.34	0.68	

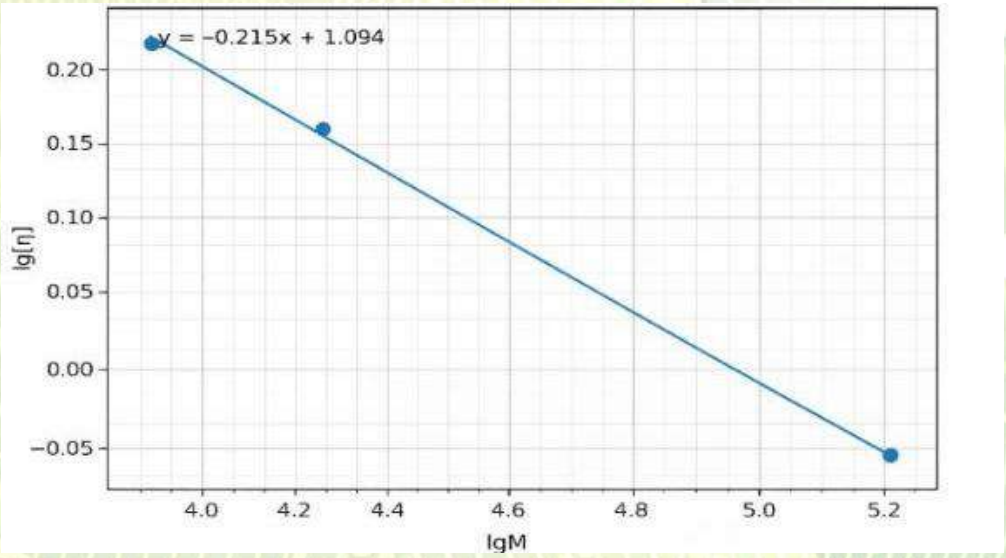
ISSN 3030-3907

5	0.1	2.15	1.38	0.38	0.38	

Eritmaning o‘rtacha oqish vaqti; ηnis - nisbiy qovushqoqlik; ηud - solishtirma qovushoqlik; ηpr - keltirilgan qovushoqlik; ηlog - logarifmik qovushoqlik; η -xarakteristik qovushoqli



3-rasm polivenilspirtning dinamik qovushqoqlik 26°C haroratda oqish tezligi



4-rasm polivenilspirtning umumiy qovushqoqligi asosida molekular masasini lg η= 1 .15°Cη=1,5; 2 – 8°Cη=1,6; 3 – 26°C η=0,9 lg M=1. 1000 2.20000 3.200000 .[η]=K*Mᵃ K=10^{1.094}=12.4 a =0,215

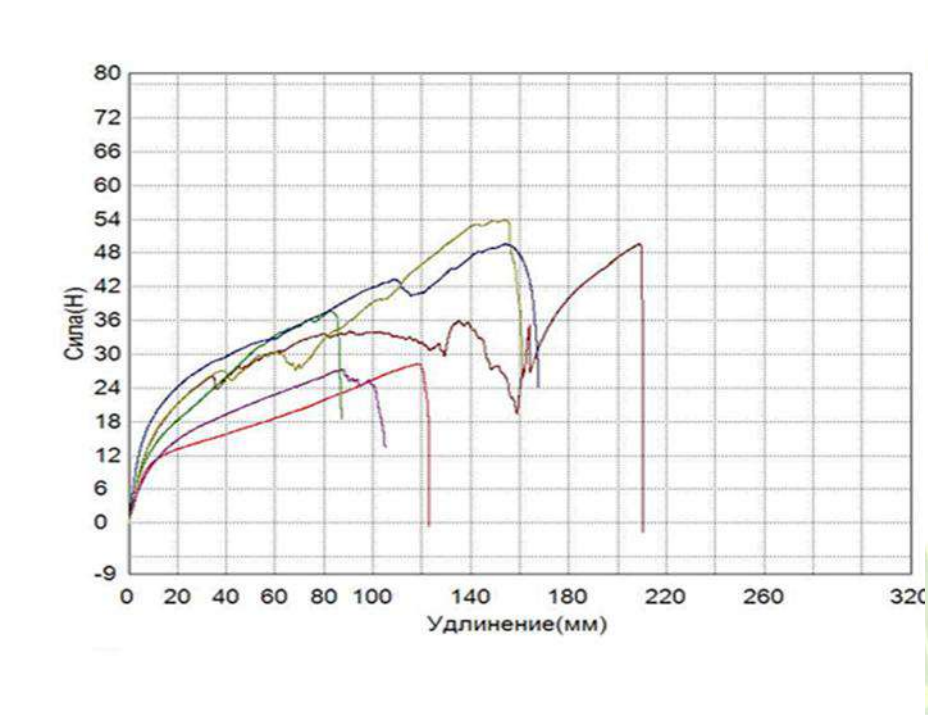
Namunalarni deformatsiya qilish rejimida uzilish va cho‘zilishga bo‘lgan sinovlari o‘tkazildi. Sinovlarni o‘tkazish xona haroratida olib borildi (20-25 ºC). Namunalarni o‘lchashdagi deformatsiya tezligi 100 mm/min, dastlabki yuklanish kuchining tezligi 1 mm/s ni tashkil etgan.

Elastiklik moduli odatda kuchlanishga bog‘liq bo‘lib, kuchlanishning deformasiyaga bog‘liqlik hosilasidir. Bunda belgilangan deformatsiyada namunada amalga oshirilgan kuchlanishning ushbu deformatsiyaga nisbati sifatida

ISSN 3030-3907

olindi. Sinov ishlari uch marotaba takrorlanib, ularning o‘rtacha qiymati natija sifatida olindi.

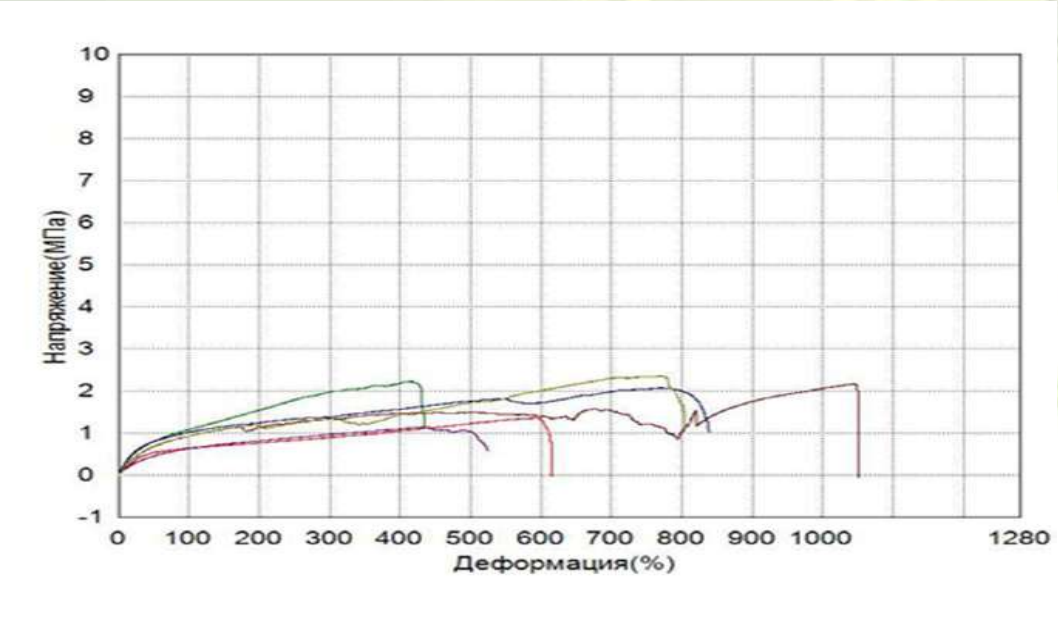
Uzilishdagi mustahkamlik (σ_p) – namunaning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha kuchlanishning maydoniga nisbati sifatida aniqlandi (GOST 11262-80). Bunda ham yuqorida keltirilgandek, sinov ishlari uch marotaba takrorlanib, ularning o‘rtacha qiymati natija sifatida olindi.Mexanik xususiyatlarni to‘liq ko‘rsatish uchun:



5-rasmda ko‘rsatilgan.chap tomonda vertikal joylshgan N kuch tasir ko‘rsatgi qiymat berilgan.

Vertikal xolatda cho‘zilish mm ko‘rsatgichi ko‘rsatilgan. 1namuna pvs5%li qoplama yashil egri chiziq N 37 kuch tasirida 83mm chozilish ro‘y bergan.2-namuna ko‘k rangdagi egri chiziq 49, N kuch tasirida 153,8 mm chozilish bo‘lgan. 3-namuna och yashil rangdagi egri chiziq 53,8 N kuch tasirida 154,3mm cho‘zilgan.

ISSN 3030-3907



6-rasm kuchlanish tasirida shaklini o‘zgarishi % ko‘rsatgichi 1namuna yashil egri chiziq 2,53 MPa tasirida 429,5% uzunligini shakli o‘zgarishi berilgan.2-namunada och yashil chiziqli egri chiziq 834,4% shaklini cho‘zilishi 3-namuna kokrangdagi egri chiziq 1,84MPa tasirida 779,4% cho‘zilish xolat bo‘lgan.

4-jadval

Elastiklik modelining mexanik ko‘rsatgichi.

To‘liq Mehanik ko‘rsatgichi						
Modda nomi	**Qattiqlik moduli (MPa)**	**Maksimal kuch (N)**	**Maksimal cho‘zilish (mm)**	**Maksimal deformatsiya (%)**	**Sinishga olib kelgan kuch N**	**Sinish paytidagi cho‘zilish mm**
Pvs -5%	2,53	37,6	83,3	429,5	35,1	85,9
Pvs- 6%	2,85	49,5	153,8	834,4	24,6	167,8
Pvs-4%	1,84	53,8	154,3	779,4	52,7	155,8
umumiysi	2,40	41,0	134,3	742,9	35,4	148,4

ISSN 3030-3907



7-rasm- Elastiklik moduli tahlil Toshkemt kimyo texnalogiya ilmiy tadqiqot instituda polivenilspirtli qoplamaning tajriba jarayonidan lavxa rasmlar

Tahlil natijarga ko‘ra 3-xil foizli qoplamaning cho‘zlishga mustahkamligini pvs 6%-li qoplamada ko‘rish mumkin . 167 mm 2,85PMa bosim bilan 49,5 n kuch tasirida cho‘zilish bo‘ldi, polivenilspirt 6%birikgan oralig‘ida o mexanik xususiyati o‘rganildi. birikish foizi ortishi bilan Yung modulining ortishi, mexanik kuchlanishning ortishi va nisbiy uzayishining uzayishi aniqlandi. 0,4% karbamid pvs birikgan qoplama natijalari, yung moduli 1,84 MPa mexanik kuchlanish nisbiy uzayishi 779,4% bo‘lgan. 5%pvs va karbamid hamda glitserin birikgan qoplamada esa yung moduli 2,53 MPa nisbiy uzayishi 429,5% bo‘lganPolivenilspirt birikgan karbamid va glitserin asosida hosil qilingan kompozitlar fizik-mexanik xususiyati polivenilspirt miqdoriga qarab o‘zgarishi o‘rganildi. Polivenilspirt konsentratsiyasining ortishi kompozitda o‘rtasida farq bilan mexanik o‘zgarishlarga olib keldi. Jadvalda ko‘rinib turibdiki nisbiy uzayish 5%pva 85,9 mm gacha cho‘zilgan.6%pva 167,8 mm gacha cho‘zilgan 45pva 155,8 mm gacha chozilgan.

Xulosa

PVA bo‘yicha qovushqoqlik va elastiklik modeli tahlil baholash o‘tkazildi.Uning xususiyatlari va qo‘llanilishini batafsil kiritilgan. PVA ko‘plab usullar bilan sintez qilinishi mumkin -OH guruhlari afzalligidan foydalanib modifikatsiyalanadi. PVA shoulari polimer eritmasining tipik eritma xossalari. PVA - bu tibbiyot va boshqa sohalarda qo‘llaniladigan sun’iy polimer oxirgi 30 yil. Bu polimer asosida keng o‘rganilgan. klinik va klinik bo‘lmagan tadqiqotlar. Atrof-muhit bilan bog‘liq muammolar plastik chiqindilarni utilizatsiya qilish ko‘paydi va e’tibor o‘zgardi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Saxena SJPA., 61st JECFA: FAO. Chemical and Technical Assessment. (2024).
2. Goodship V and Jacobs D. “Polyvinyl alcohol: materials, processing and applications, (Smithers Rapra Technology, 2019)”.
3. Qiu K., et al. “A composting study of membrane-like polyvinyl alcohol based resins and nanocomposites”. Journal of Polymers and the Environment 21 (2019): 658-674.
4. Qiu K., et al. “Fabrication and characterization of biodegradable composites based on microfibrillated cellulose and polyvinyl alcohol”. Composites Science and Technology 72 (2018): 1588-1594.
5. Qiu K and Netravali ANJPC. “Halloysite nanotube reinforced biodegradable nanocomposites using noncrosslinked and malonic acid crosslinked polyvinyl alcohol”. Polymer composites 34 (2017): 799-809.
6. Cho D., et al. “Mechanical properties and biodegradability of electrospun soy protein Isolate/PVA hybrid nanofibers”. Polymer Degradation and Stability 97 (2015): 747-754.
8. Luo S., et al. “A study of physical and mechanical properties of poly (hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) during composting”. Polymer Degradation and Stability 80 (2009): 59-66.
9. Chiellin E., et al. “Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based

ISSN 3030-3907

PNEVMOMEXANIK YIGIRISH JARAYONINING NAZARIY ASOSLARI VA FIZIK-MEXANIK QONUNIYATLARI

Nurboyev Rashit Xudoyberdiyevich
Buxoro davlat texnika universiteti t.f.d., prof.
Salimov Shuhrat Halimovich
Buxoro davlat texnika universiteti t.f.f.d., dotsent.
Nazarov Ramazon Anvar o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti o‘qituvchi-stajyor

Annotatsiya. Mazkur maqolada pnevmomexanik yigirish jarayonining nazariy asoslari va fizik-mexanik qonuniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Pnevmo-mexanik yigirish tizimlarida tolalarning harakati, joylashishi va ip hosil bo‘lishi aerodinamik kuchlar, inertsiya ta’siri hamda buram hosil bo‘lish mexanizmi bilan belgilanadi. Maqolada havo oqimining tezlik maydoni, bosim taqsimoti va turbulent kinetik energiya tolalar joylashuviga qanday ta’sir ko‘rsatishi matematik modellar asosida o‘rganildi. Bundan tashqari, tolalar harakati Lagrange usuli asosida modellashtirilib, aerodinamik tortish kuchi va inertsiya ta’siri hisobga olindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yigirish zonasidagi turbulensiya intensivligi va bosim pulsatsiyasi tolalar joylashuvining barqarorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Aerodinamik parametrlarni optimallashtirish orqali ip notekisligini kamaytirish, mustahkamlikni oshirish va tuklilik darajasini pasaytirish mumkinligi aniqlandi. Olingan natijalar pnevmo-mexanik yigirish jarayonini nazariy jihatdan chuqurroq tushunish hamda ishlab chiqarishda yuqori sifatli ip olish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Pnevmomexanik yigirish; aerodinamik jarayonlar; ip notekisligi; tola dinamikasi; rotor yigirish; turbulensiya; massa oqimi; optimallashtirish.

Аннотация. В данной статье научно проанализированы теоретические основы и физико-механические закономерности процесса пневмомеханического прядения. В системах пневмомеханического прядения движение, расположение волокон и процесс формирования пряжи определяются аэродинамическими силами, действием инерции и механизмом образования крутки. В статье на основе математических моделей исследовано влияние поля скоростей воздушного потока, распределения давления и турбулентной кинетической энергии на траекторию волокон. Кроме того, движение волокон моделировалось на основе метода Лагранжа с учетом аэродинамической силы сопротивления и инерционного воздействия. Результаты исследования показали, что интенсивность турбулентности и пульсации давления в зоне прядения существенно влияют на устойчивость траектории волокон. Установлено, что

ISSN 3030-3907

оптимизация аэродинамических параметров позволяет снизить неровноту пряжи, повысить ее прочность и уменьшить уровень волосистости. Полученные результаты служат важной научной основой для более глубокого теоретического понимания процесса пневмомеханического прядения и получения высококачественной пряжи в производственных условиях.

Ключевые слова: Пневмомеханическое прядение; аэродинамические процессы; неровнота пряжи; динамика волокон; роторное прядение; турбулентность; массовый поток; оптимизация.

Abstract. This article scientifically analyzes the theoretical foundations and physical-mechanical regularities of the pneumomechanical spinning process. In pneumomechanical spinning systems, fiber motion, arrangement, and yarn formation are determined by aerodynamic forces, inertia effects, and the twist formation mechanism. The study investigates, on the basis of mathematical models, how the velocity field of the airflow, pressure distribution, and turbulent kinetic energy affect fiber trajectories. In addition, fiber motion was modeled using the Lagrangian approach, taking into account aerodynamic drag force and inertia effects. The research results showed that turbulence intensity and pressure pulsation in the spinning zone significantly influence the stability of fiber trajectories. It was determined that by optimizing aerodynamic parameters, it is possible to reduce yarn unevenness, increase strength, and decrease hairiness. The obtained results provide an important scientific basis for a deeper theoretical understanding of the pneumomechanical spinning process and for producing high-quality yarn in industrial practice.

Keywords: Pneumomechanical spinning; aerodynamic processes; yarn unevenness; fiber dynamics; rotor spinning; turbulence; mass flow; optimization.

KIRISH.

To‘qimachilik sanoati dunyo iqtisodiyotining strategik tarmoqlaridan biri hisoblanib, uning rivojlanish darajasi ko‘p jihatdan ip va mato ishlab chiqarish texnologiyalarining takomillashganlik darajasi bilan belgilanadi. Ayniqsa, tabiiy va kimyoviy tolalardan yuqori sifatli, bir tekis, mustahkam va texnologik jihatdan barqaror ip olish masalasi bugungi kunda nafaqat amaliy, balki chuqur ilmiy ahamiyat kasb etmoqda. Chunki zamonaviy to‘qimachilik mahsulotlariga qo‘yilayotgan talablar ortib borishi, ishlab chiqarish unumdorligini oshirish zarurati, energiya va xomashyo tejamkor texnologiyalarni joriy qilish ehtiyoji ip yigirish jarayonlarini tubdan qayta ko‘rib chiqishni taqozo etadi.

An’anaviy halqali yigirish usuli uzoq yillar davomida ip ishlab chiqarishning asosiy texnologiyasi sifatida qo‘llanilib kelgan bo‘lsa-da, mazkur usulning ishlab

ISSN 3030-3907

chiqarish tezligi, energiya sarfi, texnologik bosqichlar soni va xizmat ko‘rsatish xarajatlari bo‘yicha ma’lum cheklanishlari mavjud. Shu sababli sanoatda yuqori unumdorlikni ta’minlaydigan, konstruktsiyasi nisbatan sodda, avtomatlashtirish imkoniyati yuqori bo‘lgan muqobil yigirish usullariga ehtiyoj kuchaydi. Ana shunday texnologiyalardan biri pnevmomexanik yigirish bo‘lib, u qisqa tolalarni aerodinamik va mexanik ta’sirlar orqali ipga aylantirishning samarali usuli sifatida shakllandi.

Pnevmomexanik yigirish jarayoni, asosan, rotorli yigirish tizimlari misolida keng o‘rganilgan bo‘lib, unda tolalar avval ochuvchi organlar yordamida ajratiladi, so‘ng havo oqimi ta’sirida yigirish zonasiga yo‘naltiriladi va aylanuvchi rotor kamerada ip strukturasiga birlashtiriladi. Ushbu texnologiyaning mohiyati shundaki, unda tolalarning harakati, joylashishi, yig‘ilishi va buram hosil qilishi havo oqimi, markazdan qochma kuch, ishqalanish kuchlari, inertsiya hodisalari hamda kontakt ta’sirlarining murakkab o‘zaro uyg‘unligi natijasida sodir bo‘ladi. Demak, pnevmomexanik yigirishni oddiy texnologik operatsiyalar yig‘indisi sifatida emas, balki ko‘p omilli fizik-mexanik jarayon sifatida qarash zarur.

Mazkur jarayonning ilmiy jihatdan murakkabligi shundaki, unda bir vaqtning o‘zida bir necha muhim hodisalar ro‘y beradi: birinchidan, tolalarning diskret holatda aerodinamik oqimda ko‘chishi; ikkinchidan, yigirish kamerasida turbulensiyali oqim maydonining shakllanishi; uchinchidan, tolalarning ma’lum yo‘nalishda joylashishi; to‘rtinchidan, tolalarning rotor devori bo‘ylab yig‘ilishi va ip yadrosi bilan bog‘lanishi; beshinchidan esa, hosil bo‘layotgan ipning mexanik xossalari shakllanishi. Ushbu hodisalarning har biri mustaqil ravishda murakkab bo‘lsa-da, amalda ular bir-biri bilan uzviy bog‘langan bo‘lib, jarayonning yakuniy natijasi — ip sifati — aynan shu omillarning muvozanatiga bog‘liq bo‘ladi.

Pnevmomexanik yigirish jarayonida ip sifat ko‘rsatkichlari, jumladan notekislik, mustahkamlik, tuklilik, uzilish cho‘zilishi va strukturaviy zichlik kabi parametrlar tolalarning yigirish zonasida qanday harakat qilishi va qanday joylashishi bilan belgilanadi. Agar tolalar havo oqimida tartibsiz harakat qilsa, rotor kamerada notekis yig‘ilsa yoki ip o‘qiga nisbatan yetarli darajada joylashmasa, tayyor ipning sifat ko‘rsatkichlari pasayadi. Aksincha, aerodinamik rejimning barqarorligi, tolalarning boshqariladigan trayektoriyasi va optimal buram hosil bo‘lishi yuqori sifatli ip olish uchun zarur shart hisoblanadi.

Shu jihatdan pnevmomexanik yigirish jarayonining nazariy asoslarini ishlab chiqish, uning fizik-mexanik qonuniyatlarini aniqlash hamda asosiy texnologik parametrlar bilan ip sifat ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni ilmiy asoslash muhim vazifa hisoblanadi. Bu, bir tomondan, mavjud mashinalarning konstruktsiyasini takomillashtirishga, ikkinchi tomondan, yigirish rejimlarini

ISSN 3030-3907

optimallashtirishga, uchinchi tomondan esa, yangi avlod yuqori unumdor va sifatli yigirish uskunalarini yaratishga xizmat qiladi.

So‘nggi yillarda pnevmomexanik yigirish jarayonlarini o‘rganishda matematik modellashtirish, hisoblash gidrodinamikasi, statistik tahlil, ko‘p omilli eksperimental sinov usullaridan keng foydalanilmoqda. Ayniqsa, rotor kameradagi havo oqimi maydonini modellashtirish, turbulensiya intensivligini baholash, tolalar joylashuvini tahlil qilish hamda ularning ip strukturasiga qo‘shilish mexanizmini aniqlash bo‘yicha olib borilayotgan tadqiqotlar mazkur sohaning rivojlanishida muhim ahamiyatga ega. Biroq mavjud ilmiy ishlarda ko‘pincha jarayonning ayrim jihatlari alohida o‘rganilgan bo‘lib, pnevmomexanik yigirishning nazariy asoslari va fizik-mexanik qonuniyatlarini kompleks yondashuvda tahlil qilish zarurati saqlanib qolmoqda.

Maqolaning dolzarbligi ham aynan shundan iboratki, unda pnevmomexanik yigirish jarayoni tolalarning aerodinamik transporti, joylashuvi, rotor zonasida yig‘ilishi, buram hosil bo‘lishi va ipning fizik-mexanik xossalari shakllanishi nuqtayi nazaridan yagona ilmiy tizim sifatida qaraladi. Ushbu yondashuv jarayonni chuqurroq tushunish, texnologik parametrlarning o‘zaro ta’sirini aniqlash va ip sifatini oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi pnevmomexanik yigirish jarayonining nazariy asoslarini va fizik-mexanik qonuniyatlarini ilmiy jihatdan tahlil qilish, asosiy texnologik omillarning tolalar harakati va ip hosil bo‘lish mexanizmiga ta’sirini aniqlash hamda yuqori sifatli ip ishlab chiqarish uchun zarur ilmiy xulosalarni shakllantirishdan iborat. Shu maqsadga muvofiq ravishda maqolada pnevmomexanik yigirish jarayonining mohiyati, aerodinamik va mexanik omillar roli, tolalar dinamikasi, buram hosil bo‘lish mexanizmi hamda ip sifat ko‘rsatkichlarini shakllantiruvchi asosiy qonuniyatlar izchil ravishda yoritiladi.

Natijada ushbu tadqiqot nafaqat pnevmomexanik yigirish jarayonini nazariy jihatdan chuqurroq ochib berishga, balki amaliy jihatdan yigirish mashinalarining konstruktsiyasini takomillashtirish, energiya sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va eng muhimi, yuqori sifatli ip olishga xizmat qiluvchi ilmiy asoslarni shakllantirishga yo‘naltirilgan.

Pnevmo-mexanik yigirish jarayonida tolalar havo oqimi yordamida transport qilinadi va yigirish zonasida buram hosil bo‘lishi natijasida ip shakllanadi. Ushbu jarayon bir nechta fizik jarayonlarning o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga keladi.

-aerodinamik oqim dinamikasi
-tolalar harakati va joylashishi
-buram hosil bo‘lish mexanizmi
-massa oqimining barqarorligi

ISSN 3030-3907

Yigirish jarayonining samaradorligi va ip sifati yigirish kamerasidagi aerodinamik maydon xususiyatlariga bevosita bog‘liqdir. Agar havo oqimi barqaror bo‘lmasa, tolalar trayektoriyasi tartibsiz bo‘ladi va ip notekisligi ortadi.

Pnevmomexanik yigirish jarayoni qisqa tolalarni aerodinamik va mexanik ta’sirlar yordamida uzluksiz ipga aylantirishga asoslangan murakkab ko‘p omilli tizimdir. Ushbu jarayon rotorli yigirish mashinalarida amalga oshirilib, unda tolalar ochiladi, havo oqimi yordamida transport qilinadi va rotor kamerasida ipga aylantiriladi. Jarayonning nazariy asoslari suyuqliklar mexanikasi, aerodinamika, zarrachalar dinamikasi va elastik tolalar mexanikasi qonunlariga tayanadi.

Pnevmomexanik yigirish tizimida ip hosil bo‘lishi quyidagi bosqichlarda amalga oshadi:

1. Tolalarning harakati
2. Tolalarning yigirish zonasiga kirishi
3. Tolalarning joylashishi
4. Buram hosil bo‘lishi
5. Ip hosil bo‘lishi

Ushbu jarayon aerodinamik va mexanik kuchlar ta’siri ostida sodir bo‘ladi.

Aerodinamik jarayonlarning matematik modeli

Yigirish zonasidagi havo oqimi Navye–Stoks tenglamalari orqali tavsiflanadi.

$$\mathrm{P}\left(\frac{\partial U}{\partial t} + (\mathrm{U}\cdot\nabla)\mathrm{U}\right) = -\nabla \mathrm{P} + \mu\nabla^2\mathrm{U}$$

bu yerda

ρ – havo zichligi

U – tezlik vektori

P – bosim

μ – yopishqoqlik koeffitsienti

Oqimning uzluksizligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$\nabla\cdot\mathrm{U}=0$$

Turbulent oqim modeli

Pnevmomexanik yigirish mashinalarida havo oqimi odatda turbulent rejimda bo‘ladi. Turbulent kinetik energiya quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$\mathrm{k} = \frac{1}{2}\left(u'^2 + u'^2 + w'^2\right)$$

Turbulent energiya tolalarning harakat trayektoriyasiga ta’sir qiladi.

Tola dinamikasi

Tolalarning harakati aerodinamik tortish kuchi ta’sirida sodir bo‘ladi.

$$F_d = \frac{1}{2}\mathrm{p}C_d\,\mathrm{A}(\,\mathrm{U}-\mathrm{V}\,)^2$$

bu yerda

C_d– aerodinamik qarshilik koeffitsienti

ISSN 3030-3907

A – tola yuzasi
U – havo tezligi
V – tola tezligi
Tolalar trayektoriyasi spinning kamerasidagi oqim tuzilishiga bog‘liq.
Ip hosil bo‘lish mexanizmi

Buram hosil bo‘lish mexanizmi tolalarning spiral shaklda joylashishi orqali amalga oshadi.
Buram koeffitsienti:

$$T=\frac{n}{v}$$

bu yerda
n – rotor aylanish tezligi
V – ip chiqarish tezligi
Buram darajasi ip mustahkamligini belgilovchi muhim omil hisoblanadi.
Aerodinamik parametrlarning ip sifatiga ta’siri

1-Jadval

Parametr	**Ta’siri**
Havo bosimi	Tolalarning transport tezligini oshiradi
Rotor tezligi	Buram darajasini oshiradi
Turbulensiya	Ip notekisligini oshiradi
Delivery tezligi (Delivery — bu ip yigirish mashinasida hosil bo‘lgan ipning mashinadan tashqariga chiqarilishi yoki uzatilishi jarayoni)	Ip mustahkamligiga ta’sir qiladi

Asosiy parametrlarning ip sifatiga ta’siri

Umumiy xulosa

Pnevmomexanik yigirish jarayoni murakkab aerodinamik va mexanik jarayonlarning o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga keladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yigirish zonasidagi havo oqimi parametrlari tolalar trayektoriyasi va ip hosil bo‘lish mexanizmini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi. Aerodinamik modellashtirish yordamida jarayonning fizik qonuniyatlarini aniqlash va optimallashtirish mumkin. Natijada ip notekisligini kamaytirish, mustahkamligini oshirish va ishlab chiqarish samaradorligini yaxshilash imkoniyati mavjud.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. G‘ofurov J.Q., Jumaniyazov Q.J., G‘ofurov J. “Pnevmomexanik yigirish kamerasi diametrining ip strukturasi va xossalariga ta’siri”,To‘qimachilik muammolari. -Toshkent, 2006 y., №3., 50 b.

ISSN 3030-3907

2. J.Q.Yuldashev “Pnevmomexanik yigiruv jarayonida raqobatbardosh ip olish uchun takomillashtirilgan samarali texnologiyani ishlab chiqish” dissertasiya Namangan-2023.
3. . Q.G‘. G‘ofurov, S.L.Matismoilov, M.Sh.Xoliyarov. “Yigiruv korxonalari jixozlari”. Darslik. T.: Shark 2007 y -171 bet.
4. G‘ofurov Q.G‘., Matismailov S.L. “Xorijiy firmalarning yigirish texnologiyasi va jihozlari”. Toshkent, 2002
5. Jumaniyazov Q.J., G‘ofurov J. “Pnevmomexanik yigirish kamerasi diametrining ip strukturasi va xossalariga ta’siri”, To‘qimachilik muammolari. Toshkent
6. Zhang L. CFD modeling of pneumatic spinning systems. Applied Mathematical Modelling, 2019.
7. Hearle J. Mechanics of Fibrous Structures. Textile Institute, 2000.
8. Rieter Technical Documentation. Rotor spinning systems. 2022.
9. Wu J. Turbulence analysis in pneumatic spinning chambers. Journal of Industrial Textiles, 2021.
10. Guo Z. Fiber dynamics in airflow field. Physics of Fluids, 2020.

ISSN 3030-3907

KUMUSH IONLARINI ANIQLASHDA RPF-1 ASOSIDAGI SORBENT TIZIMLARDA KOMPLEKS HOSIL BO‘LISH MEXANIZMI VA ANALITIK XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH.

Tojiboyeva F.M.
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: tojiboyevaferuza030@gmail.com
Smanova Z.A.
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
Madatov U.A.
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
Nishonboyeva F.F.
Toshkent farmatsevtika instituti, Toshkent, O‘zbekiston
Muhammadiyeva D.A.
Toshkent farmatsevtika instituti, Toshkent, O‘zbekiston
Zokirova N.T
Toshkent farmatsevtika instituti, Toshkent, O‘zbekiston
Gafurova D. A.
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
Orziqulov. B.
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
Aliyeva T. I
Boku Davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishda PPF-1 polimer tolasi yuzasiga immobilizatsiya qilingan H-resorsinol organik reagenti asosida kumush(I) ionlarini aniqlashning samarali sorbsion-spektrofotometrik usuli ishlab chiqildi. Tadqiqot davomida modifikatsiyalangan tolada Ag^+ ionlari bilan kompleks hosil bo‘lish mexanizmi chuqur o‘rganilib, u UV–Vis hamda tebranish (IQ) spektroskopiya usullari yordamida tahlil qilindi. Olingan natijalar H-resorsinol molekulasining funksional guruhlari — xususan, fenol gidroksil va azo guruhlaridagi donor atomlar ishtirokida kumush ionlari bilan koordinatsion bog‘lanish yuzaga kelishini ko‘rsatdi. Spektral tahlillar natijasida yutilish maksimumlarining batoxrom siljishi hamda yangi yutilish cho‘qqilarining paydo bo‘lishi kuzatilib, bu holat barqaror kompleks birikma hosil bo‘lganligini isbotlaydi.

ISSN 3030-3907

Taklif etilgan sorbsion-spektrofotometrik usul yuqori sezgirlik, yaxshi qayta takrorlanuvchanlik va yuqori selektivlikka ega bo‘lib, kumush(I) ionlarini juda past konsentratsiyalarda aniqlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: kumush ionlari; sorbtsion spektrofotometriya; PPF-1 tolasi; H-Resorcinol; komplekslanish.

Abstract. In this study, an efficient sorption–spectrophotometric method for the determination of silver(I) ions was developed based on H-resorcinol organic reagent immobilized on the surface of PPF-1 polymer fiber. During the investigation, the mechanism of complex formation between Ag^+ ions and the modified fiber was comprehensively studied and analyzed using UV–Vis and vibrational (IR) spectroscopy techniques. The obtained results demonstrated that coordination bonding between silver ions and H-resorcinol occurs through the functional groups of the reagent, particularly via donor atoms of phenolic hydroxyl and azo groups. Spectral analysis revealed bathochromic shifts of absorption maxima as well as the of new absorption bands, which confirms the formation of a stable complex compound. The proposed sorption–spectrophotometric method is characterized by high sensitivity, good reproducibility, and excellent selectivity, enabling the determination of silver(I) ions at very low concentrations.

Keywords: silver ions; sorption spectrophotometry; PPF-1 fiber; H-Resorcinol; complexation

Аннотация. В данной работе разработан эффективный сорбционно-спектрофотометрический метод определения ионов серебра(I) на основе органического реагента H-резорцинола, иммобилизованного на поверхности полимерного волокна PPF-1. В ходе исследования механизм образования комплекса между ионами Ag^+ и модифицированным волокном был детально изучен и проанализирован с использованием методов УФ–видимой и колебательной (ИК) спектроскопии. Полученные результаты показали, что координационное взаимодействие ионов серебра с H-резорцинолом осуществляется за счёт функциональных групп реагента, в частности донорных атомов фенольных гидроксильных и азогрупп. Спектральный анализ выявил батохромный сдвиг максимумов поглощения, а также появление новых полос поглощения, что подтверждает образование устойчивого комплексного соединения. Предложенный сорбционно-спектрофотометрический метод характеризуется высокой чувствительностью, хорошей воспроизводимостью и высокой селективностью, что позволяет определять ионы серебра(I) в очень низких концентрациях.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: ионы серебра; сорбционная спектрофотометрия; волокно PPF-1; H-резорцинол; комплексообразование

KIRISH.

Kumush ionlarini aniqlash masalasi analitik kimyoning dolzarb yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ekologiya, tibbiyot, farmatsevtika, oziq-ovqat xavfsizligi va sanoat jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi. Kumush va uning birikmalari yuqori biologik faollikka ega bo‘lib, ular antibakterial, antifungal va katalitik xususiyatlari tufayli keng qo‘llaniladi [1, 2, 3]. Shu bilan birga, kumush ionlarining ortiqcha miqdori tirik organizmlar va atrof-muhit uchun toksik ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi sababli ularni nazorat qilish va aniq miqdoriy aniqlash zarur hisoblangan [4, 5].

So‘nggi yillarda kumush ionlarini aniqlash uchun turli analitik usullar, jumladan atom-absorbtsion spektrometriya, mass-spektrometriya, elektroximik va kolorimetrik metodlar keng qo‘llanilmoqda [6, 7, 8]. Biroq ushbu usullar ko‘pincha murakkab apparatura, yuqori xarajat va namunani tayyorlashning ko‘p bosqichli jarayonlarini talab qiladi [9]. Shu sababli oddiy, arzon, tezkor va yuqori sezgir analitik usullarni ishlab chiqish dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolmoqda.

Sorbtsion spektrofotometrik usullar bu borada istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu usullar yuqori sezgirlik, oddiy bajarilish texnikasi va iqtisodiy samaradorlik bilan ajralib turadi [10, 11]. Bundan tashqari, immobilizatsiya qilingan organik reagentlardan foydalanish orqali selektivlikni oshirish va past konsentratsiyalarda aniqlash imkoniyati kengaygan [12, 13].

Polimer asosidagi sorbent tizimlar, xususan modifikatsiyalangan tolali materiallar metall ionlarini selektiv ajratish va kontsentratsiyalashda muhim rol o‘ynaydi [14]. Bunday tizimlarda funksional guruhlar orqali metall ionlari bilan koordinatsion bog‘lar hosil bo‘lib, barqaror komplekslar shakllanadi. PPF-1 turidagi polimer tolalar yuqori sirt maydoni, mexanik barqarorligi va funksional guruhlarga boyligi sababli og‘ir metall ionlarini yutishda istiqbolli materiallardan biri hisoblanadi.

Organik reagentlar orasida H-Resorcinol fenolik tuzilishga ega bo‘lib, metall ionlari bilan oson kompleks hosil qilish xususiyatiga ega [15]. Ayniqsa, kumush ionlariga nisbatan uning yuqori affiniteti sorbtsion-analitik tizimlarda samarali qo‘llash imkonini beradi. Shu bilan birga, zamonaviy tadqiqotlarda kumush ionlarini aniqlash uchun turli sensorlar, nanokompozitlar va kolorimetrik tizimlar ishlab chiqilayotgan bo‘lsa-da [16, 17], oddiy va arzon sorbent asosidagi tizimlar hali ham katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Shuningdek, so‘nggi ilmiy ishlarda kumush asosidagi nanomateriallar va kompozitlarning keng qo‘llanilishi, ularning ekologik va analitik imkoniyatlarini

ISSN 3030-3907

yanada kengaytirayotganini ko‘rish mumkin [18, 19, 20]. Biroq bunday tizimlar ko‘pincha murakkab sintez va barqarorlik muammolari bilan cheklanadi. Shu sababli immobilizatsiya qilingan organik reagentlarga asoslangan sorbent tizimlar muqobil va samarali yechim sifatida qaralgan.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, ushbu tadqiqotda PPF-1 polimer tolasi yuzasiga H-Resorcinolni immobilizatsiya qilish va hosil bo‘lgan **PPF-1–H-Resorcinol–Ag^+** tizimida kompleks hosil bo‘lish mexanizmini sorbsion spektrofotometrik usul yordamida o‘rganish asosiy maqsad qilib belgilandi. Ushbu yondashuv kumush ionlarini yuqori sezgirlik va selektivlik bilan aniqlash imkonini beruvchi yangi analitik platforma yaratishga xizmat qiladi.

1. TADQIQOT METODOLOGIYASI.

1.1. Reagentlar va materiallar: Tadqiqot ishida yuqori tozalik darajasiga ega bo‘lgan kimyoviy reagentlar va materiallardan foydalanildi.Asosiy tashuvchi material sifatida PPF-1 polimer tolasi tanlandi. Ushbu tola yuqori mexanik mustahkamligi va kimyoviy barqarorligi tufayli sorbent sifatida qo‘llash uchun qulay hisoblanadi. Organik ligand sifatida H-rezorcinol ishlatildi. Mazkur birikma fenol guruhlarga ega bo‘lib, metall ionlari, xususan, Ag^+ ionlari bilan ion va koordinatsion bog‘lar hosil qilish qobiliyatiga ega. Kumush ionlari manbai sifatida analitik toza kumush nitrat ($AgNO_3$) ishlatildi. Eritmalarni tayyorlashda distillangan suvdan foydalanildi.

Tajriba jarayonida pH muhitini boshqarish uchun turli bufer eritmalardan foydalanildi. Bularning ichida eng maqbul buffer eritma sifatida ammiakli buffer eritma pH=10 optimal buffer eritma sifatida tanlab olindi.

1.2. Tolani modifikatsiya qilish: PPF-1 polimer tolasi H-rezorcinol yordamida kimyoviy modifikatsiyadan o‘tkazildi.

Jarayon quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

- H-rezorcinolning ma’lum konsentratsiyali eritmasi tayyorlandi
- PPF-1 tolasi eritmaga to‘liq 24 soat davomida immobilizatsiyalandi.
- Sistema 20-21 °C haroratda 24 soat davomida statik holatda olib borildi
- So‘ngra tola distillangan suv bilan yuvildi
- Quritish bosqichi amalga oshirildi

Modifikatsiya natijasida tola yuzasida fenolik va kislorodli funksional guruhlar paydo bo‘lib, ular keyinchalik metall ionlarini bog‘lash uchun koordinatsion faol markazlar sifatida xizmat qildi. Vizual kuzatishlar (1-rasm) tolada rang o‘zgarishi yuz berganini ko‘rsatadi, bu esa modifikatsiya jarayonining muvaffaqiyatli kechganini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907



a) PPF-1 tola **b) PPF-1+H- Resorcinol** **c) PPF-1+H- Resorcinol+Ag**

1-rasm. PPF-1 tolasining reagent va Ag bilan immobilizatsiyalangan ko‘rinishi: a) PPF-1 tola; b) PPF-1 + H-resorsinol; c) PPF-1 + H-resorsinol + Ag.

1.3. Kumush (Ag^+) ionlari bilan kompleks hosil bo‘lishi: Modifikatsiyalangan PPF-1 tolasi Ag^+ ionlari bilan kompleks hosil qilish uchun quyidagi tartibda ishlov berildi:

- Kerakli pH qiymatga ega bufer eritma tayyorlandi
- $AgNO_3$ eritilib, zarur konsentratsiyaga keltirildi
- Modifikatsiyalangan tola eritmaga joylashtirildi
- Sistema 1 soat davomida aralashtirildi
- So‘ngra tola eritmadan ajratilib, yuvildi va quritildi

Natijada tola yuzasida Ag^+ ionlari bilan koordinatsion bog‘langan kompleks birikmalar hosil bo‘ldi.

Rasmiy kuzatishlarga ko‘ra, tolaning rangi sezilarli o‘zgargan (och rangdan to‘q sariq rangga), bu esa kompleks hosil bo‘lganining muhim vizual dalilidir.

1.4. Spektroskopik tahlil: Modifikatsiya va kompleks hosil bo‘lish jarayonlari FTIR spektroskopiya va nur qaytarish spektroskopiyalari (Bruker, X.Rite Eye One) yordamida o‘rganildi. yordamida o‘rganildi.

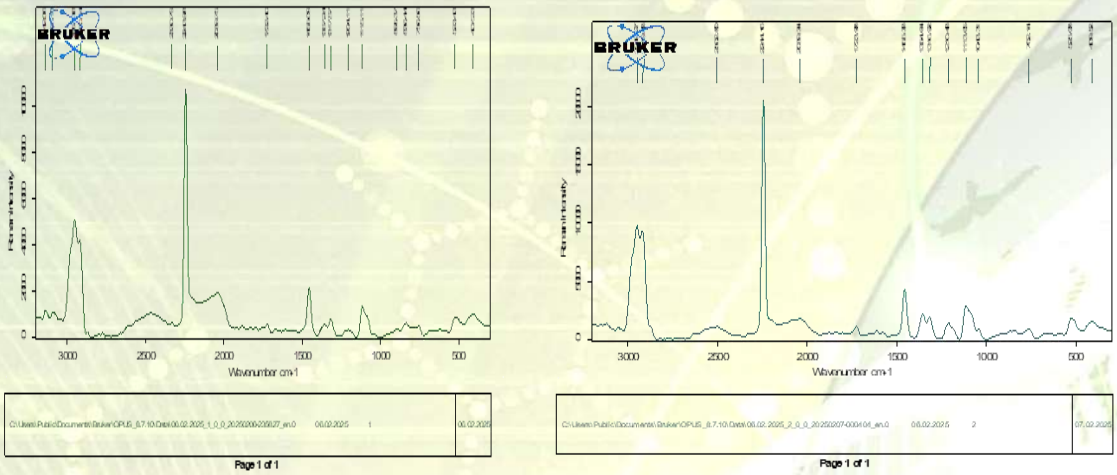
Spektral tahlil natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:

- C=O va O–H guruhlari tebranish chastotalarida siljish kuzatildi
- 2100–2300 sm^{-1} diapazonda o‘zgarishlar qayd etildi
- 400–600 sm^{-1} oralig‘ida yangi cho‘qqilar paydo bo‘ldi

Mazkur past to‘lqin sonlari sohasidagi yangi cho‘qqilar Ag–O va Ag–N koordinatsion bog‘lari hosil bo‘lganini tasdiqlaydi.

FTIR spektrlari (2-rasm) modifikatsiya va kompleks hosil bo‘lish bosqichlarini aniq ifodalaydi.

ISSN 3030-3907



a) PPF-1 reagentni FTIR (Bruker) yordamida tahlili b) PPF-1+H-Resorcinol+Ag FTIR spektri tasvirlangan

2-rasm. PPF-1 reagenti hamda uning H-resorsinol va kumush (Ag) bilan o‘zaro ta’siri natijasida olingan namunalarining IQ spektrlari: a) PPF-1; b) PPF-1 + H-resorsinol + Ag.

2. MUHOKAMA VA NATIJALAR

2.1. Modifikatsiya samaradorligi: H-rezorcinol yordamida modifikatsiya qilish natijasida PPF-1 tolasi yuzasida faol koordinatsion markazlar hosil bo‘ldi.

Bu markazlar metall ionlari bilan samarali o‘zaro ta’sirga kirishib, sorbsiya jarayonini sezilarli darajada oshirdi. Rang o‘zgarishi va FTIR natijalari modifikatsiyaning muvaffaqiyatli amalga oshganini ko‘rsatdi.

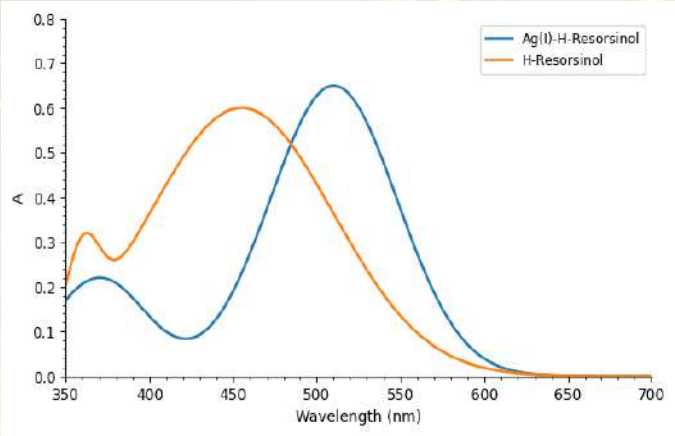
2.2. Ag^+ ionlarining sorbsiya xususiyatlari: Ag^+ ionlarining sorbsiya jarayoni pH, vaqt va konsentratsiyaga bog‘liq holda o‘rganildi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki:

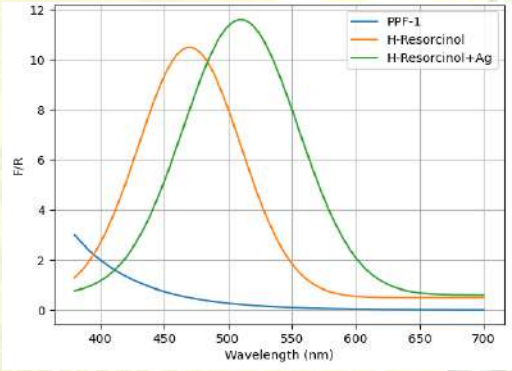
- Optimal pH muhitida maksimal sorbsiya kuzatiladi
- Sorbsiya tezligi dastlab yuqori bo‘lib, keyinchalik muvozanat holatiga keladi
- Modifikatsiyalangan tola oddiy tolaga nisbatan ancha yuqori sorbsiya sig‘imiga ega

Diagrammalar (3-5 rasmlar) sorbsiya kinetikasi va muvozanat holatini yaqqol aks ettiradi.

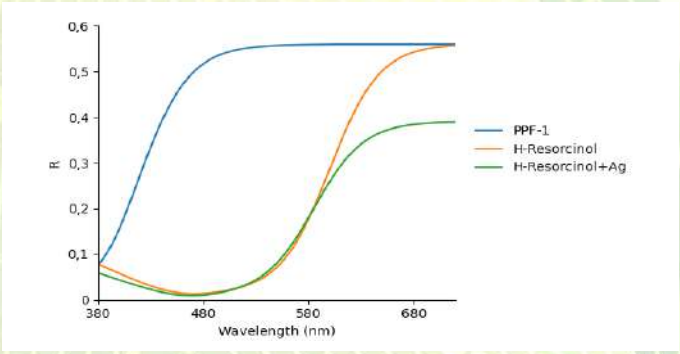
ISSN 3030-3907



3.rasm. H-Resorcinolning Ag^+ bilan hosil qilgan kompleksning yutilish spektri



4-rasm. H-Resorcinolning Ag^+ bilan hosil qilgan kompleksning nur qaytarish spektrlarining kubelka-munka funksiyasida ifodalanishi



5.rasm. H-Resorcinolning Ag^+ bilan hosil qilgan kompleksning nur qaytarish spektrlari

Yuqoridagi UV-yutilish va nur qaytarish (R) spektrlari tahlili shuni ko‘rsatadiki, H-resorsinol ning o‘zi ma’lum to‘lqin uzunligi sohasida spektral signal beradi, Ag(I) ioni bilan kompleks hosil qilganda esa signal uzun to‘lqinli sohaga siljiydi. UV-spektrda bu holat batoxrom siljish bilan ifodalanib, reagent maksimumi taxminan 450–460 nm, kompleksniki esa 510 nm atrofida kuzatiladi. Bu siljish kumush ioni bilan ligand orasida kompleks birikma hosil bo‘lganini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

Nur qaytarish spektrlarida ham xuddi shu qonuniyat saqlanadi: PPF-1 ning o‘zi past fon signaliga ega bo‘lsa, H-resorsinol bilan modifikatsiyalangan namunada signal ortadi, H-resorsinol+Ag tizimida esa spektr shakli va intensivligi yanada o‘zgaradi. Ayniqsa, 510 nm atrofidagi o‘zgarish komplekslanish jarayonining eng muhim analitik belgisi hisoblanadi. Demak, ushbu spektral farqlar kumush(I) ionini H-resorsinol yordamida sezgir va selektiv aniqlash mumkinligini ko‘rsatadi.

Hamda IQ spektrlari asosida kompleks hosil bo‘lish mexanizmi tasdiqlandi.

Ayniqsa: Funksional guruhlar tebranish chastotalarining siljishi

Past to‘lqin sonlarida yangi cho‘qqilar paydo bo‘lishi bu jarayonda Ag^+ ionlari ligand bilan ion koordinatsion bog‘ hosil qilganini ko‘rsatadi.

2.4. Analitik ko‘rsatkichlar: Tadqiqot natijalari asosida yangi sorbent quyidagi afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi:

- Yuqori sezgirlik (sensitivity)
- Yaxshi selektivlik (selectivity)
- Qisqa vaqt ichida aniqlash imkoniyati
- Ekologik jihatdan xavfsiz va iqtisodiy samarador

Mazkur usul kumush ionlarini aniqlashda samarali va ishonchli metod sifatida tavsiya etilishi mumkin.

XULOSA.

Mazkur tadqiqotda PPF-1 polimer tolasi asosida H-rezorcinol bilan funksionallashtirilgan yangi sorbent sintez qilinib, uning kumush (Ag^+) ionlariga nisbatan sorbsiya va kompleks hosil qilish xususiyatlari o‘rganildi. Modifikatsiya natijasida tolada koordinatsion faol markazlar shakllanib, Ag^+ ionlari bilan ion va donor–akseptor mexanizmi asosida barqaror komplekslar hosil qilishi aniqlandi. IQ tahlillari funksional guruhlar tebranish chastotalarining siljishi hamda 400–600 sm^{-1} sohada yangi cho‘qqilar paydo bo‘lishi orqali Ag–O va Ag–N bog‘lari hosil bo‘lganini tasdiqladi. Sorbsiya jarayoni kinetikasi va muvozanati pH, kontakt vaqti hamda boshlang‘ich konsentratsiyaga bog‘liq bo‘lib, optimal sharoitda yuqori sorbsiya sig‘imi va tez muvozanat kuzatildi. UV-Vis, reflektans va IQ spektroskopik usullar asosida ishlab chiqilgan metodika yuqori sezgirlik, aniqlik va takrorlanuvchanlikka ega ekanligi hamda Ag^+ ionlarini boshqa ionlar fonida selektiv aniqlash imkonini berishi ko‘rsatildi.

Natijada taklif etilgan sorbent oddiy sintez, yuqori samaradorlik va ekologik xavfsizlik kabi afzalliklarga ega bo‘lib, og‘ir metall ionlarini aniqlash, ajratish va atrof-muhit monitoringida qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO`YXATI

1. E. Tabrizi and B. Li, Silver integrated hybrids and nanocomposites for next-generation biomedicine, Materials Today Bio, vol. 35, p. 102609, Dec. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2025.102609
2. N. Kona et al., Biological activities of synthesized silver nanoparticles, Results in Chemistry, vol. 7, p. 101547, Jan. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101547
3. E. Dube and G. E. Okuthe, Silver nanoparticle-based antimicrobial coatings, Microbiology Research, vol. 16, no. 6, p. 110, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/microbiolres16060110
4. S. Wu et al., Silver nanoparticle decorated foams for water disinfection, Journal of Environmental Management, vol. 366, p. 121858, Aug. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121858
5. L. Duan et al., Review of chloride ions removal, Journal of Environmental Management, vol. 353, p. 120184, Feb. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120184
6. M. Behbahani et al., Flame AAS analysis of silver, AJAC, vol. 4, pp. 90–98, 2013.DOI: https://doi.org/10.4236/ajac.2013.42012
7. R. Tiwari et al., Hyphenated mass spectroscopic detection of heavy metals, Journal of Trace Elements and Minerals, vol. 15, p. 100273, Mar. 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2025.100273
8. Kamenev A.I., Osipova E.A., Viter I.P. Development of inversion voltammetric methods. Journal of Analytical Chemistry, 2019, 74(2), 125–128. https://doi.org/10.1134/S1061934819020033
9. J. Sengottaiyan et al., Selective detection of silver ions, ChemistrySelect, vol. 10, p. e02804, Aug. 2025. DOI: https://doi.org/10.1002/slct.202502804
10. Savvin S.B., Kuznetsov V.V., Sheremetyev S.V., Mikhailova A.V. Optical chemical sensors for liquid analysis. Russian Chemical Journal, 2008, 52(2), 7–15.
11. Savvin S.B., Shtykov S.N., Mikhailova V.V. Organic reagents in spectrophotometric analysis. Russian Chemical Reviews, 2006, 75(4), 343–364. https://doi.org/10.1070/RC2006v075n04ABEH001206
12. Pisarev V.P., Tsizin G.I., Zolotov Yu.A. Filters for element preconcentration from solutions. Journal of Analytical Chemistry, 2004, 59(10), 1014–1032.
13. Temerdashev Z.A., Konshina J.N., Logacheva E.Yu., Konshin V.V. Sorption properties of cellulose filters with immobilized thiosemicarbazide. Journal of Analytical Chemistry, 2011, 66, 1048–1056. https://doi.org/10.1134/S1061934811100107

ISSN 3030-3907

14. Nikiforova T.E., Kozlov V.A. Mechanism of sorption of heavy metal ions by modified cellulose. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2012, 48(6), 620–626. https://doi.org/10.1134/S2070205112060098
15. Burger K. Organic Reagents in Inorganic Analysis. Moscow, 1975, 170–197.
16. S. Saberi Afshar et al., A new Ag^+ ion chemosensor in aqueous media, Results in Chemistry, vol. 6, p. 101156, Dec. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.101156
17. H. Lu, K. Zhang, and L. Gao, Colorimetric detection of sulfide and silver ions, Polyhedron, vol. 280, p. 117699, Oct. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.poly.2025.117699
18. S. Sharma and P. Goyal, Synthesis, characterization and in-vitro study of hydroxyapatite, silver substituted hydroxyapatite and iron substituted hydroxyapatite for bone tissue engineering applications, Results in Chemistry, vol. 15, p. 102167, May 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102167
19. A. S. Almaghrabi et al., Lemon peel based activated carbon and their composite with metal nanoparticles, Results in Chemistry, vol. 15, p. 102277, May 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102277
20. R. H. Althomali et al., Ag nanocomposites for catalytic degradation, Results in Chemistry, vol. 15, p. 102188, May 2025.
21. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102188
22. QUTLIMUROTOVA, N., MAHMADOLIEV, S., SMANOVA, Z., YAKHSHIYEVA, Z., TURSUNKULOV, Z. Amperometric determination of cerium (III) using 2,7-dinitrozo-1,8-dihydroxynaphthalene-3,6-disulfonic acid solution //Periodico Tche QuimicaOpen source preview, 2020, 17(36), страницы 735–749
23. Smanova, Z., Normatov, B., Ahmadjonov, U., .Baigenzhenov, O., Hosseini-Bandegharaei, A. Sorption-spectrophotometric determination of bismuth ion (III) using immobilised xylenol orange on modified polyacrylonitrile // International Journal of Environmental Analytical ChemistryOpen source preview, 2025, 105(17), страницы 5859–5879
24. Kholboeva, M.B., Smanova, Z.A., Madatov, U.A., ... Nomozov, A.K., Uralova, M.R. Determination of Fe(III) ion with a novel, highly efficient immobilized nitrosa R-salt in a polymer matrix// Chemical Review and LettersOpen source preview, 2025, 8(3), страницы 448–459/

ISSN 3030-3907

BIOZARARLANISHLARNING DOLZARB MUAMMOLARI VA FARMATSEVTIKADAGI IJOBIY O‘ZGARISHLAR

Nazirtashova Roziya Mamadaliyevna
O‘zbekiston Respublikasi, Farg‘ona viloyati, Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti, "Tibbiy va biologik kimyo" kafedrasi katta o‘qituvchisi, E-mail: nazirtashovaroziyaxon@gmail.com
Mirzajonova Sanoatxon Abdurashid qizi
O‘zbekiston Respublikasi, Farg‘ona viloyati, Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti, Pediatriya fakulteti, Farmatsiya yo‘nalishi

Annotatsiya. Ushbu maqolada biozararlovchilarning tuzilishi, ko‘plab sohalardagi foydali va salbiy tomonlari, zamonaviy tibbiyotda ulardan kelib chiquvchi muammolarni ijobiy hal etishga qaratilgan masalalar bilan birga, ilmiy adabiyotlar asosida har tomonlama o‘ylangan holda yoritilib, ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: biozararlovchilar, shira, fitofaglar, entomofaglar, ektoparazitlar, endoparazitlar, diapauza, polifag.

Аннотация. В данной статье всесторонне, на основе научной литературы и глубокого анализа, рассматриваются строение биовредителей, их полезные и отрицательные стороны в различных сферах, а также вопросы, направленные на положительное решение проблем, вызываемых ими в современной медицине.

Ключевые слова: Биовредители, тля, фитофаги, энтомофаги, эктопаразиты, эндопаразиты, диапауза, полифаг.

Annotation. This article comprehensively examines the structure of biopests, their beneficial and harmful aspects in many fields, as well as issues aimed at positively resolving the problems caused by them in modern medicine, based on scientific literature and thorough analysis.

Keywords: Biopests, aphid, phytophages, entomophages, ectoparasites, endoparasites, diapause, polyphage.

KIRISH.

Hozirda fan va texnikalar ishi kuchayib odamlar sog‘ligini saqlash va ko‘plab kasalliklarning oldini olish masalalari muhim ahamiyat kasb etyapti. Bu borada biokimyo, farmakologiya, biofizika, biogenetika fanlarining integratsiyasi muhim o‘rin tutib kelmoqda. Insonlar salomatligini saqlash ishlari esa har doimgidan-da kuchayib, nafaqat odamlar balki, ular tomonidan yaratilgan mahsulotlar va hattoki tabiatni ham birdek zabt etib kelayotgan biozararlovchilarning nishoniga aylanayotganini ko‘rishimiz mumkin. Biozararlanishlarga qarshi an’anaviy farmatsevtika usullari o‘ylangan natijalarni bermayotgan bo‘lsa-da so‘ngi yillardagi sun’iy intellektlar yordamida dori

ISSN 3030-3907

vositalarni loyihalash, genetik muhandislik va biotexnologik yutuqlar biozararlanishlarga qarshi kurashda yangi sahifa ocha boshladi.

Bugungi rivojlanish jadal borayotgan davrda, inson mehnati bilan yaralatilayotgan narsa, buyum, mahsulotlarga zarar beruvchi tirik organizmlar ham uchraydi. Shulardan biri biozararlovchilar bo‘lib - bu inson ish faoliyati natijasida yaratilgan moddiy boyliklar va (bino, inshoot, sanoat mahsulotlari, dori vositalari, san’at asarlari, kitoblar) va xomashyolarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘zgartirib ularni yaroqsiz ahvolga keltiruvchi iqtisodiy zarar beruvchi tirik organizmlardir. 1968-yil Angliyada o‘tkazilgan biozararlanish bo‘yicha birinchi xalqaro simpoziumda, juda ko‘plab ekspertlar tayyorlagan materiallar va belgilangan amaliy ishlar inson faoliyati doirasida alohida e’tiborga sazovor bo‘ldi. Kengash qaroriga ko‘ra quyidagilar muhim vazifa etib tayinlandi. Avvalo, biozararlovchilar vaziyatini har tomonlama o‘rganish va amaliy tajribalar hamda fundamental tadqiqotlar natijalariga asoslanib biozararlanishdan himoyalanish asosini yaratish kabi ishlar belgilab olindi. Biozararlovchilar nafaqat mahsulot tarkibiga balki iqtisodiy tomondan ham salbiy zarari bir necha milliard ekanligi hisoblab chiqildi. Ushbu muammolarni yechishdan juda ko‘p sohalar xususan xalq xo‘jaligi tarmoqlaridan yer, suv, havo, transport, neft qazib chiqarish va kimyoviy ishlab chiqarish, qurilish, energetika va aloqa, texnikaviy vazifalarni bajaruvchi ko‘plab sohalar manfaatdor hisoblanadi. Biozararlovchilar tomonidan buyumlarni yemirishi va utilizatsiya qilinishiga ko‘ra quyidagi yo‘nalishlarda tahlil qilinadi:

Mikroorganizmlar: Bakteriyalar va zamburug‘lar (asosan materiallarning korroziyasi va chirishiga sabab bo‘ladi).

Biozararlovchilarning ta’sirini ikki xil ko‘rinishda tahlil qilinadi:

1. Mexanik zararlar: teshish yoki uyalar qurish orqali materialning butunligini buzishi, kemirish.

2. Kimyoviy zarar: organizmlar hayot faoliyati davomida ajratib chiqaradigan fermentlar yoki kislotalar hisobiga materiallar tarkibining o‘zgarishi. Masalan: metall, plastik, qog‘oz va boshqalar.

Aynan biozararlovchilarga: shira (shira bitlari ham deyiladi, u o‘simliklar poyasi yoki bargida qoldiradigan yopishqoq moddadir), fitofaglar (faqat o‘simlik bilan oziqlanuvchi organizmlar), entomofaglar (zararli hasharotlarni yo‘q qiluvchi foydali organizmlardir), ektoparazitlar (tananing ustida, ya’ni teri, jun va patlar orasida yashaydi), endoparazitlar (ichki a’zo, to‘qima yoki qon tizimida uchraydi). Ularning rivojlanish jarayoni populyatsiya, generatsiya va imogo bosqichlari bilan farqlanadi. Ko‘plab zararli organizmlar polifag (bir emas, bir qancha oziq-ovqat turlari bilan oziqlanuvchi, ya’ni ham odamda, ham hayvonlarning tashqi va ichki muhitida uchraydi) bo‘lib, o‘simlik va mahsulotlarga zarar yetkazadi. Shuningdek,

ISSN 3030-3907

ularda noqulay sharoitga nisbatan moslashuvchanlik bo‘lib, diapauza holatiga o‘tib uzoq vaqt saqlanib qolish xususiyati ham bor.

Biozararlanishlarning hozirgi kundagi dolzarb muammolari:

1. Dori vositalari va xomashyoning mikrobiologik buzilishi;
2. Sanoat uskunalarining biokorroziyaga uchrashi;

Ekologik muhitning ifloslanishi borasida Ralph Mitchel va Brenda Little tadqiqotlar olib borishib mikroorganizmlar metallarni yemirishi, ya’ni biokorroziya jarayonini batafsil o‘rgangan. Ji-Dong Gu esa biozararlanishlarning ekologik tizimlarga ta’sir etishini chuqur tahlil qilgan. Ularning ilmiy tadqiqotlari natijasida esa korroziya jarayoni metall yuzasida emas, balki biofilm (mikroblar tomonidan hosil qilingan himoya qavati) ichida sodir bo‘lishini isbotladilar. Natijada esa biofilm metall yuzasida kimyoviy jihatdan farqli ya’ni, tashqi muhitdan ko‘ra pH darajasi past yoki yuqori mikro-muhit yaratib oladi. Ularning mikrobio jamoalar tuzilishlari bir guruhning chiqindisi ikkinchi jamoaga ozuqa sifatida xizmat qiladi, bu esa korroziya tezligini bir necha barobar oshiradi. Biozararlovchilar qaysi o‘simlik yoki mahsulotning yemirishi natijasidagi zararlashi bilan, ya’ni bevosita yeyishi natijasida o‘zida energiya manbayini hosil qiladi. Bu holat o‘z navbatida yemirilish zanjirini tezlashtiradi.

Biozararlanishlarga qarshi kurashishda quyidagi usullar samarali hisoblanadi:

Kimyoviy usul: Insektitsidlar-zararli hasharotlarga qarshi, fungitsidlar-zamburug‘larga qarshi moddalar yordamida kurashilsa-da ekologiyaga jiddiy xavf tug‘dirishi aniqlangan

Biometod (biologik metod) ekologik jihatdan toza usul bo‘lib, foydali organizmlardan foydalaniladi. Bularga misol qilib, qadimgi Xitoyda dehqonlar sitrus daraxtlaridagi zararkunandalarni yo‘qotish uchun chumolilardan foydalanishganini, AQSHlik Charles Valentine Riley “rodolia cordinalis ” qo‘ng‘izini Avstraliyadan vataniga olib kelib sitrus bog‘larini qurtlardan qutqarganini e’tirof etishimiz zarur.

Laboratoriya sharoitida biozararlovchilarga qarshi ilmiy ishlar 1920-1930-yillardan boshlangan bo‘lib “trixogramma” foydali hasharotini ommaviy ishlab chiqarish texnologiyasini S. Flanders va N.A Telenga ancha takomillashtirgan. O‘rta Osiyo xususan O‘zbekistonda entomofaglarni laboratoriyada ko‘paytirish maktabini yaratishda V.V.Yaxontovning xizmatlari beqiyos bo‘lib, 1970-yillardan boshlab yurtimizda ham “Biofabrika”lar tizimi yo‘lga qo‘yilgan. Bugungi kundagi laboratoriyada yetishtiriladigan biometodlardagi eng ko‘p turlarga Trixogramma (tuxumxo‘r), Brakon (g‘o‘za qurtlariga qarshi), Chyspora (shira va boshqa mayda zararkunandalarga qarshi) kabilar kiradi.

ISSN 3030-3907

Feromon texnologiyasi; Feromon yordamida hasharotlarni jalb qilish yoki ularning ko‘payishini cheklash mumkin. Bunga misol qilib, qarama-qarshi jins vakillarini o‘ziga jalb qilish kapalaklarga xos feromon bo‘lsa, biri ari chaqishidan ajralgan feromon boshqa arilarni ham hujumga chorlaydi. Chumolilar ozuqa topganda boshqalarni ogohlantiruvchi hidli, iz, ba’zi hayvon (mushuksimon)lar esa yashash hududlarini begonalardan himoya qiluvchi hududiy feromon va shunga o‘xshash boshqa ko‘plab misollarni keltirish mumkin.

Biozararlanishdagi ko‘plab muammolarga qaramay farmatvetika sohasida ko‘plab ijobiy o‘zgarishlar kuzatilmoqda:

1) Biotexnologiya

Mikroorganizmlar yordami bilan foydali moddalar ishlab chiqarish keng rivojlanmoqda. Ushbu jarayon ekologik xavfsiz bo‘lib, farmatsevtikani an’anaviy og‘ir kimyodan uzoqlashtirib tabiat bilan uyg‘un bo‘lgan yuqori texnologik meditsina sari yetaklayapti. Bu bilan nafaqat dorilar sifatini oshirish, balki ularni ancha hamyonbop va xavfsiz bo‘lishiga ham erishish mumkin.

2) Chiqindisiz texnolologiya usuli:

Zero Waste ya’ni nol chiqindi energiya va xomashyodan oqilona foydalanib, atrof muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishga qaratilgan ishlab chiqarish bo‘lib, resurslar yopiq aylanmasini yaratish desak ham bo‘ladi va hozirda ko‘plab korxonalar kam chiqindili bosqichdan aynan shu chiqindisiz bosqichga o‘tishlari eng samarali choradir.

3) Organik chiqindilar utilizatsiyasi orqali:

a) anaerob bijg‘ish ya’ni, chirindilardan kislorodsiz muhitda metan hosil qiluvchi bakteriyalardan biogaz hosil bo‘lishi;

b) kompostlash usuli bilan mikroorganizmlar yordamida organik chiqindilarni kislorod bilan parchalangan holatda gumusga aylanishi;

c) vermikompostlash usulida chuvalchanglar organik chiqindilarni yeb o‘simliklar uchun zarur bo‘lgan ozuqa bio-gumus ajratishi;

d) bio-remidatsiya usulida esa neft qoldig‘i pestitsid va murakkab polimerlarni parchalashda bakteriya va zamburug‘lari qo‘llaniladi. Professor Xamrayev “biologik destruktorlar (biozararlovchilar) atrof muhitni sun’iy materiallardan tozalashda asosiy vositadir” deb ta’kidlagan.

Gareth Williams va Robert Eydaveran ilmiy ishlari asosida biomaterial va mikroorganizmlar o‘rtasidagi ta’sirlar natijasi o‘laroq yangi farmatsevtik yechimlar taklif etilgan va hozirda ham bu yo‘nalishlardagi ishlar davom etmoqda. Tadqiqotchilar terapevtik viruslar (bakteriofaglar) orqali antibiotiklarga chidamli bo‘lib qolgan super bakteriyalarni yo‘q qilishni yechim sifatida o‘ylab topishdi.

ISSN 3030-3907

Shuning bilan birga ularning ishlari biozararlovchilarga qarshi nanotexnologiyalar va virusli terapiya orqali kurashishning zamonaviy yechimlariga qaratilgan.

Biozararlanishlar global muammo bo‘lib, u farmarsevtika sanoati va qishloq xo‘jaligidagi ishlarga jiddiy zarar yetkazishi bilan farqlansa-da zamonaviy ilm-fan yutuqlari misol uchun biometodlar, feromon texnologiyalari va chiqindilarsiz ishlab chiqarishga mo‘ljallangan sistema ushbu muammolarga samarali yechim topishga yordam bermoqda. Ushbu sohadagi olimlarning ilmiy izlanishlari, biozararlanish jarayonini yanada chuqurroq tushunish va ularni tahlili hamda nazoratini innovatsion usullarda ishlab chiqishga xizmat qilmoqda. Endilikda insonlar salomatligini saqlash, moddiy boyliklarni o‘z holicha asrash, ekologik muvozanat buzilmasligi uchun biozararlovchilarni nazorat qilish muhum ijtimoiy omil bo‘lib barchani birdek diqqatga chorlamoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Willams G.J.(2005). “Microbial Contaminationand Spoilage of Pharmaceutikcal Microbiology. Blackwell publishing.
2. Xamrayev, A.Sh. va To‘rayev, O(2008). biozararlovchilar va ularga qarshi kurash choralari. Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti.
3. Mitchell, Ralph va Gu, Ji-Dong.(2010). Atrof-muhit mikrobiologiyasi
4. (2-nashr) Wiley-Blackwell nashriyoti.
5. Schlatmann, J. (2015). biofilm reaksiyalarining texnologik muhandisligi. Delft University Press/CRC Press.

ISSN 3030-3907

TURLI SELEKSION NAV TOLALAR VA IP XOSSALARI ORASIDAGI BOG‘LIQLIKNI ANIQLASH USULLARI

Sh.E. Boysariyeva
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
B.E.Qarshiyev
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
S.N.Yarashov
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Maqolada paxta tolasining HVI tizimi bo‘yicha aniqlangan sifat ko‘rsatkichlari va yigirilgan ipning fizik-mexanik xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlik nazariy va amaliy jihatdan tadqiq etilgan. A.N.Solovyov formulasi va xalqaro CSP hamda R_{km} ko‘rsatkichlari asosida ipning pishiqligini bashorat qilish usullari tahlil qilinib, mahalliy paxta navlarining texnologik tasnifi keltirilgan. Tadqiqot natijalari yuqori sifatli eksportbop iplar olish uchun tola saralanmasini (mikroneyr, uzunlik, pishiqlik) optimal tanlash va yigirish jarayonini samarali rejalashtirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Paxta tolasi, HVI tizimi, ip pishiqligi, Mikroneyr, CSP ko‘rsatkichi, R_{km} (uzilish uzunligi), texnologik tasnif.

Annotation. The article theoretically and practically investigates the correlation between cotton fiber quality parameters determined by the HVI system and the physico-mechanical properties of spun yarn. Methods for predicting yarn strength are analyzed based on the A.N. Solovyov formula, as well as international CSP and Rkm indicators, providing a technological classification of local cotton varieties. The research results enable the optimal selection of fiber blends (micronaire, length, and strength) and the efficient planning of the spinning process to produce high-quality, export-oriented yarns.

Keywords: Cotton fiber, HVI system, yarn tenacity, Mic, CSP (Count Strength Product), Rkm (Breaking length), technological classification

Аннотация. В статье теоретически и практически исследована взаимосвязь между качественными показателями хлопкового волокна, определенными по системе HVI, и физико-механическими свойствами пряжи. Проанализированы методы прогнозирования прочности пряжи на основе формулы А.Н. Соловьева, а также международных показателей CSP и Rkm, приведена технологическая классификация местных сортов хлопка. Результаты исследования позволяют оптимизировать подбор сортировки волокна (микронейр, длина, прочность) и эффективно планировать процесс прядения для получения высококачественной экспортно-ориентированной пряжи.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Хлопковое волокно, Система HVI, Прочность пряжи, микронейр, показатель CSP, Rkm (разрывная длина), технологическая классификация

1.KIRISH.

Hozirgi kunda to‘qimachilik sanoati ravnaqi uchun barcha sharoitlar, jumladan, xom ashyo zahiralari, mehnat resurslari mavjud bo‘lib, eng ilg‘or texnologiyalar bo‘yicha ishlaydigan uskunalar bilan jihozlandi.[1]. Respublikada yetishtiriladigan paxta tolasidan tayyor mahsulotlar ishlab chiqaruvchi paxta-to‘qimachilik klasterlarining tashkil etilishi hamda qator qo‘shma va xususiy korxonalarning jadal faoliyati bilan eksportbop to‘qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmi ortdi. Hozirda yetishtiriladigan paxta tolasining barchasi O‘zbekiston korxonalarida qayta ishlanmoqda.

Ipning sifati ko‘p jihatdan tolalarning sifatiga bog‘liq, lekin ipning sifatiga ta’sir qiladigan boshqa omillar ham bor. Masalan: yigirishda tanlangan mashinalarning turi, tezligi, cho‘zish miqdori, mahsulotning qo‘shish soni, pishitish darajasi, sexlardagi ekologik holati va boshqalar. Shuning uchun ham har bir yug‘onlikdagi ip olish uchun va unga qo‘yilgan talablarga qarab mos tola tanlanadi. Tolaning boshqa xossa ko‘rsatkichlari ham olinadigan ipning sifat ko‘rsatkichlariga bevosita ta’sir etadi. Buni hisobga olib, turli mamlakatlarda paxta tolasi turlicha baholanadi. Shuning uchun bo‘lsa kerak, paxta tolasi texnologik jihatdan turlicha tasniflanadi. Ko‘p tadqiqotlarda tola va ip xossalarining o‘zaro bog‘liqliklari aniqlangan va tegishli baholangan. Ip sifatini baholash uning miqdorini rejalashtirish va hisobga olishdan ko‘ra murakkabroq hisoblanadi, chunki mahsulot sifati ko‘p sonli ko‘rsatkichlar va omillar bilan bo‘liq [2].

Tadqiqotlardan ma’lumki ip yigirish uchun u yoki bu tipli saralanmani tanlash korxona omborlaridagi mavjud paxta tolasi zaxirasi partiyalari, seleksiya va sanoat navlari bo‘yicha amalga oshiriladi. Bir seleksion nav va terim davriga mansub, paxta tozalash korxonasida bir vaqtning o‘zida qayta ishlanib, yuborilgan toylar soni partiya deb ataladi [3].

2.NAZARIY TADQIQOTLAR.

Tola va ip xossalari orasidagi bog‘liqlikni aniqlashning quydagi usullari qo‘llaniladi ya’ni, ular organoleptik usul, hisoblash usuli hamda kichik namunalar (tajribaviy) usullaridir [4].

Paxta iplari uchun standart aralashmalarni ishlab chiqish.paxta tolasining HVI tizimi bo‘yicha aniqlangan sifat ko‘rsatkichlari va undan olinadigan ipning xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish. Tadqiqot ishimizda turli xil naslchilik navlari paxta tolasining mikroneyr indeksi o‘rganilib, uning qiymati maxsus qo‘llash usullari bilan aniqlangan tolalarning chiziqli zichligi (ko‘pligi) indeksi

ISSN 3030-3907

bilan taqqoslanadi. Xalqaro amaliyotda qabul qilingan va maxsus qo‘llash usullari bilan aniqlangan tizimda turli xildagi paxta tolasining uzunlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik uchun tenglamalar taklif etiladi.

Biz tajriba ishimizda tola xossalari asosida ip sifat ko‘rsatkichlarini aniqlashni maqsad qilib oldik. Ilmiy ishimizda nazariy tadqiqotlarni amalga oshirish uchun emperik –hisoblash usulidan foydalanildi. Ma’lumki ishlab chiqarish sharoitida, yigirilgan ipning uzish kuchi bilan uni tashkil etuvchi tolalar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash zarur hisoblanadi. Paxta ipining pishiqligini hisoblash uchun A.N.Solovyov formulasidan foydalaniladi. Quyda Solovyov formulasi tuzilishi keltirildi ya’ni agar aralashma faqat paxta tolasidan tashkil etilgan bo‘lsa, ipning nisbiy uzish kuchi quydagicha topiladi:

$$R_{ip} = \frac{P_{ar}}{T_{ar}} \left(1 - 0{,}0375 \cdot H_0 - \frac{2{,}65}{\sqrt{\frac{T_{ip}}{T_{ar}}}} \left(1 - \frac{5}{L_{ar}} \right) \cdot \eta \cdot \mathrm{k} \right) \qquad (1)$$

Bu yerda: R_{ip} - ipning nisbiy uzish kuchi, sN/teks; R_{ar} - aralashma tolalarining uzish kuchi, sN; T_{ar} - aralashma tolalarining chiziqiy zichligi, teks; H_0 - solishtirma notekislik ko‘rsatkichi (qayta tarash sistemasi uchun H_0=3,5 ÷ 4,0; karda sistemasi uchun H_0=4,5 ÷ 5,0); T_{ip} - ipning chiziqiy zichligi, teks; L_{ar} - aralashma tolalarining shtapel uzunligi, mm; η - mashinalar holatiga bog‘lik koeffitsient. Agar mashinalar a’lo holatda bo‘lsa, η =1,1; yaxshi holatda bo‘lsa, η =1,0; qoniqarli holatda bo‘lsa,

k - ip pishitilishiga tuzatma bo‘lib, amaliy (α_a) va kritik (α_{kr}) pishitish koeffitsientlari farqiga qarab tanlanadi;

$$\mathrm{k} = f(\alpha_a - \alpha_{kr})$$

α_a- ma`lumotnomadan ipning turiga, chiziqiy zichligiga va tolaning shtapel uzunligiga qarab tanlanadi; α_k- kritik pishitish koeffitsienti bo‘lib, quyidagi formula yordamida aniqlanadi [5].

HVI-1000, tizim joriy qilinishi natijasida ip pishiqligini bashorat qilishda CSP va R_{km} ko‘rsatkichlaridan keng foydalanilmoqda.

CSP (Count Strength Product) ko‘rsatkichi bo‘yicha ip pishiqligini bashorat qilishda tola uzunligi, pishiqligi, uzunlik bo‘yicha bir xilligi, mikroneyri, rangi, uzishdagi uzayishi, ifloslik darajasi kabi xossalari inobatga olingan. CSP ko‘rsatkichi ip va tola o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalaydi. SITRA (Janubiy Hindiston to‘qimachilik tadqiqotlari markazi) meyorlashtirilgan ma’lumotlarida dag‘al, yarim dag‘al, o‘rta, ingichka, o‘ta ingichka paxta tolalari uchun uning qiymatini hisoblash tartibi ko‘rsatilgan [6].

ISSN 3030-3907

Agar HVI ko‘rsatkichlaridan tolaning o‘rtacha uzunligi ma’lum bo‘lsa, CSP quyidagi formula yordamida topiladi:
Karda ipi uchun

$$CSP = 165\sqrt{\frac{LR_T}{M}} + 590 - 13\,N_e \quad (2)$$

Qayta tarash ipi uchun

$$CSP = \left[165\sqrt{\frac{LR_T}{M}} + 590 - 13N_e\right]\left[1 + \frac{Y}{100}\right] \quad (3)$$

Bunda: L – tolaning o‘rtacha uzunligi, mm; R_T – tolaning nisbiy uzish kuchi, sN/teks; M – mikroneyr ko‘rsatkichi; N_e – ipning ingliz nomeri; Y – qayta tarash tarandisi, %

R_{km} ko‘rsatkichi bo‘yicha ip pishiqligini bashorat qilish USTER xalqaro standartida paxta ipi pishiqligini bashorat qilishda uzilish uzunligidan, ya’ni R_{km} dan foydalaniladi. Nisbiy uzish kuchi R bilan Rkm ko‘rsatkichi o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$R = R_{KM} \cdot 0{,}9807 \quad \text{sN/teks} \quad (4)$$

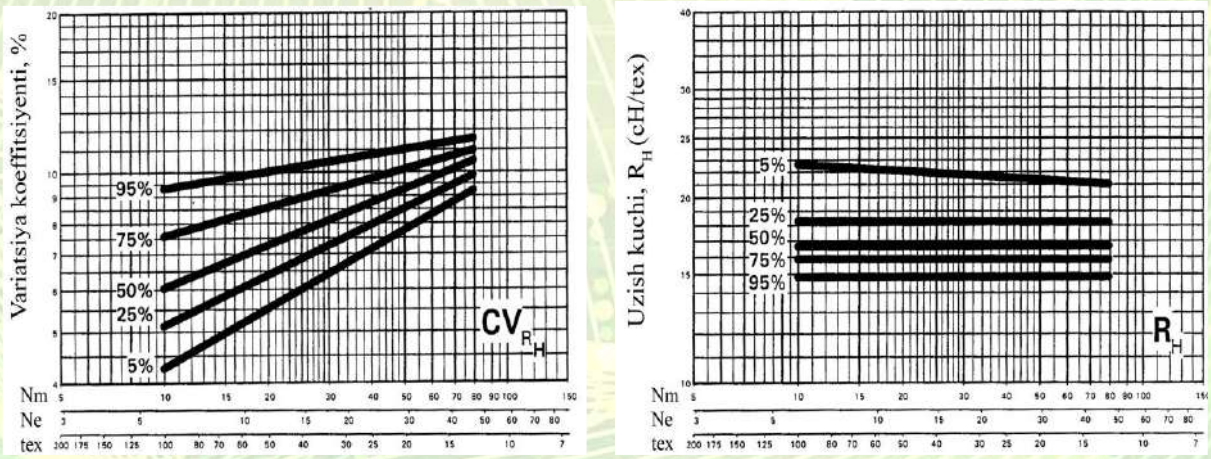
SITRA tavsiyasiga ko‘ra R_{km} empirik formula yordamida hisoblanadi:

$$R_{km} = \left[1{,}1\sqrt{\frac{L \cdot R_в}{M}} + 4{,}0 - 13\frac{N_e}{150}\right]\left[1 + \frac{Y}{100}\right] \quad (5)$$

L, R_{ar}, M – HVI tizimida aniqlangan aralashma tolalarining ko‘rsatkichlari.

Ushbu ko‘rsatkichlar bo‘yicha loyihalanayotgan ipning xossalarining me’yoriy ko‘rmatkichlari Uster Statistics me’zonlari bo‘yicha qiyoslanadi [7].

Ushbu ko‘rsatkichlar bo‘yicha loyihalanayotgan ipning xossalarining me’yoriy ko‘rmatkichlari Uster Statistics mezonlari bo‘yicha qiyoslanadi 1-rasm.



a) **b)**

1-rasm. *a)* ipinig pishishiqligi bo‘yicha notekisligi, *b)* ipining nisbiy pishshiqligi

3.Tajribaviy izlanishlar.

ISSN 3030-3907

Paxta tolasining eng ko‘p tarqalgan tasniflari AQSh, Misr, Buyuk Britaniya, O‘zbekiston va Rossiyada ishlab chiqilgan bo’lib, ular bir-biridan sifat ko‘rsatkichlari mavjudligi bilan birga paxta tolasi sifati darajasi bilan farqlanadi. Bu dastlab paxta tolasining sifat ko‘rsatkichlarini baholash uchun jihozlar va sinov usullari rivojlanishi va sifat darajasi me’yoriy bazasidagi farq bilan bog‘liqdir[8].

Tolalar aralashmasidan saralanma tayyorlash usullarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy izlanishlar jahonning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta’lim muassasalari, jumladan, Amerika Qo‘shma Shtatlarining Fermarlar uyushmasi Ilmiy-tadqiqotlari markazi, SITRA (Hindiston), KITECH (Korea), Moskva Davlat To‘qimachilik Universiteti, Sank-Peterburg Davlat Texnologiya va Dizayn Universiteti, Xitoy Universitetlari, Toshkent To‘qimachilik va Yengil sanoat Institutida keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Ipning sifatini oshirishda asosiy omillardan biri bu yuqori sifatli biologik ko‘rsatkichlari bir xil tolalarni samarali tayyorlashdir, bu esa asosiy fizik-mexanik xususiyatlari jixatidan bir xil tolalarni tanlash orqali, yetarli darajada qoniqarli xossa kursatkichlariga ega yuqori sifatli ip yigirish imkonini beradi. Yuqori xossa ko‘rsatkichlariga ega ip olishda tanlangan saralanma xam asosiy omillardan xisoblanadi.

1980 yilda Cotton Incorporated tomonidan ishlab chiqilgan Engineered Fiber Selection (EFS®) tizimi toylarni tanlash va boshqarishni kompyuterlashtirish imkonini beradigan vositalar va algoritmlarni taqdim etadi. EFS® tizimi toy paxtalaridan aralashma tayyorlash maqsadida tanlangan toifalar, guruxlar sxemasini tuzish uchun paxta to‘plami HVI ma’lumotlarining chastotali taqsimotidan foydalanib tasodifiy, mutanosib vazn toifasini tanlash, kategoriyalarni optimal tanlash kabi usullarni o‘z ichiga oladi [9].

Ushbu tizimning asosiy kamchiligi shundaki, tola mezonlari soni va ularning darajasi oshgan sari, toifalar kombinatsiyasi soni juda ko‘payib boradi. Toylarni boshqarish tizimini soddalashtirish maqsadida kup o‘zgaruvchan regressiya modeli asosida tolaning sifat ko‘rsatkichi (FQI), yigiruvchanlik indeksi (SCI) kabi ba’zi bir samarali ko‘rsatkichlar ishlab chiqilgan. Ushbu indekslar odatda tenglamalarni shakllantirish uchun foydalaniladi va toylar diapazoniga boglik xamda paxta tolasi xususiyatlarining murakkab kup uzgaruvchanligini tavsiflash uchun kamdan-kam lollarda umumlashtiriladi 1-jadval.

1-jadval

Yuqori sifatli yigiruv ip ishlab chiqarish uchun bo‘lgan talablar

Classing grade	Strict Middling White (21-2)	Birinchi (nav) Yaxshi (sinf)

ISSN 3030-3907

Staple length (uzunlik)	≥ 1-1/8 inches (1.13 inches / 28.6 mm)	4 tip va undan yuqori (o‘zbek paxtasining uzunligi ≈ 1,124 teng)
Micronaire (mikroneyr)	3.8 – 4.2	Oliy sifatli yigiruv ipi olish uchun amalda 3,8 – 4,5 deb qabul qilingan, o‘zbek paxtasining 52% shu intervalga kiradi
Strength (solishtirma uzulish kuchi)	≥ 30 grams per tex	31,5
Color (nav)	White	1 nav
Reflectance (nur qaytarish koef)	Rd ≥ 75	≈ 78
Yellowness (sarg‘ishlik)	+b < 9	≈ 8,6-8,7
Length uniformity ratio (bir xillik indeksi)	≥ 83%	≈ 83,2
Short fiber content (kalta tolalar indeksi)	≤ 5%	≈ 5,6
Elongation (uzayishi)	≥ 6%	≈ 8,8
Maturity (pishiqlik)	88%	
Fineness (mayinlik)	≤ 180 millitex (µg/m)	
Neps (nepslar)	< 200 / gramm	

XULOSA. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, paxta tolasining HVI tizimidagi sifat ko‘rsatkichlari bilan yigirilgan ipning pishiqligi o‘rtasida uzviy korrelyatsion bog‘liqlik mavjud bo‘lib, bu jarayonni bashorat qilishda A.N.Solovyov formulasidan foydalanish yuqori aniqlikni ta’minlaydi. O‘tkazilgan tahlillar CSP va Rkm kabi xalqaro ko‘rsatkichlar orqali ip sifatini standartlashtirish hamda mahalliy paxta navlarining texnologik imkoniyatlarini to‘liq baholashga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. A.Pirmatov, Sh.Maxkamova, F.Raxmatullinov. “To‘qimachilik mahsulotlari texnologiyasi va jihozlari” darslik, 8-9-b. Toshkent-2022.
2. S.L. Matismailov, Q.G‘. G‘ofurov, A. Pirmatov, Q.Jumaniyazov. “Xomashyoni yigirishgatayyorlash” darslilk, 100-b. Toshkent-2018.
3. T.V. Ratnam “Sitra norms for spinning mills” India, Coimbator 2010. Fibre quality index. HVI test sustem. 7–19-betlar.

ISSN 3030-3907

4. U.N.Yusupalieva. Sifatli ip olishda paxta tolasidan saralanma tuzish usullarini takomillashtirish. texnika fanlari bo‘yicha PhD ilmiy darajasini olish uchun Dissertatsiya, Toshkent 2020 y.
5. Q.Jumaniyazov. Iziskanie putey uluchsheniya kachestva effektivnogo ispolzovaniya volokon v pryaje 2015/4, Problemi tekstilya str.21-25.
6. Yusupalieva U.N., G‘ofurov Q.G‘., Pirmatov A.P. Evaluation of the results of mixtures formed in spinning mills // Actual problems of innovative technologies in the context of integration of science, education and production: Republican scientific-practical conference. TTESI: November 29-30, 2013, pp. 128-132.

ISSN 3030-3907

TERMINOLOGIK TIZIMNING LINGVISTIK MOHIYATI

Djabborova Mashhura Jo‘raqulovna
Sirdaryo viloyat pedagogik mahorat Tillar, pedagogika va ijtinmoiy-iqtisodiy fanlar metodikasi kafedrasi– katta o‘qituvchisi,
Tel: +998972482500
E-mail: djabbarova.21.06.83@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada terminologik tizimning lingvistik mohiyati, uning til tizimidagi o‘rni va ilmiy nutqdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Terminologik birliklarning semantik, struktur va funksional xususiyatlari yoritilib, terminlarning shakllanish jarayonlari hamda terminologiyaning rivojlanish omillari ilmiy jihatdan izohlanadi. Shuningdek, terminologik tizimning ilmiy bilimlarni tizimlashtirishdagi o‘rni va terminlarni standartlashtirish masalalari ham ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: terminologiya, termin, terminologik tizim, lingvistika, ilmiy til, semantika, leksika, terminologik birlik.

Abstract. This article analyzes the linguistic essence of the terminological system, its place within the language system, and its significance in scientific discourse. The semantic, structural, and functional characteristics of terminological units are examined, and the processes of term formation as well as the factors influencing the development of terminology are scientifically explained. In addition, the role of the terminological system in the systematization of scientific knowledge and the issues of standardization of terms are also discussed.

Keywords: terminology, term, terminological system, linguistics, scientific language, semantics, lexicon, terminological unit.

Аннотация. В статье анализируется лингвистическая сущность терминологической системы, ее место в языковой системе и ее значение в научном дискурсе. Описываются семантические, структурные и функциональные особенности терминологических единиц, а также научно объясняются процессы формирования терминов и факторы развития терминологии. Также рассматриваются роль терминологической системы в систематизации научных знаний и вопросы стандартизации терминов.

Ключевые слова: терминология, термин, терминологическая система, лингвистика, научный язык, семантика, лексика, терминологическая единица.

KIRISH.

Til insoniyat jamiyatining muhim kommunikativ vositasi bo‘lib, u nafaqat kundalik muloqot, balki ilmiy va kasbiy faoliyat jarayonida ham muhim rol o‘ynaydi. Ilm-fan va texnologiya rivojlangan sari yangi tushunchalar paydo bo‘ladi

ISSN 3030-3907

va ularni ifodalash uchun maxsus til birliklari zarur bo‘ladi. Ana shunday birliklar terminlar deb ataladi. Terminlar ilmiy tushunchalarni aniq va ixcham ifodalashga xizmat qiluvchi leksik birliklar hisoblanadi.Har bir fan yoki faoliyat sohasi o‘zining terminologik tizimiga ega bo‘lib, bu tizim ilmiy bilimlarning shakllanishi va rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi. Terminologik tizim muayyan soha tushunchalarining mantiqiy tizimini aks ettiruvchi terminlar majmuasidan iborat bo‘ladi. Shu sababli terminologik tizimni lingvistik jihatdan o‘rganish tilshunoslikning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi.

Terminologiya masalalarini o‘rganish ilmiy tilning rivojlanishi, bilimlarning tizimlashtirilishi hamda ilmiy muloqot samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Terminologik tizimning lingvistik mohiyatini aniqlash esa terminlarning til tizimidagi o‘rni va funksiyasini chuqurroq tushunishga yordam beradi.Terminologiya va termin tushunchasi. Terminologiya tilshunoslikning maxsus tushunchalarni ifodalovchi so‘zlar va so‘z birikmalarini o‘rganadigan sohasi hisoblanadi. Terminologiya tushunchasi ikki ma’noda qo‘llanadi. Birinchi ma’noda u muayyan fan yoki kasbiy faoliyat sohasiga oid terminlar majmuasini anglatadi. Ikkinchi ma’noda esa terminlarni o‘rganadigan ilmiy yo‘nalish sifatida talqin qilinadi.Termin muayyan ilmiy yoki kasbiy sohada qo‘llaniladigan va aniq tushunchani ifodalovchi maxsus so‘z yoki so‘z birikmasidir. Terminlar oddiy leksik birliklardan bir qator xususiyatlari bilan farqlanadi. Ular aniqlik, bir ma’nolilik, tizimlilik va barqarorlik kabi belgilar bilan tavsiflanadi. Oddiy so‘zlar ko‘p ma’noli bo‘lishi mumkin, terminlar esa asosan bitta ilmiy tushunchani ifodalaydi. Masalan, tilshunoslik fanida fonema, morfema, leksika, sintaksis kabi so‘zlar termin hisoblanadi.Fonema termini nutq tovushlarining ma’no farqlovchi eng kichik birligini bildiradi. Bu termin tilshunoslikda aniq ilmiy tushunchani ifodalaydi.Masalan, o‘zbek tilida bola va bolaq so‘zlari o‘rtasidagi farq bitta tovush orqali yuzaga keladi. Bu farqni aniqlashda fonema tushunchasi muhim ahamiyatga ega.Yana bir misol sifatida biologiya fanidagi hujayra terminini ko‘rsatish mumkin. Hujayra barcha tirik organizmlarning tuzilishidagi eng kichik birlik hisoblanadi.Bu misol terminlarning aniq ilmiy tushunchani ifodalashini ko‘rsatadi.Terminlarning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

aniqlik;

bir ma’nolilik;

tizimlilik;

barqarorlik;

Masalan, grammatika termini tilning grammatik qurilishini o‘rganadigan sohani bildiradi. Bu termin aniq bir ilmiy tushunchani ifodalaydi.

ISSN 3030-3907

Terminlarning muhim xususiyatlaridan biri ularning tizimlilik xususiyatidir. Har bir termin muayyan tushunchalar tizimining elementi hisoblanadi. Shu sababli terminlarni alohida holda emas, balki terminologik tizim tarkibida o‘rganish muhimdir.Terminologik tizim tushunchasi. Terminologik tizim muayyan fan yoki faoliyat sohasi doirasida qo‘llaniladigan terminlarning o‘zaro bog‘liq majmuasidir. Bu tizim ilmiy tushunchalar o‘rtasidagi mantiqiy munosabatlarni aks ettiradi. Terminologik tizimda har bir termin muayyan tushunchani ifodalaydi va boshqa terminlar bilan semantik hamda struktur jihatdan bog‘liq bo‘ladi.Terminologik tizimning asosiy xususiyatlaridan biri uning tizimli tuzilishidir. Terminlar tasodifiy ravishda emas, balki muayyan ilmiy tushunchalar tizimi asosida shakllanadi. Masalan, tilshunoslik terminologiyasida fonetika, fonema, morfema, sintaksis kabi terminlar bir-biri bilan uzviy bog‘liq bo‘lgan tushunchalarni ifodalaydi.Terminologik tizimning yana bir muhim xususiyati ierarxik tuzilishga ega ekanligidir. Bunda umumiy tushunchalar xususiy tushunchalarni o‘z ichiga oladi. Masalan, tilshunoslik tushunchasi ichida fonetika, leksikologiya, morfologiya, sintaksis kabi bo‘limlar mavjud. Har bir bo‘lim esa o‘z navbatida yana bir qator kichik tushunchalarni qamrab oladi.

Terminologik tizimning lingvistik xususiyatlari. Terminologik birliklarning lingvistik mohiyati ularning semantik, morfologik va sintaktik xususiyatlari orqali namoyon bo‘ladi. Terminlarning semantik xususiyati ularning aniq ilmiy tushunchani ifodalashiga bog‘liq. Terminlar odatda bir ma’noli bo‘lib, muayyan ilmiy tushunchaga qat’iy mos keladi.

Terminlarning semantik aniqligi ilmiy muloqot jarayonida muhim ahamiyatga ega. Chunki ilmiy nutqda tushunmovchilikka yo‘l qo‘ymaslik uchun terminlar aniq va barqaror ma’noga ega bo‘lishi zarur.Terminlarning struktur xususiyatlari ham muhim ahamiyatga ega. Terminlar tuzilishiga ko‘ra sodda va murakkab shakllarda bo‘lishi mumkin. Sodda terminlar bir so‘zdan iborat bo‘ladi. Masalan, til, nutq, tovush kabi birliklar sodda terminlarga misol bo‘la oladi. Murakkab terminlar esa ikki yoki undan ortiq so‘zdan tashkil topadi. Masalan, so‘z birikmasi, nutq madaniyati, terminologik tizim kabi birliklar murakkab terminlar hisoblanadi.

Terminlar ba’zan terminologik birikmalar shaklida ham qo‘llaniladi. Bunday birikmalar ilmiy matnlarda keng uchraydi va muayyan tushunchani yanada aniqroq ifodalashga xizmat qiladi.Terminlarning shakllanish usullari. Terminlar til tizimida turli yo‘llar orqali shakllanadi. Terminlarning hosil bo‘lishida so‘z yasash jarayoni muhim rol o‘ynaydi. Affikslar yordamida yangi terminlar yaratiladi. Masalan, til so‘ziga -shunoslik qo‘shimchasi qo‘shilib tilshunoslik termini hosil qilinadi.Terminlarning shakllanishida o‘zlashma so‘zlar ham muhim o‘rin tutadi.

ISSN 3030-3907

Ko‘plab ilmiy terminlar boshqa tillardan kirib kelgan. Masalan, grammatika, fonetika, leksikologiya kabi terminlar yunon va lotin tillaridan o‘zlashgan.Terminlar ba’zan kalkalash usuli orqali ham yaratiladi. Bunda chet tilidagi terminning ma’nosi tarjima qilinib yangi termin hosil qilinadi. Bu usul milliy terminologiyani boyitishda muhim ahamiyatga ega.Terminologik tizimning ilmiy nutqdagi ahamiyati. Terminologik tizim ilmiy nutqning asosiy tarkibiy qismlaridan biridir. Ilmiy matnlarning mazmuni ko‘p jihatdan terminlar orqali ifodalanadi. Terminlar ilmiy tushunchalarni aniq ifodalash, bilimlarni tizimlashtirish va ilmiy axborotni uzatishda muhim vosita hisoblanadi. Terminologiya tilning leksik boyligini oshiradi. Har bir yangi fan sohasi yangi terminlarning paydo bo‘lishiga olib keladi.

Masalan, axborot texnologiyalari rivojlanishi bilan quyidagi terminlar keng tarqaldi:sun’iy intellekt, raqamli texnologiya, ma’lumotlar bazasi.Sun’iy intellekt termini kompyuter tizimlarining inson tafakkuriga o‘xshash jarayonlarni bajarish qobiliyatini bildiradi.Ma’lumotlar bazasi esa axborotni saqlash va boshqarish tizimini anglatadi.Bu terminlar zamonaviy ilmiy taraqqiyotning til tizimiga ta’sirini ko‘rsatadi.

Ilmiy nutqda terminlarning to‘g‘ri qo‘llanilishi matnning aniqligi va mantiqiyligini ta’minlaydi. Terminologik tizim ilmiy muloqot jarayonida yagona tushunchalar tizimini shakllantiradi va mutaxassislar o‘rtasida samarali kommunikatsiyani ta’minlaydi.Ilm-fan rivojlanishi bilan terminologik tizim ham boyib boradi. Yangi ilmiy tushunchalar paydo bo‘lishi yangi terminlarning yaratilishiga olib keladi. Bu jarayon terminologiyaning uzluksiz rivojlanishini ta’minlaydi.Terminologiyani standartlashtirish masalalari. Terminologik tizimni rivojlantirish jarayonida terminlarni standartlashtirish muhim ahamiyatga ega. Standartlashtirish terminlarning yagona shaklini belgilash va ularning to‘g‘ri qo‘llanilishini ta’minlashga xizmat qiladi.Turli variantdagi terminlarning mavjudligi ilmiy muloqotda tushunmovchilikka sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli terminlarni yagona me’yor asosida qo‘llash muhimdir. Terminologiyani standartlashtirish ilmiy tilning barqaror rivojlanishini ta’minlaydi.

Terminologik tizim til tizimining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, ilmiy tushunchalarni ifodalashda asosiy vosita hisoblanadi. Terminlar ilmiy bilimlarning shakllanishi va rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi. Terminologik tizimning lingvistik mohiyati terminlarning semantik aniqligi, struktur xususiyatlari va ilmiy nutqdagi funksional ahamiyati orqali namoyon bo‘ladi.Terminologiyani lingvistik jihatdan o‘rganish ilmiy tilni rivojlantirish, terminlarni standartlashtirish va milliy terminologiyani boyitish jarayonida muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli

ISSN 3030-3907

terminologik tizimni chuqur o‘rganish zamonaviy tilshunoslikning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Terminologik tizim til tizimining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Terminlar ilmiy tushunchalarni aniq va tizimli ifodalashga xizmat qiladi.Terminologik tizim muayyan fan sohasiga oid terminlarning o‘zaro bog‘langan majmuasidir. Bu tizimda terminlar semantik va mantiqiy aloqalar asosida birlashadi.Terminlarning aniqligi, bir ma’noliligi va tizimliligi ilmiy nutqning samaradorligini ta’minlaydi.Terminologiya masalalarini o‘rganish tilshunoslik rivoji uchun muhim ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Dmitriy Lotte – *Osnovy postroeniya nauchno-tekhnicheskoy terminologii*. Moskva, 1961.
2. V. V. Vinogradov – *Leksikologiya i leksikografiya*. Moskva, 1977.
3. A. A. Reformatskiy – *Vvedeniye v yazykovedeniye*. Moskva, 1967.
4. E. Nida – *Componential Analysis of Meaning*. The Hague, 1975.
5. John Lyons – *Linguistic Semantics*. Cambridge, 1995.
6. S. V. Grinev-Grinevich – *Terminologiya*. Moskva, 2008.
7. B. N. Golovin – *Vvedeniye v terminovedenie*. Moskva, 1987.
8. R. A. Budagov – *Vvedeniye v nauku o yazyke*. Moskva, 1965.
9. Sh. Rahmatullayev – *Hozirgi o‘zbek adabiy tili leksikologiyasi*. Toshkent, 2006.
10. A. Hojiyev – *O‘zbek tili terminologiyasi masalalari*. Toshkent, 1985.
11. N. Mahmudov – *Til va terminologiya*. Toshkent, 2010.
12. I. Qosimov – *Ilmiy terminlarning lingvistik xususiyatlari*. Toshkent, 2015.

ISSN 3030-3907

TYUBEGATAN SILVINIT RUDASI TARKIBINING KIMYOVIY TAHLILI HAMDA SUVDA ERIMAYDIGAN QOLDIQ QISMINING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Boboxonova Zebo Bobomurod qizi
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali, magistranti
Erkayev Aktam Ulashevich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti, professor
Xalilov Muzaffar Nurmamatovich
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, katta-o‘qituvchisi

Annotatsiya. Tyubegatan konining past navli silvinit rudasini turli xil tarkibdagi fraktsiyalari bo‘yicha suvda erimaydigan qoldiqning (e.q) taqsimlanishini o‘rganish natijalari keltirilgan va ko‘rsatilgan, ruda tarkibidagi kaliy xlorid miqdorining pasayishi bilan erimaydigan qoldiqning miqdori 3,25 % dan 5,30 % gacha ko‘tarilishi kuzatilgan. Suvda erimaydigan qoldiqlar bilan qatlamdagi kaliy xlorid orasidagi bog‘liqlikni aniqlash maqsadida, silvinitning kimyoviy tarkibi o‘zgarishi o‘rganildi. Silvinit namunalarini (oq va qizil silvinit) sitadan o‘tkazib, maydalangan xomashyoni donadorlash foiz tarkibi o‘rganilgan. 0,125 mm fraktsiyaning 1 mm fraktsiyaga nisbati 21,75 % dan 8 % gacha kamayadi, natijada daraja pasayadi bu silvinit rudalari tarkibida silikat bo‘lmagan minerallar, karbonat va sulfat minerallari borligi bilan ifodalanadi. Olingan ma’lumotlar fizik-kimyoviy tahlil usullari bilan tasdiqlandi.

Kalit so‘zlar: tyubegatan, silvinit, suvda erimaydigan qoldiq, kaliy xlorid, natriy xlorid, karbonat, sulfat, shlamsizlantirilgan, mineralogik, rentgenogramma, suspenziya.

Аннотация. Представлены результаты исследования распределения нерастворимого в воде остатка (н.о.) по фракциям различного состава низкосортной сильвинитовой руды Тюбегатанского месторождения. Показано, что с уменьшением содержания хлорида калия в руде наблюдается увеличение количества нерастворимого остатка с 3,25% до 5,30%. С целью определения взаимосвязи между нерастворимым в воде остатком и хлоридом калия в пласте было изучено изменение химического состава сильвинита. Образцы сильвинита (белый и красный) были просеяны, и был изучен гранулометрический состав измельчённого сырья. Соотношение фракции 0,125 мм к фракции 1 мм уменьшается с 21,75% до 8%, в результате чего снижается сортность, что объясняется наличием в сильвинитовых рудах несиликатных минералов, а также карбонатных и сульфатных минералов. Полученные данные подтверждены методами физико-химического анализа.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: тюбегатан, сильвинит, нерастворимый в воде остаток, хлорид калия, хлорид натрия, карбонат, сульфат, обесшламленный, минералогический, рентгенограмма, суспензия.

Abstract. This paper presents the results of a study on the distribution of water-insoluble residue (WIR) across fractions of various compositions in the low-grade sylvinite ore of the Tyubegatan deposit. It has been shown that as the potassium chloride content in the ore decreases, the amount of insoluble residue increases from 3.25% to 5.30%. To determine the relationship between the water-insoluble residue and potassium chloride within the seam, the change in the chemical composition of sylvinite was studied. Sylvinite samples (white and red) were sieved, and the granulometric composition of the crushed raw material was examined. The ratio of the 0.125 mm fraction to the 1 mm fraction decreases from 21.75% to 8%, resulting in a lower grade. This is attributed to the presence of non-silicate minerals, as well as carbonate and sulfate minerals, in the sylvinite ores. The data obtained were confirmed by methods of physicochemical analysis.

Keywords: Tyubegatan, sylvinite, water-insoluble residue, potassium chloride, sodium chloride, carbonate, sulfate, deslimed, mineralogical, radiograph, suspension.

KIRISH.

O‘zbekiston iqtisodiy rivojlanishining ustuvor yo‘nalishi mavjud mineral-xomashyo resurslarini o‘zlashtirish va sanoat ishlab chiqarishiga jalb etish, ularni chuqur qayta ishlash asosida mavjud ishlab chiqarishlarni takomillashtirish va yangilarini tashkil etishdan iborat [1]. Kaliy sanoati Tyubegatan koni silvinit rudalarini kaliy xloridga flotatsion qayta ishlashga asoslangan Respublika kimyo sanoatining yangi tarmog‘idir. Kaliy qishloq xo‘jaligi ekinlarining eng muhim ozuqa elementlaridan biridir. U o‘simliklarda o‘sish va moddalar almashinuvi jarayonlarini boshqaruvchi bir qator fiziologik funksiyalarga ta’sir ko‘rsatadi. Tuproqda kaliy yetishmasligi turli kasalliklarga olib keladi [2, 3, 4]. Respublika nafaqat o‘zining kaliyli o‘g‘itlarga bo‘lgan ehtiyojini qondiradi, balki eksport ham qiladi. Biroq, jahon bozorida kaliyli o‘g‘itlarga bo‘lgan talabning ortishi bilan, kaliyli o‘g‘itlar olishda foydalanish uchun o‘zlashtirilmagan, yangi silvinit xomashyosi konlarini qayta ishlash bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazish zarurati yuzaga kelmoqda [5].

Shlamsizlantirish - konsentrat sifatini oshirish maqsadida maydalangan rudalarning eng nozik dispers qismini (shlamlarni) pulpadan ajratib olishdan iborat dastlabki ishlov berish jarayonidir [6]. Silvinit rudalarini shlamlardan tozalashning u yoki bu usulini qo‘llash ular tarkibidagi erimay qolgan qoldiqning miqdoriga bog‘liq bo‘ladi [7-8]. Faqat flotatsion boyitish usuli bilan tozalash sxemasi

ISSN 3030-3907

bo‘yicha ishlaydigan fabrikalarda ruda tarkibidagi erimay qolgan qoldiq miqdori 2,5 % dan oshmaydi.

Silvinit rudalarini shlamlardan tozalash usuli ma’lum bo‘lib, u boyitish jarayonida kaliy xlorid yo‘qotilishini kamaytirish, erimay qolgan qoldiqni yo‘qotish jarayonlarining samaradorligini 68 % gacha oshirish va shlamlardan tozalash sxemalarini soddalashtirish imkonini beradi [9].

Zamonaviy flotatsiya quyidagicha olib boriladi: o‘ta maydalangan ruda bo‘tana holda flotoreagentlar deb nomlanuvchi organik yoki noorganik moddalar bilan ishlov beriladi (qattiq zarralarning yuza xossalarini kuchaytirish maqsadida). Shu vaqtgacha biz yuzasi suv bilan tabiiy ravishda qo‘llanmaydigan minerallarning flotatsiyalanishi haqida so‘z yuritdik. Biroq, flotatsiya usulida boyitishning keng tarqalgani shu bilan tushuntiriladiki, mineral zarracha yuzasining xossalari sun’iy ravishda o‘zgartirilishi, ya’ni gidrofil yoki gidrofob qilinishi mumkin [10].
Shuning uchun bizning tadqiqotimizning maqsadi silvinit ma’danlarining kimyoviy, fraksion tarkiblarini va erimaydigan qoldiqning (n.o.) Xo‘jaikon konining.

MATERIALLAR VA METODLAR. Yuqorida aytilganlar bilan bog‘liq holda, tadqiqotning maqsadi silvinit namunalarining (oq va qizil silvinit) kimyoviy tarkibini o‘rganish va maydalangan silvinit namunalarini sitadan o‘tkazib, maydalangan xomashyoni donadorlash foiz tarkibini o‘rganish hamda fraksiyalarda kaliy xlorid, natriy xlorid va erimay qolgan qoldiqning foiz tarkibini o‘rganishdan iborat.

Taqdqiqot mobaynida keyingi kimyoviy modda va reagentlar o‘rganildi: Tyubegatan koni past navli silvinit namunalari.

Silvinit namunalarining kimyoviy tarkibini o‘rganish orqali fizikaviy va mineralogik tarkibi aniqlandi. Xom-ashyoning namligini aniqlash (KCl) mahsulotlarida 105^0C gacha quritish metodikasi bo‘yicha olib borildi. Ushbu tadqiqot kimyoviy tarkib metodikasi bo‘yicha amalga oshirildi. Magniy va kalsiy ionlarini aniqlash hajmiy kompleksnometrik usulda fluorekson indikatori ishtirokida Trilon-B bilan titrlash orqali olib borildi. Kaliy ioni miqdorini aniqlash tetrafenil-borat usulida va alanga fotolitriyasi usulida olib borildi. Natriy ioni aniqlash alanga fotometriya va hisoblash usullarida olib borildi [11]. Xlor ionini aniqlash Mor metodida, sulfat ionini aniqlash tarozida tortishning $BaSO_4$ formasida amalga oshirildi. Suvda erimaydigan qoldiqlar bilan qatlamdagi kaliy xlorid orasidagi bog‘liqlikni aniqlash maqsadida, silvinitning kimyoviy tarkibi o‘zgarishi o‘rganildi.
Ikki xil namunadagi silvinit rudasini kimyoviy tarkibi aniqlandi (Jadval-1).

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Dastlabki ikki hil silvinit (oq va qizil silvinit) xomashyosining foiz tarkibi

T/R	KCl	NaCl	$MgCl_2$	$CaSO_4$	Fe_2O_3	E.q	W
1	19	71,2	1,6	1,5	0,3	5,6	0,7
2	24,2	67,3	0,5	0,6	0,43	6,14	0,82

Kaliy xlorid miqdori 19 % dan 24,2 % gacha, natriy xlorid 67,3 % dan 71,2 % gacha o‘zgaradi. Erimaydigan qoldiq (e.q) miqdori 5,6-6,14 % ni tashkil etadi. Tubegatan koni rudasining yiriklik fraksiyalari bo‘yicha (e.q) taqsimlanishini o‘rganish ishlari ushbu maqsad uchun tanlab olingan tarkibida har xil miqdorda (e.q) bo‘lgan past navli silvinit rudalarining ikki xil namunasida tadqiqotlar olib borildi.

O‘rta holatga keltirish maqsadida, ma’lum konsentratsiyali maydalangan ikki xil namunadagi silvinit rudalarini +0,125; ; +0,25; +0,5; +1; +2; +5; +10 mm diametrli fraksiyalarga bo‘lindi. Har bir fraksiyaning kimyoviy tarkibi o‘rganildi.

Birinchi navbatda katta bo‘laklar jag‘li maydalagich yordamida 3–5 mm gacha maydalangan holga keltirildi. Namuna quritish shkafida 105°C da doimiy massa hosil bo‘lguncha quritildi. Standart granulometrik tahlil uchun turli o‘lchamdagi elaklar tanlandi (Masalan:+10; +5; +2; +1; +0,5; +0,25; +0,125). Tayyorlangan namunadan 400 g o‘lchab olindi va eng yuqori elakka solindi. So‘ngra 15 minut davomida mexanik vibratsion elaklarda fraksiyalarga ajratildi va maydalangan xomashyoni donadorlash tarkibi (foizlarda) aniqlandi (2-Jadval).

2-Jadval

Silvinit namunalarini sitadan o‘tkazib maydalangan xomashyoni donadorlash tarkibi (foiz)

T/R	0,125 mm	0,25 mm	0,5 mm	1 mm	2 mm	5 mm	10 mm
1	5,7	8,6	11,6	16,1	19,1	23,5	15,3
2	5,4	4,8	6,8	9,8	14	29	30

Birinchi silvinit namunasini bo‘laklari o‘lchamining 0,125 mm fraktsiyaning 5 mm fraktsiyaga nisbati 23,5 % dan 5,7 % gacha kamayadi, ikkinchi silvinit namunasida 0,125 mm fraksiyaning 10 mm fraksiyaga nisbati 30 % dan 5,4 % gacha kamayadi, bu silvinit rudalari tarkibida silikat bo‘lmagan minerallar, karbonat va sulfat minerallari borligi bilan ifodalanadi.

Kaliy xloridning kelib tushayotgan ruda fraksiyalarining yirikligiga qarab taqsimlanishini aniqlash uchun fraksion kimyoviy tarkibi o‘rganildi (3-Jadval).

3-Jadval

Tyubegatan koni silvinit rudalarining mineral va fraksion tarkibi (foizda)

T/R	Fraksiyalar (mm)	Miqdori		
		NaCl	KCl	Erimaydigan qism

ISSN 3030-3907

1	0,125	68,6	25,7	5,7
	0,25	69,8	24	6,2
	0,5	69,8	23,1	7,1
	1	70,3	22,4	7,3
	2	70,4	21,4	8,2
	5	70,5	20,8	8,7
	10	71,2	19,7	9,1
2	0,125	65,2	29,4	5,4
	0,25	66,07	27,9	6
	0,5	67,08	26,5	6,4
	1	67,15	25,8	7
	2	69,03	23,7	7,2
	5	69,55	22,3	8,1
	10	69,72	21,5	8,7

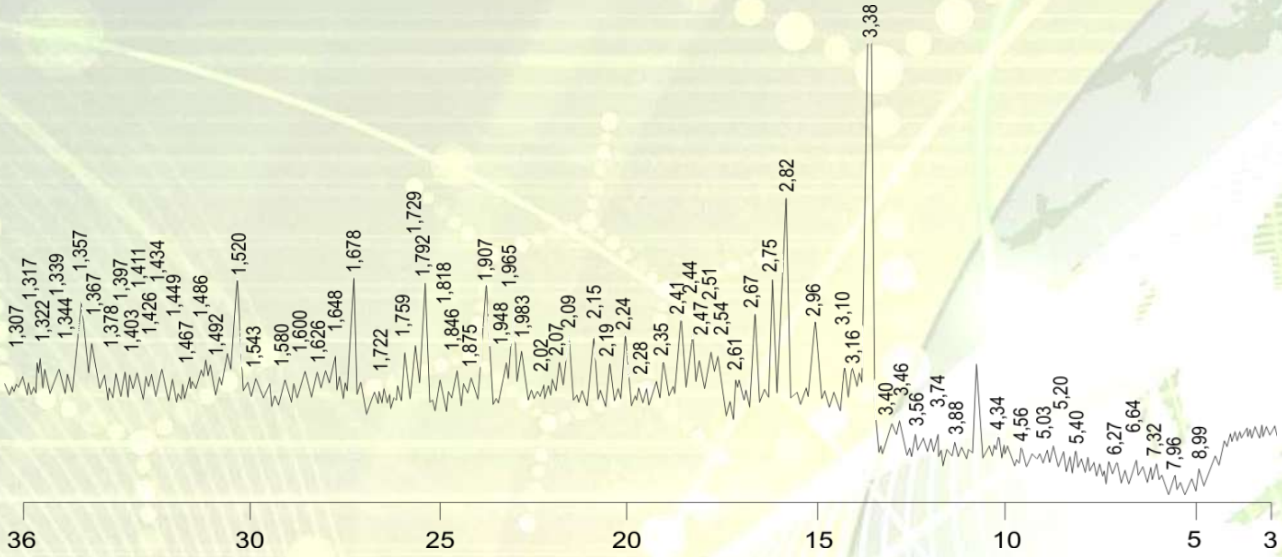
Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, silvinit rudalarining asosiy fraksiyasi +10 mm ni tashkil etadi. Rudadagi kaliy xloridning 19 % dan 24,2% gacha ortishi bilan NaCl miqdori 71,2 % dan 65,2 % gacha kamayadi. Rudadagi KCl miqdorining oshishi KCl ning barcha fraksiyalarga bir tekis taqsimlanmasligiga olib keladi. Bunda ma’dandagi natriy xlorid miqdori 19 % KCl tarkibli ma’danda 71,2 % dan 68,6 % gacha va 24,2 % KCl tarkibli ma’danda 69,72 % dan 65,2 % gacha bir tekisda kamayadi.

Fraksiyalar o‘lchamining kamayishi 19 % tarkibli ruda uchun erimay qolgan qoldiqning (e.q) miqdori 5,7 % dan 9,1 % gacha, 24,2 % tarkibli ruda uchun erimay qolgan qoldiqning (e.q) miqdori 5,4 % dan 8,7 % gacha ortishi kuzatildi.

Erimay qolgan qoldiqning (e.q) tuz tarkibini tasdiqlash uchun difraktogrammalar va IQ-spektrlar olindi (1, 2-rasmlar).

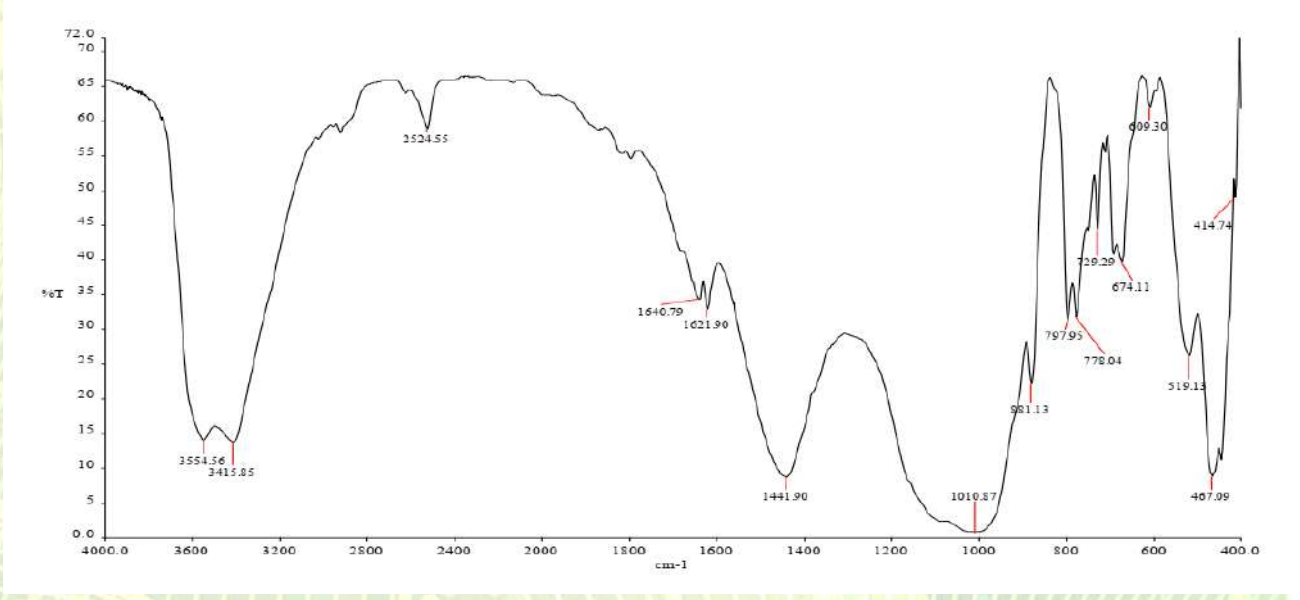
Rentgenogrammada kalsiy va magniy karbonatlariga, ikkita suvli va suvsiz sulfatga tegishli difraksion maksimumlar mavjud.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Suvda erimaydigan qoldiqning rentgenogrammasi

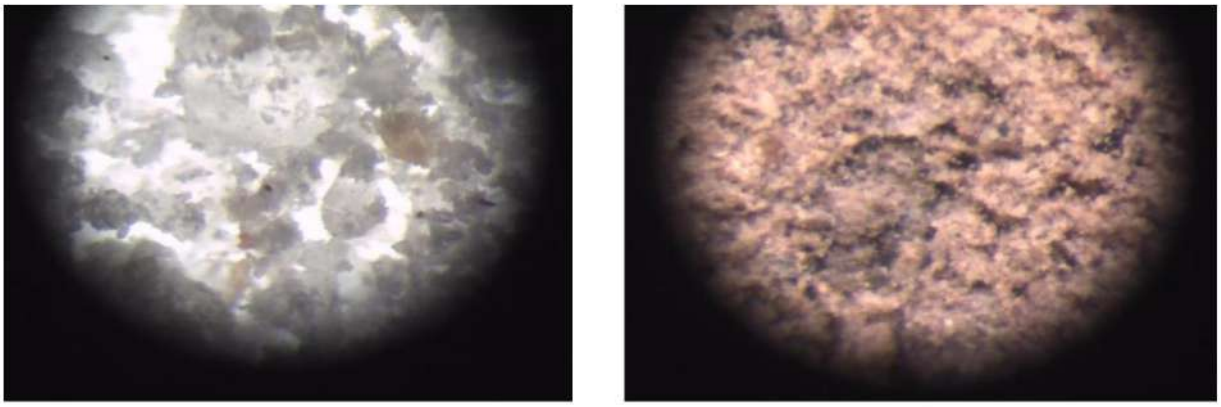
IQ-spektrlarda sulfat guruhlariga tegishli 1008,44 sm^{-1} yutilish chiziqlari mavjud. Yutilish chiziqlari 3557,42; 3430,55 sm^{-1} nisbatda gipsning yarim gidrati va digidratiga, 878,32; 467,21 sm^{-1} yutilish chiziqlari esa silikatlarga to‘g‘ri keladi. Bu ma’lumotlar kimyoviy va rentgen-fazaviy tahlillar natijalarini tasdiqlaydi.



2-rasm. Suvda erimaydigan qoldiqning IQ-spektri

Mikroskopik tasvirlar NSZ-810 stereomikroskopida 50 marta kattalashtirilgan holda olingan (3-rasm).

ISSN 3030-3907



а *б*

3-rasm. Tyubegatan konining silvinitining va suvda erimaydigan qoldig‘ining mikroskopik surati: a – silvinit, b – e.q.

3-a rasmda dastlabki silvinitning mikrofotografiyasi keltirilgan. Fotosuratning yorug‘qismi natriy xlorid, kaliy xlorid va karbonatlardan iborat. To‘q dog‘lanish - bu erimay qolgan qoldiq (e.q).

3-b rasmda erimay qolgan qoldiq (e.q) ning mikrofotografiyasi keltirilgan. Bu Tyubegatan koni silvinit rudasining e.q. tarkibini yana bir tasdiqlovchi dalil bo‘lib, u ko‘proq to‘q dog‘larga ega bo‘lib, ular e.q. ning sulfatli va silikatli tarkibiy qismlari bilan bog‘liq.

XULOSA.

Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqotlar orqali Tyubegatan konidan keltirilgan silvinit namunalarining kimyoviy va fraksion tarkibi aniqlandi. Tyubegatan konining silvinit rudalari e.q tarkibida silikat bo‘lmagan minerallar, asosan karbonatli va sulfatli minerallar mavjudligi fizik-kimyoviy tadqiqotlar orqali aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son “2017-2021-yillarda O‘zbekiston Respublikasining beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

2. Mirzakulov X.Ch., Samadiy M.A., Usmanov I.I., Isakov A.F., Kalanov G.U. Flotatsion kaliy xloridning fizik-kimyoviy va tovar xossalarini yaxshilash bo‘yicha tadqiqotlar. “Химия и химическая технология” jurnali. – Toshkent, 2018. – No 3. - B. 11-13.

3. Nabiyev M.N., Osichkina R.G., To‘xtayev S.T. Kaliy sulfat mikroelementlar bilan. Toshkent, “Fan” 1988. 164 b.

4. Samadiy M.A. Tyubegatan past navli silvinitlari va galit chiqindilaridan kaliy va natriy xloridlarini olish texnologiyasi. Diss. ... f.d. (PhD) – Toshkent, 2018. 143 b.

5. Samadiy M.A., Boboqulov A.X., Rosilov M., Adinaev X.A., Mirzaqulov X.Ch. Tyubegetan konining past navli silvinit rudalarini shlamsizlantirish jarayonini

ISSN 3030-3907

tadqiq etish. Universum: Texnika fanlari: elektron ilmiy jurnal. Moskva, 2016 No 9 (30). S. URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3583.
6. Горная энцеклопедия: В 5 т. Т. 3. Кенган – Орт // гл. ред. Е.А. Козловский. - М.: Советская энциклопедия, 1987. - 592 с.
7. Удобрения, их свойства и способы использования // под ред. Д.А. Коренькова. – М.: Колос, 1982. - 415 с.
8. Murodjon Samadiy et al. Research of The Reasons for Decreasing the Degree of Desliming of The Sylvinite Ore of the Tyubegatan Deposit // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. sci. 2022.1111 012058. DOI 10.1088/1755- 1315/1111/1/012058.
9. Патент 2144435. РФ, МПК B03D1/02. Способ получения хлористого калия из калийсодержащих руд //
10. Тетерина Н.Н., Кикот В.К., Софьин А.К., Вахрушев А.М.; заявитель и патентообладатель ОАО «Уралкалий».-№ 98106520/03; заявл. 08.04.1998; опубл. 20.01.2000.
11. Патент 2147011. РФ. МПК7 C01D3/08, C05D1/04. Способ получения хлористого калия // Чернов В.С.,

ISSN 3030-3907

ATMOSFERA HAVOSIDAGI NAMLIGNI KONDENSATSIYA QILISH ORQALI SUV OLISH TEXNOLOGIYASINING IQLIMIY VA ENERGETIK SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Mardonov Davron Shamsi o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, katta o‘qituvchi
E-mail: mardonov.d@inbox.ru
Sayfullayev Ma’mur Muhammadiyevich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, talaba
E-mail: mamur5012@gmaill.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada atmosfera havosidagi namlikni kondensatsiya qilish asosida suv olish texnologiyasining nazariy va amaliy jihatlari tadqiq etilgan. Tadqiqotning dolzarbligi suv resurslari taqchilligi kuzatilayotgan hududlarda muqobil suv manbalarini izlash zarurati bilan izohlanadi. Ishda havodan suv ajratib olish jarayonining fizik mohiyati, bug‘-siqishli sovutish sikliga asoslangan atmosfera suv generatorlarining ishlash prinsipi hamda ularning energiya sarfi tahlil qilindi. Baholash jarayonida shudring nuqtasi, kondensatsiya sharoitlari, MHI indeksi va solishtirma energiya sarfi mezonlaridan foydalanildi. O‘zbekistonning turli iqlim hududlari misolida texnologiyaning mavsumiy samaradorligi qiyosiy o‘rganildi. Natijalar nisbiy namlik yuqori bo‘lgan va havo harorati shudring nuqtasiga yaqin sharoitlarda texnologiya samaradorligi ortishini ko‘rsatdi. Tadqiqot xulosalari atmosfera suv generatorlarini suv tanqisligi mavjud hududlarda joriy etish uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi [6-9, 17].

Kalit so‘zlar: atmosfera suv generatori, kondensatsiya, havodan suv olish, shudring nuqtasi, nisbiy namlik, MHI indeksi, energiya sarfi, iqlimiy samaradorlik.

Аннотация. В данной статье исследованы теоретические и прикладные аспекты технологии получения воды из атмосферного воздуха путем конденсации влаги. Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска альтернативных источников водоснабжения в регионах, испытывающих дефицит питьевой воды. Рассмотрены физическая сущность процесса извлечения влаги из воздуха, принцип действия атмосферных генераторов воды на основе парокомпрессионного холодильного цикла, а также показатели их энергопотребления. В качестве методической основы использованы параметры точки росы, условий конденсации, индекс MHI и критерий удельных затрат энергии. На примере отдельных климатических зон Узбекистана выполнена сравнительная оценка сезонной эффективности технологии. Установлено, что при повышенной относительной влажности и приближении температуры воздуха к точке росы результативность конденсационного водоизвлечения возрастает. Полученные результаты

ISSN 3030-3907

могут служить научно-практической основой для применения атмосферных генераторов воды в вододефицитных территориях.

Ключевые слова: атмосферный генератор воды, конденсация, извлечение воды из воздуха, точка росы, относительная влажность, индекс MHI, энергопотребление, климатическая эффективность.

Annotation. This article examines the theoretical foundations and practical features of water extraction from atmospheric air through moisture condensation. The relevance of the study is determined by the growing need for alternative water supply technologies in regions facing drinking water scarcity. The research analyzes the physical nature of air moisture condensation, the operating principle of atmospheric water generators based on the vapor-compression refrigeration cycle, and their energy consumption characteristics. The comparative assessment was carried out using dew point conditions, condensation parameters, the Moisture Harvesting Index (MHI), and specific energy consumption indicators. The seasonal efficiency of the technology was evaluated for several climatic regions of Uzbekistan. The results show that the effectiveness of condensation-based water extraction increases under conditions of higher relative humidity and air temperature close to the dew point. The obtained findings may serve as a scientific and practical basis for the deployment of atmospheric water generators in water-deficient areas.

Keywords: atmospheric water generator, condensation, water extraction from air, dew point, relative humidity, Moisture Harvesting Index, energy consumption, climatic efficiency.

KIRISH.

Dunyoning ko‘plab hududlarida ichimlik suvi tanqisligi ekologik va ijtimoiy barqarorlikka bevosita ta’sir qiluvchi omillardan biriga aylanib bormoqda. Chuchuk suv resurslarining asosiy qismi daryo, ko‘l va yer osti suvlariga to‘g‘ri keladi. Biroq iqlim o‘zgarishi, suvdan samarasiz foydalanish, aholi sonining ortishi va urbanizatsiya jarayonlari mazkur resurslarga tushayotgan bosimni kuchaytirmoqda [1-6].

Markazlashgan suv ta’minoti tarmoqlari mavjud bo‘lmagan yoki chekka hududlarda ichimlik suvi bilan ta’minlash muammosi yanada keskin namoyon bo‘ladi. Shu sababli atmosfera havosidan suv olish texnologiyalari muqobil va istiqbolli yo‘nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. Atmosfera tarkibidagi suv bug‘i ma’lum termodinamik sharoitlarda kondensatsiyalanib, foydali suv manbaiga aylantirilishi mumkin [7-9].

Atmosfera suvini yig‘ish usullari odatda passiv usullar, faol sovutish usullari, sorbsiya usullari va gibrid texnologiyalarga ajratiladi. Ulardan faol

ISSN 3030-3907

sovutishga asoslangan atmosfera suv generatorlari amaliy qo‘llanishda kengroq tarqalgan bo‘lib, nisbatan yuqori suv hosildorligi bilan ajralib turadi. Bunda havoni shudring nuqtasidan past haroratgacha sovitish orqali suv bug‘i suyuq holatga o‘tkaziladi [7-9, 10-17].

Mazkur tadqiqotning maqsadi O‘zbekistonning turli iqlim hududlari misolida havodagi namlikni kondensatsiya qilish orqali suv olish texnologiyasining qo‘llanish imkoniyatlarini baholash, MHI indeksi va solishtirma energiya sarfi asosida hududiy farqlarni aniqlash hamda amaliy joriy etish bo‘yicha xulosalar ishlab chiqishdan iborat [18, 19].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot obyekti sifatida bug‘-siqishli sovutish sikliga ega atmosfera suv generatori qabul qilindi. Hududiy tahlil uchun O‘zbekistonning Navoiy, Buxoro, Qashqadaryo, Qoraqalpog‘iston, Xorazm va Jizzax hududlari tanlandi. Ushbu hududlar atmosfera namligi va harorat rejimi bo‘yicha bir-biridan farqlanadi va AWG texnologiyasi uchun turli ish sharoitlarini ifodalaydi [6, 15, 19].

Kondensatsiya jarayonining fizik mohiyati

$$T_s \le T_{Hshn} \quad (1)$$

Bu yerda:

T_s — sovitish yuzasi harorati, °C;

T_{Hshn} — havoning shudring nuqtasi harorati, °C.

Shudring nuqtasi haroratini aniqlash ifodasi:

$$T_{Hsh} = \frac{b \cdot \gamma(T,\varphi)}{a - \gamma(T,\varphi)} \quad (2)$$

$$\gamma(T,\varphi) = \frac{a \cdot T}{b + T} + \ln\left(\frac{\varphi}{100}\right) \quad (3)$$

Bu yerda:

T — havo harorati, °C;

φ — havoning nisbiy namligi, %;

a = 17.27;

b = 237.7 °C.

Shudring nuqtasi — havo soviganda, undagi suv bug‘i to‘yinish holatiga yetib, kondensatsiya boshlanadigan harorat. Ya’ni shu haroratda havo namligi 100% ga tenglashadi. Nisbiy namlik oshsa, shudring nuqtasi joriy haroratga yaqinlashadi; namlik kamayganda esa undan ancha past bo‘ladi [9, 17].

Namlik-entalpiya ko‘rsatkichi va energiya sarflarini quydagi ifoda yordamida aniqlaymiz [18, 19].

$$MHI_i = f(T_i, \varphi_i, h_i) \quad (4)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda:

MHI – *i*-oy uchun namli-entalpiya ko‘rsatkichi;

T_i – *i*-oydagi o‘rtacha havo harorati;

φ_i – *i*-oydagi o‘rtacha nisbiy namlik;

h_i – nam havoning entalpiyasi.

$$W = m_q \cdot (w_{kir} - w_{chiq}) \cdot t \quad (5)$$

Bu yerda:

W – yig‘ilgan suv massasi, kg yoki L;

m_q – havoning massaviy sarfi, kg/s;

w_{kir} – kiruvchi havoning namlik miqdori, kg/kg quruq havo;

w_{chiq} – chiquvchi havoning namlik miqdori, kg/kg quruq havo;

t – ishlash vaqti, s.

Solishtirma energiya sarfi quydagicha aniqlanadi:

$$e = \frac{E}{W} \quad (6)$$

Bu yerda:

e – solishtirma energiya sarfi, kWh/L;

E – sarflangan elektr energiya, kWh;

W – yig‘ilgan suv miqdori, L.

Atmosfera havosidan suv olish qurilmasi kompressor, kondensator, kengaytirish klapani, bug‘latgich va ventilatordan tashkil topgan yopiq sovutish sikliga asoslanadi. Bug‘latgich yuzasida havo sovitiladi va undagi suv bug‘i kondensatsiyalanib, maxsus yig‘gichga yo‘naltiriladi. Kondensator esa sovutish siklining tashqi muhitga issiqlik beruvchi qismi bo‘lib xizmat qiladi [6, 11, 15, 20, 21].

ISSN 3030-3907

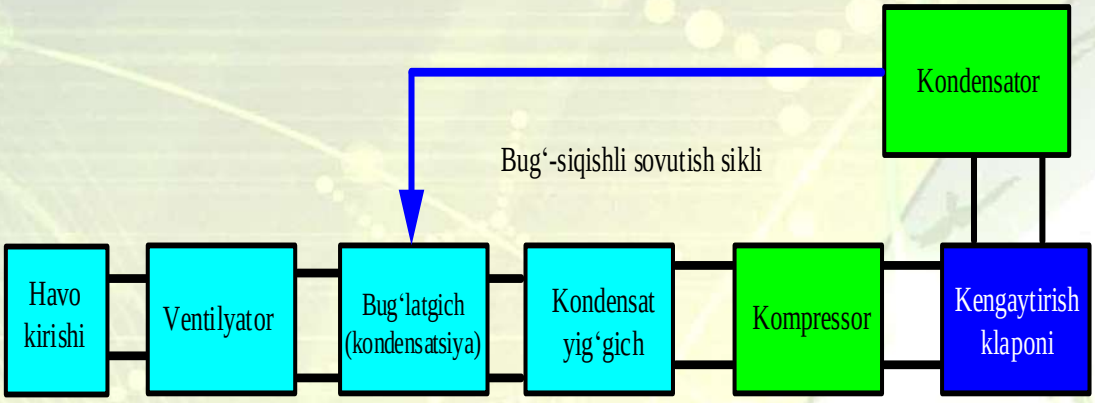


1-rasm. Atmosfera havosidan suv olish qurilmasining tajriba nusxasi uchun konstruktiv-texnologik sxemasi

Qurilmaning asosiy qismlari quydagilardan iborat: kompressor, kondensator, filtr-quritkich, kapillyar quvur (drossellovchi qism), bug‘latgich (issiqlik almashgich), kondensatsiyalangan suvni yig‘ish idishi, ventilator, elektr energiyasi sarfini o‘lchash qurilmalaridan tashkil topgan.

1-rasmda atmosfera havosidan suv ajratib olish qurilmasining konstruktiv-texnologik tuzilishi keltirilgan. Ushbu qurilmaning ish jarayoni havo oqimini ma’lum haroratgacha sovutish hisobiga undagi namlikni kondensatsiyalash tamoyiliga asoslanadi. Sovitish natijasida havodagi suv bug‘i to‘yingan holatga yetadi va suyuq fazaga o‘tadi. Hosil bo‘lgan kondensat qurilmaning yig‘ish qismida to‘planadi. Sxemada sovutish konturiga kiruvchi asosiy funksional elementlar va ularning o‘zaro joylashuvi aks ettirilgan. Shu bilan birga, tizim tarkibidagi uzellar orasidagi texnologik va funksional bog‘lanishlar ham ko‘rsatilgan. Kompressor sovutuvchi agentning yopiq kontur bo‘ylab majburiy sirkulyatsiyasini ta’minlovchi asosiy ijro mexanizmi hisoblanadi. Kondensator, filtr-quritkich, kapillyar quvur hamda bug‘latgich qurilmaning sovitish siklini amalga oshiruvchi muhim tarkibiy qismlaridir. Sxemadagi to‘q sariq rangli chiziqlar yuqori bosimli va nisbatan yuqori haroratli oqim yo‘nalishini ifodalaydi. Ko‘k rangli chiziqlar esa past bosimli hamda past haroratli oqimning harakat trayektoriyasini bildiradi [6, 11, 15].

ISSN 3030-3907



2-rasm. Bug‘-siqishli sovutish sikliga asoslangan atmosfera suv generatorining funksional-texnologik sxemasi

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

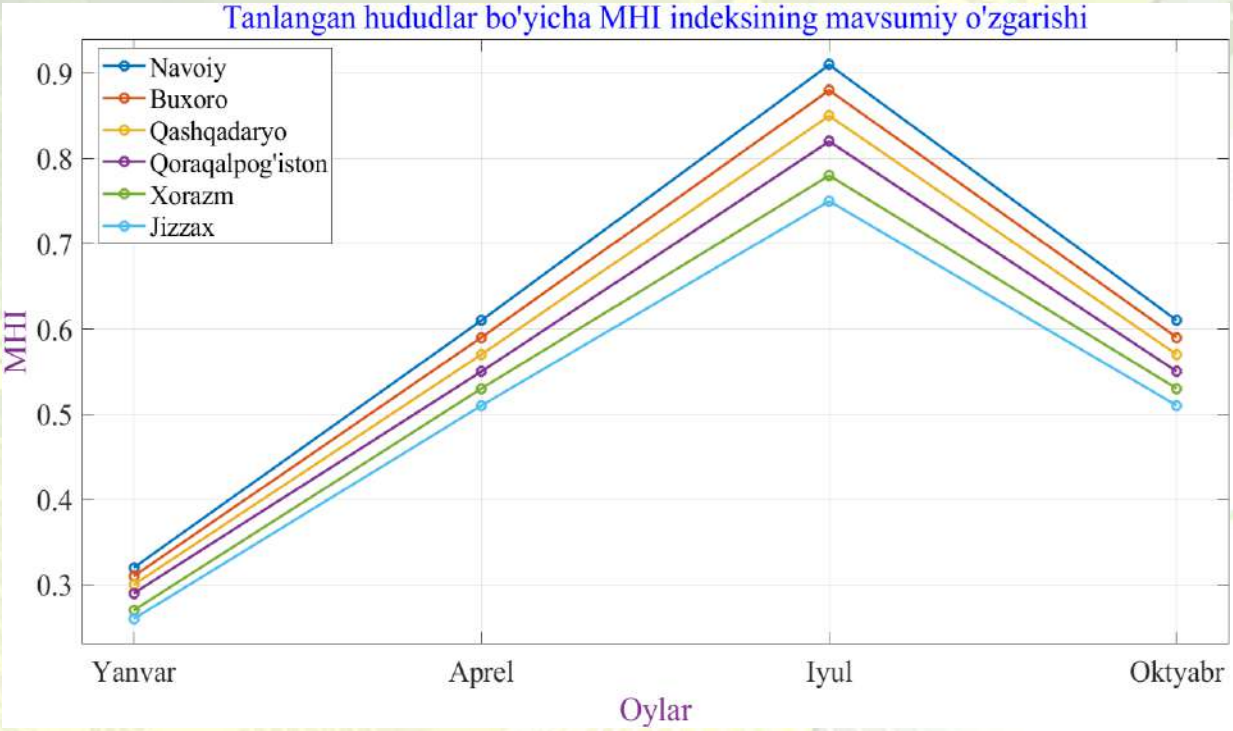
Tanlangan hududlar bo‘yicha MHI qiymatlarining mavsumiy o‘zgarishi 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, barcha hududlarda MHI qish mavsumida minimal, yoz oylarida esa maksimal qiymatga ega. Bu holat havoning issiqlik va namlik potensiali o‘zgarishi bilan izohlanadi [19].

1-jadval

Tanlangan hududlar bo‘yicha oylik MHI qiymatlari

Oy	Navoiy	Buxoro	Qashqadaryo	Qoraqalpog‘iston	Xorazm	Jizzax
Yanvar	0.32	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26
Aprel	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
Iyul	0.91	0.88	0.85	0.82	0.78	0.75
Oktyabr	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51

ISSN 3030-3907



3-rasm. Tanlangan hududlar bo‘yicha MHI indeksining mavsumiy o‘zgarishi

Iyul oyida barcha hududlar bo‘yicha MHI eng yuqori qiymatlarni qabul qiladi. Biroq MHI indeksining o‘sishi har doim ham avtomatik ravishda maksimal suv hosildorligini anglatmaydi; uning texnologik talqini sovitish uchun zarur energiya sarfi bilan birgalikda baholanishi lozim.

Tanlangan hududlar uchun solishtirma namlik ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan. Ushbu qiymatlar hududlararo farqni va mavsumiy tebranishlarni ko‘rsatadi. Jizzax, Qashqadaryo va Xorazm hududlarida ayrim oylar bo‘yicha namlik qiymatlari yuqoriroq bo‘lib, bu AWG texnologiyasi uchun nisbatan qulayroq ish muhitini anglatadi [19].

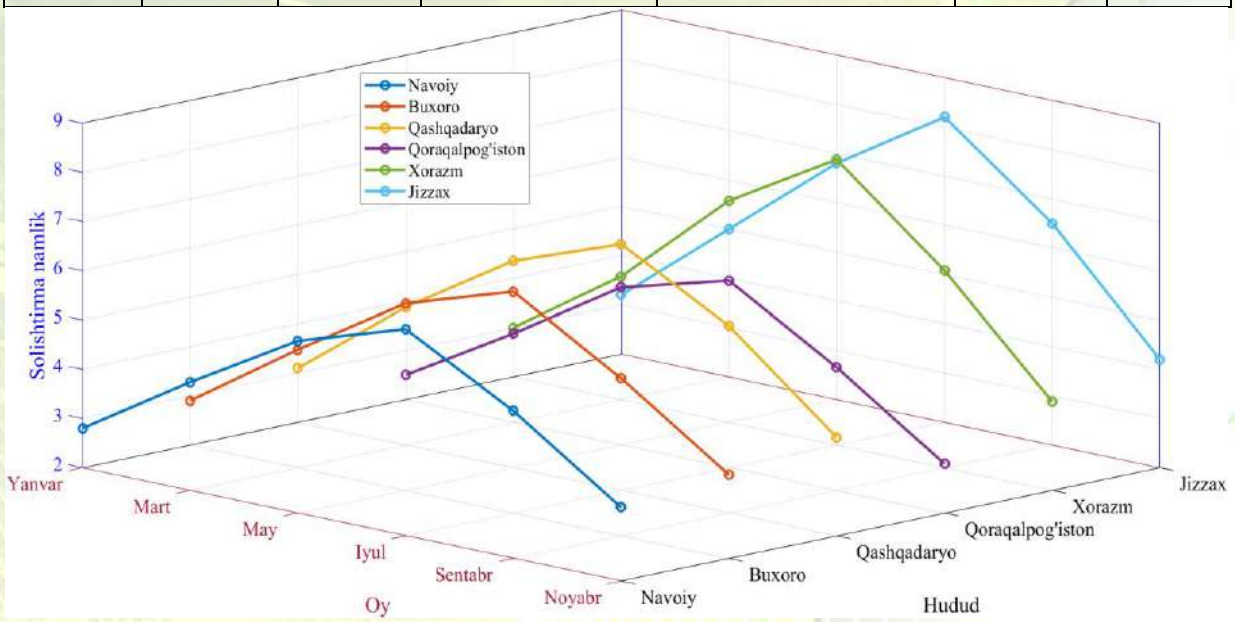
2-jadval

Hududlar bo‘yicha solishtirma namlikning mavsumiy o‘zgarishi

Oy	Navoiy	Buxoro	Qashqadaryo	Qoraqalpog‘iston	Xorazm	Jizzax
Yanvar	2.8	2.9	3.1	2.5	3.0	3.2
Mart	4.2	4.4	4.8	3.8	4.5	5.0
May	5.5	5.8	6.2	5.2	6.5	6.8
Iyul	6.2	6.5	7.0	5.8	7.8	8.2
Sentabr	5.0	5.2	5.8	4.5	6.0	6.5

ISSN 3030-3907

Noyabr	3.5	3.7	4.0	3.0	3.8	4.2



4-rasm. Hududlar bo‘yicha solishtirma namlikning yil davomida o‘zgarishi

Qoraqalpog‘iston hududida solishtirma namlik qiymatlarining pastroq bo‘lishi kondensatsion suv olish texnologiyasi uchun salbiy omil sifatida qaraladi. Namlikning o‘zi yetarli emas; suv bug‘ini shudring nuqtasigacha sovitish uchun zarur energiya bilan birga kompleks tahlil o‘tkazish zarur [17, 18].

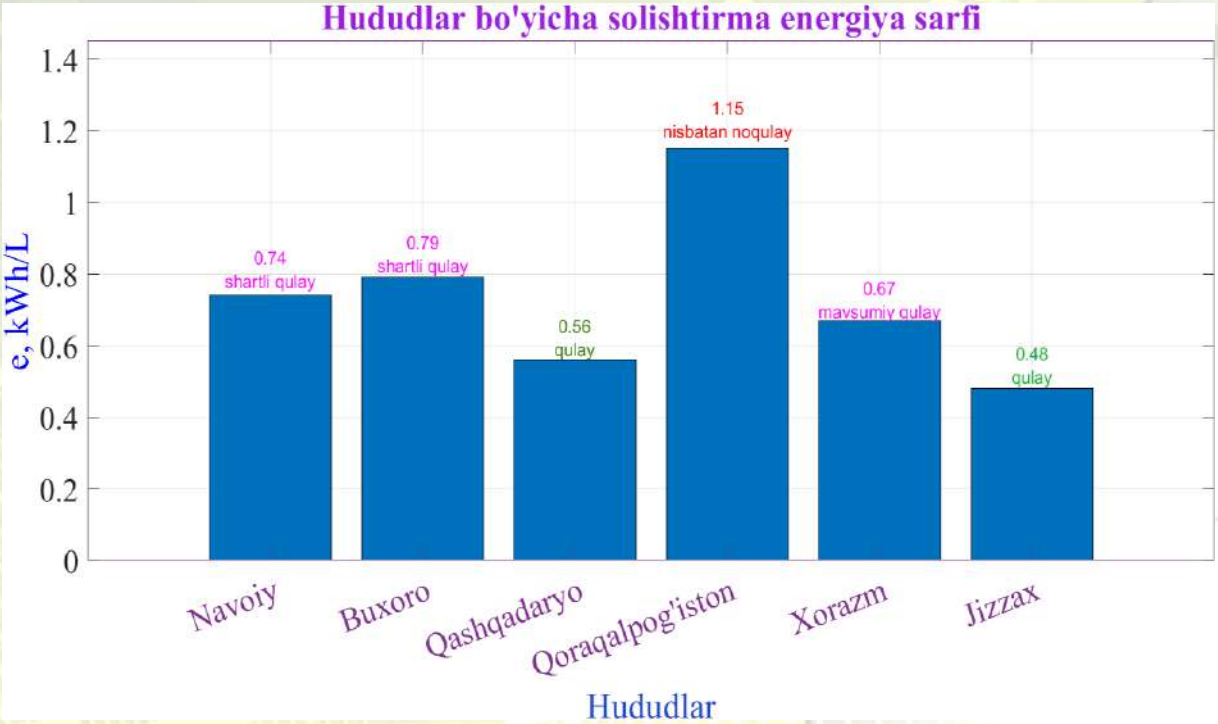
Solishtirma energiya sarfi atmosfera suv generatorining energetik samaradorligini ifodalaydi. Tadqiqot doirasida hududlar bo‘yicha qiyosiy baholash uchun 3-jadvalda umumlashtirilgan qiymatlar keltirildi. Ushbu jadval texnologiyaning hududlar kesimidagi amaliy maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi [15, 16, 18].

3-jadval

Hududlar bo‘yicha atmosfera suv generatorining solishtirma energiya sarfi

Hudud	e, kWh/L	Baholash
Navoiy	0.74	shartli qulay
Buxoro	0.79	shartli qulay
Qashqadaryo	0.56	qulay
Qoraqalpog‘iston	1.15	nisbatan noqulay
Xorazm	0.67	mavsumiy qulay
Jizzax	0.48	qulay

ISSN 3030-3907

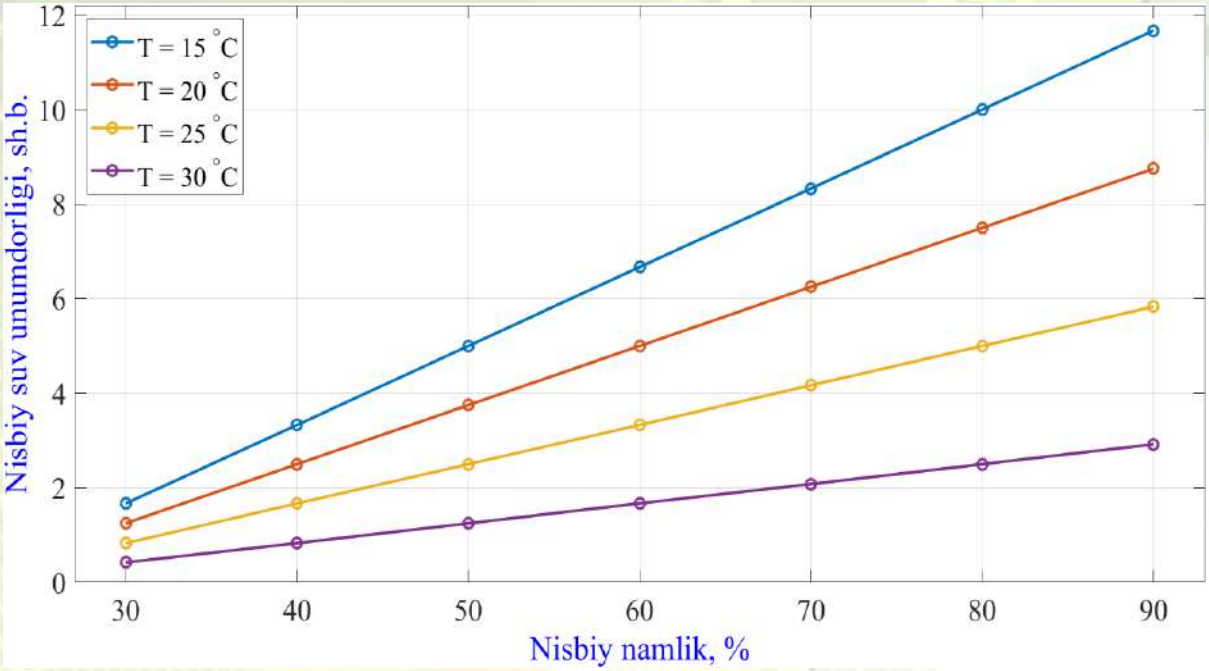


4-rasm. Hududlar bo‘yicha solishtirma energiya sarfining qiyosiy diagrammasi

Jizzax va Qashqadaryo hududlarida solishtirma energiya sarfi qiymatlarining nisbatan past bo‘lishi texnologiyaning energetik jihatdan qulayligini ko‘rsatadi. Qoraqalpog‘iston hududida esa solishtirma energiya sarfi ning yuqori bo‘lishi kondensatsiya uchun ko‘proq energiya talab etilishini anglatadi. Shu sababli ushbu hududda texnologiyani joriy etishda texnik-iqtisodiy asoslash alohida ahamiyatga ega.

Suv unumdorligiga ta’sir qiluvchi omillar. Atmosfera havosidan suv olish jarayoni nisbiy namlik, havo harorati, havo oqimi tezligi, sovitish yuzasi maydoni, bug‘latgichning issiqlik almashinish xususiyatlari va kompressor quvvatiga bog‘liq. Nisbiy namlik ortganda va sovitish yuzasi harorati shudring nuqtasidan past bo‘lganda kondensatsiya samarasi oshadi. Kechasi va ertalabki soatlarda namlik odatda yuqoriroq bo‘lgani sababli qurilmaning suv hosildorligi ham ortishi mumkin.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Nisbiy namlik va havo haroratiga bog‘liq suv unumdorligi tendensiyasi

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, nisbiy namlik oshgan sari suv hosildorligi ortadi. Ayniqsa, 60 % dan yuqori namlik va nisbatan pastroq havo haroratlarida kondensatsion jarayon samaraliroq kechadi. Bu texnologiyani vaqt bo‘yicha boshqarish va ish rejimlarini optimallashtirish imkonini beradi.

Olib borilgan tahlillar atmosfera havosidan suv olish texnologiyasining samaradorligi hududning iqlimiy xususiyatlariga bevosita bog‘liqligini ko‘rsatadi. Namlik ko‘rsatkichi yuqori, harorat esa kondensatsiyaga qulay bo‘lgan hududlarda AWG texnologiyasining maqsadga muvofiqligi yuqoriroq bo‘ladi.

Jizzax va Qashqadaryo hududlari namlik ko‘rsatkichlarining nisbatan yuqoriligi va solishtirma energiya sarfi qiymatlarining pastligi sababli istiqbolli hududlar sifatida ajralib turadi. Navoiy va Buxoro hududlarida texnologiyani qo‘llash mumkin, biroq energiya sarfi va mavsumiy cheklovlar chuqurroq hisob-kitoblarni talab qiladi. Qoraqalpog‘iston hududida esa havoning quruqroq bo‘lishi sababli texnologiyaning iqtisodiy samaradorligi pasayishi mumkin.

Shu bilan birga, yakuniy muhandislik qarorlarini qabul qilish uchun hududlar bo‘yicha real meteorologik ma’lumotlar, qurilmaning haqiqiy elektr quvvati, suv hosildorligi va sutkalik ish rejimlari asosida kengaytirilgan tajriba-sinov ishlari olib borilishi zarur.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

1. Atmosfera havosidagi namlikni kondensatsiya qilish orqali suv olish texnologiyasi suv tanqisligi mavjud hududlarda muqobil suv manbai sifatida amaliy ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

2. Mazkur texnologiyaning ishlash samaradorligi avvalo havoning nisbiy namligi, havo harorati va shudring nuqtasi bilan belgilanadi.

3. O‘zbekistonning tanlangan hududlari bo‘yicha qiyosiy tahlil Jizzax va Qashqadaryo hududlarida atmosfera suv generatorlarini qo‘llash uchun nisbatan qulayroq sharoitlar mavjudligini ko‘rsatdi.

4. Navoiy va Buxoro hududlarida texnologiyani joriy etish mumkin, biroq energiya sarfi va mavsumiy ekspluatatsiya rejimlari alohida optimallashtirilishi lozim.

5. Qoraqalpog‘iston hududida havoning nisbatan quruqligi sababli solishtirma energiya sarfi yuqoriroq bo‘lishi mumkin, bu esa texnologiyaning iqtisodiy samaradorligini pasaytiradi.

6. Kelgusida real meteorologik ma’lumotlar bazasi, tajriba-sinov qurilmasi va hududiy texnik-iqtisodiy tahlillar asosida tadqiqotni chuqurlashtirishtiriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. United Nations. Summary Progress Update 2021: SDG 6 - Water and Sanitation for All. New York, 2021.
2. World Meteorological Organization. Statement on the State of the Global Climate in 2019. Geneva, 2020.
3. World Resources Institute. Aqueduct Water Risk Atlas. Available online: https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/
4. Alvez A., Aitken D., Rivera D., Vergara M., McIntyre N., Concha F. Water scarcity in Chilean mining zones and desalination policy options. Journal of Environmental Management, 2020, Vol. 258, 110039.
5. Zhou Y., Tol R. Evaluating the costs of desalination and water transport. Water Resources Research, 2005, Vol. 41, W03003.
6. Keewan I., Al-Nimr M., Khashan S., Keewan A. Integrated solar atmospheric water harvesting system using CPV/T-Stirling engine-absorption cooling cycle and vapor compression cycle. International Journal of Energy Research, 2021, Vol. 45, pp. 16400-16417.
7. Raveesh G., Goyal R., Tyagi S. Advances in atmospheric water generation technologies. Energy Conversion and Management, 2021, Vol. 239, 114226.

ISSN 3030-3907

TOMCHILATIB SUG`ORISHDA OB-HAVO MA`LUMOTLARIDAN FOYDALANISH

Atakulov Dinislam Yermaganbet o`g`li
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti t.f.f.d., dotsent,
Ermatova Shohista Berkinovna
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Tayanch doktorant
Email: sh_ermatova@tiiame.uz

Annotatsiya. Paxta yetishtirish O‘zbekiston qishloq xo‘jaligining strategik yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, mamlakat iqtisodiyotida muhim o‘rin egallaydi. Ushbu ekinning barqaror hosildorligini ta’minlash ko‘p jihatdan tabiiy-iqlim sharoitlari, xususan, ob-havo omillari va suv resurslaridan foydalanish samaradorligiga bog‘liq. So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi ta’sirida Markaziy Osiyo mintaqasida, jumladan O‘zbekiston hududida havo haroratining oshishi, yog‘in miqdorining notekis taqsimlanishi va bug‘lanish jarayonlarining kuchayishi kuzatilmoqda. Bu esa sug‘oriladigan dehqonchilik tizimlariga qo‘shimcha bosim yuklamoqda. 2025 yil uchun prognoz qilinayotgan ob-havo sharoitlari yoz oylarida yuqori harorat va kam yog‘in bilan tavsiflanadi. Ayniqsa, iyun–avgust oylarida havo haroratining keskin oshishi natijasida tuproq namligining tez yo‘qolishi va o‘simliklarning suvga bo‘lgan ehtiyojining ortishi kutilmoqda. Shu sababli paxta ekinida vegetatsiya davrining eng muhim bosqichlarida, ya’ni gullash va ko‘saklash davrida yetarli miqdorda suv bilan ta’minlash dolzarb masalaga aylanadi. Ob-havo ma’lumotlariga asoslangan holda tuzilgan sug‘orish kalendari paxta yetishtirishda suv resurslarini rejalashtirish va samarali boshqarishda muhim ahamiyatga ega. Oylik kesimda sug‘orish intensivligini aniqlash orqali suvga bo‘lgan maksimal talab davrlarini oldindan prognoz qilish mumkin. Masalan, 2025 yil sharoitida paxta uchun asosiy suv talabi aprel oyidan boshlab ortib borib, iyun–iyul oylarida eng yuqori darajaga yetishi kutilmoqda. Bu davrda sug‘orish ulushi 35-40% gacha yetishi mumkin, bu esa mavjud suv resurslaridan oqilona foydalanishni talab etadi. Shu bilan birga, suv tanqisligi sharoitida an’anaviy sug‘orish usullarining samaradorligi pasayib borayotgani kuzatilmoqda. Natijada, suv tejovchi texnologiyalarni, xususan tomchilatib sug‘orish tizimlarini joriy etish zarurati ortmoqda. Bunday yondashuv nafaqat suv sarfini kamaytiradi, balki paxta hosildorligini oshirish va tuproqning meliorativ holatini yaxshilashga ham xizmat qiladi. Mazkur tadqiqotning maqsadi 2025 yil uchun prognoz qilingan ob-havo ma’lumotlari asosida paxta ekinining sug‘orish rejimini tahlil qilish, suvga bo‘lgan ehtiyojning o‘zgarish dinamikasini aniqlash hamda samarali suv boshqaruvi bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: tomchilatib sug‘orish, suv resurslari samaradorligi, WUE (water use efficiency), ET0, ETc hisoblash, ekin koeffitsiyenti (Kc), meteorologik sharoitlar, iqlim o‘zgaruvchanligi, harorat rejimi, bug‘lanish va transpiratsiya, tuproq namligi, ANOVA statistik tahlil, qurg‘oqchilik sharoiti, Buxoro-102, S-6524, suv tejamkor texnologiyalar, Toshkent viloyati, O‘rtachirchiq tumani.

Аннотация. Производство хлопка является одним из стратегических направлений сельского хозяйства Узбекистана и занимает важное место в экономике страны. Обеспечение стабильной урожайности этой культуры во многом зависит от природно-климатических условий, в частности от погодных факторов и эффективности использования водных ресурсов. В последние годы под воздействием глобальных климатических изменений в регионе Центральной Азии, включая территорию Узбекистана, наблюдаются повышение температуры воздуха, неравномерное распределение осадков и усиление процессов испарения. Это, в свою очередь, создаёт дополнительную нагрузку на системы орошаемого земледелия. Прогнозируемые погодные условия на 2025 год характеризуются высокой температурой и низким количеством осадков в летний период. Особенно в июне–августе ожидается резкое повышение температуры воздуха, что приводит к ускоренной потере почвенной влаги и увеличению водопотребности растений. Поэтому обеспечение достаточного количества воды в наиболее критические фазы вегетации хлопчатника, а именно в периоды цветения и формирования коробочек, становится актуальной задачей. Календарь орошения, составленный на основе метеорологических данных, имеет важное значение для планирования и эффективного управления водными ресурсами при выращивании хлопка. Определение интенсивности орошения в помесячном разрезе позволяет заранее прогнозировать периоды максимальной потребности в воде. Например, в условиях 2025 года основная водопотребность хлопка будет возрастать начиная с апреля и достигнет своего пика в июне–июле. В этот период доля орошения может составлять до 35–40%, что требует рационального использования имеющихся водных ресурсов. В то же время в условиях дефицита воды эффективность традиционных методов орошения снижается. В результате возрастает необходимость внедрения водосберегающих технологий, в частности систем капельного орошения. Такой подход не только снижает расход воды, но и способствует повышению урожайности хлопка и улучшению мелиоративного состояния почв. Цель данного исследования заключается в анализе режима орошения хлопчатника на основе прогнозируемых погодных данных на 2025 год, определении

ISSN 3030-3907

динамики изменения водопотребности и разработке научно обоснованных рекомендаций по эффективному управлению водными ресурсами.

Ключевые слова: капельное орошение, эффективность водных ресурсов, WUE (water use efficiency), ET0, расчет ETc, коэффициент культуры (Kc), метеорологические условия, изменчивость климата, температурный режим, испарение и транспирация, влажность почвы, статистический анализ ANOVA, условия засухи, Bukhara-102, S-6524, водосберегающие технологии, Ташкентская область, Окчирчикский район.

Abstract. Cotton production is one of the strategic directions of agriculture in Uzbekistan and occupies an important place in the country's economy. Ensuring stable yields of this crop largely depends on natural and climatic conditions, particularly weather factors and the efficiency of water resource use. In recent years, under the influence of global climate change in the Central Asian region, including the territory of Uzbekistan, an increase in air temperature, uneven distribution of precipitation, and intensified evaporation processes have been observed. This, in turn, places additional pressure on irrigated agriculture systems.The weather conditions forecasted for 2025 are characterized by high temperatures and low precipitation during the summer period. In particular, during June–August, a sharp rise in air temperature is expected, leading to accelerated soil moisture loss and increased crop water demand. Therefore, ensuring sufficient water supply during the most critical stages of cotton vegetation, namely the flowering and boll formation periods, becomes an urgent issue.An irrigation calendar based on meteorological data is of great importance for planning and efficient management of water resources in cotton cultivation. Determining irrigation intensity on a monthly basis makes it possible to predict periods of maximum water demand in advance. For example, under the conditions of 2025, the main water demand of cotton is expected to increase starting from April and reach its peak in June–July. During this period, irrigation share may reach up to 35–40%, which requires rational use of available water resources. At the same time, under water scarcity conditions, the efficiency of traditional irrigation methods is decreasing. As a result, the need for the implementation of water-saving technologies, particularly drip irrigation systems, is increasing. Such an approach not only reduces water consumption but also contributes to increasing cotton yield and improving the meliorative condition of soils. The aim of this study is to analyze the irrigation regime of cotton based on forecasted weather data for 2025, to determine the dynamics of water demand changes, and to develop scientifically grounded recommendations for efficient water management.

ISSN 3030-3907

Keywords: drip irrigation, water resource efficiency, WUE (water use efficiency), ET0, ETc calculation, crop coefficient (Kc), meteorological conditions, climate variability, temperature regime, evaporation and transpiration, soil moisture, ANOVA statistical analysis, drought conditions, Bukhara-102, S-6524, water-saving technologies, Tashkent region, O‘rtachirchik district.

KIRISH.

Paxta yetishtirish O‘zbekiston qishloq xo‘jaligining yetakchi tarmoqlaridan biri bo‘lib, yuqori va barqaror hosil olish ko‘p jihatdan suv resurslaridan oqilona foydalanishga bog‘liq. Mintaqaning keskin kontinental iqlimi, yoz oylarida yuqori harorat va yog‘in miqdorining kamligi paxta ekinining vegetatsiya davrida muntazam sug‘orishni talab etadi. An’anaviy sug‘orish usullarida suvning katta qismi bug‘lanish, filtratsiya va noto‘g‘ri taqsimot natijasida yo‘qotiladi, bu esa suv tanqisligi sharoitida jiddiy muammolarni keltirib chiqaradi. So‘nggi yillarda iqlim o‘zgarishi ta’sirida haroratning oshishi va vegetatsiya davrining uzayishi kuzatilmoqda. Bu holat paxta o‘simligining suvga bo‘lgan ehtiyojini yanada oshirib, ayniqsa uning rivojlanishining muhim bosqichlarida – unib chiqish, gullash va ko‘saklash davrlarida optimal namlik rejimini ta’minlash zaruratini kuchaytiradi. Ob-havo ma’lumotlari asosida olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, yoz oylarida tuproq namligining tez kamayishi va evapotranspiratsiyaning ortishi sug‘orish samaradorligini oshirishni talab qiladi.

Shu nuqtai nazardan, tomchilatib sug‘orish texnologiyasi paxta yetishtirishda eng istiqbolli va suv tejovchi usullardan biri sifatida qaralmoqda. Ushbu usul suvni bevosita o‘simlik ildiz zonasiga yetkazib berish orqali suv yo‘qotilishini keskin kamaytiradi, tuproq namligini optimal darajada saqlaydi hamda o‘simlikning o‘sishi va rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratadi. Natijada, nafaqat suv sarfi qisqaradi, balki paxta hosildorligi va sifat ko‘rsatkichlari ham oshadi. Paxta ekinining dastlabki rivojlanish bosqichlarida (ekishdan unib chiqishgacha bo‘lgan davr) tuproqning yetarli darajada nam bo‘lishi nihollarning bir tekis chiqishini ta’minlaydi. Keyingi vegetativ o‘sish bosqichida esa tomchilatib sug‘orish orqali o‘simlikning ildiz tizimi faol rivojlanadi va oziqa moddalari samarali o‘zlashtiriladi. Ayniqsa, gullash va hosil shakllanish davrida suv bilan ta’minlashning uzluksizligi paxta tolasi sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi paxta ekinini tomchilatib sug‘orish sharoitida yetishtirishda ob-havo omillarini hisobga olgan holda optimal sug‘orish rejimini aniqlash, o‘simlikning turli rivojlanish bosqichlarida suvga bo‘lgan ehtiyojini baholash hamda suv resurslaridan samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

ISSN 3030-3907

METADOLOGIYA. Dala tajribalari 2025 yil vegetatsiya davrida Toshkent viloyati O‘rtachirchiq tumanida joylashgan, umumiy maydoni 10 gektar bo‘lgan sug‘oriladigan tajriba maydonida o‘tkazildi. Tadqiqot hududi Qorasuv kanali suv manbaiga ulangan bo‘lib, sug‘orish suvi mazkur kanaldan olindi(1-rasm). Hudud iqlimi keskin kontinental bo‘lib, yoz oylarida havo harorati 35–40 °C gacha yetadi, yog‘in miqdori juda kam bo‘ladi va bug‘lanish jarayoni yuqori darajada kuzatiladi. Tuproq turi o‘rtacha qumoq (loam) bo‘lib, dala nam sig‘imi 20–24% va hajmiy og‘irligi 1.3–1.4 g/cm³ ni tashkil etadi. Tadqiqot davomida meteorologik ko‘rsatkichlar, jumladan havo harorati, yog‘in miqdori va referens bug‘lanish qiymatlari muntazam ravishda qayd etildi. Tajriba tasodifiy bloklar usulida (Randomized Complete Block Design – RCBD) uch martalik takrorlashda tashkil etildi. Har bir tajriba varianti 0.1 gektar maydonda joylashtirildi. Tadqiqotda to‘rtta sug‘orish varianti qo‘llanildi: V1 – an’anaviy egatlab sug‘orish (nazorat), V2 – tomchilatib sug‘orish (100% ekinning suv talabi asosida), V3 – tomchilatib sug‘orish (80% suv talabi), va V4 – tomchilatib sug‘orish (60% suv talabi). Tajriba uchun mahalliy sharoitga moslashgan ikki xil paxta navi, ya’ni yuqori hosildor Buxoro-102 va qurg‘oqchilikka chidamli S-6524 navlari tanlandi. Ekish ishlari 2025 yil aprel oyining birinchi o‘n kunligida amalga oshirilib, qator oralig‘i 60 sm va o‘simliklar orasidagi masofa 15–20 sm qilib belgilandi. Mineral o‘g‘itlar agrotexnik talablar asosida qo‘llanildi va ularning me’yorlari azot uchun 200 kg/ga, fosfor uchun 140 kg/ga va kaliy uchun 100 kg/ga ni tashkil etdi. O‘g‘itlar tomchilatib sug‘orish tizimi orqali fertigatsiya usulida berildi, bu esa oziqa moddalarning o‘zlashtirilish samaradorligini oshirdi.



1-rasm. Tadqiqot olib borish dalasi

ISSN 3030-3907

Tomchilatib sug‘orish tizimi tomchilatkichlar oralig‘i 30 sm, suv sarfi 1.6–2.0 l/soat va ish bosimi 0.8–1.2 bar bo‘lgan texnik ko‘rsatkichlar asosida tashkil etildi. Sug‘orish rejimi o‘simlikning fenologik bosqichlari va ob-havo ma’lumotlariga asoslangan holda boshqarildi, ayniqsa gullash va ko‘saklash davrlarida suv ta’minotiga alohida e’tibor qaratildi.

Ekinning suv talabi FAO metodologiyasiga muvofiq hisoblab chiqildi:

$$ET_0 \cdot K_C = ET_c \quad (1)$$

bu yerda: ETc – ekinning umumiy suv talabi (mm), Kc – ekin koeffitsiyenti, ET0 esa referens bug‘lanish (mm) hisoblanadi. Referens bug‘lanish meteorologik kuzatuvlar asosida aniqlanib, sug‘orish me’yorlarini belgilashda asosiy ko‘rsatkich sifatida xizmat qildi.

Tajriba davomida tuproq va o‘simlikka oid asosiy ko‘rsatkichlar muntazam ravishda o‘lchandi. Tuproq namligi 0–30 sm va 30–60 sm qatlamlarda gravimetrik usulda aniqlanib, uning o‘zgarish dinamikasi kuzatildi. O‘simlikning bo‘yi, barglar soni, biomassa ko‘rsatkichlari hamda fenologik bosqichlari (gullash, ko‘saklash va pishish) qayd etildi. Yakuniy hosildorlik sentabr–oktabr oylarida aniqlanib, har bir variant bo‘yicha alohida hisoblandi.

Suvdan foydalanish samaradorligi (WUE) quyidagi formula asosida hisoblab chiqildi:

$$WUE = \frac{Y}{I} \quad (2)$$

bu yerda: Y – hosildorlik (t/ga), I esa berilgan umumiy suv miqdori (m^3/ga) ni bildiradi. Ushbu ko‘rsatkich sug‘orish variantlari samaradorligini baholashda asosiy mezonlardan biri sifatida qo‘llanildi.

Olingan natijalar statistik jihatdan dispersiya tahlili (ANOVA) yordamida qayta ishlanib, sug‘orish variantlari va paxta navlari o‘rtasidagi farqlarning ishonchliligi $p < 0.05$ darajada baholandi. Natijalar o‘rtacha qiymatlar ko‘rinishida taqdim etilib, ular asosida ilmiy xulosalar chiqarildi.

NATIJA VA MUHOKAMALAR. 2025 yil vegetatsiya davrida Toshkent viloyati O‘rtachirchiq tumani sharoitida, Qorasuv kanali suvidan foydalangan holda o‘tkazilgan dala tajribalari natijalari shuni ko‘rsatdiki, tomchilatib sug‘orish texnologiyasi paxta o‘simligining o‘sishi, rivojlanishi va hosildorligiga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatdi (1-jadval). Tadqiqotlarda asosiy nav sifatida **Buxoro-102** va suv tanqisligiga nisbatan moslashuvchan **S-6524** paxta navlari qo‘llanildi.

1-jadval.

Sug‘orish variantlari bo‘yicha paxta hosildorligi

Variant	Sug`orish turlari	Hosildorlik, t/ga

ISSN 3030-3907

V1	Egatlab (nazorat)	3.2
V2	Tomchilatib (100%)	4.5
V3	Tomchilatib (80%)	4.1
V4	Tomchilatib (60%)	3.6
V1	Egatlab (nazorat)	3.2

Natijalarga ko‘ra, eng yuqori hosildorlik V2 variantida kuzatilib, u nazorat variantiga nisbatan **40% ga yuqori** bo‘ldi. Hatto suv miqdori 20% ga kamaytirilgan V3 variantida ham hosildorlik yuqori darajada saqlanib qoldi (2-jadval).

2-jadval.

Suvdan foydalanish samaradorligi (WUE)

Variant	Suv sarfi (m^3/ga)	WUE (kg/m^3)
V1	8000	0.40
V2	6000	0.75
V3	4800	0.85
V4	3600	1.00

Suvdan foydalanish samaradorligi tomchilatib sug‘orish variantlarida ancha yuqori ekanligi aniqlandi.

Eng yuqori samaradorlik V4 variantida kuzatildi, bu suv tejash imkoniyatining yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, optimal balans V3 variantida (hosil + suv tejash) qayd etildi.

Sug‘orish usullarining o‘simlik o‘sishiga ta’siri tahlili shuni ko‘rsatdiki, tomchilatib sug‘orish variantlarida (V2, V3, V4) paxta o‘simligining vegetativ rivojlanishi an’anaviy egatlab sug‘orishga nisbatan tezroq va barqarorroq kechdi. Xususan, vegetatsiya davrining o‘rtalarida (iyun–iyul oylarida) **Buxoro-102** navida V2 variantida o‘simlik bo‘yi o‘rtacha 105–110 sm ga yetgan bo‘lsa, **S-6524** navida bu ko‘rsatkich 95–100 sm ni tashkil etdi. Nazorat (egatlab sug‘orish) variantida esa har ikkala navda o‘simlik bo‘yi mos ravishda 90–95 sm va 85–90 sm atrofida bo‘lib, tomchilatib sug‘orishning ustunligi yaqqol namoyon bo‘ldi. Tuproq namligi dinamikasi bo‘yicha olib borilgan kuzatuvlar tomchilatib sug‘orish tizimi tuproqning 0–60 sm qatlamida optimal namlikni barqaror saqlash imkonini berishini ko‘rsatdi. Ayniqsa, V2 va V3 variantlarida tuproq namligi dala nam

ISSN 3030-3907

sig‘imining 70–85% oralig‘ida ushlab turildi. Buxoro-102 navida yuqori suv ta’minoti sharoitida namlikdan foydalanish samaradorligi yuqori bo‘lsa, S-6524 navida past suv rejimlarida ham (V3 va V4) namlikni samarali o‘zlashtirish xususiyati kuzatildi. Nazorat variantida esa tuproq namligi keskin o‘zgarib, sug‘orishdan keyin yuqori darajaga chiqib, keyinchalik tez pasayib borishi aniqlandi.

Hosildorlik ko‘rsatkichlari sug‘orish usullari va navlar kesimida sezilarli farq qildi. Buxoro-102 navida eng yuqori hosildorlik V2 variantida 4.5 t/ga ni tashkil etib, nazorat variantiga (3.2 t/ga) nisbatan qariyb 40% ga yuqori natija qayd etildi. S-6524 navida esa maksimal hosildorlik 4.1 t/ga (V3 variant) atrofida bo‘lib, bu navning suv tejovchi rejimlarda ham yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. V4 variantida (60% suv) hosildorlik har ikkala navda biroz pasaygan bo‘lsa-da (3.5–3.6 t/ga), suv sarfi keskin kamaygani hisobiga umumiy samaradorlik yuqori darajada saqlanib qoldi. Suvdan foydalanish samaradorligi (WUE) tahlili tomchilatib sug‘orishning ustunligini yanada tasdiqladi. Eng yuqori WUE qiymati V4 variantida (1.00 kg/m³) kuzatildi, bu suv tejash imkoniyatining yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Biroq, hosildorlik va suv sarfi o‘rtasidagi optimal muvozanat V3 variantida qayd etildi, bunda WUE 0.85 kg/m³ ni tashkil etdi. Buxoro-102 navida yuqori suv rejimida maksimal hosil olingan bo‘lsa, S-6524 navida suv tanqisligi sharoitida samaradorlik yuqoriroq bo‘ldi. Fenologik kuzatuvlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, tomchilatib sug‘orish sharoitida paxta o‘simligining rivojlanish bosqichlari tezlashdi. Xususan, gullash bosqichi har ikkala navda 5–7 kun oldin boshlandi, ko‘saklash jarayoni intensivroq kechdi va hosil pishishi bir tekis amalga oshdi. Bu esa hosil sifati va tolalar yetilish darajasining yaxshilanishiga olib keldi.

Ob-havo ma’lumotlari asosida tuzilgan sug‘orish kalendari tahlili shuni ko‘rsatdiki, 2025 yil sharoitida paxta uchun asosiy suv talabi aprel oyidan boshlanib, iyun–iyul oylarida maksimal darajaga (35–40%) yetgan. Ushbu davrda yuqori harorat va bug‘lanish intensivligi sug‘orish rejimini to‘g‘ri tashkil etishni talab etadi. Tomchilatib sug‘orish aynan shu kritik davrlarda suvni o‘simlik ildiz zonasiga aniq yetkazib berish orqali yuqori samaradorlikni ta’minladi (3-jadval).

3-Jadval.

Ob havo ma`lumotlari.

Ekin turi	Maydon (ming	Yanvar	Fevral	Mart	Aprel	May	Iyun	Iyul	Avgust	Sentabr	Oktabr	Noyabr	Dekabr
Paxta	1450	-	-	-	30	35	40	40	35	30	20	-	-

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, olingan natijalar tomchilatib sug‘orish texnologiyasi paxta yetishtirishda hosildorlikni 30–40% ga oshirish, suv sarfini esa 25–50% gacha kamaytirish imkonini berishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 2025 yil iqlim sharoitida Buxoro-102 navi uchun optimal variant V2 (100% suv)**,** S-6524 navi uchun esa V3 (80% suv**)** eng samarali deb baholandi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tomchilatib sug‘orish texnologiyasini qo‘llash Toshkent viloyati sharoitida paxta yetishtirish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Iqlim omillarini hisobga olgan holda sug‘orish rejimini optimallashtirish hosildorlikni oshirish va suv resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi.Tajriba natijalariga ko‘ra, Buxoro-102 navi uchun to‘liq sug‘orish rejimi (100% ETc) maksimal hosildorlikni ta’minladi, **S-**6524 navi esa 80% sug‘orish sharoitida yuqori samaradorlikni namoyon etdi. Bu esa nav tanlash va sug‘orish rejimini birgalikda optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi.Bundan tashqari, tomchilatib sug‘orish tuproq namligini barqaror saqlash, o‘simlik rivojlanishini tezlashtirish va hosilning bir tekis pishishini ta’minlash orqali umumiy agrotexnik samaradorlikni oshiradi. Iqlim o‘zgarishi va suv resurslari tanqisligi kuchayib borayotgan sharoitda ushbu texnologiyani keng joriy etish muhim ahamiyatga ega. Xulosa qilib aytganda, zamonaviy sug‘orish texnologiyalari, iqlimga mos navlar va ilmiy asoslangan sug‘orish rejimlarini uyg‘unlashtirish O‘zbekiston sharoitida paxta yetishtirishning barqarorligini ta’minlashda asosiy omil hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Howell, T.A., et al. (2015). Drip irrigation and crop yield. Agricultural Water Management. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.001
2. Nakayama, F.S., & Bucks, D.A. (1991). Water and salinity management in drip irrigation systems. https://doi.org/10.2136/sssaspecpub17
3. Liu, Y., et al. (2013). Clogging mechanisms in drip irrigation emitters. Irrigation Science. https://doi.org/10.1007/s00271-012-0381-6
4. Ravina, I., & Paz, E. (2005). Biofouling in drip irrigation systems. Agricultural Water Management. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.01.005
5. Puig-Bargués, J., et al. (2010). Drip irrigation emitter clogging by particles. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.06.002
6. Li, J., et al. (2009). Effects of reclaimed water on drip irrigation systems. https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.02.012
7. Zhou, Y., et al. (2014). Treated wastewater irrigation impacts. Water Research. https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.012
8. Capra, A., & Scicolone, B. (2007). Water quality and emitter clogging. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.08.005

ISSN 3030-3907

9. Kandelous, M.M., & Šimůnek, J. (2010). Water movement in drip irrigation. https://doi.org/10.1007/s00271-010-0228-8
10. Burt, C.M., et al. (1997). Irrigation performance analysis. Journal of Irrigation Engineering. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1997)123:6(305)
11. Liu, H., et al. (2019). Sediment effects on drip emitters. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.015
12. Wu, I.P., & Gitlin, H.M. (1975). Drip irrigation system design. https://doi.org/10.1016/0022-1694(75)90017-9

ISSN 3030-3907

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЕНЗОЛА, ТОЛУОЛА И КСИЛОЛОВ ИЗ ПИРОЛИЗНОГО ДИСТИЛЛЯТА.

Жамилова Нигинабону Қобил қизи
Доцент, Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, Бухара
Ибрагимов Достон Фарходович
Магистр, Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, Бухара
Бобомуродова Нафиса Бобомурод қизи
Студентка, Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, Бухара
E-mail: Jamilova0807@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы получения ароматических углеводородов — бензола, толуола, ксилолов и ароматических соединений С9 путем переработки отходов нефтегазохимической промышленности, включая пиролизный дистиллят, природный и попутный нефтяной газ. Проведен анализ компонентного состава газов, а также освещены возможности совершенствования существующих технологий и производства конкурентоспособной продукции на основе местного сырья. Полученные результаты имеют важное значение для эффективного использования отходов нефтегазовой промышленности и производства импортозамещающей продукции.

Ключевые слова: природный газ, попутный нефтяной газ, пиролизный дистиллят, ароматические углеводороды, бензол, толуол, ксилолы, переработка отходов.

Abstract This article examines the production of aromatic hydrocarbons, including benzene, toluene, xylenes, and C9 aromatic compounds, through the processing of petrochemical industry by-products and wastes such as pyrolysis distillate, natural gas, and associated petroleum gas. The compositional characteristics of these gases are analyzed, and the possibilities for improving existing technologies and producing competitive products based on local raw materials are discussed. The results are of significant importance for the efficient utilization of oil and gas industry wastes and the production of import-substituting products.

Keywords: natural gas, associated petroleum gas, pyrolysis distillate, aromatic hydrocarbons, benzene, toluene, xylenes, waste processing.

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft-gaz kimyo sanoati chiqindilari, jumladan piroliz distillyati, tabiiy gaz va yo‘ldosh neft gazlarini qayta ishlash orqali aromatik

ISSN 3030-3907

uglevodorodlar — benzol, toluol, ksilollar va C9 aromatik birikmalarni olish masalalari ko‘rib chiqilgan. Gazlarning tarkibiy xususiyatlari tahlil qilinib, mahalliy xomashyo asosida raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish hamda mavjud texnologiyalarni takomillashtirish imkoniyatlari yoritilgan. Natijalar neft-gaz sanoati chiqindilaridan samarali foydalanish va import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: tabiiy gaz, yo‘ldosh neft gazi, piroliz distillyati, aromatik uglevodorodlar, benzol, toluol, ksilollar, chiqindilarni qayta ishlash.

Введение.

В мире наблюдается ежегодный рост спроса на переработку отходов нефтегазохимической промышленности с целью получения новых видов продукции. В частности, получение ароматических углеводородов из вторичных продуктов, образующихся в результате глубокой переработки нефти, нефтепродуктов и компонентов природного газа, является одной из актуальных задач. Данное направление направлено на снижение негативного воздействия на окружающую среду и служит основой для производства экспортно-ориентированных материалов, способных заменить импортную продукцию. Разработка современных технологий переработки отходов или совершенствование существующих технологий имеет важное значение для получения новых видов химической продукции, повышения эффективности их использования и резкого снижения зависимости от импорта аренов. В мире проводятся научные исследования по переработке и утилизации отходов нефтегазовой промышленности, получению из них высококачественной продукции, альтернативных ароматических соединений с высокими показателями, а также по совершенствованию технологий их производства. В нефтегазоперерабатывающей промышленности особое внимание уделяется формированию сырьевой базы на основе накапливающегося в качестве отхода пиролизного конденсата, а также разработке и совершенствованию методов его переработки с целью получения бензола, толуола, ксилолов и С9 ароматических соединений, соответствующих требованиям стандартов. При этом ставится задача производства полностью конкурентоспособной альтернативной продукции, отвечающей нормативным показателям качества импортных товаров. Ведутся научные исследования по совершенствованию и применению технологий получения бензола, толуола, ксилолов и С9 ароматических углеводородов на основе пиролизного дистиллята — вторичного продукта местного пиролизного процесса. В этой связи важное значение имеет проведение научных и практических исследований, направленных на

ISSN 3030-3907

развитие производства ароматических углеводородов и реализацию программ локализации производства на их основе. Природные газы в зависимости от условий залегания в природе подразделяются на следующие виды: попутные нефтяные газы, а также газы газовых и газоконденсатных месторождений. Количество попутных газов, постоянно наблюдаемых в нефтяных пластах и выделяющихся при добыче нефти, определяется газовым фактором, который выражается количеством газа ($м^3$), приходящимся на 1 тонну нефти. Этот показатель свидетельствует о принадлежности природного газа и нефти к одной генетической группе и указывает на то, что углеводородные газы являются наиболее лёгкой фракцией нефти. Основную часть природного газа составляет метан (CH_4). Помимо метана, в состав природного газа входят его ближайшие гомологи: этан, пропан и бутан. Массовая доля метана в природном газе обратно пропорциональна общей массе углеводородов. В различных газовых месторождениях состав природного газа существенно различается. Средний состав природного газа (об. %): метан — 80–90; этан — 0,4–0,5; пропан — 0,2–1,5; бутан — 0,1–1; пентан — 0–1. Доля других газов по объёму составляет 2–13 %. Газы газоконденсатных месторождений отличаются от газов традиционных газовых месторождений тем, что к метану в их составе присутствуют гомологи углеводородов C_5 и выше. При выходе из пласта такие газы конденсируются при снижении давления и переходят в жидкую фазу. Образование подобных месторождений объясняется растворением нефти в газовой фазе в глубоких пластах под воздействием высокого давления. После отделения конденсата из состава газоконденсатных месторождений их состав становится близким к составу газов традиционных природных газовых месторождений. Состав попутных нефтяных газов зависит от условий залегания нефти в пласте (температуры и давления) и отличается от природного газа повышенным содержанием этана, пропана, бутана и высокомолекулярных углеводородов.

Таблица 1.

Состав природных газов некоторых месторождений

Месторождение	Количество, % (объемных)							
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	H_2S	H_2
Лугинестское месторождение (Томская область))	85,1	3,6	3,0	2,3	1,1	1,0	-	3,9
Тюменская	98,6	0,1	-	-	-	0,2	-	1,1

ISSN 3030-3907

область								
(сухой газ)								
Астраханское газоконденсатное месторождение	47 ÷ 54	2,0 ÷ 5,5	0,9÷1,7	0,4 ÷ 0,9	0,3 ÷ 1,6	18 ÷ 21	20 ÷ 26	~2,0
Ставропольское месторождение	98,8	0,3	0,2	0,1	-	0,2	-	0,4

Состав углеводородных газов, помимо углеводородов, включает азот, кислород, определённое количество инертных газов, диоксид углерода и другие компоненты. Их содержание в попутных нефтяных и природных газах существенно различается. Например, содержание азота составляет от 0 до 30–50 % (об.), а диоксида углерода — от 0 до 10–15 % (об.). Сероводород преимущественно встречается в попутных газах, его содержание может варьироваться от 0,0001 % до 6 %, а в некоторых месторождениях достигает ещё более высоких значений. Содержание гелия и аргона невелико и составляет до 0,1 %. (таблицы 1 и 2)

Таблица 2.

Состав попутных газов некоторых месторождений

Месторождения	Количество, % (объемных)							
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	H_2S	H_2
Анастасиевско-Троицкое месторождение	85,1	5,0	1,0	1,0	2,8	5,0	-	0,1
Новодмитровское месторождение	69,2	10,0	10,1	5,0	5,0	0,7	0,0	0,1
Ромашкинское месторождение	40,0	19,5	18,0	7,5	4,9	0,1	0,0	10,0
Оренбургская область	29,5	16,0	16,4	8,6	3,4	0,6	0,0	25,5

В процессе эксплуатации нефтяных месторождений изменение состава попутных газов объясняется их физическими свойствами. Метан в нефти присутствует только в газообразном состоянии, тогда как его гомологи находятся в растворённом виде и впоследствии, вследствие различий их

ISSN 3030-3907

свойств, выделяются в определённой последовательности. При высоком пластовом давлении газ полностью состоит из метана, однако по мере снижения давления увеличивается содержание гомологов метана в составе газа. Поэтому на завершающем этапе разработки нефтяного пласта выделяются газы, содержащие значительное количество жидких углеводородов газового бензина. В зависимости от содержания газового бензина газы подразделяются на сухие и жирные природные газы. В сухих газах содержание газового бензина не превышает 100 г/м³, тогда как при содержании более 100 г газового бензина на 1 м³ газа такие газы относятся к жирным. Этот закон выражает зависимость между давлением и объёмом газа при постоянной температуре. Согласно данному закону, чем больше объём газа, тем ниже его давление, и наоборот; произведение давления на объём является постоянной величиной: (PV = \text{const}) (где (P) — давление, (V) — объём). Обычно объём газов измеряется при различных условиях, отличных от нормальных. Поэтому для приведения объёма газа к нормальным условиям используется уравнение, объединяющее законы Бойля–Мариотта и Гей-Люссака.

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

Здесь V — объём при давлении P и температуре T; V_0 — объём при нормальном давлении; P_0 и T_0 — давление и температура (273 K), при которых определяется нормальный объём газа. Кривая, описывающая закон Бойля–Мариотта, называется изотермой. Данный закон применим к идеальным газам. Реальные газы лишь частично подчиняются этому закону. Однако при условиях, близких к нормальной температуре (0 °C) и нормальному давлению (760 мм рт. ст.), эти газы подчиняются данному закону, тогда как при высоких давлениях наблюдаются отклонения. Известно, что при нагревании воздух расширяется, вследствие чего его плотность уменьшается. По этой причине воздушные шары, наполненные горячим воздухом, поднимаются в небо. Такое изменение, наблюдаемое в своих экспериментах (в том числе с воздушными шарами), французские учёные Луи Гей-Люссак (1778–1850) и Жак Шарль (1746–1825) впервые количественно измерили влияние теплоты на давление газа. Измеряя объёмы реагирующих и образующихся в результате реакции газов, Гей-Люссак сформулировал свой закон объёмных отношений следующим образом: Сравнивая образцы одного газа при различных температурах и объёмах (при постоянном давлении), для закона Гей-Люссака можно использовать следующее математическое выражение:

ISSN 3030-3907

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T} \text{ или } \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Здесь V_1 и V_2 — объёмы газа при различных температурах; T_1 и T_2 — численные значения температур. Например, 2 объёма водорода и 1 объём кислорода при высокой температуре вступают в реакцию, в результате которой образуются 2 объёма водяного пара. Однако объёмы участвующих в этой реакции газов должны измеряться при одинаковом давлении и одинаковой температуре. Этот закон легко объясняется на основе закона Авогадро. Это можно проиллюстрировать на примере воды. Два объёма водорода и один объём кислорода взаимодействуют между собой, образуя два объёма водяного пара. Каждая молекула кислорода и водорода состоит из двух атомов, при этом одна молекула кислорода соединяется с двумя молекулами водорода, образуя одну молекулу воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Переработка отходов нефтегазохимической промышленности с целью получения ароматических углеводородов является одним из актуальных направлений. Состав природного газа, попутного нефтяного газа и пиролизного дистиллята свидетельствует об их ценности как углеводородного сырья. Получение из этих ресурсов бензола, толуола, ксилолов и С9 ароматических соединений позволяет производить импортозамещающую продукцию и снижать экологическую нагрузку. Физические законы поведения газов служат важной теоретической основой для правильной организации технологических процессов. В целом совершенствование существующих технологий и глубокая переработка отходов способствуют повышению эффективности нефтегазовой промышленности.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бондалетов В.Г., Бондалетова Л.И., Нгуен Ван Тхан. «Исползование жидких продуктов пиролиза углеводородного сыря в синтезе нефтеполимерных смол» // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1-7. – с. 1130-1133.

2. Лебедева И.П., Дошлов О.И., Иванова К.К. «Утилизатсия смол пиролиза, образуемых в установке ЭП-300 ОАО «Ангарский завод полимеров», Экологический вестник России. - 2010. - № 7. - с. 44-46.

3. Бондалетов В.Г. Комплексная переработка жидких продуктов пиролизных производств этилена и пропилена. – 2014.

4. Гриднева К.А., Денисов К.Ю., Чуракова С.К. Влияние типа сыря пиролиза на выход и состав продуктов пиролиза // Материалы конференции «Теория и

ISSN 3030-3907

практика массообменных процессов химической технологии (Марушкинские чтения)». – Уфа: УГНТУ, 2016. – С. 70–72.
5. Денисов К.Ю., Гриднева К.А., Чуракова С.К. Поиск путей эффективной переработки ароматических углеводородов // Материалы конференции «Теория и практика массообменных процессов химической технологии (Марушкинские чтения)». – Уфа: УГНТУ, 2016. – С. 105–107.
6. Гриднева К.А., Ганеев А.Э., Чуракова С.К. Определение химического состава тяжёлых смол пиролиза // Теория и практика массообменных процессов химической технологии (Марушкинские чтения): сборник научных трудов по материалам В Международной научной конференции. – 2016. – С. 72–73.

ISSN 3030-3907

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТИЛАЦЕТАТА: АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ ФИШЕРА И ТИЩЕНКО

Жамилова Нигинабону Қобил қизи
Доцент, Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, Бухара
E-mail: Jamilova0807@mail.ru
Ярашов Шоҳзод Ўктам ўғли
Магистр, Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, Бухара
Бобомуродова Нафиса Бобомурод қизи
Студентка, Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, Бухара

Аннотация. В данной статья рассматривается этилацетат как представитель сложных эфиров, образующийся в результате реакции этерификации этанола и уксусной кислоты. Описаны его строение, физико-химические свойства, а также основные способы получения в промышленности, включая реакцию Фишера и реакцию Тищенко. Кратко изложен механизм этерификации Фишера, включающий стадии протонирования, нуклеофильного присоединения спирта, переноса протонов и образования сложного эфира.

Ключевые слова: этилацетат, сложные эфиры, этерификация Фишера, реакция Тищенко, уксусная кислота, этанол, механизм реакции, кислотный катализ, растворитель, лакокрасочная промышленность, клеевые материалы, фармацевтическая промышленность.

Abstract. This article ethyl acetate as a representative of esters formed through the esterification reaction between ethanol and acetic acid. Its structure, physicochemical properties, and main industrial production methods are described, including the Fischer esterification and the Tishchenko reaction. A brief overview of the Fischer esterification mechanism is provided, involving the stages of protonation, nucleophilic attack by the alcohol, proton transfer, and formation of the ester.

Keywords: ethyl acetate, esters, Fischer esterification, Tishchenko reaction, acetic acid, ethanol, reaction mechanism, acid catalysis, solvent, paint and coatings industry, adhesive materials, pharmaceutical industry.

Annotatsiya. Ushbu maqolada etilasetat murakkab efirlar vakili sifatida ko‘rib chiqiladi, u etanol va sirka kislotasining eterifikatsiya reaksiyasi natijasida hosil bo‘ladi. Uning tuzilishi, fizik-kimyoviy xossalari, shuningdek sanoatda olishning asosiy usullari, jumladan Fisher eterifikatsiyasi reaksiyasi va Tishchenko reaksiyasi yoritilgan. Fisher eterifikatsiyasi mexanizmi qisqacha bayon etilib, u

ISSN 3030-3907

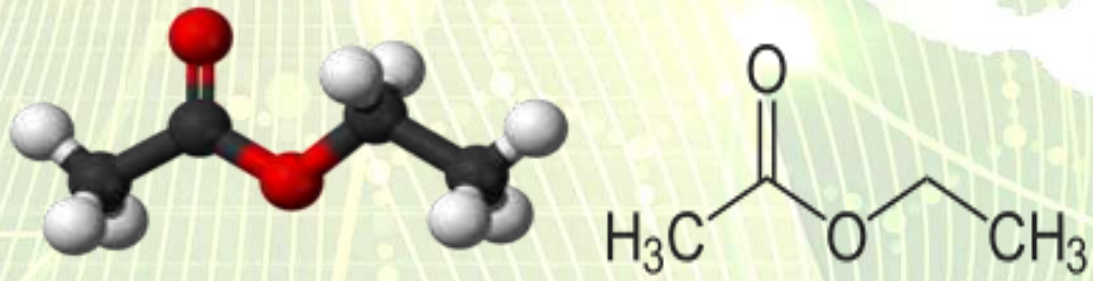
protonlanish bosqichi, spirtning nukleofil qo‘shilishi, protonlar ko‘chishi va murakkab efir hosil bo‘lishi bosqichlarini o‘z ichiga olishi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: etilasetat, murakkab efirlar, Fisher eterifikatsiyasi, Tishchenko reaksiyasi, sirka kislotasi, etanol, reaksiya mexanizmi, kislota katalizi, erituvchi, lak-bo‘yoq sanoati, yelim materiallari, farmatsevtika sanoati.

ВВЕДЕНИЕ.

Этилацетат является сложным эфиром, образующимся в результате реакции этерификации этанола и уксусной кислоты. Благодаря своим физико-химическим свойствам он широко применяется в качестве растворителя в химических реакциях и препаративных процессах. Кроме того, этилацетат в больших объёмах производится для использования в составе клеевых материалов, лакокрасочных покрытий, печатных красок и других промышленных продуктов. Этилацетат относится к классу сложных эфиров и представляет собой эфир этанола и уксусной кислоты. Вследствие широкого спектра применения в химической, фармацевтической и других отраслях промышленности его производство осуществляется в крупных масштабах.

Молекулярная формула этилацетата — $C_4H_8O_2$. Его структурную формулу можно представить в виде $CH_3–COO–CH_2–CH_3$. Этилацетат является сложным эфиром, состоящим из ацетатной группы ($CH_3COO–$) и этильного радикала ($–CH_2CH_3$).



Этилацетат широко применяется в качестве растворителя благодаря своей низкой стоимости, сравнительно низкой токсичности и приятному запаху. В частности, он используется как растворитель для нитрата целлюлозы, ацетата целлюлозы, жиров и восков, а также для очистки печатных плат. В смеси со спиртом этилацетат применяется в производстве искусственной кожи. Мировой объём производства этилацетата в 1986 году составлял около 450–500 тыс. тонн в год. Этилацетат является эффективным растворителем для нитроцеллюлозы и этилцеллюлозы, благодаря чему широко используется при производстве лакокрасочных материалов и типографских красок. Кроме того, он входит в состав растворителей для нитроглифталевых, перхлорвиниловых и эпоксидных эмалей, различных

ISSN 3030-3907

смазочных масел, восков, полиэфирных лаков, красок, а также кремнийорганических лаков и эмалей. На указанные цели расходуется до **30 %** всего производимого этилацетата. Также он широко применяется в производстве гибких упаковочных материалов в качестве растворителя для плёнок и печатных красок при нанесении надписей и изображений методом трафаретной и флексографической печати. Этилацетат используется в качестве реагента и реакционной среды при производстве ряда лекарственных препаратов, включая метоксазол, гидрокортизон, рифампицин и другие фармацевтические вещества. В энтомологии этилацетат является одним из наиболее распространённых средств для умерщвления насекомых в специальных морилках. После воздействия паров этилацетата образцы сохраняют большую мягкость и пластичность по сравнению с насекомыми, умерщвлёнными парами хлороформа, что облегчает их дальнейшее препарирование и изучение. Кроме того, этилацетат входит в состав фруктовых ароматизаторов и эссенций, используемых при производстве безалкогольных напитков, ликёров и кондитерских изделий. В пищевой промышленности он применяется в качестве пищевой добавки Е1504. Этилацетат впервые был синтезирован в 1759 году французским химиком Louis Léon Pajot de Onzembray, comte de Lauraguais путём дистилляции смеси этанола и уксусной кислоты. Производство этилацетата постоянно увеличивалось в связи с расширением областей его промышленного применения. В 1985 году совокупный объём производства в Японии, Северной Америке и Европе составлял около 400 тыс. тонн в год. В 2004 году мировое производство этилацетата достигло приблизительно 1,3 млн тонн. По оценкам аналитиков, объём мирового рынка этилацетата в 2018 году составил около 3,3 млрд долларов США, что отражает высокий спрос на данное соединение в химической, фармацевтической, пищевой и лакокрасочной промышленности. В промышленности этилацетат преимущественно получают классической реакцией этерификации Фишера между этанолом и уксусной кислотой. В ходе данной реакции в присутствии кислотного катализатора образуется сложный эфир — этилацетат — и вода. При комнатной температуре равновесная смесь обеспечивает выход эфира около 65 %:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

Для повышения выхода этилацетата равновесие реакции смещают в сторону образования продукта путём удаления воды из реакционной среды или использования избытка одного из исходных реагентов. Данный метод является наиболее распространённым способом промышленного

ISSN 3030-3907

производства этилацетата благодаря своей технологической простоте и экономической эффективности. Реакцию этерификации можно ускорить с помощью кислотного катализа, а удаление воды из реакционной среды позволяет сместить химическое равновесие вправо, в сторону образования этилацетата. Кроме того, в промышленности этилацетат получают по реакции Тищенко, которая заключается в конденсации двух эквивалентов ацетальдегида в присутствии алкоксидного катализатора с образованием этилацетата:

$$2\ CH3CHO \rightarrow CH3CO2CH2CH3$$

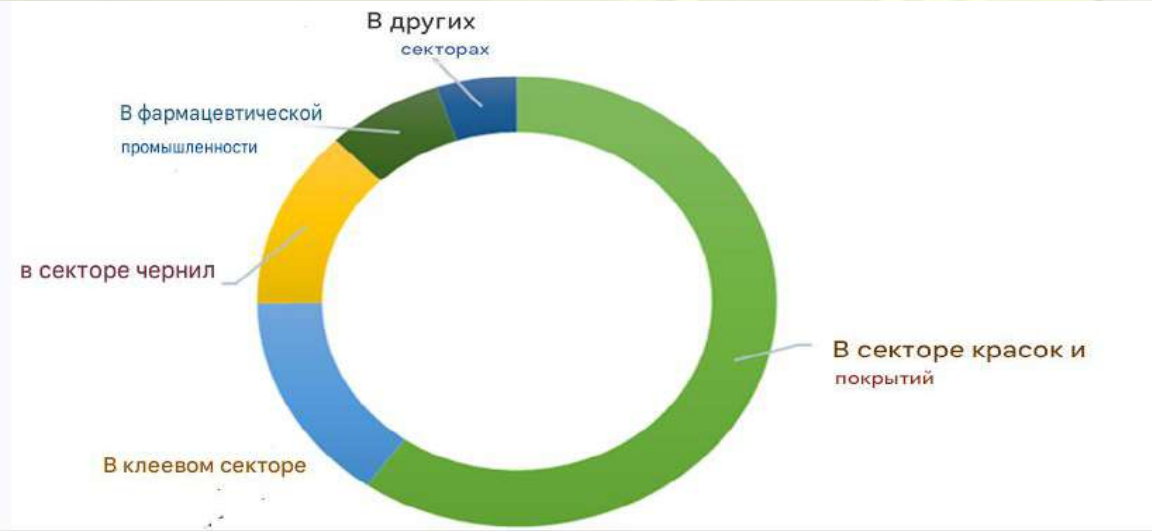
Метод Тищенко имеет важное промышленное значение, поскольку позволяет получать этилацетат непосредственно из ацетальдегида без использования уксусной кислоты и этанола. Реакция протекает в присутствии катализаторов на основе алкоксидов алюминия или других металлов и характеризуется высокой селективностью по отношению к целевому продукту.

Этилацетат в основном используется в качестве растворителя и разбавителя; он предпочтителен благодаря своей низкой стоимости, низкой токсичности и приятному запаху. Например, он широко применяется для очистки печатных плат и в некоторых средствах для снятия лака с ногтей (наряду с ацетоном). Кроме того, кофе и чайные листья подвергаются декофеинизации с использованием данного растворителя. Этилацетат также используется в качестве активирующего компонента в лакокрасочных материалах. Он присутствует в кондитерских изделиях, парфюмерии и фруктовых ароматических композициях. В парфюмерии этилацетат быстро испаряется, оставляя аромат духов на коже.

Использование этилацетата в мире

- 59,8 % спроса на этилацетат приходится на сектор красок и покрытий
- 15,1 % — на сектор клеевых материалов
- 12,8 % — на сектор чернил и полиграфии
- 7,3 % — на фармацевтическую промышленность
- 5 % — на прочие отрасли

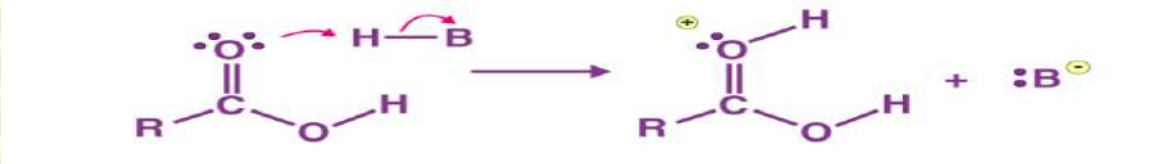
ISSN 3030-3907



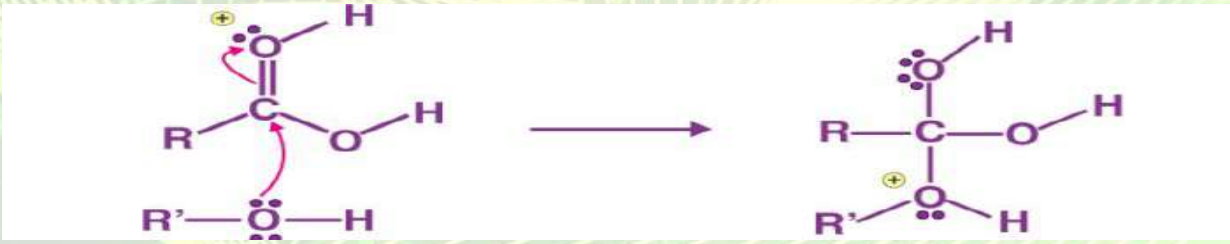
Этилацетат используется для сбора и изучения насекомых. Пары, насыщенные этилацетатом, быстро умерщвляют собранных насекомых. Благодаря негигроскопичности, этилацетат позволяет сохранять образцы достаточно мягкими, что обеспечивает их правильную фиксацию и последующее исследование. Однако этилацетат широко рассматривается как вещество, повреждающее ДНК, поэтому образцы, обработанные данным методом, как правило, не используются для последующего секвенирования ДНК.

Подробный механизм этерификации Фишера

Кислород карбонильной группы протонируется кислотным катализатором, активируя его для нуклеофильной атаки этанолом, как показано ниже

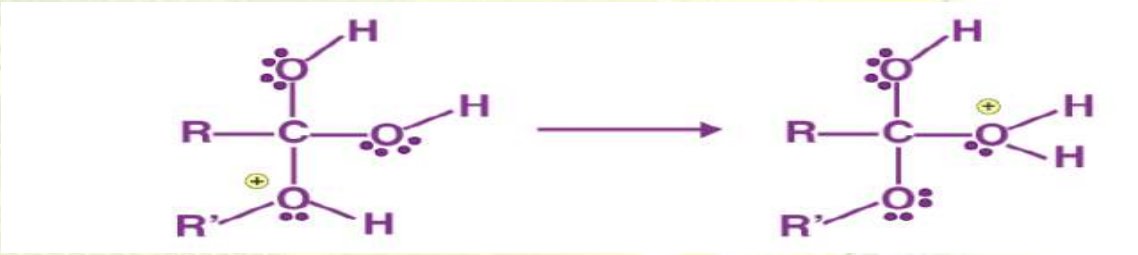


Спирты подвергаются нуклеофильной атаке на карбонильную группу. Пара электронов от атома кислорода спирта связывается с атомом углерода карбонильной группы, разрывая пи-связь с другим атомом кислорода. Электроны пи-связи переносятся к атому кислорода, нейтрализуя его положительный заряд. В результате образуется оксониевый ион.



ISSN 3030-3907

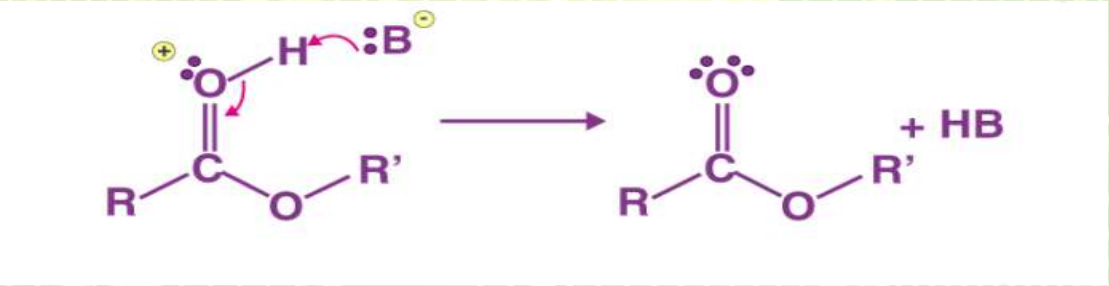
Теперь происходит перенос протона от оксониевого иона к ОН-группе, в результате чего образуется активированный комплекс. Этот процесс можно разделить на два последовательных этапа, на которых спирт сначала депротонирует оксониевый ион, образуя тетраэдрический промежуточный продукт, после чего ОН-группа принимает протон от спирта. Этот этап можно описать следующим образом:



Теперь 1,2-элиминация воды приводит к образованию протонированного сложного эфира. Неподеленная пара электронов кислорода образует пи-связь с углеродом, в результате чего происходит элиминация воды, как показано ниже.



Оставшийся положительно заряженный атом кислорода депротонируется, в результате чего образуется желаемый сложный эфир (как показано ниже).



Таким образом, образуется желаемый сложный эфир. Механизм этерификации по Фишеру можно описать просто: протонирование карбонильной группы, за которым следует нуклеофильная атака на карбонильную группу, перенос протона на ОН-группу, удаление воды и, наконец, стадия депротонирования. Обратная реакция этерификации по Фишеру также может использовать кислоты и основания в качестве катализаторов и называется гидролизом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

ISSN 3030-3907

В данной статья рассмотрены свойства и применение этилацетата — одного из наиболее важных представителей сложных эфиров. Показано, что он образуется в результате реакции этерификации между этанолом и уксусной кислотой и широко используется в промышленности благодаря своим физико-химическим свойствам, таким как летучесть, хорошая растворяющая способность и относительно низкая токсичность.

Особое внимание уделено основным промышленным способам получения этилацетата, включая реакцию Фишера и реакцию Тищенко. Отмечено, что реакция Фишера является наиболее распространённым методом, основанным на кислотном катализе и обратимом равновесии, которое можно смещать для увеличения выхода продукта. Реакция Тищенко рассматривается как альтернативный путь синтеза из ацетальдегида с высокой селективностью.

Также кратко описан механизм этерификации Фишера, включающий стадии протонирования карбонильной группы, нуклеофильного присоединения спирта, переноса протонов, образования промежуточных соединений, удаления воды и образования конечного сложного эфира.

Таким образом, этилацетат является важным промышленным растворителем и химическим продуктом, находящим широкое применение в лакокрасочной, клеевой, фармацевтической и других отраслях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li, B., Chen, M., Pan, Y., & Yang, L. (2025). Insights into the pyrolysis/gasification mechanism of cation ion exchange resins based on ReaxFF simulation and DFT computation. Thermochimica Acta, 180091.
2. Chavez-Sifontes, M. H., Domine, M. E., & Valencia, S. (2015). Synthesis of furan derivatives via cascade-type reactions catalyzed by solid acids. Catalysis Today, 257, 305-317.
3. Mori, M., Tanaka, K., Satori, T., Ikedo, M., Hu, W., & Itabashi, H. (2006). Influence of acidic eluent for retention behaviors of common anions and cations by ion-exclusion/cation-exchange chromatography on a weakly acidic cation-exchange resin in the H+-form. Journal of Chromatography A, 1118(1), 51-55.
4. Firuz O., Vokhid A. Synthesis and properties of complex forming ionites //Universum: технические науки. – 2023. – №. 2-6 (107). – С. 38-40.
5. Ostonov F., Akhmedov V., Olimov B. Preparation of hybrid composites by sol-gel method and analysis of its properties //Scientific Collection «InterConf». – 2022. – №. 123. – С. 256-259.
6. Zuhriddin, R., & Niginabonu, J. (2022). Production of polyethylene terephthalate. Universum: технические науки, (5-11 (98)), 58-62.

ISSN 3030-3907

7. O‘G‘Li, R. Z. K., & Qizi, J. N. Q. (2022). Analysis of importance and methods of production of block sopolymers based on polyetylenterephtalate. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences, 3(1), 51-55.
8. Zuhriddin, R., Niginabonu, J., Aminjon, V., & Temurbek, D. (2022). Mechanisms of eterification of tereftalic acid with etylenglycol. Universum: технические науки, (5-11 (98)), 63-67.

ISSN 3030-3907

UDK 504.064:614.7:616-036.22

OROL BO‘YI MINTAQASIDA KOMPLEKS IFLOSLANISH INDEKSI VA EKOLOGIK SEZGIR KASALLIK GURUHLARI O‘RTASIDAGI TUMAN DARAJASIDAGI BOG‘LIQLIK: 2010–2023 YILLARDAGI EKOLOGIK TADQIQOT

Gulnora Ixtiyorova
Toshkent davlat texnika universiteti professori, k.f.d.
Otabek Saydullayev
Irrigatsiya va suv muommolari ilmiy tadqiqot instituti doktoranti
Jahongir Saidov
Favqulodda vaziyatlar vazirligi akademiyasi dotsenti , t.f.f.d (PhD).
E-mail: jahongirsaidov.1986@gmail.com
ORCID:0009-0001-8448-1264
Shoxrux Movlonov taqrizi asosida
BDTU t.f.f.d. (PhD).

Annotation. The Aral Sea region of Uzbekistan, encompassing Karakalpakstan and Khorezm, is exposed to combined environmental contamination originating from the desiccated seabed, saline drainage waters, and legacy organochlorine pesticides. However, the cumulative impact of these environmental stressors on population health has not yet been quantitatively assessed at the subregional level.To examine the association between the Composite Environmental Pollution Index (CEPI) and five groups of environmentally sensitive diseases (respiratory, cardiovascular, oncological, endocrine, and maternal/infant health outcomes) across 25 districts.An ecological cross-sectional study with longitudinal components was conducted. Age-standardized disease rates (2010–2023) were obtained from official health registries. The CEPI was calculated as the unweighted mean of normalized U.S. EPA Hazard Severity Index (HSI), CCME Salinity Stress Index (SSI), and Hakanson–Müller soil contamination indices. COPD (590 per 100,000), hypertension (2,840 per 100,000), ischemic heart disease mortality (264 per 100,000), cancer incidence (268 per 100,000), and infant mortality (24.8 per 1,000 live births). The CEPI showed significant positive correlations with all five health outcome groups (Spearman's *r*_s = 0.70–0.82). These associations remained statistically significant after adjustment in multivariable regression models. Composite environmental pollution is strongly and consistently associated with the burden of environmentally sensitive diseases in the Aral Sea region. The findings highlight the urgent need for integrated, multi-environmental mitigation strategies, particularly in northern Karakalpakstan.

ISSN 3030-3907

Keywords: Aral Sea; Karakalpakstan; environmental epidemiology; Composite Environmental Pollution Index; respiratory diseases; cardiovascular diseases; cancer incidence; infant mortality.

Аннотация. Приаральский регион Узбекистана, включающий Республику Каракалпакстан и Хорезмскую область, подвергается комплексному воздействию загрязнения окружающей среды, обусловленному высохшим дном Аральского моря, засоленными дренажными водами и остаточным загрязнением стойкими хлорорганическими пестицидами. Совокупное влияние этих факторов на здоровье населения до настоящего времени количественно не оценивалось на субрегиональном уровне. Проанализировать взаимосвязь между Комплексным индексом загрязнения окружающей среды (КИЗОС) и пятью группами экологически чувствительных заболеваний (болезни органов дыхания, сердечно-сосудистые заболевания, онкологические заболевания, эндокринные заболевания, показатели здоровья матерей и младенцев) в 25 районах Приаральского региона. Проведено экологическое исследование поперечного среза с элементами продольного анализа. Возраст-стандартизованные показатели заболеваемости за 2010–2023 годы были получены из официальных регистров. Комплексный индекс загрязнения окружающей среды рассчитывался как невзвешенное среднее нормализованных индексов US EPA HSI**,** CCME SSI и почвенных индексов Хокансона–Мюллера**.** Для оценки взаимосвязей использовались ранговый коэффициент корреляции Спирмена и многомерная линейная регрессия с поправкой на социально-демографические факторы. Наиболее высокие показатели заболеваемости были выявлены в Муйнакском районе: бронхиальная астма 814, хроническая обструктивная болезнь лёгких (ХОБЛ) 590, артериальная гипертензия — 2 840, смертность от ишемической болезни сердца 264, заболеваемость злокачественными новообразованиями 268 на 100 000 населения, а младенческая смертность 24,8 на 1 000 живорождений. Комплексный индекс загрязнения окружающей среды статистически значимо коррелировал со всеми пятью группами исходов (r_s = 0,70–0,82). После корректировки по социально-демографическим факторам выявленные взаимосвязи сохраняли статистическую значимость. Комплексное загрязнение окружающей среды имеет сильную и устойчивую связь с бременем экологически чувствительных заболеваний. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости реализации комплексных природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятий, особенно в северной части Республики Каракалпакстан.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Аральское море; Каракалпакстан; экологическая эпидемиология; комплексный индекс загрязнения окружающей среды; болезни органов дыхания; сердечно-сосудистые заболевания; онкологическая заболеваемость; младенческая смертность.

Annotatsiya. O‘zbekistonning Orol bo‘yi mintaqasi Qoraqalpog‘iston va Xorazm qurigan dengiz tubi, sho‘r drenaj suvlari va merosli organoxlorin pestitsidlardan kelib chiqadigan birlashgan ifloslanish ta'sirida. Aholiga komplek ta'sir hozircha sub-mintaqaviy darajada miqdoran baholanmagan. Maqsad. 25 ta tuman bo‘yicha kompleks ifloslanish indeksi (KIIK) va beshta ekologik sezgir kasallik guruhi (respirator, yurak-qon tomir, onkologik, endokrin, chaqaloq/onalar) o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilish. Metodlar. Longitudinal qo‘shimchalar bilan ekologik kesma dizayn qo‘llanildi. Yosh standartlangan kasallik darajalari (2010–2023) rasmiy reyestrlardan olindi. KIIK normallashtirilgan US EPA HSI, CCME SSI va Hokanson–Myuller tuproq indekslarining og‘irliksiz o‘rtachasi sifatida hisoblandi. Spirmen daraja korrelyatsiyasi va sotsiodemografik sozlash bilan ko‘p o‘zgaruvchi chiziqli regressiya qo‘llanildi. Natijalar. Mo‘ynoqda eng yuqori kasallik ko‘rsatkichlari aniqlandi — astma 814, SO‘K 590, gipertoniya 2 840, IYuK o‘limi 264, saraton 268 100 000 ga va chaqaloq o‘limi 24,8 1 000 tirik tug‘ilishga. KIIK barcha beshta natija bilan korrelyatsiya qildi (r_s 0,70–0,82). Sozlangan modellar bog‘liqliklarni tasdiqladi. Xulosalar. Kompleks ifloslanish ekologik sezgir kasallik yuki bilan kuchli va izchil bog‘liq; shimoliy Qoraqalpog‘istonda ko‘p muhitli yumshatish dolzarbdir.

Kalit so‘zlar: Orol dengizi; Qoraqalpog‘iston; ekologik epidemiologiya; kompleks ifloslanish indeksi; respirator kasalliklar; yurak-qon tomir kasalliklari; onkologik kasallanish; chaqaloq o‘limi.

KIRISH.

Atrof-muhitning ifloslanishi global miqyosda o‘limning yetakchi oldini olish mumkin bo‘lgan sababi bo‘lib, har yili taxminan to‘qqiz million muddatidan oldingi o‘limga sabab bo‘ladi (Fuller va boshq., 2022). Kasallik yuki nomutanosib ravishda yumshatish imkoniyati cheklangan degradatsiyalashgan muhitda yashayotgan aholiga to‘g‘ri keladi. Markaziy Osiyodagi Orol dengizi havzasi, bu yerda 1960-yillardan beri dunyodagi to‘rtinchi eng katta ichki suv havzasining qurib qolishi sho‘r ko‘l cho‘kindisining aerozolizatsiyasi, ichimlik suvi manbalarining sho‘rlanishi va sovet davridagi pestitsid qoldiqlarining saqlanishi bilan birga bordi va u jismoniy hujjat ostidagi eng ko‘zga ko‘ringan antropogen ekologik halokatlardan biri hisoblanadi (Rzymski va boshq., 2024).Qoraqalpog‘iston O‘zbekistonning O‘zbekiston qismi qurigan Orol dengizi tubini egallagan avtonom respublikasi va unga tutash Xorazm viloyati birgalikda

ISSN 3030-3907

taxminan 3,6 million kishini joylashtiradi. Oldingi epidemiologik ishlar respirator kasalliklarning yuqori darajalarini (Bennion va boshq., 2007; Liu va boshq., 2024), yurak-qon tomir morbidlik (Tulekov va boshq., 2022), onkologik kasallanish (Vostokov va Musayev, 2010; Nazarova va Xoliqova, 2023), endokrin patologiya (Sobirov va Xudayberdiyev, 2024) va salbiy perinatal natijalarni (Saidmamatov va boshq., 2024) hujjatlashtirilgan. Biroq, adabiyotda uchta bo‘shliq saqlanib qoldi.Birinchidan, ko‘pgina tadqiqotlar ekspozitsiya-natija bog‘liqliklarini bitta ekspozitsiya o‘zgaruvchisi (PM10, MUS yoki yagona OXP) yordamida tahlil qilgan, bu esa muqarrar ravishda ko‘p muhitli ifloslanishga duch keladigan jamoalar tomonidan tashilayotgan jami ekologik yukni kam baholaydi. Ikkinchidan, sub-mintaqaviy fazoviy heterogenlik kam xarakterlangan; ammo qurigan dengiz tubiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri yondosh bo‘lgan Mo‘ynoqdan janubiy Xorazmga gradient taxminan 600 km bo‘lib, keskin farq qiluvchi ekspozitsiya rejimlarini kesib o‘tadi. Uchinchidan, O‘zbekiston Sog‘liqni saqlash vazirligining eng so‘nggi (2020–2023) epidemiologik kuzatuv ma'lumotlari hali 2020-yildan keyingi atrof-muhit monitoring ma'lumotlari (Bartrem va boshq., 2025; Rajabova va boshq., 2025) bilan yagona doirada bog‘lanmagan.Biz ushbu tadqiqotda bu bo‘shliqlarni Qoraqalpog‘iston va Xorazmning 25 ta ma'muriy tumani darajasida kompozit atrof-muhit ifloslanish indeksini (KIIK) beshta ekologik sezgir kasallik guruhi bilan bog‘lash orqali hal qilamiz: respirator (astma, surunkali obstruktiv o‘pka kasalligi, quyi nafas yo‘llari infektsiyalari), yurak-qon tomir (gipertoniya, ishemik yurak kasalligi, miya qon aylanishi kasalliklari), onkologik (barcha joylar, o‘pka, qizilo‘ngach, sut bezi, buyrak), endokrin (2-tip qandli diabet, qalqonsimon bez patologiyasi, anemiya) va chaqaloq/onalar (chaqaloq o‘limi, tug‘ma anomaliyalar, past tug‘ilish vazni). Bizning maqsadlarimiz: (1) eng so‘nggi mavjud ma'lumotlardan foydalanib (2010–2023) bu beshta kasallik guruhining tumanlar darajasi patternlarini tasvirlash; (2) sotsiodemografik chalkashtiruvchi omillar (urbanizatsiya, GRP per capita, birlamchi yordam zichligi) bo‘yicha sozlash bilan daraja korrelyatsiyasi va ko‘p o‘zgaruvchi regressiya orqali KIIK bilan bog‘liqlikni miqdoran baholash; va (3) vaqt tendensiyalarini hamda ularning atrof-muhit o‘zgarishi bilan muvofiqligini baholash.Maqola quyidagi tartibda tuzilgan. 2-bo‘limda ekologik dizayn, ma'lumot manbalari, KIIK ning qurilishi va statistik tahlil yondashuvi bayon qilingan. 3-bo‘limda tuman darajasidagi kasallik yuki, KIIK bilan korrelyatsiya, ko‘p o‘zgaruvchi regressiya natijalari va vaqt tendensiyalari taqdim etilgan. 4-bo‘limda topilmalar adabiyot kontekstida muhokama qilinadi, ekspozitsiya yo‘llarining biologik aniqligi ko‘rib chiqiladi va siyosat ahamiyati bayon etiladi. 5-bo‘lim xulosa.

ISSN 3030-3907

MATERIALLAR VA METODLAR. Ekologik kesma dizayn longitudinal qo‘shimchalar bilan qo‘llanildi. Tahlil birligi ma'muriy tuman. Bizning tadqiqotimizga Qoraqalpog‘iston Respublikasining 14 ta tumani va Nukus shahri, hamda Xorazm viloyatining 10 ta tumani va Urganch hamda Xiva shaharlari — jami 27 ma'muriy birlik kiritildi, ulardan 25 tasida 2010–2023 to‘liq davr bo‘yicha ma'lumotlar mavjud edi.

Yosh standartlangan kasallanish, incidence va o‘lim ko‘rsatkichlari uchta manbadan olindi: (i) O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi yillik statistik to‘plami ('Sog‘liqni saqlash sohasida statistik to‘plam', 2010–2023, Toshkent: SSV); (ii) Qoraqalpog‘iston Respublikasi Sog‘liqni saqlash boshqarmasining tuman darajasidagi reyestri (2023-yil kesma); va (iii) Médecins Sans Frontières Qoraqalpog‘iston Sog‘liqni saqlash hisoboti 2020–2024, atrof-muhit sog‘liqni saqlash yukini qamragan (MSF, 2024). UNICEF O‘zbekiston (2023) bola o‘limi ko‘rsatkichlarini cross-validatsiya qilish uchun ishlatildi. Kasalliklarning kodlanishi ICD-10 ga ko‘ra amalga oshirildi. Onkologiya uchun biz barcha joylardagi incidence ni asosiy natija sifatida, va o‘pka (C33–34), qizilo‘ngach (C15), sut bezi (C50) va buyrak (C64) incidence sini ikkilamchi natijalar sifatida ko‘rib chiqdik. Joinpoint Regression Program versiya 4.9.0.0 (NCI, 2022) yillik saraton incidence qatoriga qo‘llanildi va o‘zgarish nuqtalari aniqlandi.

KIIK — uchta normallashtirilgan ichki indeksning og‘irliksiz arifmetik o‘rtachasi: (i) HSI_norm = US EPA HSI / 200 (PM2.5/PM10 uchun); (ii) SSI_norm = 1 − CCME SSI / 100; va (iii) TSI_norm — sakkizta og‘ir metall (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, V) uchun Hokanson ekologik xavf indeksining 600 ga normallashtirilgan qiymati, OXP xavf koeffitsienti bilan kuchaytirilgan. Batafsil parametrlash bizning hammualliflar ishida hisobot qilingan [Mualliflar, 2025]. KIIK toifalari: <0,30 past; 0,30–0,39 o‘rtacha; 0,40–0,49 yuqorilashgan; 0,50–0,59 yuqori; ≥0,60 kritik. Har bir tuman uchun KIIK 2020–2024 yillar o‘rtachasi sifatida hisoblandi, bu zamonaviy salomatlik kuzatuvi bilan muvofiqligini ta'minlaydi.

Uchta tuman darajasidagi o‘zgaruvchi potensial chalkashtiruvchi sifatida ko‘rib chiqildi: (i) urbanizatsiya, tuman aholisining shahar joylashuvlarida yashayotgan foizida ifodalanadi (oraliq 18,4–98,6%); (ii) yalpi mintaqaviy mahsulot kishi boshiga (doimiy 2018-yil so‘mlari, oraliq 4,1–18,9 million); va (iii) birlamchi yordam vrachlari zichligi (10 000 aholiga, oraliq 17,4–29,8). Ma'lumotlar O‘zbekiston Statistika agentligidan olindi.

Tuman darajasidagi natijalarning va ekspozitsiyalarning taqsimotlari medianalar va interkvartil oraliqlar yordamida umumlashtirildi. KIIK (va har bir ichki indeks) bilan har bir kasallik natijasi o‘rtasidagi Spirmen daraja

ISSN 3030-3907

korrelyatsiyalari (r_s) hisoblandi, 95% ishonchlilik oraliqlari Fisher z-transformatsiya orqali olindi. So‘ngra ko‘p o‘zgaruvchi chiziqli regressiya modellari qurildi: natija — kasallik darajasi; bashoratchilar — KIIK, urbanizatsiya, GRP kishi boshiga va vrach zichligi. Tushunarliroq qilish maqsadida KIIK ga oid regressiya koeffitsientlari 0,10 birlik o‘sishiga ko‘ra taqdim etilgan. Heteroskedastik mosli (HC3) standart xatolar ishlatildi. Sezgirlik tahlili KIIK ni har bir ichki indeks bilan va asosiy komponentlar indeksi (HSI, CCME SSI va TSI ning birinchi asosiy komponenti) bilan almashtirdi va asosiy natijalar saqlandi. Joinpoint regressiya yillik astma, IYuK o‘limi, jami saraton incidence va chaqaloq o‘limi darajalari uchun (2010–2023) Qoraqalpog‘iston va Xorazm bo‘yicha alohida qo‘llanildi. Barcha tahlillar R 4.3.2 va NCI Joinpoint Desktop ilovasidan foydalanib bajarildi. Ikki tomonlama $p < 0,05$ chegarasidan foydalanildi; asosiy natijalar soni kichik (5 birlamchi) bo‘lganligi sababli rasmiy ko‘p tekshirish tuzatishi qo‘llanilmadi, lekin Benjamini–Hochberg sozlangan p-qiymatlar qo‘shimcha materialda keltirilgan.

NATIJALAR. 1-jadval beshta kasallik guruhining tumanlar taqsimotini umumlashtiradi. Kattalarda astma prevalensligi tumanlar bo‘yicha 4,1 marta o‘zgardi, Yangiariq tumanida (Xorazm) 198 dan Mo‘ynoq tumanida 814 100 000 aholigacha. SO‘K prevalensligi 4,2 marta o‘zgardi, 142 dan 590 100 000 ga (Mo‘ynoq yana maksimum). Gipertoniya prevalensligi Yangibozorda 1 520 dan Mo‘ynoqda 2 840 100 000 gacha O‘zbekiston milliy o‘rtacha (1 980 100 000) ko‘rsatkichidan 43% yuqori. Yosh standartlangan ishemik yurak kasalligi o‘limi Mo‘ynoqda 264 100 000 ga yetdi, Shovotda esa 138. Jami saraton incidence Mo‘ynoqda 268 100 000, Qo‘ng‘irotda 220 va Yangibozorda 138; Qoraqalpog‘istonning umumiy incidence (201 100 000) O‘zbekiston o‘rtachasini (172) 16,9% ga oshib ketdi. Chaqaloq o‘limi 1 000 tirik tug‘ilishga 8,4 dan (Xiva shahri) 24,8 gacha (Mo‘ynoq) o‘zgardi bu milliy o‘rtachadan (10,6) 2,34 marta yuqori.

1-Jadval.

Qoraqalpog‘iston va Xorazmning 25 ta ma'muriy tumani bo‘yicha beshta ekologik sezgir kasallik guruhining taqsimoti, 2020–2023.

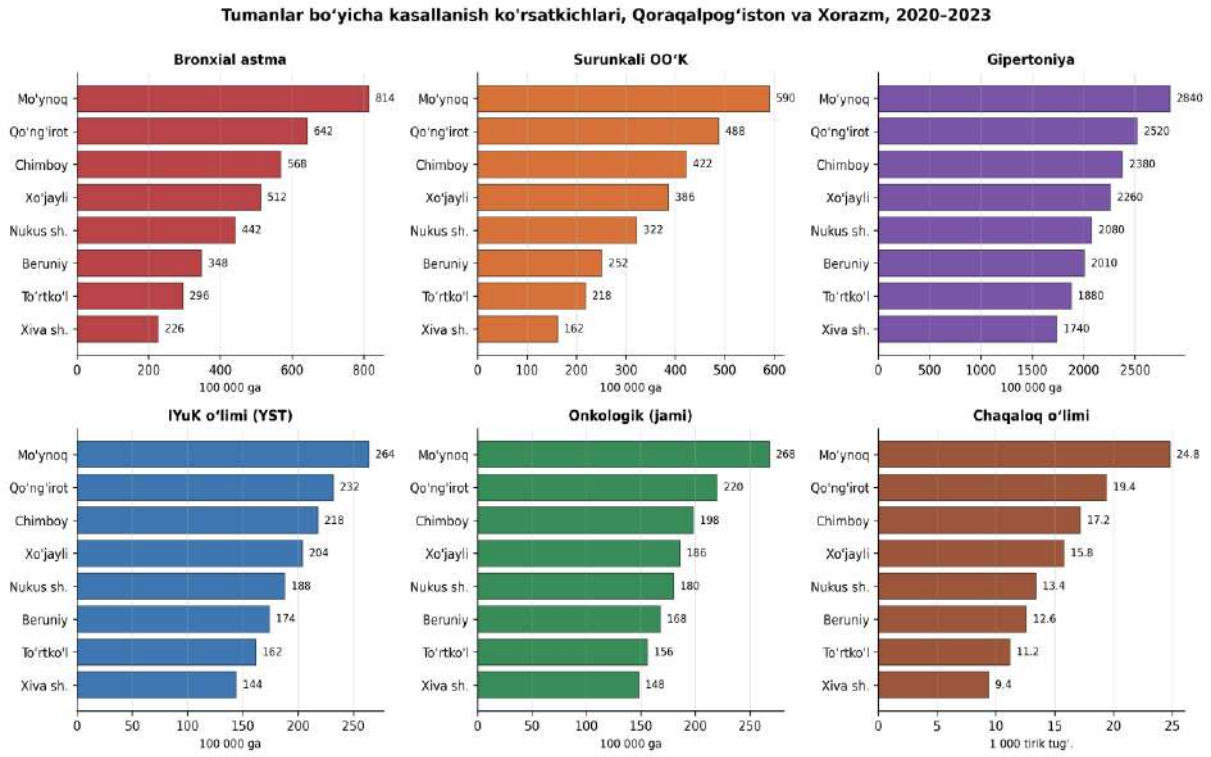
Natija	Birlik	Mediana	IQR	Min	Maks	Maksimum tumani
Astma prevalensligi	100 000 ga	452	318–612	198	814	Mo‘ynoq
SO‘K prevalensligi	100 000 ga	326	224–442	142	590	Mo‘ynoq

ISSN 3030-3907

Gipertoniya prev.	100 000 ga	2 180	1 920–2 460	1 520	2 840	Mo‘ynoq
IYuK o‘limi (YST)	100 000 ga	188	162–224	138	264	Mo‘ynoq
Jami saraton inc.	100 000 ga	182	162–210	138	268	Mo‘ynoq
O‘pka sarat. inc.	100 000 ga	29,6	23,2–35,4	16,8	44,2	Mo‘ynoq
Qizilo‘ngach sarat.	100 000 ga	12,4	9,6–15,8	5,8	21,2	Qo‘ng‘irot
2-tip qandli d.	100 000 ga	3 820	3 240–4 180	2 710	5 260	Mo‘ynoq
Qalqonsimon bez pat.	100 000 ga	884	742–1 020	560	1 140	Mo‘ynoq
Anemiya (xotin 18–49)	%	39,8	34,2–44,6	26,4	52,6	Mo‘ynoq
Chaqaloq o‘limi	1 000 ga	13,4	11,6–16,8	8,4	24,8	Mo‘ynoq
Past tug‘ilish vazni	%	8,6	7,4–10,2	5,2	13,4	Mo‘ynoq

Izoh: YST = yosh standartlangan tezligi. Manbalar: O‘zbekiston SSV yillik statistik to‘plamlari (2020–2023); Qoraqalpog‘iston Respublikasi SSV tuman reyestri; MSF (2024).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Qoraqalpog‘iston va Xorazmda 25 tumanga oid beshta ekologik sezgir kasallik guruhining tuman darajasidagi yuki, 2020–2023. Mo‘ynoq ko‘rsatilgan barcha natijalar uchun eng yuqori ko‘rsatkichni namoyish etadi.

Tumanlardagi KIIK va har bir natija o‘rtasidagi Spirmen daraja korrelyatsiyalari kuchli va musbat edi (2-jadval). Eng kuchli bog‘liqliklar kattalar respirator kasalliklarida (astma $r_s = 0,82$, SO‘K $r_s = 0,80$) va chaqaloq o‘limida ($r_s = 0,79$) kuzatildi. Yurak-qon tomir natijalari (gipertoniya $r_s = 0,78$, IYuK o‘limi $r_s = 0,76$) va onkologik natijalar (jami $r_s = 0,72$, o‘pka saratoni $r_s = 0,74$) keyingi o‘rinda turdi; endokrin natijalar 0,70–0,74 oraliqda. Barcha korrelyatsiyalar $p < 0,001$ da statistik jihatdan ahamiyatli edi va Benjamini–Hochberg sozlanganidan keyin ham muhimligini saqladi. Uchta ichki indeksdan HSI_norm respirator va yurak-qon tomir kasalliklarining eng kuchli yagona bashoratchisi edi, TSI_norm (OXP bilan kuchaytirilgan) esa endokrin va reproduktiv natijalar uchun eng kuchli yagona bashoratchi edi — bu endokrin buzuvchi birikmalar haqidagi mexanik adabiyot bilan mos (Longnecker va boshq., 2002; Whyatt va boshq., 2004).

2-Jadval.

Tumanlardagi atrof-muhit indekslari va kasallik natijalari o‘rtasidagi Spirmen daraja korrelyatsiyalari (r_s), n = 25 tuman.

Kasallik natijasi	HSI_norm	SSI_norm	TSI_norm	KIIK

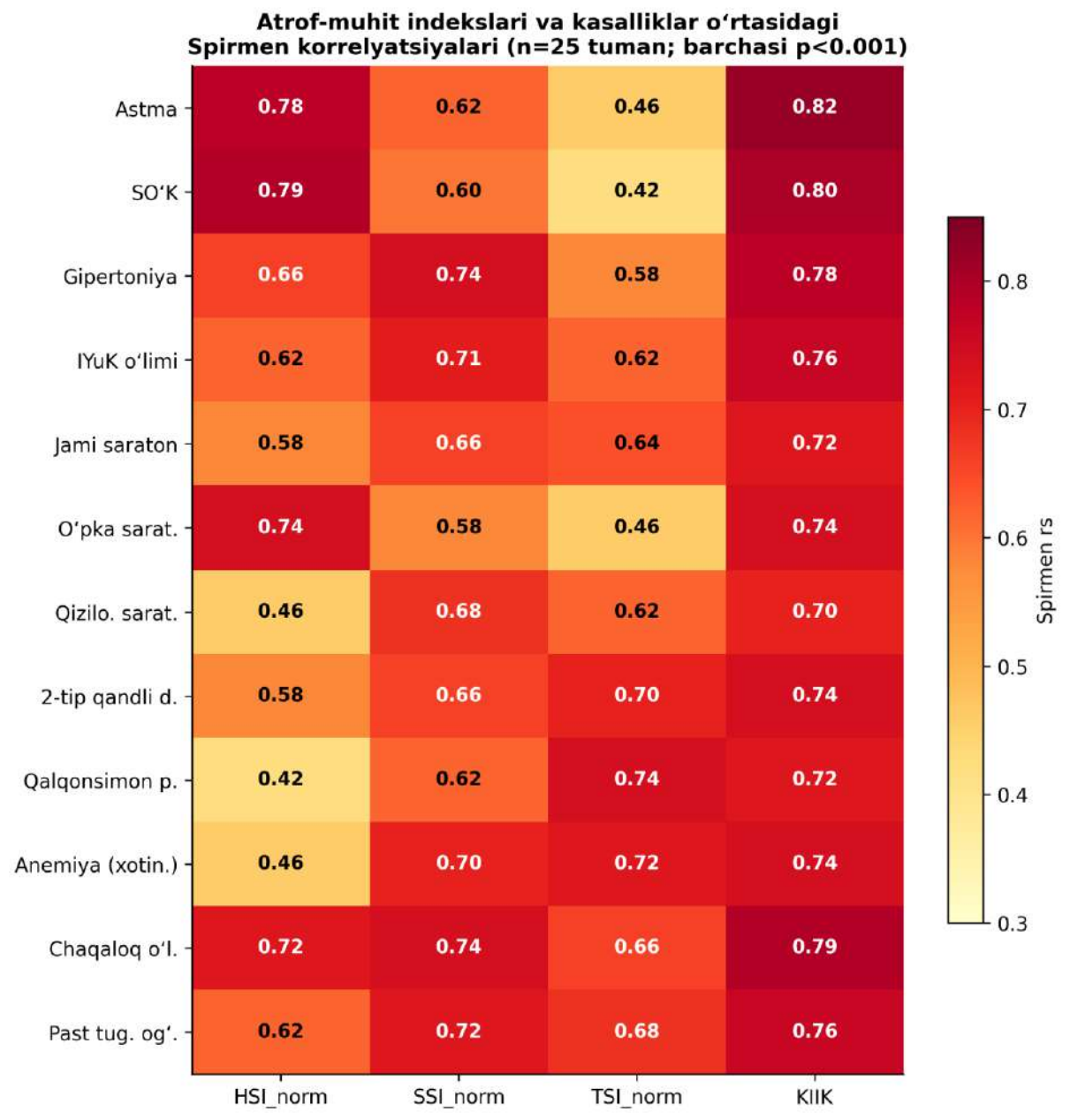
ISSN 3030-3907

Astma prevalensligi	0,78	0,62	0,46	0,82
SO‘K prevalensligi	0,79	0,60	0,42	0,80
Gipertoniya	0,66	0,74	0,58	0,78
IYuK o‘limi	0,62	0,71	0,62	0,76
Jami saraton	0,58	0,66	0,64	0,72
O‘pka saratoni	0,74	0,58	0,46	0,74
Qizilo‘ngach sarat.	0,46	0,68	0,62	0,70
2-tip qandli d.	0,58	0,66	0,70	0,74
Qalqonsimon bez	0,42	0,62	0,74	0,72
Anemiya (xotinlarda)	0,46	0,70	0,72	0,74
Chaqaloq o‘limi	0,72	0,74	0,66	0,79
Past tug‘ilish vazni	0,62	0,72	0,68	0,76

Izoh: Barcha korrelyatsiyalar $p < 0,001$ da ahamiyatli.

2-rasm. Tumanlardagi KIIK va oltita kasallik natijasi o‘rtasidagi ikki tomonlama bog‘liqliklar ($n = 25$ tuman). Har bir nuqta — bitta tuman, KIIK toifasi bo‘yicha rang-kodlangan. Chiziqli chiziq: eng kichik kvadratlar mos kelishi. r_s = Spirmen daraja korrelyatsiya koeffitsienti.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Atrof-muhit indekslari (ustunlar) va 12 ta kasallik natijasi (qatorlar) o‘rtasidagi Spirmen daraja korrelyatsiya matritsasi. Barcha korrelyatsiyalar p < 0,001 da ahamiyatli. KIIK 12 ta natijadan 10 tasida eng kuchli yagona bashoratchi.

Urbanizatsiya, GRP kishi boshiga va vrach zichligi bo‘yicha sozlangandan keyin KIIK barcha beshta kasallik guruhining ham statistik jihatdan ahamiyatli bashoratchisi bo‘lib qoldi (3-jadval). KIIK ga sozlangan koeffitsient (0,10 birlik o‘sishiga ko‘ra) astma uchun 100 000 ga 142 ta qo‘shimcha holat (95% IO: 96–188), SO‘K uchun 100 000 ga 96 ta holat (62–130), gipertoniya uchun 100 000 ga 380 ta holat (252–508), IYuK uchun 100 000 ga 25 ta o‘lim (16–34), saraton uchun 100 000 ga 18 ta holat (11–25) va chaqaloq o‘limi uchun 1 000 tirik tug‘ilishga 4,2 (2,6–5,8) inkremental yukni keltirib chiqardi. KIIK ni komponentlariga

ISSN 3030-3907

ajratilganda, HSI_norm respirator bog‘liqlikning asosiy ulushini, SSI_norm yurak-qon tomir bog‘liqligining asosiy ulushini va TSI_norm endokrin hamda reproduktiv bog‘liqlikning asosiy ulushini olib bordi bu har bir ekspozitsiya yo‘lining asosiy biologiyasi bilan mos pattern.

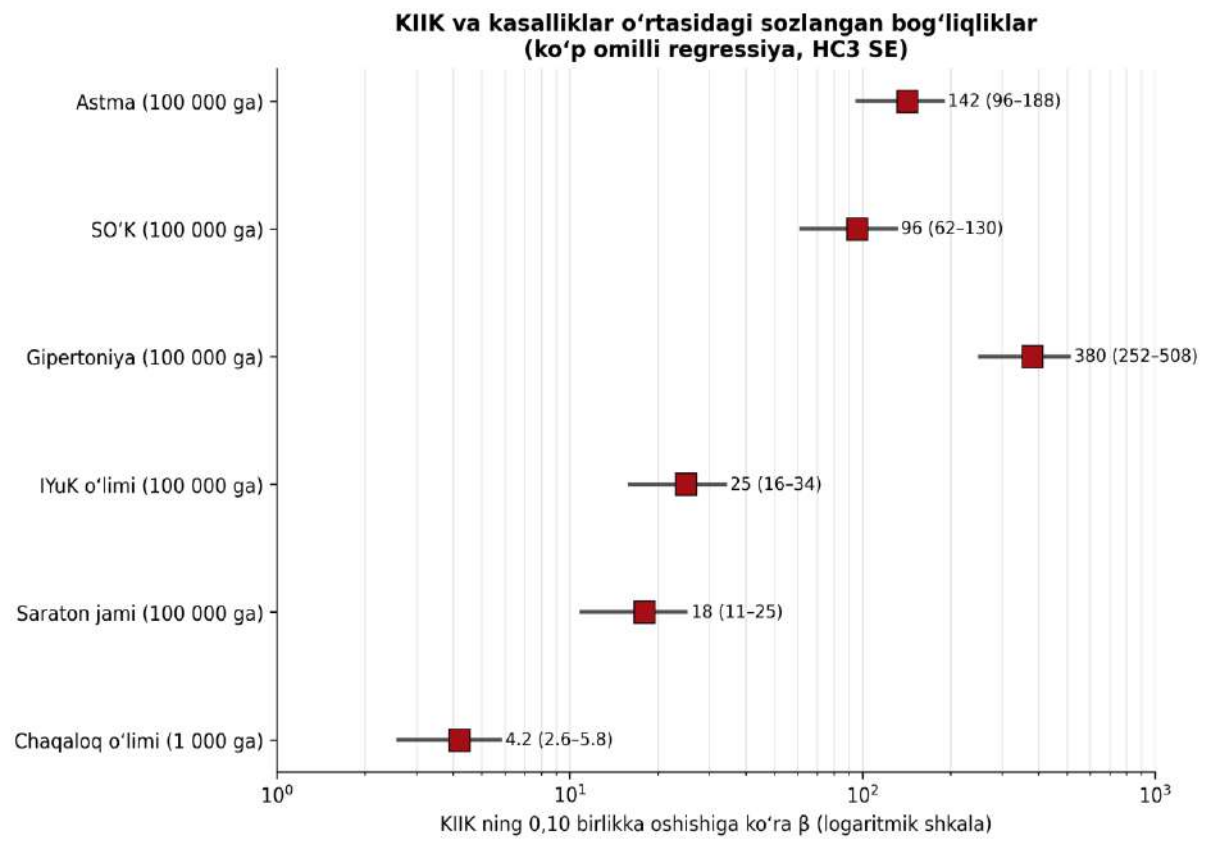
3-Jadval.

KIIK va kasallik natijalari o‘rtasidagi sozlangan bog‘liqliklar (KIIK ning 0,10 birlik o‘sishiga ko‘ra; ko‘p o‘zgaruvchi chiziqli regressiya, HC3 SE).

Natija	β (KIIK × 10)	95% IO	p
Astma 100 000 ga	142	96–188	<0,001
SO‘K 100 000 ga	96	62–130	<0,001
Gipertoniya 100 000 ga	380	252–508	<0,001
IYuK o‘limi 100 000 ga	25	16–34	<0,001
Jami saraton 100 000 ga	18	11–25	<0,001
Chaqaloq o‘limi 1 000 ga	4,2	2,6–5,8	<0,001

Izoh: Modellar urbanizatsiya, GRP kishi boshiga, birlamchi yordam vrachlari zichligi bo‘yicha sozlangan.

ISSN 3030-3907



4-rasm. KIIK va oltita kasallik natijasi o‘rtasidagi sozlangan bog‘liqliklarning forest-grafigi. β koeffitsientlar KIIK ning 0,10 birlik o‘sishiga ko‘ra ko‘p o‘zgaruvchi chiziqli regressiyadan (HC3 standart xatolar bilan), urbanizatsiya, GRP kishi boshiga va vrach zichligi bo‘yicha sozlangan.

Mintaqaviy yosh standartlangan darajalar uchun Joinpoint regressiyasi Qoraqalpog‘istonda 2010–2023 yillarda quyidagi o‘sish tendensiyalarini aniqladi: astma (yillik o‘zgarish koeffitsienti YOK +2,6%, $p < 0,001$), SO‘K (+1,9%, $p < 0,001$), gipertoniya (+1,4%, $p < 0,001$), jami saraton incidence (+1,6%, $p < 0,001$) va 2-tip qandli diabet (+3,4%, $p < 0,001$). Chaqaloq o‘limi pasayib bordi (−2,1%, $p < 0,001$), bu milliy tendensiyaga muvofiq, lekin pasayish darajasi Qoraqalpog‘istonda O‘zbekiston bo‘yicha umuman olganda pastroq edi. IYuK o‘limi statistik jihatdan ahamiyatsiz pasayish tendensiyasini ko‘rsatdi (−0,5%, $p = 0,21$). Xorazm viloyati o‘xshash, lekin susaytirilgan tendensiyalarni namoyish etdi. Astma, gipertoniya va saratondagi o‘sish tendensiyalari mintaqaviy KIIK ning o‘sish tendensiyasini aks ettiradi (2017-yildan keyin yillik +1,4%), garchi ekologik dizayn individual darajadagi sababiy atributsiyani istisno qiladi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Qoraqalpog‘istonda yosh standartlangan kasallanish ko‘rsatkichlarining vaqt tendensiyalari, 2010–2023. YOK barcha kasallik guruhlari uchun p < 0,001 da ahamiyatli, IYuK o‘limidan tashqari (p = 0,21).

MUHOKAMA. Biz uchta asosiy topilmani xabar qilamiz. Birinchidan, Qoraqalpog‘iston va Xorazmda ekologik sezgir kasalliklar yuki og‘ir va tuman bo‘yicha keskin gradient ko‘rsatadi: qurigan Orol dengizi tubining janubiy sohilida joylashgan Mo‘ynoq, ko‘rib chiqilgan 12 ta natijaning 11 tasi uchun eng yuqori ko‘rsatkichni namoyish etadi. Ikkinchidan, xalqaro qabul qilingan bir muhitli indekslardan tuzilgan tuman darajasidagi kompozit ifloslanish indeksi (KIIK) barcha beshta kasallik guruhi bilan kuchli va izchil bog‘liq (r_s 0,70–0,82). Uchinchidan, bog‘liqliklar urbanizatsiya, iqtisodiy daraja va sog‘liqni saqlash tizimi imkoniyatlari bo‘yicha sozlangandan keyin ham saqlanadi va har bir ekspozitsiya yo‘lining mexanistik aniqligi bilan mos ravishda ajraladi — HSI respirator va o‘pka yurak-qon tomir natijalari uchun; SSI yurak-qon tomir va buyrak natijalari uchun; TSI (OXP bilan kuchaytirilgan) endokrin va reproduktiv natijalar uchun.Bizning natijalarimiz Orol salomatlik yukidagi oldingi ishlar bilan muvofiq va ularni kengaytiradi. Bennion va boshq. (2007) Qoraqalpog‘istonda havodagi chang bilan bog‘liq bolalar respirator simptomlarining oshganini xabar qildi; biz buni 25 tumandagi 12 natijaga kengaytiramiz. Vostokov va Musaev (2010) Orol mintaqasida qalqonsimon bez patologiyasini hujjatlashtirdi; bizning sozlangan tahlilimiz TSI-qalqonsimon bez kuchli bog‘liqligini tasdiqlaydi, bu perxlorat va organoxlorin ta'siri tomonidan vositachilik qilishi mumkin. Qo‘ng‘irotda yuqori qizilo‘ngach saratoni darajasi (21,2 100 000 ga) Islami va

ISSN 3030-3907

boshq. (2009) tomonidan tasvirlangan markaziy Osiyo qizilo‘ngach saratoni 'belbog‘i' bilan mos va sho‘r ichimlik suvi va zarrachalar ta'sirining kombinatsiyasini aks ettirishi mumkin. Muhim jihat — bizning integrallashgan yondashuvimiz siyosat ishtirokchilariga maxsus texnik ma'lumotsiz tushuna oladigan yagona ko‘rsatkich (KIIK) ni taqdim etadi, ayni paytda mexanistik tushunarli komponentlarga ajratish qobiliyatini saqlab qoladi.

Kuzatilgan bog‘liqliklar biologik jihatdan aniq. PM2.5 va PM10 ga uzoq muddatli ta'sir takroriy meta-tahlillar tomonidan respirator va yurak-qon tomir kasalliklari bilan sababiy bog‘lanagn (Orellano va boshq., 2020; Brauer va boshq., 2019; Munzel va boshq., 2021). Sho‘r va OXP bilan ifloslangan ichimlik suvini surunkali iste'mol qilish gipertoniya (Tulekov va boshq., 2022) va buyrak patologiyasi bilan bog‘lanagn. Og‘ir metall ta'siri (Cd, Pb) yurak-qon tomir voqealari bilan mexanistik jihatdan bog‘liq (Tellez-Plaza va boshq., 2013; Lanphear va boshq., 2018). Organoxlorin pestitsidlar DDT, DDE, HXX endokrin signalizatsiyani buzadi, ayniqsa qalqonsimon bez gormoni metabolizmida, va salbiy perinatal natijalar bilan bog‘liq (Longnecker va boshq., 2002; Eskenazi va boshq., 2006). Bizning KIIK bu yo‘llarning barchasini bir vaqtda qamrab oladi.

Ushbu tahlilning kuchli tomonlari quyidagilardan iborat: tuman darajasidagi aniqlik (25 birlik), xalqaro qabul qilingan bir muhitli ichki indekslardan foydalanish, chalkashtiruvchi sozlash bilan mustahkam statistik yondashuv va zamonaviy atrof-muhit hamda salomatlik ma'lumotlar to‘plamlari. Cheklovlar ekologik tadqiqot dizaynini, individual darajadagi sababiy xulosani istisno qiladigan va ekologik mantiqsizlikga sezgir bo‘lgan dizaynni; muntazam salomatlik kuzatuviga tayanishni, tuman darajasidagi tashxis to‘liqligi 76% va 94% orasida o‘zgaruvchanlikni; siyrak bevosita monitoringga ega bo‘lgan tumanlar uchun fazoviy interpolyatsiyalangan atrof-muhit qiymatlarini ishlatishni; va biomarkerga asoslangan ekspozitsiya baholashning yo‘qligini o‘z ichiga oladi. Joinpoint tendensiya tahlili tuman-yil hujayralari hajmi tufayli mintaqaviy agregatga cheklangan; biz tuman-spetsifik o‘zgarish nuqtalarini tekshirmadik. Kelajakdagi ishlar biologik o‘lchovlar (qondagi Cd, Pb, OXP, siydikdagi MUS markerlari) bilan kohort tadqiqotlarini va muayyan natijalarda (o‘pka saratoni, chaqaloq o‘limi, qalqonsimon bez patologiyasi) keys-control tadqiqotlarini o‘z ichiga olishi kerak.

Bu topilmalardan uchta siyosat ahamiyati kelib chiqadi. Birinchidan, yumshatish resurslarini taqsimlash KIIK tuman xaritasiga asoslanishi kerak: Mo‘ynoq, Qo‘ng‘irot, Chimboy, Xo‘jayli va Qorao‘zak ustuvor tumanlar bo‘lishi kerak. Ikkinchidan, aralashuvlar to‘plami ustun muhitga moslashtirilishi kerak: Mo‘ynoqning havo bilan ustun tumanlari uchun chang manbasini nazorat qilish

ISSN 3030-3907

(Aralqumni o‘rmonlashtirish; tuproq barqarorlashtirish); markaziy Qoraqalpog‘iston suv bilan ustun tumanlari uchun ichimlik suvini yaxshilash (chuqur quduqlar qurish; markazlashtirilgan tozalash); va shimoliy Xorazm OXP bilan ustun tumanlari uchun qishloq xo‘jaligi qoldiqlarini ushlab turish. Uchinchidan, yuqori KIIK tumanlarida birlamchi yordam imkoniyatlari kengaytirilishi kerak: Mo‘ynoq (10 000 ga 18,6) va Qo‘ng‘irot (19,4) vrach zichligi milliy o‘rtachadan (24,2) va JSST tavsiyalaridan past.

XULOSALAR.

Qoraqalpog‘iston va Xorazmning 25 ta ma'muriy tumani bo‘yicha US EPA HSI, CCME SSI va Hokanson–Myuller tuproq indekslarini birlashtiruvchi kompozit atrof-muhit ifloslanish indeksi (KIIK) respirator, yurak-qon tomir, onkologik, endokrin va chaqaloq o‘limi natijalari bilan kuchli bog‘liq edi (r_s 0,70–0,82). Sozlangan regressiya modellari shuni ko‘rsatdiki, KIIK ning 0,10 birlik o‘sishi barcha beshta toifa bo‘yicha kasallik yukida sezilarli o‘sish bilan bog‘liq. KIIK ni ichki indekslar bo‘yicha dekompozitsiyasi har bir ekspozitsiya yo‘lining mexanistik aniqligi bilan muvofiq edi. Mo‘ynoq tumani eng yuqori KIIK (0,64, 'kritik') va ko‘rib chiqilgan 12 ta natijaning 11 tasi uchun eng yuqori ko‘rsatkichlar bilan ustuvor diqqat sifatida ajraldi. KIIK Orol bo‘yi havzasida atrof-muhit-salomatlik kuzatuvi va resurs ustuvorlashtirish uchun muntazam ko‘rsatkich sifatida tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bartrem C., Kurbanov M.I., Keller B.D., et al. Organochlorine pesticides and salinity in Karakalpakstan // IJERPH. 2025. Vol. 22(11). Art. 1751.
2. Bennion P., Hubbard R., O‘Hara S., Wiggs G., Wegerdt J., Lewis S., Stocks J. Impact of airborne dust on respiratory health in children in the Aral Sea region // International Journal of Epidemiology. 2007. — Vol. 36(5). — P. 1103–1110.
3. Brauer M., Brook J.R., Christidis T., et al. Mortality–air pollution associations in low-exposure environments // Environmental Health Perspectives. 2019. Vol. 127(7). Art. 077001.
4. Eskenazi B., Marks A.R., Bradman A., et al. Organophosphate pesticide exposure and neurodevelopment in young Mexican-American children // Environmental Health Perspectives. 2006. Vol. 115(5). P. 792–798.
5. Fuller R., Landrigan P.J., Balakrishnan K., et al. Pollution and health: a progress update // Lancet Planetary Health. 2022. Vol. 6(6). P. e535–e547.
6. Islami F., Kamangar F., Nasrollahzadeh D., et al. Oesophageal cancer in Golestan Province, a high-incidence area in northern Iran // International Journal of Cancer. 2009. Vol. 125(12). P. 2982–2988.

ISSN 3030-3907

8. Lanphear B.P., Rauch S., Auinger P., Allen R.W., Hornung R.W. Low-level lead exposure and mortality in US adults: a population-based cohort study // Lancet Public Health. 2018. Vol. 3(4). P. e177–e184.
9. Liu J., Ding J., Liu B., et al. Characteristics of salt dust aerosols in the Aral Sea region // Atmospheric Chemistry and Physics. 2025. Vol. 25(5). P. 2891–2912.
10. Longnecker M.P., Klebanoff M.A., Zhou H., Brock J.W. Association between maternal serum DDE concentration and preterm and small-for-gestational-age births // The Lancet. 2002. Vol. 358(9276). P. 110–114.
11. MSF (2024). Karakalpakstan Health Report 2020–2024: Environmental Health Burden. Médecins Sans Frontières Nukus Mission.
12. Munzel T., Hahad O., Sorensen M., Lelieveld J., Daiber A. Environmental risk factors and cardiovascular diseases // Cardiovascular Research. 2021. Vol. 117(1). P. 35–55.
13. Nazarova M.S., Xoliqova D.V. Onkologik kasallanish Qoraqalpog‘istonda // Health and Ecology Issues. 2023. Vol. 20(4). P. 56–67.
14. NCI (2022). Joinpoint Regression Program, version 4.9.0.0. National Cancer Institute.
15. Orellano P., Reynoso J., Quaranta N., Reynoso-Marenzi A., Weinmayr G. Short-term exposure to PM and ozone systematic review and meta-analysis // Environment International. 2020. Vol. 142. Art. 105876.
16. Rajabova N., Sherimbetov V., Sadiq R., Aboukila A.F. Assessment of collector-drainage water CCME WQI model // Water. 2025. Vol. 17(15). Art. 2191.

ISSN 3030-3907

UDK 504.064:614.7:551.583

OROL BO‘YI MINTAQASIDA ATROF-MUHIT IFLOSLANISHINI BAHOLASH UCHUN KOMPLEKS IFLOSLANISH INDEKSI (KIIK): METODOLOGIYA VA QORAQALPOG‘ISTON HAMDA XORAZM VILOYATIDA TUMAN DARAJASIDA TATBIQ ETISH (2010–2025)

Otabek Saydullayev

Irrigatsiya va suv muommolari ilmiy tadqiqot instituti doktoranti

Jahongir Saidov

Favqulodda vaziyatlar vazirligi akademiyasi dotsenti, t.f.f.d (PhD).

E-mail: jahongirsaidov.1986@gmail.com.

ORCID:0009-0001-8448-1264

M.Xusanova taqrizi asosida

TKTITI kat.il.xod.

Annotation. The desiccation of the Aral Sea is one of the most severe anthropogenic environmental disasters of the modern era, exposing the population of the Republic of Karakalpakstan and the Khorezm Region to combined air, water, and soil pollution. Existing assessment approaches rely primarily on single-environment indices, thereby failing to capture the cumulative environmental burden. To develop and validate a district-level Composite Pollution Index (CPI) that integrates atmospheric, hydrospheric, and pedospheric pollution into a single policy-oriented indicator.The CPI was calculated as the unweighted arithmetic mean of three normalized component indices: the US EPA Health-Based Air Quality Index (HSI) for PM2.5 and PM10, the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI**)** for water quality, and the Håkanson–Müller Soil Pollution Index (TSI) for soil contamination. The CPI ranged from 0.31 to 0.64**.** Muynak District was identified as the only critical district (CPI = 0.64), followed by Kungrad**,** Chimbay**,** and Khojayli districts. The regional mean CPI increased by 15.8% during the period 2010–2025. The CPI demonstrated strong positive correlations with five major disease groups (Spearman's r_s = 0.70–0.82).The CPI is a practical, district-level integrated indicator suitable for routine environmental and public health monitoring in arid regions.

Keywords: Aral Sea; Republic of Karakalpakstan; Khorezm Region; Composite Pollution Index (CPI); Air Quality Index (AQI); CCME Water Quality Index (CCME WQI); Geoaccumulation Index; Ecological Risk Assessment.

Аннотация. Высыхание Аральского моря является одной из наиболее тяжелых антропогенных экологических катастроф современности, подвергая население Республики Каракалпакстан и Хорезмской области комплексному воздействию загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы.

Существующие подходы к оценке экологического состояния в основном основаны на индексах, характеризующих отдельные компоненты окружающей среды, что не позволяет адекватно учитывать совокупную экологическую нагрузку. Разработать и валидировать Комплексный индекс загрязнения (КИЗ) на районном уровне, интегрирующий загрязнение атмосферного воздуха, гидросферы и педосферы в единый показатель, ориентированный на поддержку принятия управленческих решений. КИЗ рассчитывался как невзвешенное среднее арифметическое трех нормализованных частных индексов: US EPA HSI — для оценки загрязнения атмосферного воздуха по PM2.5 и PM10, CCME SSI — для оценки качества воды и Håkanson–Müller TSI — для оценки загрязнения почв. Значения КИЗ варьировали от 0,31 до 0,64. Муйнакский район оказался единственным районом, отнесенным к категории «критический» (КИЗ = 0,64), за ним следовали Кунградский, Чимбайский и Ходжейлийский районы. Среднее региональное значение КИЗ увеличилось на 15,8 % за период 2010–2025 гг. КИЗ продемонстрировал высокую корреляцию с пятью основными группами заболеваний (r_s = 0,70–0,82). КИЗ представляет собой удобный интегральный показатель районного уровня, пригодный для регулярного экологического и медико-экологического мониторинга в аридных регионах.

Ключевые слова: Аральское море; Республика Каракалпакстан; Хорезмская область; комплексный индекс загрязнения; индекс качества атмосферного воздуха; индекс качества воды CCME; индекс геоаккумуляции; оценка экологического риска.

Annotatsiya. Orol dengizining qurib qolishi zamonaviy davrning eng og‘ir antropogen ekologik halokatlaridan biri bo‘lib, Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati aholisini havo, suv va tuproqning birlashgan ifloslanishiga duchor qilmoqda. Mavjud baholash mexanizmlari faqat bitta muhitga oid indekslarga tayanadi, bu esa kümülativ ekologik yukni yashiradi. Maqsad. Atmosfera havosi, gidrosfera va pedosfera ifloslanishini yagona siyosat-oriyentirlangan ko‘rsatkichga birlashtiruvchi tuman darajasidagi Kompleks ifloslanish indeksini (KIIK) ishlab chiqish va validatsiya qilish. Metodlar. KIIK uchta normallashtirilgan ichki indeks (US EPA HSI — PM2.5/PM10 uchun, CCME SSI — suv sifati uchun, Hokanson–Myuller TSI — tuproq uchun) ning og‘irliksiz arifmetik o‘rtacha qiymati sifatida hisoblandi. Natijalar. KIIK 0,31 dan 0,64 gacha o‘zgardi. Mo‘ynoq yagona 'kritik' tuman bo‘lib (KIIK = 0,64), so‘ngra Qo‘ng‘irot, Chimboy va Xo‘jayli kelmoqda. Mintaqaviy o‘rtacha KIIK 2010–2025 yillarda 15,8% ga o‘sdi. KIIK beshta asosiy kasallik guruhi bilan rs = 0,70–0,82 darajada korrelyatsiya qildi. Xulosalar. KIIK

ISSN 3030-3907

qulay, tuman darajasida aniqlangan va arid mintaqalarda muntazam ekologik-tibbiy monitoring uchun mos.

Kalit so‘zlar: Orol dengizi; Qoraqalpog‘iston; Xorazm; kompleks ifloslanish indeksi; havo sifati indeksi; CCME suv sifati indeksi; geoakkumulyatsiya indeksi; ekologik xavf baholash.

KIRISH.

Orol dengizining XX asrning 60-yillaridan boshlangan progressiv quriy borishi Amudaryo va Sirdaryo suvlarini paxta va sholi ekinlari uchun sun'iy sug‘orishga keng miqyosda yo‘naltirish oqibatida bugungi kunda XX va XXI asrlarning eng katta antropogen ekologik halokatlaridan biri sifatida e'tirof etilmoqda (Banks va boshq., 2022; Bao va boshq., 2024; Rzymski va boshq., 2024). Dengiz sathi taxminan 68 000 km² dan 8 000 km² dan kamayib, 60 000 km² dan ortiq sho‘r dengiz tubi (Aralqum cho‘li) ochilib qoldi va u mintaqaning asosiy mayda zarrachali ifloslantiruvchi modda, tuz aerozollari va persistentli organoxlorin qoldiqlar manbai bo‘lib qoldi (Indoitu va boshq., 2015; Liu va boshq., 2025).Qoraqalpog‘iston Respublikasi (O‘zbekiston) va unga tutash Xorazm viloyati aholisi taxminan 3,6 million kishi natijada paydo bo‘lgan ko‘p muhitli ekspozitsiyaning og‘ir oqibatlarini boshdan kechirmoqda. Mavjud ilmiy adabiyotlarda mintaqada respirator, yurak-qon tomir, onkologik, endokrin va reproduktiv kasalliklarning yuqori yukini tasdiqlovchi ko‘plab tadqiqotlar mavjud (Tussupova va boshq., 2020; Erkudov va boshq., 2024; Saidmamatov va boshq., 2024). Shunga qaramay, Orol bo‘yi mintaqasida ekologik xavfni baholash hozirgacha tarqoq holatda qolgan: havo sifati odatda US EPA Havo sifati indeksi (HSI) yordamida baholanmoqda (Yusupov va boshq., 2024); sirt va yer osti suvlari Kanada Atrof-muhit Vazirlari Kengashi Suv Sifati Indeksi (CCME SSI) bilan tahlil qilinmoqda (Rajabova va boshq., 2025); tuproq ifloslanishi esa Myuller (1969) geoakkumulyatsiya indeksi (Igeo) va Hokanson (1980) potensial ekologik xavf indeksi (EX) orqali miqdoriy baholanmoqda (Liu va boshq., 2020; Bartrem va boshq., 2025).Garchi har bir alohida muhitga oid indeks metodologik jihatdan asoslangan va xalqaro darajada qiyoslanadigan bo‘lsa-da, ularning birgalikda qo‘llanilishida uchta tuzilmaviy cheklov mavjud va bu hududiy qarorlar qabul qilish jarayoniga to‘sqinlik qiladi. Birinchidan, indekslar bir-biriga mos kelmaydigan raqamli shkalalarda ifodalangan (HSI 0–500; CCME SSI 0–100; Igeo ochiq tartibli shkala), shuning uchun suvi qattiq ifloslangan, lekin havosi o‘rtacha bo‘lgan tuman havosi yomon, suvi o‘rtacha bo‘lgan tumandan yaxshiroq holatda ko‘rinishi mumkin, garchi umumiy salomatlik yukining yo‘qotilgan yillari (DALY) o‘xshash bo‘lsa-da. Ikkinchidan, indekslar har xil ekspozitsiya yo‘llariga mos keladi (nafas olish, ichish, terining yoki resuspenziya qilingan zarrachalarning

ISSN 3030-3907

ingalatsiyasi), bu esa siyosat aralashuvlarini integrallashgan ko‘rsatkich bo‘lmasdan tartiblab bo‘lmasligini anglatadi. Uchinchidan, Markaziy Osiyodagi rasmiy monitoring tarmoqlari siyrak va notekis taqsimlangan: O‘zgidromet Qoraqalpog‘istonda atmosfera kimyosi uchun atigi ikkita statsionar stantsiya ishlatadi (UNECE, 2025), suv va tuproqdagi pestitsidlar qoldiqlari tarixi esa noimkonchilikli yig‘ilgan.Keng adabiyotlarda kompozit ekologik indekslar bu tarqoqlikni hal qilishning bir usuli sifatida taklif etilmoqda (Danielsson va Surkan, 1996; Sun va boshq., 2023).

Biroq, Orol dengizi havzasi uchun bugungi kungacha tuman darajasidagi kompozit ko‘rsatkich operatsion holatda taqdim etilmagan bo‘lib, u quyidagi xususiyatlarga ega: (i) har bir muhit uchun xalqaro darajada qabul qilingan ichki indekslardan foydalanish, (ii) eng so‘nggi (2020-yildan keyingi) dala ma'lumotlari bilan parametrlash, (iii) regulyator chegaralari va kuzatilgan salomatlik natijalari bilan qiyoslanish. Bu bo‘shliqni to‘ldirish hozirgi paytda dolzarbdir. Bartrem va hammuallifning 2024–2025 yilgi nashrlari (Qoraqalpog‘istonda 79 nuqtadan olingan 140 ta suv, tuproq va cho‘kindi namunalar), Rajabova va boshqalarning ishi (CCME SSI doirasida kollektor-drenaj suvlari), Turdimuratova va boshqalar (Nukusda sirt suvlari), Liu va boshqalar (tuz chang aerozollari), shuningdek UNECE Ekologik Faoliyat Sharhi to‘rtinchi tsikli — birinchi marta mintaqa uchun yagona ko‘p muhitli baz chizig‘ini taqdim etmoqda.Ushbu tadqiqot O‘zbekistonning Orol bo‘yi mintaqasi uchun tuman darajasidagi Kompleks ifloslanish indeksini (KIIK) ishlab chiqadi, uni konsolidatsiyalangan 2010–2025 yillar ma'lumotlar to‘plami bilan parametrlaydi va Qoraqalpog‘istonning 14 ta tumani va Xorazm viloyatining 10 ta tumani bo‘yicha qo‘llaydi. Aniqroq qilib aytganda, tadqiqotning maqsadlari quyidagicha: (1) KIIKni HSI, CCME SSI va Igeo hamda Hokanson ekologik xavf indeksidan olingan tuproq sifati indeksining (TSI) normallashtirilgan arifmetik kombinatsiyasi sifatida rasmiylashtirish; (2) KIIKni fazoviy xaritalash va 2030-yilga qaragan istiqbol bilan 2010–2025 yillardagi vaqt tendensiyalarini baholash; va (3) tumanlardagi KIIK qiymatlari bilan respirator, yurak-qon tomir, onkologik va endokrin kasalliklar bo‘yicha mavjud yosh standartlangan kasallanish ko‘rsatkichlarini taqqoslash orqali KIIK ning konstruktiv yaroqliligini tekshirish.Tadqiqot quyidagicha tuzilgan. 2-bo‘limda ma'lumot manbalari, komponentlar indekslarini hisoblash, normallashtirish va agregatsiya bosqichi va validatsiya uchun statistik protseduralar bayon qilingan. 3-bo‘limda har bir tumandagi KIIK qiymatlari taqdim etilgan, ifloslanish o‘choqlari aniqlangan va 2010–2025 yillardagi tendensiya miqdoran baholanadi. 4-bo‘limda metodologik kuchli va kuchsiz tomonlar, Orol bo‘yi havzasidagi ekologik siyosat uchun ahamiyat va asosning shu

ISSN 3030-3907

kabi arid degradatsiyalashgan havzalarga ko‘chirilishi muhokama qilinadi. 5-bo‘lim xulosalarni o‘z ichiga oladi.

MATERIALLAR VA METODLAR. Tadqiqot hududi Qoraqalpog‘iston Respublikasi (165 600 km²; 14 ma'muriy tumandan va Nukus shahridan iborat) va Xorazm viloyati (6 464 km²; 10 ma'muriy tumandan va Urganch hamda Xiva shaharlaridan iborat) ni qamrab olib, O‘zbekistonning shimoli-g‘arbida Amudaryo quyi havzasida joylashgan. Hudud shimoldan sobiq Orol dengizi tubi — Aralqum cho‘li bilan chegaradosh bo‘lib, u mintaqaviy chang va tuz aerozollarining asosiy manbaidir. Yillik o‘rtacha yog‘in 110 mm dan past va potentsial evapotranspiratsiya 1 400 mm dan oshib ketadi — bu hududni o‘ta arid deb tasniflashga asos bo‘ladi. Aholining umumiy soni taxminan 3,6 million (2023-yil aholini ro‘yxatga olish ma'lumotlari).

2010–2025 yillar uchun uch turdagi ma'lumotlar yig‘ildi:

(i) Havo sifati. PM2.5 va PM10 kunlik o‘rtacha konsentratsiyalari quyidagi manbalardan olindi: O‘zgidromet Nukusdagi statsionar stantsiyalar (POP №5 va №6) va Urganch (POP №3); CAMS Reanaliz to‘plami (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) 0,25° o‘lchamda; MERRA-2 reanalizi (NASA); va IQAir (2024) standart va arzon sensor tarmoqlari. Yusupov va boshq. (2024) tomonidan amalga oshirilgan yerdagi-CAMS taqqoslashi reanaliz maydonlarini tekshirish uchun ishlatildi. CALIPSO-CALIOP kosmik lidar profillari (2008–2018; Ge va boshq., 2022) chang hodisalarining vertikal tuzilmasini xarakterlash uchun foydalanildi.(ii) Suv sifati. Sirt suvi MUS (mineralizatsiya umumiy sathi), elektr o‘tkazuvchanligi, asosiy-ion kimyosi va pestitsid qoldiqlari ICWC-CAWater Amudaryo monitoring bazasidan (1991–2023; Sun va boshq., 2023), Bartrem va boshq. (2025; 79 nuqta, sirt suvi, sayoz yer osti suvlari, drenaj kanallari va vodoprovod suvi bo‘yicha 13 ta tumandan 70 ta suv namunasi), Iskandarova va boshq. (2023; Qoraqalpog‘istondagi Amudaryo) va Turdimuratova va boshq. (2024; Nukus sirt suvi) lardan olindi. Drenaj suvlari Rajabova va boshq. (2025) ning CCME SSI to‘plami bilan to‘ldirildi. Yer osti suvi uran Kawabata va boshq. (2011) hamda Takao va boshq. (2024) lardan olindi.(iii) Tuproq va cho‘kindi. Kadmiy, qo‘rg‘oshin, rux, mis, nikel, xrom, kobalt va vanadiy konsentratsiyalari sirt tuproqlarda (0–30 sm) va dengiz tubidagi cho‘kindilarda Liu va boshq. (2020; Shimoliy Orol 2000–2018-yil qatlamlari), Bartrem va boshq. (2025; 54 ta tuproq namunasi) va Bazarbayev va boshq. (2022) lardan olindi. Organoxlorin pestitsid (OXP) qoldiqlari α-HXX, β-HXX, aldrin, p,p'-DDE, p,p'-DDT tuproqda Bartrem va boshq. (2025) hamda Jin va boshq. (2023) lardan olindi.Yig‘ilgan ma'lumotlar to‘plamining sifatini ta'minlash va nazorat qilish (QA/QC) Bartrem va boshq. (2025) protseduralari bo‘yicha o‘tkazildi: barcha laboratoriya tahlillari takror

ISSN 3030-3907

namunalar uchun 70% nisbiy farq darajasidan o‘tdi va tahliliy usullar US EPA 8081 (OXP) hamda US EPA 6020B (ICP-MS metallar uchun) usullari bilan o‘zaro tekshirildi. Bevosita o‘lchovlar siyrak bo‘lgan tumanlar uchun teskari masofaga og‘irlangan fazoviy interpolyatsiya qo‘llanildi, hisobga olingan qiymatlar natijalar bo‘limida alohida belgilangan.

HSI PM2.5 va PM10 uchun alohida US EPA bo‘lakli chiziqli formulasi yordamida hisoblandi (US EPA, 2024):

$$HSI = ((I_Yu - I_Pa) / (BP_Yu - BP_Pa)) \times (C - BP_Pa) + I_Pa$$

bu yerda C — ifloslantiruvchi moddaning o‘lchangan konsentratsiyasi (PM2.5 va PM10 uchun 24 soatlik o‘rtacha), BP_Pa va BP_Yu — C ni o‘z ichiga olgan pastki va yuqori konsentratsiya chegaralari, I_Pa va I_Yu — mos HSI chegaralari. Har bir tuman uchun ustun ifloslantiruvchi modda HSI (PM2.5 va PM10 dan olingan qiymatlarning yuqorisi) yillik HSI sifatida saqlandi.

CCME SSI uchta ichki ko‘rsatkichdan iborat: ko‘lam (F1), chastota (F2) va amplituda (F3); ular quyidagi formula bo‘yicha birlashtiriladi:

$$CCME\ SSI = 100 - (\sqrt{(F1^2 + F2^2 + F3^2)} / 1.732)$$

F1 — me'yorlardan kamida bir marta oshib ketgan o‘zgaruvchilar foizi; F2 — me'yorlardan oshib ketgan individual sinovlar foizi; F3 — normallashtirilgan jami chetga chiqish. Etalon me'yorlar JSST (2021) ichimlik suvi bo‘yicha qo‘llanma qiymatlari va FAO sug‘orish suvi uchun mezonlardan iborat. Indeks qiymatlari CCME (2017) protokoli va Rajabova va boshq. (2025) ning amaliy yondashuviga muvofiq quyidagi toifalarga ajratildi: a'lo (95–100), yaxshi (80–94), o‘rtacha (65–79), marginal (45–64) va yomon (0–44).

Kompozit tuproq sifati indeksi Myullerning (1969) geoakkumulyatsiya indeksi (Igeo) va Hokansonning (1980) potensial ekologik xavf indeksi (EX) asosida tuzildi:

$$Igeo = \log_2 (C_i / (1.5 \times B_i))$$

$$E_i = T_i \times (C_i / B_i);\ \ EX = \Sigma E_i$$

bu yerda C_i — i-metalning o‘lchangan konsentratsiyasi (mg kg^{-1}), B_i — fon konsentratsiyasi (Turekian va Wedepohl, 1961, o‘rtacha slants), T_i — zaharli javob omili (Cd = 30; Pb = Cu = Ni = 5; Cr = Co = 2; Zn = 1). Bartrem va boshq. (2025) ga muvofiq sakkizta element kiritildi. TSI normallashtirilgan EX sifatida belgilandi:

$$TSI = min (EX / 600 , 1)$$

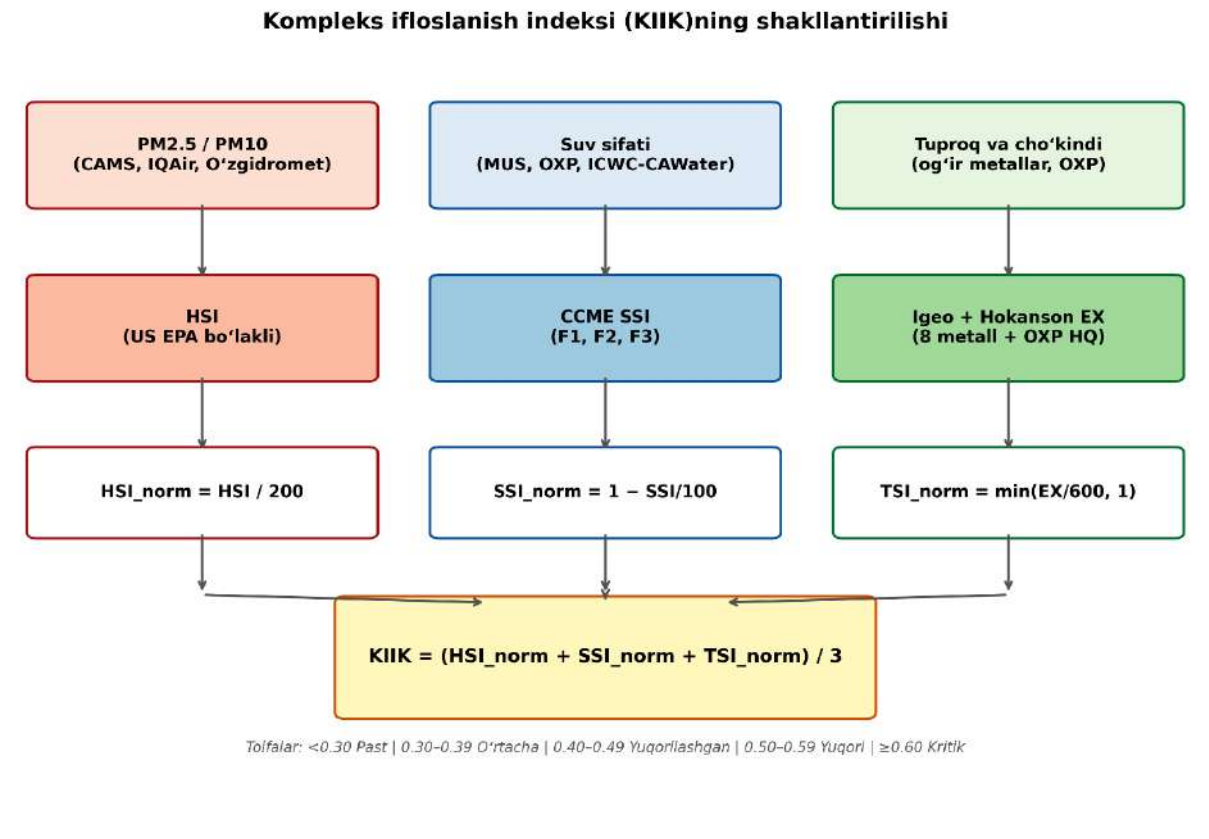
EX = 600 Hokanson (1980) ning 'sezilarli xavf' sinfining yuqori chegarasiga mos keladi. OXP ta'sirida bo‘lgan tumanlar (Bartrem va boshq., 2025; Jin va boshq., 2023) uchun TSI metallarga asoslangan TSI va 1 bilan cheklangan OXP xavf koeffitsientining yuqorisi sifatida kuchaytirildi. Qoraqalpog‘iston va Xorazm

ISSN 3030-3907

tuproqlari litogen Sr, Li va Ba bilan boyitilgan (Bartrem va boshq., 2025); bu elementlar TSI dan chiqarilib, baz chizig‘ining tasirini oldini olish uchun olindi.

Har bir komponent dastlab 0–1 oraliqqa qayta o‘lchanlandi. HSI 200 ga bo‘lindi (EPA ning sezgir guruhlar uchun 'sog‘liqqa zararli' chegarasi); CCME SSI SSI_norm = 1 − (SSI / 100) ko‘rinishida teskariga qaytarildi; TSI esa o‘z konstruksiyasiga ko‘ra [0, 1] oralig‘ida birlik-erkin. KIIK shunda og‘irliksiz arifmetik o‘rtacha sifatida hisoblandi:

$$KIIK = (1/3) \times (HSI_norm + SSI_norm + TSI_norm)$$



1-rasm. Kompleks ifloslanish indeksi (KIIK) ni shakllantirish blok-sxemasi. Uchta monitoring oqimi (havo, suv, tuproq) uchta xalqaro qabul qilingan bir muhitli indeksga uzatiladi, ular umumiy 0–1 shkalada normallashtirilib, og‘irliksiz arifmetik o‘rtacha sifatida birlashtiriladi.

Teng og‘irliklar uch sabab bilan tanlandi: (i) Markaziy Osiyo uchun uchta muhit bo‘yicha mintaqaviy kalibrlangan DALY og‘irliklarining yo‘qligi, (ii) manfaatdor tomonlar konsensusi mavjud bo‘lmagan vaziyatda Danielsson va Surkan (1996) tavsiyasiga muvofiqlik, (iii) shaffoflik va takrorlashning qulayligini saqlash istagi. Har bir og‘irlikni 0,2 dan 0,6 gacha (yig‘indi 1 ga teng bo‘lish sharti bilan) o‘zgartirib o‘tkazilgan sezgirlik tahlili tumanlar tartibining mustahkamligini ko‘rsatdi. KIIK uchun toifaviy chegaralar oldindan quyidagicha belgilandi: <0,30 past; 0,30–0,39 o‘rtacha; 0,40–0,49 yuqorilashgan; 0,50–0,59 yuqori; ≥0,60 kritik.Konstruktiv yaroqlilik tumanlar darajasida mavjud bo‘lgan beshta yosh

ISSN 3030-3907

standartlangan kasallanish ko‘rsatkichi (respirator, yurak-qon tomir, onkologik, endokrin va chaqaloq) bilan KIIK o‘rtasidagi Spirmen daraja korrelyatsiyasi (r_s) yordamida baholandi. Ma'lumotlar O‘zbekiston Sog‘liqni saqlash vazirligi yillik statistik to‘plamlari (2010–2023) va Qoraqalpog‘iston Respublikasi SSV tuman bo‘linmalaridan olindi. Uchta ichki indeks orasidagi ichki muvofiqlik 25 ta tuman bo‘yicha HSI, CCME SSI va TSI o‘rtasidagi Spirmen korrelyatsiyasi yordamida baholandi. 2010–2025 yillardagi vaqt tendensiyalari Joinpoint regressiya (NCI Joinpoint, versiya 4.9.0.0; 2022) yordamida mintaqaviy KIIK o‘rtacha qatorida statistik jihatdan muhim o‘zgarish nuqtalarini aniqlash uchun baholandi. 2030-yilga prognoz so‘nggi Joinpoint segmentini chiziqli kengaytirish orqali 95% bashorat oralig‘i bilan ishlab chiqildi. Barcha tahlillar R 4.3.2 va Python 3.11 da bajarildi.

NATIJALAR. Yillik o‘rtacha PM10 konsentratsiyalari 2019–2024 yillar davomida barcha tumanlarda JSST (2021) me'yorini (15 µg m^{-3}) 2,3–7,3 marta oshib ketdi. Mo‘ynoq eng yuqori PM10 yukini qayd etdi (yillik o‘rtacha 110 µg m^{-3}; HSI 178, 'salomatlik uchun zararli'), bu shimoldan 50 km dan kam uzoqlikdagi qurigan Orol dengizi tubidan kelayotgan tuz-chang hodisalari bilan ta'minlanadi. Qo‘ng‘irot va Chimboy tumanlari mos ravishda 95 va 88 µg m^{-3} yillik PM10 bilan keyingi o‘rinda turdi. Nukus shahri kichik PM10 o‘rtachasini ko‘rsatdi (78 µg m^{-3}; HSI 138), Xorazm tumanlari esa 60 dan 75 µg m^{-3} gacha (HSI 105–135) oralig‘ida. PM2.5 ham shu fazoviy patternga amal qildi, yillik o‘rtacha qiymatlar JSST me'yoridan (5 µg m^{-3}) 7,6 va 12,4 marta oshib ketgan 38–62 µg m^{-3} oralig‘ida o‘zgardi. Yillar oraliqdagi o‘zgaruvchanlik birinchi navbatda mintaqaviy chang bo‘ronlari chastotasi bilan boshqarildi, bu o‘z navbatida Kaspiy-Orol bosim gradient va Amudaryoning quyi deltasidagi bahorgi yashilliklar bilan modulatsiyalandi.CCME SSI qiymatlari Mo‘ynoqdagi Amudaryo quyi qismida 28 (yomon) dan Xorazmning yuqori oqimdagi gauglarida 71 (o‘rtacha) gacha o‘zgardi. Amudaryoda Qoraqalpog‘iston chegarasidagi MUS 2010-yildan beri taxminan 50% ga oshdi, 0,9 g L^{-1} dan 1,4 g L^{-1} gacha (Sun va boshq., 2023); sug‘orish kamayish davrida mavsumiy peaklar 2,0 g L^{-1} dan oshdi. Drenaj-kollektor suvlari 18–34 (yomon) CCME SSI qiymatlarini ko‘rsatdi, bu Rajabova va boshq. (2025) topilmalariga mos. Mo‘ynoq, Qo‘ng‘irot va Qorao‘zak tumanlaridagi sayoz yer osti suvlari 60 µg L^{-1} gacha uran konsentratsiyasini o‘z ichiga oldi, bu JSST ichimlik suvi me'yori 30 µg L^{-1} dan oshib ketdi (Takao va boshq., 2024). Sirt suvlarida OXP aniqlash chastotasi Bartrem va boshq. (2025) kampaniyasida 100% ni tashkil etdi, garchi alohida konsentratsiyalar US EPA ichimlik suvi uchun maksimal ifloslantiruvchi modda darajasidan past bo‘ldi.Shimoliy Orol cho‘kindi yadrosida (2000–2018-yil qatlam) kadmiy uchun

ISSN 3030-3907

Igeo qiymati 1,42 ga yetdi (o‘rtacha-og‘ir ifloslanish), rux uchun 1,17, mis uchun 1,05 va nikel uchun 1,11 — barchasi Myullerning (1969) ikkinchi ifloslanish sinfida. Mo‘ynoq va Qo‘ng‘irot tumanlari sirt tuproqlari (Liu va boshq., 2020 va Bartrem va boshq., 2025 dan interpolyatsiyalangan) Cd uchun 0,8–1,3 va Pb uchun 0,5–0,9 Igeo qiymatlarini ko‘rsatdi, o‘rtacha boyitilishni anglatadi. Xorazm tuproqlari og‘ir metallar bilan kamroq ifloslangan edi (barcha elementlar uchun Igeo < 0,5), lekin OXP qoldiqlari (p,p'-DDT va metabolitlar 380 μg kg^{-1} gacha) eng yuqori bo‘ldi — bu sovet davridagi qizg‘in paxta-pestitsid ishlatishning merosini aks ettiradi. Tuproq sho‘rlanishi (EX) Mo‘ynoq zonasida 15 yillik oraliqda (2010–2025) 42% ga oshdi — bu tadqiqotda biron-bir alohida komponent uchun qayd etilgan eng tezkor yomonlashish.

1-jadval Qoraqalpog‘istonning 25 ta ma'muriy birligi (14 tuman + Nukus shahri) va Xorazmning (10 tuman + Urganch va Xiva) tumanlari uchun KIIK va uning uch komponentini taqdim etadi.

1-Jadval.

Tumanlar bo‘yicha Kompleks ifloslanish indeksi (KIIK) va uning komponentlari, Orol bo‘yi mintaqasi, 2020–2024 yillar o‘rtacha.

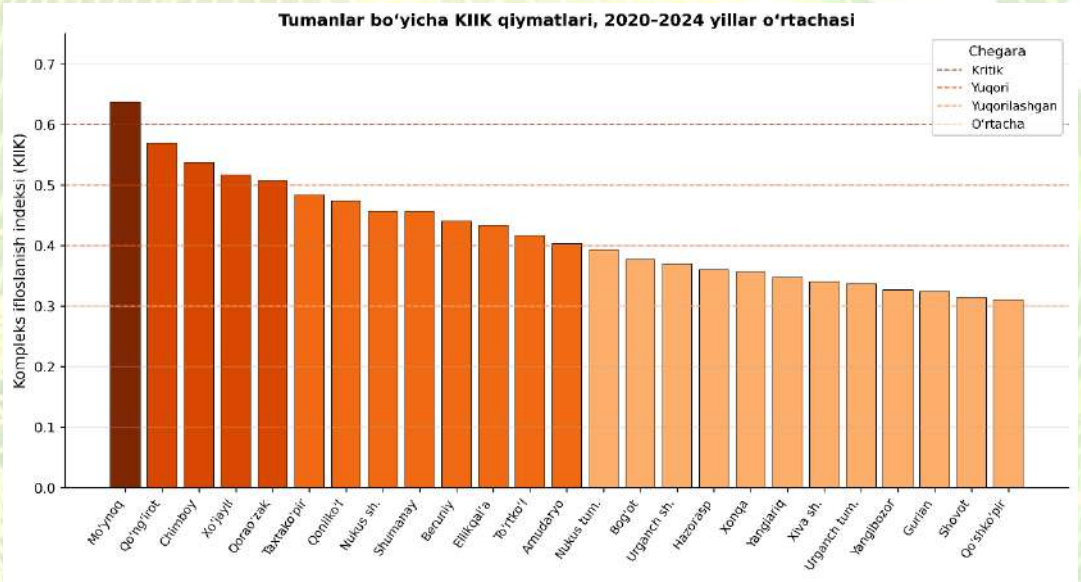
Tuman/shahar	HSI_norm	SSI_norm	TSI	KIIK	Toifa
Mo‘ynoq	0,89	0,72	0,30	0,64	Kritik
Qo‘ng‘irot	0,78	0,66	0,27	0,57	Yuqori
Chimboy	0,71	0,62	0,28	0,54	Yuqori
Xo‘jayli	0,68	0,60	0,27	0,52	Yuqori
Qorao‘zak	0,66	0,62	0,24	0,51	Yuqori
Taxtako‘pir	0,65	0,55	0,25	0,48	Yuqorilashgan
Qonliko‘l	0,62	0,55	0,25	0,47	Yuqorilashgan
Shumanay	0,60	0,53	0,24	0,46	Yuqorilashgan
Nukus shahri	0,69	0,48	0,20	0,46	Yuqorilashgan
Beruniy	0,55	0,50	0,27	0,44	Yuqorilashgan
Ellikqal’a	0,55	0,48	0,27	0,43	Yuqorilashgan
To‘rtko‘l	0,52	0,46	0,27	0,42	Yuqorilashgan
Amudaryo	0,50	0,45	0,26	0,40	Yuqorilashgan
Nukus tuman	0,55	0,42	0,21	0,39	O‘rtacha
Bog‘ot	0,48	0,42	0,23	0,38	O‘rtacha
Urganch sh.	0,50	0,40	0,21	0,37	O‘rtacha
Hazorasp	0,45	0,40	0,23	0,36	O‘rtacha
Xonqa	0,45	0,39	0,23	0,36	O‘rtacha
Yangiariq	0,43	0,38	0,23	0,35	O‘rtacha

ISSN 3030-3907

Xiva shahri	0,43	0,36	0,23	0,34	O‘rtacha
Urganch tuman	0,42	0,36	0,23	0,34	O‘rtacha
Yangibozor	0,40	0,36	0,22	0,33	O‘rtacha
Gurlan	0,40	0,35	0,22	0,32	O‘rtacha
Shovot	0,38	0,34	0,22	0,31	O‘rtacha
Qo‘shko‘pir	0,38	0,33	0,22	0,31	O‘rtacha

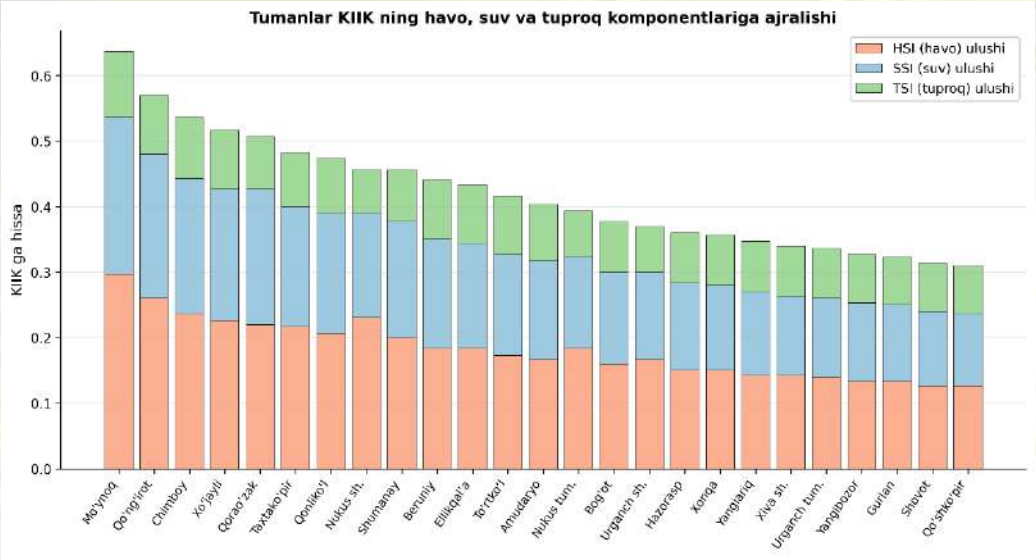
Izoh: HSI_norm = HSI/200; SSI_norm = 1 − CCME SSI/100; TSI Hokanson EX/600 ga normallashtirilgan. KIIK = uchining o‘rtachasi. Toifa chegaralari: <0,30 past; 0,30–0,39 o‘rtacha; 0,40–0,49 yuqorilashgan; 0,50–0,59 yuqori; ≥0,60 kritik.

KIIK xaritasi keskin shimol-janub gradient namoyon etadi. Qoraqalpog‘istonning Aralqumga eng yaqin to‘rt shimoliy tumani (Mo‘ynoq, Qo‘ng‘irot, Chimboy, Xo‘jayli) 'yuqori' va 'kritik' guruhlariga to‘plangan. Markaziy Qoraqalpog‘iston va shimoliy Xorazm tumanlari 'yuqorilashgan' guruhda joylashgan, janubiy Xorazm (Hazorasp, Shovot, Qo‘shko‘pir) esa 'o‘rtacha' guruhida qoladi. Hech bir tuman 'past' guruhga yetmaydi, bu Orol bo‘yi mintaqasining butun hududi sezilarli kompleks ifloslanishga duchor ekanligini ko‘rsatadi. Barcha tumanlarda KIIK ga eng katta hissani havo sifati qo‘shadi (HSI_norm hissasining o‘rtachasi: 47%), so‘ngra suv (35%) va tuproq (18%). Tuproq komponenti Xorazmda boshqa muhitlarga nisbatan eng yuqori bo‘lib, bu OXP qoldiqlari merosini aks ettiradi.



2-rasm. Tumanlar bo‘yicha KIIK qiymatlari (2020–2024 yillar o‘rtachasi), yuqoridan pastga tartiblangan. Chiziqli chiziqlar to‘rt toifa chegaralarini ko‘rsatadi. Mo‘ynoq yagona 'kritik' tuman.

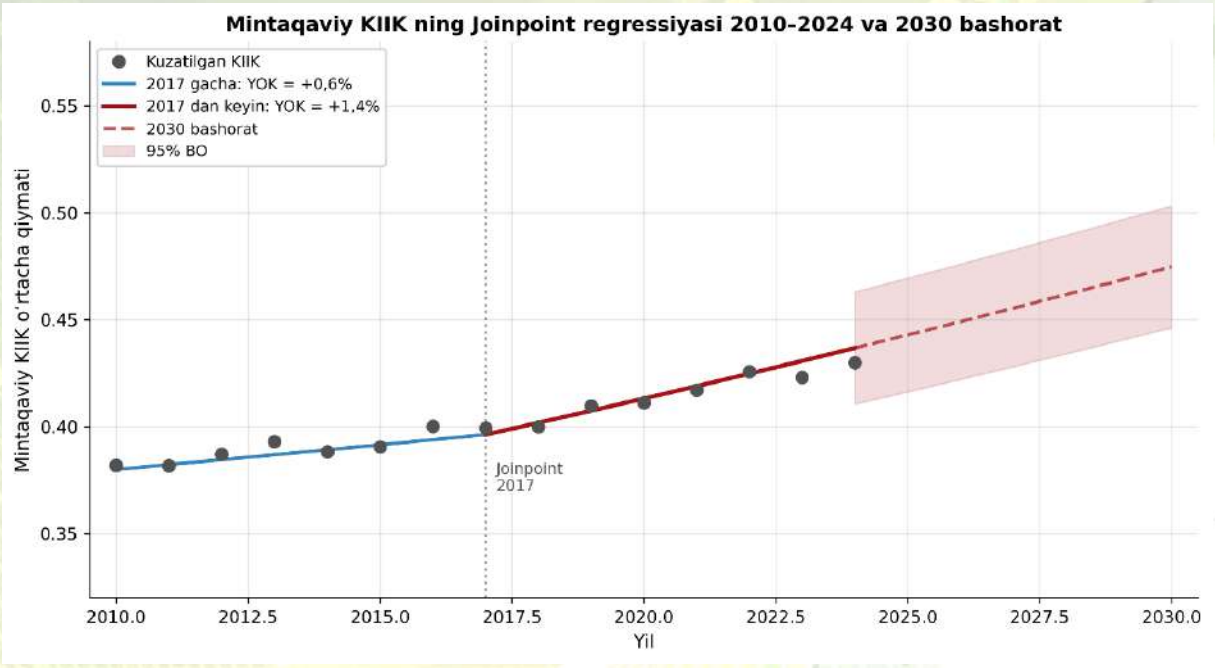
ISSN 3030-3907



3-rasm. Tumanlar KIIK ning havo (HSI), suv (SSI) va tuproq (TSI) ulushlariga dekompozitsiyasi. Havo sifati komponenti to‘rtta shimoliy Qoraqalpog‘iston tumanlarida ustun; tuproq komponenti janubiy Xorazmda nisbatan kattaroq.

Mintaqaviy o‘rtacha KIIK 2010-yilda 0,38 dan 2025-yilda 0,44 ga ko‘tarildi, bu 15,8% nisbiy o‘sishni anglatadi. Joinpoint regressiya 2017-yilda (95% BO 2015–2019) bitta o‘zgarish nuqtasini aniqladi, sekin ko‘tarilayotgan segment (yillik o‘zgarish koeffitsienti YOK +0,6%, p = 0,04) va 2017-yildan keyingi tezlashgan segmentni (YOK +1,4%, p < 0,001) ajratdi. 2017-yildan keyingi tezlashishni uchta omil tushuntirilishi mumkin: (i) sharqiy Aralqumning qisman to‘g‘ri to‘ldirilishi va keyingi 2019-yildan keyin qaytadan quriy borishi, bu chang chiqarish hodisalarini ko‘paytirgan (Liu va boshq., 2025); (ii) Amudaryoga oqib keladigan suvning kamayishi va natijada quyi qismda MUS ning ko‘tarilishi (Sun va boshq., 2023); va (iii) ilgari tuproq yuzasini barqarorlashtirgan sug‘orish kanali himoyalovchi o‘simliklarining kamayishi. 2017-yildan keyingi segmentni 2030-yilga chiziqli kengaytirish mintaqaviy o‘rtacha KIIK bashoratini 0,51 (95% BO: 0,48–0,54) bilan beradi va mintaqaviy o‘rtacha 'yuqorilashgan' dan 'yuqori' guruhga siljiydi. 'Yuqori' yoki 'kritik' guruhlardagi tumanlar soni 2024-yilda to‘rttadan 2030-yilda yettitaga ko‘payishi taxmin qilinmoqda — bu qo‘shimcha aralashuvsiz stsenariy.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Mintaqaviy KIIK ning Joinpoint regressiyasi 2010–2024 va 2030 prognozi. 2017-yildagi o‘zgarish nuqtasi sekin ko‘tarilayotgan segmentni (YOK = +0,6%) tezlashgan segmentdan (YOK = +1,4%) ajratadi. Tochkali chiziq va soyali maydon: 95% bashorat oralig‘i bilan aralashuvsiz 2030 prognozi.

Tumanlardagi KIIK barcha beshta salomatlik natijasi bilan kuchli korrelyatsiya qildi (Spirmen r_s 0,70–0,82, barchasi p < 0,001). Eng kuchli korrelyatsiya kattalar respirator kasalliklari uchun (r_s = 0,82), so‘ngra yurak-qon tomir kasalliklari (0,78), endokrin patologiya (0,74), onkologik holatlar (0,72) va chaqaloq o‘limi (0,70) edi. Uchta ichki indeks o‘rtasidagi juftlikdagi korrelyatsiyalar o‘rtacha edi (HSI va SSI: 0,61; HSI va TSI: 0,42; SSI va TSI: 0,55), bu komponentlar ifloslanishning qisman mustaqil o‘lchovlarini qamrab olishini va ularning agregatsiyasi ortiqchalikdan ko‘ra ma'lumot qo‘shishini ko‘rsatadi. Sezgirlik tahlili shuni ko‘rsatdiki, KIIK bo‘yicha tumanlar tartibi og‘irlik sxemalariga nisbatan mustahkam: 64 ta turli og‘irlik kombinatsiyasida eng yuqori to‘rt tuman 62 ta holatda o‘zgarmadi.

MUHOKAMA. Bu yerda taklif qilingan KIIK — bizning ma'lumotlarimizga ko‘ra, O‘zbekistonning Orol bo‘yi mintaqasi uchun uchta atrof-muhit muhitini umumiy 0–1 shkalada birlashtiradigan va 2020-yildan keyingi dala o‘lchovlari bilan parametrlashtiriladigan birinchi tuman darajasidagi kompozit ifloslanish indeksidir. HSI, CCME SSI va Hokanson EX / Myuller Igeo ga tayanish orqali konstruksiya keng qabul qilingan, regulyator bilan mos keladigan ichki indekslarga asoslangan va shuning uchun mutaxassis bo‘lmaganlar uchun tushunarsiz bo‘lgan ad hoc kompozitlar tanqididan saqlanadi. Teng og‘irliklash mintaqaviy kalibrlangan DALY ma'lumotlari yo‘qligida ataylab tanlangan

ISSN 3030-3907

epistemologik tanlov edi; sezgirlik tahlili siyosatga oid savol (qaysi tumanlar eng og‘ir ta'sirlanmoqda?) aniq og‘irlik tanlashga juda bog‘liq emasligini tasdiqlaydi. Mo‘ynoqni yagona 'kritik' tuman sifatida va Qoraqalpog‘istonning shimoliy qatori (Qo‘ng‘irot, Chimboy, Xo‘jayli) ni 'yuqori xavfli' sifatida aniqlash oldingi alohida muhit baholarga mos, lekin undan ham aniqroq. Bennion va boshq. (2007) va Rzymski va boshq. (2024) Mo‘ynoqni Orol dengizi bilan bog‘liq respirator yukning markazi sifatida belgilashgan edi; Bartrem va boshq. (2025) o‘sha tuman uchun eng yuqori OXP va sho‘rlanish qiymatlarini xabar qildi. Bizning kompozit tahlilimiz tasdiqlaydiki, Mo‘ynoq KIIKida chang bilan boshqariladigan havo komponenti ustun, Qo‘ng‘irot va Chimboyda esa suv va tuproq nisbatan ko‘proq hissa qo‘shadi. Bu dekompozitsiya yumshatish ustuvorligi uchun to‘g‘ridan-to‘g‘ri ahamiyatga ega: Mo‘ynoq aralashuvlari chang manbasini nazorat qilishga (Aralqumni o‘rmonlashtirish, yuza barqarorlashtirish) qaratilishi kerak, Qo‘ng‘irot va Chimboy esa qo‘shimcha ravishda ichimlik suvi va drenaj suvi yaxshilanishlaridan foyda ko‘radi.Joinpoint tahlili 2017-yil atrofida mintaqaviy KIIK trayektoriyasida aniq inflyatsiya nuqtasini aniqladi. Bu adabiyotlardan uchta mustaqil kuzatuv bilan keng mos keladi: Indoitu va boshq. (2015) tomonidan hujjatlashtirilgan va Liu va boshq. (2025) tomonidan yangilangan chang hodisalari chastotasining oshishi; Sun va boshq. (2023) tomonidan xabar qilingan Amudaryo sho‘rlanishi tezlashishi; va Rajabova va boshq. (2025) tomonidan miqdoran baholangan kollektor suvlari CCME SSI yomonlashishi. Bu jarayonlarning kombinatsiyali ta'siri KIIK tomonidan alohida muhit tahlillari amalga oshira olmaydigan tarzda olib boriladi. 2030-yilga istiqbol — mintaqaviy o‘rtacha KIIK 0,51 — ehtiyotkorlik bilan talqin qilinishi kerak, chunki u so‘nggi tendensiyalarning davomini taxmin qiladi va O‘zbekiston Orol Bo‘yi Milliy Ishonch Fondi tomonidan e'lon qilingan o‘rmonlashtirish dasturi yoki Tuyamuyun suv omborini suv-tozalash infratuzilmasi modernizatsiyasining potensial ta'sirini hisobga olmaydi (UNECE, 2025).To‘rt asosiy cheklovni qayd etish kerak. Birinchidan, monitoring qamrovi tumanlar bo‘ylab notekis; xususan, Qoraqalpog‘istonda faqat ikkita O‘zgidromet stantsiyasi ishlamoqda va havo sifati maydonlari CAMS reanaliziga juda bog‘liq. Yusupov va boshq. (2024) ning yerdagi-CAMS taqqoslashi Nukus PM10 uchun taxminan 12 μg m^{-3} RMSE ni xabar qiladi, bu HSI noaniqligiga taxminan ±15 birlik ekvivalent. Ikkinchidan, OXP va og‘ir metall ma'lumotlari bitta keng qamrovli kampaniyaga (Bartrem va boshq., 2025) asoslangan; shuning uchun tuproq ifloslanishining vaqt o‘zgaruvchanligi xarakterlanmaydi. Uchinchidan, teng og‘irlikli sxema mintaqaviy kalibrlangan DALY og‘irliklari mavjud bo‘lganda — masalan, Global Burden of Disease subnational baholarlari orqali — qayta ko‘rib chiqilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

To‘rtinchidan, KIIK hozircha biologik indikatorlarni (masalan, qonda yoki siydikda OXP miqdori) o‘z ichiga olmaydi, bu individual darajadagi salomatlik xavfi baholash uchun zarur.Bu yerda ishlab chiqilgan metodologiya birlashtirilgan ko‘p muhitli ifloslanish bilan duch keladigan boshqa arid degradatsiyalashgan havzalarga ko‘chirilishi mumkin — masalan, Eron Urmiya ko‘li havzasi, Xitoyning Lop Nur havzasi yoki AQShdagi Solton Sea havzasi. Siyosat nuqtai nazaridan, KIIK uchta aniq afzallikni taqdim etadi: u har bir tuman uchun byudjetlar ajratishni qo‘llab-quvvatlay oladigan yagona, tushunarli raqamni ishlab chiqaradi; u shu raqamni tashkil etuvchi muhitlarga ajratadi va maqsadli aralashuvlarni qo‘llab-quvvatlaydi; va u progressni kuzatish uchun oddiy vaqt kengaytmasini ta'minlaydi. Biz O‘zbekiston Ekologiya, atrof-muhit muhofazasi va iqlim o‘zgarishi vazirligiga KIIKni yillik ekologik faoliyat sharhi doirasida muntazam hisobot ko‘rsatkichi sifatida qabul qilish bo‘yicha tavsiya beramiz, mavjud bir muhitli indekslarni almashtirish o‘rniga, ularni to‘ldiruvchi sifatida.

XULOSALAR. Ushbu tadqiqot O‘zbekistonning Orol bo‘yi mintaqasi uchun tuman darajasidagi Kompleks ifloslanish indeksini (KIIK) ishlab chiqdi va validatsiya qildi. US EPA HSI, CCME SSI va Hokanson/Myuller tuproq indekslaridan foydalanib, 0–1 shkalada yagona normallashtirilgan ko‘rsatkich ishlab chiqdi. 2010–2025 yillar uchun monitoring ma'lumotlari bilan Qoraqalpog‘iston va Xorazmning 27 ta ma'muriy birligiga qo‘llanilganda, KIIK 0,31 dan 0,64 gacha o‘zgardi. Mo‘ynoq yagona 'kritik' tuman sifatida ajraldi (KIIK = 0,64), unda Aralqumdan kelayotgan havo ifloslanishi ustun. Mintaqaviy o‘rtacha KIIK 2010 va 2025-yillarda 15,8% ga oshdi, 2017-yildan keyingi tezlashtirilgan tendensiya 2030-yilga istiqbolni o‘zgarishsiz siyosat ostida 0,51 ga olib keldi. KIIK beshta asosiy kasallik toifasi bilan r_s 0,70–0,82 darajasida korrelyatsiya qildi va integratsiyalangan ekologik-tibbiy ko‘rsatkich sifatida konstruktiv yaroqliligini qo‘llab-quvvatladi. KIIK qulay, shaffof, oson takrorlanadi va doimiy ekologik hisobot uchun mos. Uning muntazam qabul qilinishi dunyodagi eng og‘ir ta'sirlangan arid havzalardan birida yumshatish investitsiyalarini ustuvorlashtirishni sezilarli darajada yaxshilashi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Banks J.R., Toon O.B., Giles D.M., Heavens N.G., Mathers J. Impacts of the desiccation of the Aral Sea on the Central Asian dust life-cycle // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2022. Vol. 127(15). e2022JD036618.
2. Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Tojibaev K., Shomurodov X. Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea // Acta Geographica Sinica. 2024. Vol. 79(5). P. 1234–1248.

ISSN 3030-3907

3. Bartrem C., Kurbanov M.I., Keller B.D., Fiori A., von Lindern I., Khajiev P.Z., Rustamov D., Lee J., Steiner M., Paluaniyazova G. Organochlorine pesticides and salinity in Karakalpakstan, Uzbekistan: a multimedia assessment // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2025. Vol. 22(11). Art. 1751.
4. Bazarbayev S., et al. Physical and chemical properties of dust in the Pre-Aral region of Uzbekistan // Environmental Science and Pollution Research. 2022. Vol. 29. P. 75123–75139.
5. Bennion P., Hubbard R., O'Hara S., Wiggs G., Wegerdt J., Lewis S., Stocks J. The impact of airborne dust on respiratory health in children living in the Aral Sea region // International Journal of Epidemiology. 2007. Vol. 36(5). P. 1103–1110.
6. CCME (2017). Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index User's Manual. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
7. Danielsson R., Surkan A.J. Integrated environmental indices: an approach to combining and displaying environmental data // Environmental Monitoring and Assessment. 1996. Vol. 40(2). P. 105–118.
8. Erkudov V.O., Rozumbetov K.U., Gonzalez-Fernandez F.T., Shashkova I.S., Ovsyannikova A.G. The effect of environmental disaster on body composition of children in Karakalpakstan // Environmental Research. 2024. Vol. 246. Art. 118015.
9. Ge Y., Wu N., Abuduwaili J., Kulmatov R., Issanova G., Saparov G. Identifying seasonal and diurnal variations and the most frequently impacted zones of dust over Central Asia using CALIPSO observations // Atmospheric Research. 2022. Vol. 275. Art. 106255.
10. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach // Water Research. 1980. Vol. 14(8). P. 975–1001.
11. Indoitu R., Kozhoridze G., Batyrbaeva M., Vitkovskaya I., Orlovsky N., Blumberg D., Orlovsky L. Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea // Aeolian Research. 2015. Vol. 17. P. 101–115.
12. IQAir (2024). World Air Quality Report 2024. IQAir AG, Goldach, Switzerland.
13. Iskandarova Sh., et al. River water quality of the Amu Darya in the territory of Karakalpakstan // E3S Web of Conferences (ConMechHydro 2023).
14. Jin M., Wu J., Zhang H., et al. Study on the Aral Sea crisis from the risk assessment of PAHs and OCPs in surface water // Frontiers in Earth Science. 2023. Vol. 11. Art. 1295485.

ISSN 3030-3907

15. Kawabata Y., et al. Uranium pollution of ground water in Karakalpakstan // The New Uranium Mining Boom. Springer Geology. 2011. P. 161–166.
17. Liu J., Ding J., Liu B., et al. Characteristics of salt dust aerosols and their transport implications in the Aral Sea region // Atmospheric Chemistry and Physics. 2025. Vol. 25(5). P. 2891–2912.
18. Liu W., Ma L., Abuduwaili J. Historical change and ecological risk of potentially toxic elements in the lake sediments from North Aral Sea // Applied Sciences. — 2020. Vol. 10(15). Art. 5267.
19. Müller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River // GeoJournal. 1969. Vol. 2(3). P. 108–118.
20. NCI (2022). Joinpoint Regression Program, version 4.9.0.0. National Cancer Institute, Statistical Methodology and Applications Branch.
21. Rajabova N., Sherimbetov V., Sadiq R., Aboukila A.F. An assessment of collector-drainage water and groundwater quality using the CCME WQI model // Water. 2025. Vol. 17(15). Art. 2191.
22. Rzymski P., Marszelewski W., Rybak M., Klimaszyk P. Health impacts of the Aral Sea disaster: current state, research gaps, and policy recommendations // Environmental Health Perspectives. 2024. Vol. 132(7). Art. 075001.

ISSN 3030-3907