ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, 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.

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	Neft va gaz kondensatini ikkilamchi qayta ishlash jarayonlarining nazariy va amaliy asoslari *Quyboqarov O.E.*	9
2	Metanni katalitik oksixlorlash asosida etilen olish texnologiyasini takomillashtirish *Musurmonov X.O.* *Quyboqarov O.E.*	19
3	Metanni katalitik oksixlorlash asosida etilen olish uchun katalizator tanlash *Musurmonov X.O.* *Quyboqarov O.E.*	29
4	Sintez gazdan quyi olefinlar olish jarayonining nazariy va amaliy asoslari *G‘oziyev J.Ya.* *Quyboqarov O.E.*	42
5	Mahalliy xom ashyolar asosida tayyorlangan katalizatorlarda sintez gazdan quyi olefinlarni olish texnologiyasi *G‘oziyev J.Ya.* *Quyboqarov O.E.*	54
6	A gis-based framework for industrial freshwater production and sustainable water resource management using solar energy technologies *Azizbek Rakhmonov Yigitali o‘g‘li* *Zoxidov Iqboljon Zokirjonovich*	64
7	Применение композиционных покрытий для повышения герметичности газовых скважин. *Мамаджанов Э.У.*	82
8	Конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация усули билан улашнинг технологик параметрларини оптималлаштириш *Ҳайдаров Ш.Б.* *Хамзаев А.А.* *Усманова У.Х.*	90
9	Trikotaj korxonasini loyihalashda yassi ignadonli mashinalarni tanlashning texnologik va iqtisodiy asoslari *Turaxujayeva Nilufar Nazirjanovna*	103
10	Влияние мировых цен на цветные металлы на экспортный потенциал горно-металлургических предприятий: теоретический аспект *Бурибоев Дилрух Бахром угли*	111
11	Классификация распределённых фотоэлектрических систем и уровни их сетевой интеграции. *Насруллаев Юсуф Закирович* *Хидиров Мираббос Мирзаёр ўғли*	117
12	pH ni o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonida o‘rnatilgan talablarni xalqaro talablarga uyg‘unlashtirish va takomillashtirish *Matyakubova P.M.* *Kadirova SH.A.* *Raxmatullayev S.A.*	133
13	Методы и способы защиты магистральных газопроводов от коррозии *Файзуллаев Ерназар Куат улы*	143
14	Qurilish materiallari sanoatining atrof-muhitga ta’sirini baholash (kitob tumani misolida) *Uzakov Zafar Zoirovich* *Sodiqov Davron Turop o‘g‘li*	151
15	Kattabog‘ soztuprog‘ining keramika mahsulotlari sifatiga ta'sirini tahlil qilish *Saloxidinova Salima Abdujabbor qizi* *Sherxonova Muborak Erkin qizi*	159
16	Mis-molibden boyitish chiqindilaridan foydali komponentlarni qayta ajratib olishning zamonaviy usullar *Shakirov Shuxrat Musayevich*	166

ISSN 3030-3907

	Raufov Lazizbek Murodjon o'g'li *Azizov Inomjon Kodirdjonovich* *Raximov Raxmatullo Rafiqjon o'g'li* *Shokirov Saidnazar Shuxratovich*	
17	Elektron texnologiyalar asosida energiya tejamkor elektr tizimlarini takomillashtirish *Shukurov Begzod O'ktam o'g'li* *Kurbanova Munisakhon Sandjar qizi* *Buxorov Habibullo Jahongir o'g'li* *Eshtemirov Jamshidbek Olimjon o'g'li* *O'rolov Dilshod Baxriddin o'g'li*	174
18	Влияние медико-биологических и социальных факторов риска на развитие острого бронхиолита *Азимова Камола Талатовна* *Ходжакулова Мадина Алишеровна*	183
19	Kadastr tizimini raqamlashtirish: umumiy jihatlar va zamonaviy muammolar *Mallayev Behruz Qo'ldosh o'g'li* *Saitmurotov Bobur Sobir o'g'li* *Amanov Ulug'bek Xoliqul o'g'li*	189
20	Karta kompanovkasini tuzishda gat dasturlaridan foydalanish *Mallayev Behruz Qo'ldosh o'g'li* *Saitmurotov Bobur Sobir o'g'li* *Amanov Ulug'bek Xoliqul o'g'li*	199
21	Tabiiy kvarts qumini boyitish usullari va ularning samaradorligini oshirishning zamonaviy yo'llari *Abdusamatova Zaynab Sulaymon qizi* *Adinayev Xidir Abdullayevich*	206
22	Gilos danagidan ultratovushli ekstraksiya jarayoni orqali moy olishda jarayonga ta'sir etuvchi omillarni tahlil qilish *Aminov Murodjon Homidovich* *Sharipov Nodirjon Zamirovich*	215
23	Роль искусственного интеллекта и цифровых технологий в развитии личности детей дошкольного возраста *Хидоятова Нигора Авазовна*	225
24	Protoparmeliopsis muralis lishaynigining kimyoviy tarkibi va biologik faolligi *Abdumamatov Abdulhay Abdupatto o'g'li* *Sobirova Dilzodabonu Baxtiyorjon qizi* *Mirzaolimov Mirjalol Muxammadjon o'g'li* *Egamberdiyev Sobirjon Sulton o'g'li*	235
25	Tephromela atra lishaynigini kimyoviy tarkibi va biologik faolligi *Hoshimova Shaxnoza Rarshanbek qizi* *Ergashova Oyzodaxon Raxmatjon qizi* *Sherg'oziev Qilichbek Marufjon o'g'li* *Egamberdiyev Sobirjon Sulton o'g'li*	243
26	Xorijiy tillarni interaktiv o'rganishda mobil ilovalarni o'rni *Xasanov Adxamjon Akramovich* *Xolmirzayeva Madinaxon Baxromjon qizi*	254
27	Natriy dodesil sulfat eritmasida agregatsiya jarayonlarini dinamik yorug'lik sochilishi usuli bilan tahlil qilish *Ramazonova Zuxro Yorboyevna*	259
28	Вулканизацион прессларнинг конструктив хусусиятлари ва ҳарорат назорат тизимларини такомиллаштириш *Ҳайдаров Ш.Б.* *Хамзаев А.А.* *Усманова У.Х.*	267

ISSN 3030-3907

29	Iot or arduino-based automatic control of humidity and temperature in greenhouse conditions *Jabborov Alisher Oltiboyevich* *Urolov Akbar Ziyadullayevich*	277
30	Neft va gaz quduqlarini sementlashda atrof muhit va mehnat muxofazasi *Murtazaev Abdijabbor* *Maxmudov Valijon* *Abdalimov Azamat* *Abdulin Riyan* *Xudoyberdiyeva Go'zal Shavkat qizi*	288
31	Vinno E10 apparatida molar homiladorlikni aniqlash metodlari *Ubaydullayeva Gullola* *Gulamov Shuhrat*	294
32	"As-nafas" va "As-immun" oziq-ovqat qo'shilmalari tarkibidagi quruq va shilliq moddalar foiz ulushini aniqlash *Islombek Karimov Jumaboy o'g'li* *Abdulaziz Jurayev Abdukaxxor o'g'li*	304
33	O'zbekistonda shamol elektr stansiyalaridan elektr energiyasini olish: imkoniyatlar, muammolar va istiqbollar *Abdirasulov Komil Fayzulla o'g'li* *Esanov Jahongir Abdig'affor o'g'li* *Xushboqov Botir Azamat o'g'li* *Sultonov Bozorboy Jo'raqulovichi*	310
34	Muhandislik grafikasi fanida "ko'rinishlar" mavzusini o'qitish metodikasini takomillashtirish *Fayzullayev Xayriddin Alimurodovich* *Rasulov Murodjon Qahramon o'g'li* *Hamroyev Oybek Shuhrat o'g'li*	316
35	Diskli ishchi organlarning tuproq bilan o'zaro ta'sir jarayonini va energiya ko'rsatkichlarini tadqiq etish modellashtirish *Ravshanov Nasimbek Qodir o'g'li* *Safarov Azamat Azimovich* *Ollayev Nurbek Berdiyor o'g'li* *Qurbonova Shabnam Istalali qizi* *Irgashev Dilmurod Begmurodovich*	330
36	Hpmc (gidroksipropilmetilsellyuloza) akrilat epoksidini olish va uning fizik kimyoviy tahlillari. *Xusanov Sultonbek Yusup o'g'li* *Muhiddinov Baxodir Faxriddinovich* *Xamroyev Kamoliddin Shaxobiddinovich* *Qiyomov Sharifjon Nizomovich*	341
37	Modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo'yalgan paxta matosining termik xossalarini tga/dta tahlillari asosida o'rganish *Nazarov N.I.* *Beknazarov H.S.* *Fayziyev J.B.* *Mirzoyeva G.A.*	351
38	Mathematical modeling of structural stiffness and dynamic behavior of a pneumatic vise fixture using the coherence function. *Khamidov B.Kh* *Abdiev B.K* *Khamidov A. U.*	357
39	Mobil ilovalar orqali o'qituvchilar uchun raqamli kuzatuv va diagnostika tizimini ishlab chiqish *Abduraximova Sarvinoz*	366
40	Sun'iy intellekt tizimlarining huquqiy javobgarligi va subyektlik konsepsiyasi *Murodova Zarina Rashidovna* *Saidova Sevara Sobirjon qizi*	374

ISSN 3030-3907

41	Elektr maydon kuchlanganligini aniqlashning elektro-optik diagnostika usulini tahlil qilish *To'yqulov Muxriddin Iskandar o'g'li* *Shirinov Sohibjon G'ulom o'g'li*	384
42	Maxsar (*carthamus tinctorius* l.) Biologik faol komponentlarining terapevtik salohiyati va ta'sir mexanizmlari *Mirzaqulov Jasurbek Soibjon o'g'li*	395
43	Bistorta elliptica o'simligining taxonomiyasi, botanik tavsifi va mineral tarkibi *Isakov G'ofurjon To'lqinjon o'g'li*	402
44	Uch o'lchamli nilpotent algebraning lokal va ikki lokal differensiallashi *Boydadayev Islomjon G'anijon o'g'li*	408
45	Ochiq konchilik ishlarida burg'ilash ishlarining samaradorligini oshiruvchi texnik yechimlarni ishlab chiqish *Xatamova Dilshoda Narmuratovna* *Asanov Anvar Toshmurot o'g'li* *Sayfiddinov Asadbek Alisher o'g'li*	413
46	Обоснование размещения поисковых скважин на площади янги когон на основе построения трёхмерной геологической модели *Нуралиев Фаррух Исроил угли* *Иргашева Одина Бону Илхомжон кизи* *Абдуллаев Достонжон Розик угли* *Галиева Камиля Радиковна* *Ли Анастасия Вадиковна* *Ганиев Достонжон Орифжон угли*	424
47	Problems and solutions in the system of compensating material and moral damages caused to employees by occupational accidents *Eshmukhamedov Latif Makhmayusufovich* *Sadikov Akramjon Ro'ziboyevich*	431
48	Suv resurslaridan sanoat maqsadida foydalanishning surxondaryo viloyatidagi hududiy muammolari va yechimlari *Abilov Elyor Ermamatovich* *Usmonov Said Furqat o'g'li*	437
49	Kon mashinalari radiator qurilmasining sovutish tizimida temperatura datchiklarini qo'llash va tizim samaradorligini optimallashtirish *Ismatov Adxamjon Alibek o'g'li* *Eshmurodov Madamin Azamat o'g'li*	445
50	O'zbekistonda shamol energetikasining rivojlanish tendensiyalari, muammolari va istiqbollari *Eshbekov Muxriddin Mashrab o'g'li*	456

ISSN 3030-3907

NEFT VA GAZ KONDENSATINI IKKILAMCHI QAYTA ISHLASH JARAYONLARINING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI

Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishda neft va gaz kondensatini ikkilamchi qayta ishlash jarayonlarining ilmiy-nazariy asoslari, zamonaviy sanoatdagi texnologik ahamiyati hamda mahalliy xomashyolar tarkibiga moslashtirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. ishning asosiy ilmiy g‘oyasi shundan iboratki, neft va gaz kondensati faqat atmosfera-vakuum haydash orqali fraksiyalarga ajratilganda xomashyoning ichki kimyoviy potensiali to‘liq ishga solinmaydi. Ikkilamchi jarayonlar esa molekulalarning tuzilishini qayta tashkil etish, og‘ir uglevodorodlarni yengil fraksiyalarga aylantirish, past sifatli komponentlarni yuqori oktanli yoki ekologik toza yoqilg‘i komponentlariga aylantirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Gaz kondensati, C6-C10, tabiiy gaz, C5-C6, solishtirma sirt, massa almashinuvi, regeneratsiya, fizik-kimyoviy jarayon.

Аннотация. В данной работе анализируются научно-теоретические основы процессов вторичной переработки нефти и газового конденсата, их технологическое значение в современной промышленности, а также возможности адаптации к составу местного сырья. Основная научная идея работы заключается в том, что при разделении нефти и газового конденсата на фракции только путем атмосферно-вакуумной перегонки внутренний химический потенциал сырья не используется в полной мере. Вторичные процессы позволяют реорганизовать структуру молекул, преобразовывать тяжелые углеводороды в легкие фракции, превращать низкокачественные компоненты в высокооктановые или экологически чистые топливные компоненты.

Ключевые слова: Газовый конденсат, C6-C10, природный газ, C5-C6, удельная поверхность, массообмен, регенерация, физико-химический процесс.

Abstract. This work analyzes the scientific and theoretical foundations of oil and gas condensate secondary processing processes, their technological significance in modern industry, and the possibilities of adaptation to the composition of local raw materials. The main scientific idea of the work is that when oil and gas condensate are separated into fractions only through atmospheric-vacuum distillation, the internal chemical potential of the raw material is not fully utilized. Secondary processes allow for the reorganization of molecular structures, the conversion of heavy hydrocarbons into light fractions, and the conversion of low-

ISSN 3030-3907

quality components into high-octane or environmentally friendly fuel components.

Keywords: Gas condensate, C6-C10, natural gas, C5-C6, specific surface area, mass transfer, regeneration, physicochemical process.

KIRISH.

Gaz kondensati tarkibida yengil parafinlar, izoparafinlar, naftenlar va nisbatan kam miqdorda aromatik uglevodorodlar mavjud bo‘ladi. Shu sababli uning C5-C6 qismi izomerizatsiya uchun, C6-C10 oralig‘idagi nafta qismi esa katalitik reforming uchun istiqbolli hisoblanadi. Neft fraksiyalari esa odatda gaz kondensatiga nisbatan murakkabroq tarkibga ega bo‘lib, ularning tarkibida oltingugurtli, azotli, smola-asfalten va yuqori molekulyar komponentlar ulushi ko‘proq bo‘lishi mumkin .

Xomashyoni tanlashda namunalar vakilliligi muhim mezon hisoblanadi. Har bir namuna texnologik oqimdan yoki laboratoriyada tayyorlangan aralashmadan olinadi, germetik idishlarda saqlanadi, yorliqlanadi va namuna olish sanasi, manbasi, taxminiy qaynash oralig‘i hamda saqlash sharoiti ko‘rsatiladi. Uchuvchan gaz kondensati fraksiyalarida yengil uglevodorodlar yo‘qotilishini kamaytirish uchun namunalarni past haroratda saqlash va tahlilga qadar idishlarni ortiqcha ochmaslik talab etiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Neft va gaz kondensati fraksiyalarini fizik-kimyoviy xususiyatlari asosida differensial taqsimlash ikkilamchi qayta ishlash samaradorligini oshiradi. Masalan, yuqori parafinli yengil fraksiyalar izomerizatsiyada oktan sonini oshirishga, naftenlarga boy nafta reformingda aromatlashishga, og‘ir distillyat esa gidrokrekingda yengil mahsulotlar chiqimini oshirishga xizmat qiladi [10, 12].

Laboratoriya bosqichida shartli indekslar bilan belgilanadi. Bunda NGK-1 - barqaror gaz kondensati, SRN-1 - to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydash naftasi, KDF-1 - kerosin-dizel fraksiyasi, VGO-1 - vakuum gazoyli yoki og‘ir distillyat, AR-1 esa sun’iy tayyorlangan model aralashma sifatida qaraladi. Shartli indekslardan foydalanish natijalarni tizimlashtirish va turli tajribalar orasida xomashyo bir xilligini nazorat qilishga yordam beradi.

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV.

Xomashyo namunalarining sifat ko‘rsatkichlari tajriba boshlanishidan oldin aniqlanadi. Bular qatoriga zichlik, qovushqoqlik, fraksion tarkib, oltingugurt miqdori, azotli birikmalar, aromatik uglevodorodlar ulushi, suv va mexanik aralashmalar miqdori kiradi. Ushbu ko‘rsatkichlar reaktor sharoitlarini tanlash, katalizatorni oldindan zaharlanishdan himoya qilish va mahsulot balansini to‘g‘ri tuzish uchun zarurdir.

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Tadqiqot uchun tanlangan xomashyo namunalari va ularning texnologik vazifasi

Indeks	Namuna turi	Qaynash oralig‘i, °C	Asosiy yo‘naltiriladigan jarayon	Tadqiqotdagi vazifasi
NGK-1	Barqaror gaz kondensati	C5-180	Izomerizatsiya, reforming	Yengil fraksiyalar salohiyatini baholash
SRN-1	To‘g‘ridan-to‘g‘ri haydash naftasi	60-180	Katalitik reforming	Oktan soni va aromatlashish tendensiyasini o‘rganish
KDF-1	Kerosin-dizel fraksiyasi	180-360	Gidrotozalash	Oltingugurt va aromatiklar kamayishini baholash
VGO-1	Vakuum gazoyli / og‘ir distillyat	360-520	Gidrokreking yoki FCC	Yengil mahsulotlar chiqimini aniqlash
AR-1	Model aralashma	Tanlangan interval	Jarayon mexanizmini tekshirish	Kinetik tajribalar uchun nazorat xomashyosi

Jadvaldagi qaynash oralig‘lari tadqiqot loyihasi uchun qabul qilingan metodik diapazonlardir; real sanoat namunasida ular laboratoriya distillyatsiyasi natijasiga muvofiq aniqlashtiriladi.

Xomashyoni namuna olish, saqlash va dastlabki tayyorlash metodikasi

Namuna olish jarayoni dissertatsiya natijalarining ishonchliligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli namuna olishdan oldin idishlar tozalangan, quritilgan va kimyoviy inert holatga keltirilgan bo‘lishi kerak. Yengil fraksiyalar uchun germetik metall yoki shisha idishlar, og‘ir fraksiyalar uchun esa zich yopiladigan issiqlikka chidamli idishlar qo‘llanadi. Idishlarda namunaning to‘liq nomi, manbasi, olish vaqti, harorati, bosimi hamda mas’ul ijrochi ko‘rsatiladi.

Gaz kondensatini saqlashda eng muhim omil - yengil C3-C5 komponentlarning bug‘lanib ketishini kamaytirishdir. Shu sababli barqaror gaz

ISSN 3030-3907

kondensati fraksiyalari imkon qadar past haroratda, quyosh nuri tushmaydigan, zich yopilgan idishlarda saqlanadi. Agar namuna tarkibida erigan gazlar ko‘p bo‘lsa, tahlildan oldin barqarorlashtirish bosqichi bajariladi. Barqarorlashtirish yengil gazlar ajralishini nazorat ostida olib borish va keyingi fraksion tahlilni takrorlanadigan qilish uchun zarur.

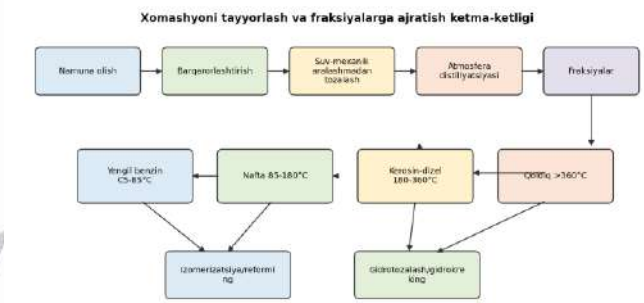
Neft fraksiyalarida suv va mexanik aralashmalar mavjud bo‘lsa, ular reaktor tajribasiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Suv katalizatorning kislota markazlari bilan o‘zaro ta’sirga kirishib, faollikni vaqtincha pasaytiradi, mexanik aralashmalar esa nasos, kapillyar va reaktor qatlamida tiqilish yuzaga keltiradi. Shu sababli dastlabki tayyorlash bosqichida tindirish, filtratsiya, sentrifugalash yoki yumshoq quritish usullaridan foydalaniladi.

Dastlabki tayyorlashda xomashyoning kimyoviy tarkibini o‘zgartirib yuboradigan kuchli oksidlovchi yoki ekstraksion reagentlardan foydalanilmaydi. Chunki xomashyoning tabiiy texnologik xususiyatlarini aniqlashdan iborat. Faqat suv, qattiq zarrachalar va bevosita tajribaga xalaqit beradigan begona mexanik aralashmalar ajratib olinadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Fraksion ajratishdan oldin namuna xona haroratiga keltiriladi, yaxshilab gomogenlashtiriladi va zarur hajmda analitik hamda reaktor tajribasi uchun alohida ulushlarga bo‘linadi. Ulushlarga ajratish bir xil tarkibli bo‘lishi uchun namuna oldindan aralashtiriladi. Og‘ir distillyatlar qovushqoqligi yuqori bo‘lsa, aralashtirish 40-60 °C oralig‘ida yumshoq isitish bilan amalga oshiriladi.

Namuna tayyorlash jarayonida xavfsizlik talablari alohida e’tiborga olinadi. Yengil uglevodorodlar bilan ishlashda ochiq olov, statik elektr, kuchli isitish manbalari va yopiq havosiz joylarda bug‘ to‘planishi xavfi oldini olinadi. Reaktor tajribalarida vodorod ishlatilganda bosim ostidagi gazlar bilan ishlash qoidalari, gaz sizib chiqishini tekshirish va ventilyatsiya shartlari majburiy hisoblanadi.



1.Rasm Xomashyoni tayyorlash va fraksiyalarga ajratish ketma-ketligi

ISSN 3030-3907

Rasmda namuna olishdan boshlab yengil benzin, nafta, kerosin-dizel va og‘ir distillyat oqimlarini alohida jarayonlarga yo‘naltirishgacha bo‘lgan ketma-ketlik ko‘rsatilgan.

2-Jadval

Xomashyoni dastlabki tayyorlash bo‘yicha metodik amallar

Bosqich	Amal	Nazorat ko‘rsatkichi	Kutiladigan natija
1	Namuna idishini tayyorlash	Idish tozaligi, germetiklik	Begona ifloslanish kamayadi
2	Namuna olish va yorliqlash	Sana, manba, harorat, bosim	Kuzatuvchanlik ta’minlanadi
3	Tindirish/filtrlash	Suv va mexanik aralashmalar	Reaktor tiqilishi oldi olinadi
4	Gomogenlashtirish	Bir jinslilik	Takroriy tahlil farqi kamayadi
5	Analitik ulushlarga bo‘lish	Ulush hajmi va identifikatori	GC, XRF, distillyatsiya uchun alohida namunalar olinadi
6	Saqlash	Harorat va yorug‘likdan himoya	Yengil komponentlar yo‘qotilishi cheklanadi

Ushbu amallar tajriba oldidan bajariladigan minimal metodik tartib bo‘lib, konkret laboratoriya sharoitida ichki reglament bilan to‘ldirilishi mumkin.

Xomashyoning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash usullari

Xomashyoning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash ikkilamchi qayta ishlash jarayonini tanlashda birinchi bosqich hisoblanadi. Zichlik va API ko‘rsatkichi xomashyoning yengilligi yoki og‘irligini baholashga yordam beradi, qovushqoqlik nasoslash va issiqlik almashinish sharoitlarini belgilaydi, fraksion tarkib esa qaysi qism izomerizatsiya, reforming, gidrotozalash yoki gidrokrekingga yo‘naltirilishini ko‘rsatadi [53, 55].

Zichlikni aniqlashda raqamli densimetr yoki piknometrik usuldan foydalaniladi. Zamonaviy laboratoriya sharoitida ASTM D4052 turidagi raqamli densimetr usuli qulay bo‘lib, u neft distillyatlari va suyuq neft mahsulotlarining zichligi, nisbiy zichligi va API gravitatsiyasini aniqlashni qamrab oladi [53]. Natijalar 20 °C yoki 15 °C standart haroratga keltirib qayta hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Fraksion tarkib atmosfera distillyatsiyasi yoki gaz-xromatografik simulyatsion distillyatsiya yordamida aniqlanadi. ASTM D86 usuli neft mahsulotlari va suyuq yoqilg‘ilarning atmosfera bosimidagi qaynash xarakteristikasini laboratoriya batch-distillyatsiya qurilmasida aniqlashga mo‘ljallangan [52]. Og‘irroq va murakkab fraksiyalarda esa ASTM D2887 asosidagi simulyatsion distillyatsiya usuli qaynash oralig‘i taqsimotini gaz xromatografiyasi yordamida baholash imkonini beradi [55].

Oltingugurt miqdorini aniqlash ikkilamchi qayta ishlashda katalizator tanlash va gidrotozalash chuqurligini belgilash uchun zarur. Total sulfur miqdori energiya-dispersiv rentgen-fluoresans spektrometriyasi orqali qisqa vaqtda aniqlanishi mumkin. ASTM D4294 usuli neft va neft mahsulotlaridagi umumiy oltingugurtni minimal namuna tayyorlash bilan tez o‘lchash imkonini berishi sababli texnologik nazoratda keng qo‘llanadi [54].

Uglevodorod guruh tarkibi parafinlar, izoparafinlar, olefinlar, naftenlar va aromatiklar ulushini baholash orqali aniqlanadi. Guruh tarkibi ikkilamchi qayta ishlash yo‘nalishi uchun muhim: parafinlar izomerizatsiya va krekingda, naftenlar reformingda, aromatiklar esa yoqilg‘i sifatiga va ekologik ko‘rsatkichlarga ta’sir qiladi. Shu sababli PNA yoki PIONA tahlil xomashyoning texnologik xaritasini tuzishda asosiy manbalardan biri hisoblanadi [56].

Xomashyo pasporti tuzilgandan keyin har bir namuna bo‘yicha reaktor tajribasi uchun mos diapazon belgilanadi. Masalan, yengil nafta uchun past bosimli izomerizatsiya yoki reforming, kerosin-dizel fraksiyasi uchun gidrotozalash, og‘ir distillyat uchun gidrokreking yoki katalitik kreking rejimi tanlanadi. Bunda laboratoriya maqsadi birinchi navbatda mexanistik va texnologik bog‘liqliklarni aniqlashdan iborat bo‘ladi.

3-Jadval

Xomashyoning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini aniqlash usullari

Ko‘rsatkich	**Tavsiya etiladigan usul**	**Standart yoki manba**	**Tadqiqotdagi ahamiyati**
Zichlik va API	Raqamli densimetr	ASTM D4052	Xomashyo yengilligi va massa-hajm hisoblari
Atmosfera qaynash xarakteristikasi	Laboratoriya distillyatsiyasi	ASTM D86	Fraksiyalar chegarasini belgilash

ISSN 3030-3907

Qaynash oralig‘i taqsimoti	Simulyatsion distillyatsiya GC	ASTM D2887	Mahsulot fraksion tarkibini nazorat qilish
Umumiy oltingugurt	EDXRF yoki UV-fluoresans	ASTM D4294 / D5453	Gidrotozalash chuqurligini baholash
Qovushqoqlik	Kapillyar viskozimetriya	ASTM D445	Nasoslash va issiqlik almashinish sharoiti
Guruh tarkibi	PNA/PIONA, GC-FID	ASTM D1319 yoki GC metodikasi	Jarayon yo‘nalishini tanlash
Suv miqdori	Karl Fischer yoki distillyatsion usul	ASTM D6304 / D95	Katalizator himoyasi va massa balans

Jadvalda xalqaro amaliyotda keng qo‘llanadigan standartlar keltirilgan; yakuniy dissertatsiya matnida ishlatilgan laboratoriya usuli pasporti va asbob markasi alohida ko‘rsatiladi.

Fraksion tahlil va xomashyoni texnologik yo‘nalishlarga ajratish

Fraksion tahlil neft va gaz kondensatini ikkilamchi qayta ishlashda eng muhim metodik bosqichlardan biridir. Uning natijasida xomashyo tor qaynash oralig‘idagi qismlarga ajratiladi va har bir fraksiya uchun mos qayta ishlash yo‘nalishi aniqlanadi. Bunda faqat qaynash harorati emas, balki fraksiyaning uglevodorod tarkibi, oltingugurt miqdori, aromatiklik darajasi va katalitik jarayonlarga moyilligi ham hisobga olinadi [4, 52].

Atmosfera distillyatsiyasi yordamida C5-85 °C, 85-180 °C, 180-240 °C, 240-360 °C va 360 °C dan yuqori fraksiyalar ajratiladi. C5-85 °C oralig‘i izomerizatsiya uchun, 85-180 °C oralig‘i reforming uchun, 180-360 °C oralig‘i gidrotozalash uchun, og‘irroq qism esa gidrokreking yoki katalitik kreking uchun mos deb qaraladi. Bunday tasnif shartli bo‘lib, real xomashyo tarkibi va mahsulot strategiyasiga qarab o‘zgartiriladi.

Simulyatsion distillyatsiya usuli fraksion tarkibni tezroq va kichik namuna miqdorida aniqlash imkonini beradi. Bu usul ayniqsa reaktor tajribalaridan keyin mahsulot tarkibidagi yengil, o‘rta va og‘ir qism ulushini taqqoslashda muhimdir. Agar gidrokreking natijasida 360 °C dan yuqori fraksiya kamayib, 180-360 °C oralig‘i ortsa, bu og‘ir xomashyoning distillyatlarga aylanish darajasini ko‘rsatadi [55].

ISSN 3030-3907

Fraksion tahlil natijalari moddiy balans tuzish uchun ham ishlatiladi. Xomashyo va mahsulot qaynash oralig‘i bo‘yicha bir xil metodika bilan tahlil qilinsa, konversiya va mahsulot chiqimini taqqoslash osonlashadi. Masalan, gidrokrekingda 360 °C dan yuqori qismning kamayishi konversiya ko‘rsatkichi sifatida, reformingda esa C5+ suyuq mahsulot va vodorod chiqimi jarayon samaradorligi sifatida olinishi mumkin.

Fraksiyalarni texnologik yo‘nalishlarga ajratishda yana bir muhim masala - xomashyo tarkibidagi zararli komponentlarni oldindan kamaytirishdir. Reforming katalizatorlari oltingugurt, azot, suv va xlorli birikmalarga sezgir bo‘lgani sababli nafta fraksiyasi avval gidrotozalashdan o‘tkazilishi mumkin. Gidrokreking katalizatorlari ham heteroatomlar ta’sirida tezroq deaktivatsiyalanadi; shu sababli og‘ir distillyatning oldindan gidrotozalanishi katalizator ishlash muddatini uzaytiradi [43, 44].

Tadqiqotda fraksion tahlil natijalari mahsulot strategiyasini tanlash bilan bog‘lanadi. Agar xomashyo yengil parafinlarga boy bo‘lsa, asosiy maqsad yuqori oktanli benzin komponentlari olish bo‘lishi mumkin; agar og‘ir distillyatlar ulushi yuqori bo‘lsa, gidrokreking orqali dizel va jet yoqilg‘isi fraksiyalarini ko‘paytirish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Shu bois fraksion tahlil faqat laboratoriya analizi emas, balki texnologik qaror qabul qilish vositasi sifatida qaraladi.

4-Jadval

Fraksiyalarni ikkilamchi qayta ishlash jarayonlariga yo‘naltirish mezonlari

Fraksiya	Taxminiy qaynash oralig‘i, °C	Asosiy tarkibiy xususiyat	Tavsiya etiladigan jarayon	Kutiladigan mahsulot
Yengil benzin	C5-85	n-parafinlar va izoparafinlar	Izomerizatsiya	Yuqori oktanli izomerizat
Nafta	85-180	Parafin-naften-aromatik aralashma	Gidrotozalash + reforming	Reformat va vodorod
Kerosin-dizel	180-360	Oltingugurtli va aromatik komponentlar	Gidrotozalash	Kam oltingugurtli distillyat
Og‘ir distillyat	360-520	Yuqori molekulyar uglevodorodlar	Gidrokreking / FCC	Benzin, dizel va gaz fraksiyalari
Qoldiq	>520	Smola-asfalten komponentlar	Kokslash yoki visbreking	Koks, gazoyl, gaz

ISSN 3030-3907

Fraksiyalar chegaralari laboratoriya maqsadida soddalashtirilgan; sanoat loyihasida zavod konfiguratsiyasi va mahsulot standartlariga qarab aniqlashtiriladi.

XULOSA.

1. Neft va gaz kondensatini ikkilamchi qayta ishlash jarayonlarini o‘rganish uchun xomashyo sifatida barqaror gaz kondensati, to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydash naftasi, kerosin-dizel fraksiyasi va og‘ir distillyat qismini tanlash metodik jihatdan asoslandi.

2. Xomashyo namunalari bo‘yicha namuna olish, saqlash, dastlabki tayyorlash, fraksion ajratish va fizik-kimyoviy pasportlash ketma-ketligi ishlab chiqildi.

3. Zichlik, qaynash oralig‘i, oltingugurt miqdori, guruh uglevodorod tarkibi, qovushqoqlik va suv miqdorini aniqlash usullari jarayon tanlash va katalizator tanlash mezonlari bilan bog‘landi.

4. Izomerizatsiya, reforming, gidrotozalash, gidrokreking va katalitik kreking jarayonlari uchun laboratoriya reaktor tajribalarining harorat, bosim, vodorod/xomashyo nisbati, WHSV va kontakt vaqti bo‘yicha metodik diapazonlari belgilandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Smith R. Chemical Process Design and Integration. 2nd ed. Wiley, 2016.
2. Towler G., Sinnott R. Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. Elsevier, 2021.
3. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. 5th ed. CRC Press, 2014.
4. Gary J.H., Handwerk G.E., Kaiser M.J. Petroleum Refining: Technology and Economics. 5th ed. CRC Press, 2007.
5. Fahim M.A., Al-Sahhaf T.A., Elkilani A. Fundamentals of Petroleum Refining. Elsevier, 2010.
6. Hsu C.S., Robinson P.R. Practical Advances in Petroleum Processing. Springer, 2006.
7. Meyers R.A. Handbook of Petroleum Refining Processes. McGraw-Hill, 2004.
8. Riazi M.R. Characterization and Properties of Petroleum Fractions. ASTM International, 2005.
9. Catalytic Reforming in Petroleum Processing. Springer Reference, 2015.
10. U.S. Energy Information Administration. Catalytic reforming boosts octane for gasoline blending, 2013.
11. Leprince P. Petroleum Refining. Conversion Processes. Editions Technip, 2001.

ISSN 3030-3907

12. Ancheyta J. Modeling and Simulation of Catalytic Reactors for Petroleum Refining. Wiley, 2011.
13. ICCT. An Introduction to Petroleum Refining and the Production of Ultra Low Sulfur Gasoline and Diesel Fuel. 2011.
14. Parkash S. Refining Processes Handbook. Gulf Professional Publishing, 2003.
15. ScienceDirect Topics. Gas Condensate: overview and properties.
16. Speight J.G. The Refinery of the Future. Gulf Professional Publishing, 2011.
17. Hydrotreating in Petroleum Processing. Springer Reference, 2015.
18. Fluid Catalytic Cracking in Petroleum Refining. Springer Reference, 2015.
19. Hydrocracking in Petroleum Processing. Springer Reference, 2015.

ISSN 3030-3907

METANNI KATALITIK OKSIXLORLASH ASOSIDA ETILEN OLISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH

Musurmonov X.O.
Qarshi davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu dissertatsiya loyihasida metanni katalitik oksixlorlash asosida etilen olish texnologiyasini takomillashtirishning ilmiy-texnologik asoslari bayon etilgan. Ishda metanni HCl va O2 ishtirokida selektiv xlorometanlarga, avvalo CH3Cl ga aylantirish, keyin esa xlorometanni kislota markazli SAPO-34 tipidagi katalizatorda yengil olefinlarga, xususan etilenga konversiyalash konsepsiyasi ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: CH4/HCl/O2 nisbatini tanlash, LaCl3-LaOCl turidagi oksixlorlash katalizatorining faol xlor-kislor markazlari, H-SAPO-34 yoki SAPO-34/ZSM-5.

Аннотация. В данном диссертационном проекте изложены научно-технологические основы совершенствования технологии получения этилена на основе каталитического оксихлорирования метана. В работе разработана концепция селективного преобразования метана в хлорметаны в присутствии HCl и O2, сначала в CH3Cl, а затем конверсии хлорметана в легкие олефины, в частности, в этилен, на кислотно-центрированном катализаторе типа SAPO-34.

Ключевые слова: выбор соотношения CH4/HCl/O2, активные хлорокислотные центры катализатора оксихлорирования типа LaCl3-LaOCl, H-SAPO-34 или SAPO-34/ZSM-5.

Abstract. This dissertation project outlines the scientific and technological foundations for improving the technology of ethylene production based on the catalytic oxychlorination of methane. The work developed a concept for the selective conversion of methane into chloromethane, initially CH3Cl, in the presence of HCl and O2, followed by the conversion of chloromethane into light olefins, specifically ethylene, on an acid-centered SAPO-34 type catalyst.

Keywords: selection of the CH4/HCl/O2 ratio, active chlorine-oxygen centers of the LaCl3-LaOCl type oxychlorination catalyst, H-SAPO-34 or SAPO-34/ZSM-5.

KIRISH.

Ishda metanni katalitik oksixlorlash orqali etilen olish texnologiyasini takomillashtirish nuqtayi nazaridan yoritiladi. Jarayonning markazida metanning inert C-H bog‘ini selektiv faollashtirish, xlorli oraliq birikmalarni nazorat qilish hamda keyingi C-C bog‘lanish bosqichida etilen ulushini oshirish vazifasi turadi. Shuning uchun har bir texnologik qaror katalizator tuzilishi, reaktor

ISSN 3030-3907

gidrodinamikasi va mahsulotlarni ajratish tizimi bilan bog‘langan holda ko‘rib chiqiladi.

Tahlilda asosiy e’tibor CH4/HCl/O2 nisbatini tanlash, LaCl3-LaOCl turidagi oksixlorlash katalizatorining faol xlor-kislor markazlari, H-SAPO-34 yoki SAPO-34/ZSM-5 turidagi ikkinchi bosqich katalizatorining kislotalik xossalari hamda HCl qayta aylanish konturiga qaratildi. Bu yondashuv xlor sarfini kamaytirish, korroziya xavfini cheklash va xlororganik yon mahsulotlar to‘planishini oldini olish imkonini beradi.

Mavzuning dolzarbligi bo‘yicha ilmiy muammo shundan iboratki, metan oksixlorlanganda CH3Cl hosil bo‘lishi bilan birga CH2Cl2, CHCl3, CO va CO2 kabi mahsulotlar ham paydo bo‘lishi mumkin. Etilen olishda esa xlorometan oraliq mahsulotining olefinlarga aylanishi gidrokarbon-pul mexanizmi, aromatik metillangan turlar hosil bo‘lishi va mikrog‘ovaklarning koks bilan to‘lishi bilan cheklanadi. Shu sababli selektivlik, barqarorlik va regeneratsiya birgalikda baholanadi.

Metan tabiiy gazning eng ko‘p uchraydigan komponenti bo‘lib, u yuqori vodorod/uglerod nisbatiga ega, ammo kimyoviy inertligi sababli neft-gaz kimyosida uni bevosita yuqori qo‘shilgan qiymatli C_2 mahsulotlarga aylantirish murakkab masala hisoblanadi. Etilen esa polietilen, etilen oksid, etilenglikol, vinilatsetat, etilbenzol va boshqa ko‘plab monomerlar ishlab chiqarish uchun asosiy platforma mahsulotlardan biridir. Shu sababli metanni etilenga aylantirishga qaratilgan jarayonlar gaz-kimyo majmualarining xomashyo bazasini kengaytirish, tabiiy gazni chuqur qayta ishlash va import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish nuqtai nazaridan dolzarbdir .

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, metandan etilen olishning to‘g‘ridan-to‘g‘ri oksidlovchi juftlanish, piroliz, plazma-kimyoviy konversiya, sintez-gaz orqali bilvosita yo‘l va xlorometan oraliq mahsulotiga asoslangan bosqichli yo‘nalishlari mavjud. Ularning har biri energiya sarfi, selektivlik, apparat murakkabligi, katalizator barqarorligi va ekologik xavfsizlik jihatidan o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Mazkur bobda aynan metanni oksixlorlash orqali xlorometan olish va keyin xlorometanni SAPO-34 tipidagi katalizatorda C_2–C_4 olefinlarga aylantirish yo‘nalishi ilmiy-texnologik nuqtai nazardan asoslanadi [2–5; 16].

Metan resurslari va etilen ishlab chiqarishning neft-gaz kimyosidagi o‘rni

Tabiiy gaz tarkibida metan ulushi odatda eng yuqori bo‘lib, u gazni qayta ishlash sanoati uchun eng yirik uglevodorod manbai hisoblanadi. Ammo metan molekulasi nisbatan simmetrik, qutblanishi past va C–H bog‘i mustahkam

ISSN 3030-3907

bo‘lgani sababli uning selektiv kimyoviy konversiyasi etan, propan yoki nafta fraksiyalariga nisbatan ancha murakkab kechadi. Sanoatda etilen asosan bug‘li kreking orqali ishlab chiqariladi; bu jarayon yaxshi o‘zlashtirilgan bo‘lsa-da, yuqori harorat, katta issiqlik sarfi va CO_2 emissiyasi bilan tavsiflanadi [17; 41; 49].

Etilenning strategik ahamiyati uning “asosiy neft-kimyo qurilish bloki” sifatidagi rolida namoyon bo‘ladi. Polietilen ishlab chiqarish etilen iste’molining eng katta yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, undan tashqari etilen oksid, etilenglikol, stirol, alfa-olefinlar va boshqa mahsulotlar uchun ham etilen zarur. Demak, etilen ishlab chiqarish xomashyo bazasini diversifikatsiya qilish gaz-kimyo komplekslari iqtisodiy barqarorligini ta’minlashda muhim hisoblanadi [42; 43; 49].

Metanni etilenga aylantirish g‘oyasi ayniqsa tabiiy gazga boy hududlar uchun ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Nafta yoki etan importiga tayanmasdan, mahalliy tabiiy gazdan olefinlar olish kimyo sanoatining yuqori qo‘shilgan qiymatli zanjirlarini shakllantirishga xizmat qiladi. Bunda metan resurslari “yoqilg‘i sifatidagi qiymat”dan “kimyoviy xomashyo sifatidagi qiymat” darajasiga o‘tkaziladi. Ushbu yondashuv gazni shunchaki yoqish emas, balki molekulyar darajada maqsadli qayta qurish konsepsiyasiga asoslanadi.

Metanni etilen manbai sifatida ishlatishda eng asosiy muammo bir bosqichli selektiv konversiyaning qiyinligidir. Metan faollashgandan keyin hosil bo‘lgan metil, metoksi, xlorometil yoki boshqa oraliq turlar maqsadli C–C bog‘i hosil qilishdan oldin chuqur oksidlanish, kraking yoki ortiqcha funksionallashuvga uchrashi mumkin. Shuning uchun zamonaviy tadqiqotlar metanni “to‘g‘ridan-to‘g‘ri etilenga” emas, balki “boshqariladigan oraliq molekula orqali etilenga” aylantirishga e’tibor qaratmoqda [2; 16; 17].

Xlorometan oraliq mahsulotiga asoslangan yo‘l shu jihatdan qiziqarliki, metanning dastlabki faollashuvi CH_3Cl kabi nisbatan reaktivroq C_1 birikmaga o‘tkaziladi. Keyin esa CH_3Cl kislotali mikrog‘ovak katalizatorda C–C bog‘i hosil qiluvchi mexanizm orqali yengil olefinlarga aylantiriladi. Bunday bosqichli yondashuv metanning bevosita inertligini kamaytiradi, lekin jarayonga HCl, O_2 va organoxlor birikmalar bilan ishlash xavfsizligi hamda xlor balansi muammolarini olib kiradi [2–5; 21].

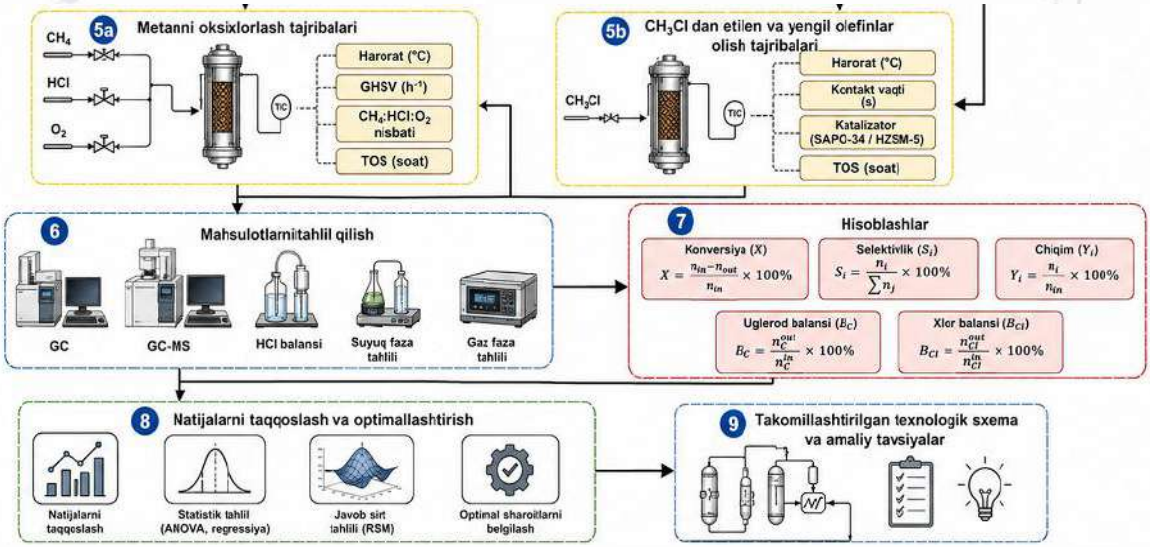
MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV

Jarayon ikki xil katalitik bosqichni bitta texnologik zanjirda baholashni talab qiladi: birinchi bosqichda metan HCl va O_2 ishtirokida xlorometanga aylantirildi; ikkinchi bosqichda xlorometan kislotali mikrog‘ovak katalizatorlarda etilen hamda boshqa yengil olefinlarga konversiyalandi [2–5; 46]. Shu sababli ikkinchi bobda xomashyo oqimlari, katalizator tarkibi, reaktor rejimi, mahsulot

ISSN 3030-3907

tahlili va material balans bir-biridan ajratilmagan holda, yagona metodologik tizim sifatida ko‘rib chiqildi.

Tajriba metodikasini ishlab chiqishda selektivlikni boshqarish, HCl aylanishini baholash, organoxlor qo‘shimcha mahsulotlarni nazorat qilish, katalizator deaktivatsiyasi va regeneratsiya imkoniyatini aniqlash asosiy mezonlar sifatida belgilandi. Bunday yondashuv $LaCl_3$/LaOCl tizimidagi OCl faol markazlari, SAPO-34 dagi hydrocarbon-pool mexanizmi va koks hosil bo‘lishining mikrog‘ovak tuzilmaga ta’sirini tajribaviy ravishda bog‘lash imkonini beradi [2; 3; 14; 46].



1.Rasm Tadqiqot metodologiyasining sxemasi

Tadqiqot obyekti, predmeti va metodologik yondashuv

Tadqiqot obyekti sifatida metanni oksixlorlash orqali xlorometan hosil qilish va keyinchalik xlorometanni mikrog‘ovak kislotali katalizatorlarda etilen hamda yengil olefinlarga aylantirish jarayoni tanlandi. Tadqiqot predmeti esa $LaCl_3$/LaOCl asosidagi oksixlorlash katalizatorining faol-selektiv xossalari, SAPO-34 va HZSM-5 tipidagi ikkinchi bosqich katalizatorlarining kislotaligi, g‘ovak tuzilishi, deaktivatsiyasi hamda texnologik rejim parametrlarining mahsulot taqsimotiga ta’siridan iboratdir.

Metodologik yondashuv “reaksiya–katalizator–reaktor–analiz–hisoblash” zanjiriga asoslanadi. Bunda reaksiya sharoiti alohida parametr sifatida emas, balki katalizator sirtidagi faol markazlarning holati, reaktor qatlamidagi issiqlik-massa almashinuvi va chiqish oqimining tarkibi bilan bog‘langan holda baholanadi [17–19]. Shuning uchun har bir tajribada gazlar sarfi, katalizator massasi, fraksiya o‘lchami, harorat, kontakt vaqti, TOS, mahsulot tarkibi va balans yopilishi birgalikda qayd etiladi.

Metanni etilenga aylantirishning mazkur ikki bosqichli yo‘li oddiy sintez sxemasi emas, balki selektiv C–H faollashuv va C–C bog‘ hosil qilish reaksiyalarini ketma-ket boshqarishga qaratilgan ilmiy-texnologik modeldir.

ISSN 3030-3907

Birinchi bosqichda metan molekulasining inertligi xlorometan hosil qilish orqali yengillashtiriladi; ikkinchi bosqichda esa xlorometan hydrocarbon-pool markazlari ishtirokida olefinlar hosil bo‘lishiga jalb qilinadi [3; 15].

Reagentlar, gazlar va xomashyo oqimlariga qo‘yiladigan talablar

Metanni oksixlorlash tajribalarida asosiy reagentlar sifatida metan, vodorod xlorid, kislorod va inert gaz ishlatiladi. Metan xomashyosi tarkibida etan, propan, CO_2, H_2S va suv bug‘lari miqdori nazorat qilinishi lozim, chunki bunday qo‘shimchalar metan konversiyasi, xlorometan selektivligi va katalizator sirtining barqarorligiga ta’sir ko‘rsatadi [20; 41]. Ayniqsa H_2S yoki namlik $LaCl_3$/LaOCl fazalarining barqarorligiga, HCl esa apparat korroziyasiga sezilarli ta’sir qiladi.

HCl birinchi bosqichda xlor manbai sifatida ishtirok etadi. Uning ortiqcha miqdori CH_4 dan CH_3Cl hosil bo‘lishini kuchaytirishi mumkin, ammo haddan tashqari ko‘p faol xlorlovchi turlar CH_2Cl_2, $CHCl_3$ va boshqa chuqur xlorlangan mahsulotlar ulushini oshiradi [2; 46]. Shu sababli HCl sarfi faqat reaktiv miqdor bo‘yicha emas, balki CH_3Cl selektivligi va ikkinchi bosqichga keladigan oqim sifatiga ko‘ra optimallashtiriladi.

Kislorod HCl ni qayta oksidlab sirt OCl turlarini hosil qilish uchun zarur, biroq uning ortiqcha miqdori CO va CO_2 hosil bo‘lishini kuchaytiradi. Shuning uchun O_2 ulushi xavfsizlik chegaralari, metan bilan portlovchi aralashma hosil qilish xavfi va reaksion selektivlikni hisobga olgan holda tanlanadi [2; 28]. Tajriba qurilmasida O_2 alohida mass-sarf rostlagich orqali berilishi, reaktor kirishida esa inert gaz bilan suyultirilishi tavsiya etiladi.

Ikkinchi bosqich tajribalarida model xomashyo sifatida toza CH_3Cl yoki birinchi reaktordan olingan real CH_3Cl-HCl-N_2 aralashmasidan foydalanish mumkin. Model aralashma katalizatorning o‘ziga xos faolligini baholashga, real aralashma esa bosqichlararo moslikni aniqlashga xizmat qiladi. Bu ikki yondashuvning birga qo‘llanishi OAK talablari bo‘yicha ilmiy natijalarning haqqoniyligini kuchaytiradi [1; 3; 4].

Reagentlar sifatini pasportlashtirish tajriba natijalarini takrorlash uchun zarur. Har bir gaz balloni bo‘yicha ishlab chiqaruvchi sertifikati, tozalik darajasi, namlik miqdori, aralashmalar chegarasi, ballondan foydalanish sanasi va sarf kalibrovkasi laboratoriya jurnalida qayd etiladi. Agar tabiiy gazdan foydalanilsa, tajribadan oldin uning komponent tarkibi GC-TCD orqali aniqlanadi va keyingi hisoblarda aynan shu tarkib asos qilib olinadi.

1-Jadval

Reagentlar va xomashyo oqimlariga qo‘yiladigan asosiy talablar

Reagent/oqim	Asosiy talab	Nazorat usuli	Tadqiqotdagi ahamiyati

ISSN 3030-3907

CH_4 yoki tabiiy gaz	CH_4 ulushi, C_2^+, CO_2, H_2S va namlik nazorati	GC-TCD, quritish, sertifikat	Konversiya va uglerod balansini to‘g‘ri hisoblash
HCl	Quruq, barqaror sarf, ortiqcha namliksiz	Mass-sarf rostlagich, titrlash	CH_3Cl selektivligi va xlor balansiga ta’sir qiladi
O_2	Suyultirilgan, portlash xavfsizligi chegarasida	MFC, xavfsizlik nazorati	OCl markazlari va COx hosil bo‘lishini boshqaradi
N_2/He	Inert va quruq	Gaz sertifikati, namlik nazorati	Suyultirish, purj va ichki standart vazifasi
CH_3Cl model oqimi	Aniq konsentratsiya, quruq holat	GC kalibrovka, balon sertifikati	CTO bosqichi faolligini baholash

Jadvaldagi qiymatlar laboratoriya sharoitida tajriba rejasini tuzish, analitik natijalarni standartlashtirish va bosqichlararo material balansini bir xil mezonda baholash uchun tavsiya etilgan ishchi diapazonlarni ko‘rsatadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

$LaCl_3$/LaOCl asosidagi oksixlorlash katalizatorini tayyorlash metodikasi

Birinchi bosqich katalizatori sifatida $LaCl_3$/LaOCl tizimi tanlanadi, chunki adabiyotlarda u metanni HCl va O_2 ishtirokida xlorometanga selektiv oksixlorlash uchun istiqbolli katalitik tizim sifatida ko‘rsatilgan [2; 46]. Ushbu tizimning muhim jihati shundaki, faol markazlar faqat $LaCl_3$ yoki LaOCl fazasining o‘ziga emas, balki reaksiya sharoitida shakllanadigan xlorid–oksixlorid muvozanatiga bog‘liq bo‘ladi.

LaOCl prekursorini tayyorlashda lantan nitrat yoki lantan xlorid eritmasi cho‘ktirish agenti bilan ishlanadi. Cho‘kma pH qiymati 8,0–9,5 oralig‘ida ushlab turilib, 50–70 °C haroratda aralashtiriladi, so‘ng filtrlanadi, xlorid va nitrat qoldiqlaridan yuviladi hamda 100–120 °C da quritiladi. Quritilgan namuna 450–550 °C da kalsinatsiya qilinib LaOCl fazasiga yaqin prekursor olinadi [47].

Katalizatorni $LaCl_3$/LaOCl holatiga keltirish uchun kalsinatsiyalangan namuna HCl/N_2 yoki HCl/O_2/N_2 oqimida yumshoq xlorlanadi. Xlorlash harorati 250–400 °C oralig‘ida tanlanadi, chunki juda past haroratda sirt xloridlanishi yetarli bo‘lmasligi, juda yuqori haroratda esa solishtirma sirt yuzasi keskin

ISSN 3030-3907

kamayishi mumkin [47; 48]. Bu bosqichda namunadagi massa o‘zgarishi va chiqish oqimida HCl miqdori kuzatiladi.

Tashuvchili katalizator tayyorlash zarur bo‘lsa, γ-Al_2O_3, SiO_2 yoki termik barqaror inert materialga nam impregnirlanish usuli qo‘llanadi. Eritmadagi La prekursor miqdori yakuniy katalizatorda 5–20 massa % La_2O_3 ekvivalenti hosil qiladigan qilib hisoblanadi. Impregnirlanishdan keyin namuna 12 soat muvozanatlantiriladi, 110 °C da quritiladi va bosqichli kalsinatsiyalanadi. Bunday yondashuv faol fazaning bir tekis taqsimlanishini ta’minlashga xizmat qiladi [24; 25].

Katalizator tayyorlashda asosiy nazorat parametrlari quyidagilardan iborat: prekursor eritmasi konsentratsiyasi, pH, cho‘ktirish tezligi, quritish harorati, kalsinatsiya davomiyligi, xlorlash tartibi, zarracha fraksiyasi va tayyor namunaning mexanik mustahkamligi. Har bir partiya “OK-1”, “OK-2”, “OK-3” kabi shartli nom bilan belgilab, laboratoriya pasportiga kiritiladi. Bu keyingi katalitik natijalarni aniq namuna tarkibi bilan bog‘lash imkonini beradi.

SAPO-34, HZSM-5 va modifikatsiyalangan mikrog‘ovak katalizatorlarni tayyorlash

Ikkinchi bosqichda xlorometanni etilen va yengil olefinlarga aylantirish uchun SAPO-34 asosiy katalizator sifatida tanlanadi. SAPO-34 ning CHA tipidagi mikrog‘ovak tuzilishi yengil olefinlar selektivligini oshirishga xizmat qiladi, uning kislota markazlari esa CH_3Cl ni faollashtirib hydrocarbon-pool intermediatlari hosil bo‘lishini ta’minlaydi [3; 7; 10].

SAPO-34 sintezida alyuminiy manbai sifatida $Al(OH)_3$ yoki alyuminiy izopropoksid, fosfor manbai sifatida H_3PO_4, kremniy manbai sifatida kolloid SiO_2 yoki TEOS, strukturani yo‘naltiruvchi agent sifatida morfolin, TEAOH yoki boshqa organik aminlardan foydalanish mumkin. Gel tarkibi odatda Al_2O_3:P_2O_5:SiO_2:H_2O:SDA nisbatlari asosida beriladi, sintez esa avtoklavda 170–220 °C da 24–72 soat davomida olib boriladi [23; 45].

HZSM-5 qiyosiy katalizator sifatida qo‘llanadi, chunki uning MFI kanal tizimi SAPO-34 dan farqli ravishda aromatiklar va yuqori uglevodorodlar hosil bo‘lishiga moyilroq bo‘lishi mumkin [4; 21]. HZSM-5 ning Si/Al nisbati katalizator kislotaligini belgilaydi; kichik Si/Al nisbatida kuchli kislotalik yuqori, lekin kokslanish xavfi ham yuqori bo‘ladi. Shu sababli tajribada Si/Al = 25–80 oralig‘idagi namunalar solishtiriladi.

Modifikatsiyalangan SAPO-34 namunalarini tayyorlashda metal xloridlar, ishqoriy-yermetall komponentlar yoki mezog‘ovaklik hosil qiluvchi qo‘shimchalar qo‘llanishi mumkin. Masalan, Mg, Zn, Ni yoki La komponentlari kislota markazlari kuchini yumshatishi, CH_3Cl adsorbsiyasini o‘zgartirishi va etilen/propilen nisbatiga ta’sir qilishi mumkin [5; 48]. Biroq har qanday

ISSN 3030-3907

modifikatsiya kristall fazani buzmasligi va mikrog‘ovak hajmini haddan tashqari kamaytirmasligi lozim.

Katalizatorlarni amaliy tajribaga tayyorlashda kukunlar presslanib granulalanadi, 0,25–0,50 mm yoki 0,50–1,00 mm fraksiyalarga elakdan o‘tkaziladi. Juda mayda fraksiyalar qatlam bosim tushishini oshiradi, juda yirik zarrachalar esa ichki diffuziya cheklovini kuchaytiradi [38; 39]. Shu sababli granulometrik tarkib reaktor gidrodinamikasi va katalizatorning haqiqiy faolligini ajratib baholash uchun bir xil saqlanadi.

2-Jadval

Ikkinchi bosqich katalizatorlari uchun tavsiya etiladigan namunalar seriyasi

Namuna	Tarkib/tuzilma	Maqsad	Asosiy nazorat ko‘rsatkichi
CTO-1	H-SAPO-34, standart CHA	Bazaviy katalizator	CH_3Cl konversiyasi, C_2H_4 selektivligi
CTO-2	Mg-modifikatsiyalangan SAPO-34	Kislotalikni yumshatish	NH_3-TPD, etilen/propilen nisbati
CTO-3	Zn yoki Ni modifikatsiyalangan SAPO-34	CH_3Cl adsorbsiyasi va koksni boshqarish	TOS, koks miqdori
CTO-4	Hierarxik SAPO-34	Diffuziya cheklovini kamaytirish	BET, mikrog‘ovak/mezog‘ovak hajmi
CTO-5	HZSM-5, Si/Al 25–80	Qiyosiy katalizator	Aromatiklar va C_5^+ ulushi

Jadvaldagi qiymatlar laboratoriya sharoitida tajriba rejasini tuzish, analitik natijalarni standartlashtirish va bosqichlararo material balansini bir xil mezonda baholash uchun tavsiya etilgan ishchi diapazonlarni ko‘rsatadi.

XULOSA.

1. Adsorbsion quritish gaz yoki suyuq muhit tarkibidagi suv bug‘i molekulalarini qattiq adsorbent sirtida va g‘ovaklarida ushlab qolishga asoslangan murakkab fizik-kimyoviy jarayondir.

ISSN 3030-3907

2. Jarayonning asosiy mohiyati tashqi diffuziya, g‘ovak ichki diffuziyasi, faol markazlarda adsorbsiya, adsorbsion muvozanat va regeneratsiya bosqichlarining uzviy bog‘liqligida namoyon bo‘ladi.

3. Adsorbentning solishtirma sirt yuzasi, g‘ovaklar taqsimoti, gidrofilligi, mexanik mustahkamligi va regeneratsiyalanish qobiliyati quritish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pall Corporation. Adsorbent Dehydration — Natural Gas. Technical information page. URL: https://www.pall.com/en/oil-gas/solutions/adsorbent-dehydration.html

2. IUPAC. Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units: definitions of physisorption and chemisorption. URL: https://old.iupac.org/reports/2001/colloid_2001/manual_of_s_and_t/node16.html

3. Thommes M., Kaneko K., Neimark A.V., Olivier J.P., Rodriguez-Reinoso F., Rouquerol J., Sing K.S.W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. Pure and Applied Chemistry. 2015. Vol. 87. P. 1051–1069.

4. Pierotti R.A., Rouquerol J., Sing K.S.W. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. Pure and Applied Chemistry. 1985. Vol. 57. P. 603–619.

5. Ruthven D.M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. New York: Wiley, 1984. 464 p.

6. Yang R.T. Adsorbents: Fundamentals and Applications. Hoboken: Wiley-Interscience, 2003. 410 p.

7. Yang R.T. Gas Separation by Adsorption Processes. Boston: Butterworths, 1987. 352 p.

8. Farag H.A.A., Ezzat M.M., Amer H., Nashed A.W. Natural gas dehydration by desiccant materials. Alexandria Engineering Journal. 2011. Vol. 50. No. 4. P. 431–439.

9. Patel H. Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. Applied Water Science. 2019. Vol. 9. Article 45.

10. Dynamic Sorption. Breakthrough curves and breakthrough measurement. URL: https://www.dynamicsorption.com/dynamic-sorption-method/breakthrough-measurement/

11. EMIS-VITO. Adsorption based dehydration: technology factsheet. URL: https://emis.vito.be/nl/tools/mapitccu/technologies/adsorption-based-dehydration

ISSN 3030-3907

12. Kohl A.L., Nielsen R.B. Gas Purification. 5th ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1997. 1395 p.
13. GPSA Engineering Data Book. Gas Processors Suppliers Association. Latest industrial editions.
14. Breck D.W. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use. New York: Wiley, 1974. 771 p.
15. Rouquerol F., Rouquerol J., Sing K.S.W., Llewellyn P., Maurin G. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications. 2nd ed. Oxford: Academic Press, 2014.

ISSN 3030-3907

METANNI KATALITIK OKSIXLORLASH ASOSIDA ETILEN OLISH UCHUN KATALIZATOR TANLASH

Musurmonov X.O.
Qarshi davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ishning nazariy qismi metan C-H bog‘ining faollashuvi, LaCl3/LaOCl katalizatorlarida OCl turidagi faol markazlar, xlorometandan olefinlar hosil bo‘lishining gidrokarbon-pul mexanizmi va katalizator deaktivatsiyasi bilan bog‘langan. Eksperimental qismda sobit qatlamli reaktor, xromatografik tahlil, XRD, BET, SEM, NH3-TPD va TG-DTA usullaridan foydalanish tartibi keltirilgan. Taklif etilgan texnologik yechim HCl ning yopiq qayta aylanish konturi, ikki bosqichli reaktor sxemasi, harorat va gaz hajmiy tezligi bo‘yicha optimallashtirish, xlororganik yon mahsulotlar nazorati hamda regeneratsiya rejimlarini o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: Eksperimental qismda sobit qatlamli reaktor, xromatografik tahlil, XRD, BET, SEM, NH3-TPD va TG-DTA usullari.

Аннотация. Теоретическая часть работы связана с активацией связи C-H метана, активными центрами типа OCl в катализаторах LaCl3/LaOCl, гидроуглеродным пульным механизмом образования олефинов из хлорометана и дезактивацией катализатора. В экспериментальной части приведен порядок применения методов твердослойного реактора, хроматографического анализа, ХРД, БЭТ, СЭМ, NH3-ТПД и ТГ-ДТА. Предложенное технологическое решение включает в себя замкнутый контур рециркуляции HCl, двухступенчатую схему реактора, оптимизацию по температуре и объемной скорости газа, контроль хлорорганических побочных продуктов и режимы регенерации.

Ключевые слова: Реактор с твердым слоем в экспериментальной части, хроматографический анализ, методы ХРД, БЭТ, СЭМ, NH3-TPD и ТГ-ДТА.

Abstract. The theoretical part of the work is related to the activation of the methane C-H bond, OCl-type active centers in LaCl3/LaOCl catalysts, the hydrocarbon-pool mechanism for the formation of olefins from chloromethane, and catalyst deactivation. The experimental part describes the procedure for using the fixed-layer reactor, chromatographic analysis, XRD, BET, SEM, NH3-TPD, and TG-DTA methods. The proposed technological solution includes a closed HCl recirculation circuit, a two-stage reactor scheme, optimization by temperature and gas volume velocity, control of organochlorine by-products, and regeneration modes.

ISSN 3030-3907

Keywords: Solid-layer reactor in the experimental part, chromatographic analysis, XRD, BET, SEM, NH3-TPD, and TG-DTA methods.

KIRISH.

Ishda CH4/HCl/O2 nisbatini tanlash, LaCl3-LaOCl turidagi oksixlorlash katalizatorining faol xlor-kislor markazlari, H-SAPO-34 yoki SAPO-34/ZSM-5 turidagi ikkinchi bosqich katalizatorining kislotalik xossalari hamda HCl qayta aylanish konturiga qaratildi. Bu yondashuv xlor sarfini kamaytirish, korroziya xavfini cheklash va xlororganik yon mahsulotlar to‘planishini oldini olish imkonini beradi. Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati bo‘yicha ilmiy muammo shundan iboratki, metan oksixlorlanganda CH3Cl hosil bo‘lishi bilan birga CH2Cl2, CHCl3, CO va CO2 kabi mahsulotlar ham paydo bo‘lishi mumkin. Etilen olishda esa xlorometan oraliq mahsulotining olefinlarga aylanishi gidrokarbon-pul mexanizmi, aromatik metillangan turlar hosil bo‘lishi va mikrog‘ovaklarning koks bilan to‘lishi bilan cheklanadi. Shu sababli selektivlik, barqarorlik va regeneratsiya birgalikda baholanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Tabiiy gaz tarkibida metan ulushi odatda eng yuqori bo‘lib, u gazni qayta ishlash sanoati uchun eng yirik uglevodorod manbai hisoblanadi. Ammo metan molekulasi nisbatan simmetrik, qutblanishi past va C–H bog‘i mustahkam bo‘lgani sababli uning selektiv kimyoviy konversiyasi etan, propan yoki nafta fraksiyalariga nisbatan ancha murakkab kechadi. Sanoatda etilen asosan bug‘li kreking orqali ishlab chiqariladi; bu jarayon yaxshi o‘zlashtirilgan bo‘lsa-da, yuqori harorat, katta issiqlik sarfi va CO_2 emissiyasi bilan tavsiflanadi [17; 41; 49].

Etilenning strategik ahamiyati uning “asosiy neft-kimyo qurilish bloki” sifatidagi rolida namoyon bo‘ladi. Polietilen ishlab chiqarish etilen iste’molining eng katta yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, undan tashqari etilen oksid, etilenglikol, stirol, alfa-olefinlar va boshqa mahsulotlar uchun ham etilen zarur. Demak, etilen ishlab chiqarish xomashyo bazasini diversifikatsiya qilish gaz-kimyo komplekslari iqtisodiy barqarorligini ta’minlashda muhim hisoblanadi [42; 43; 49].

Metanni etilenga aylantirish g‘oyasi ayniqsa tabiiy gazga boy hududlar uchun ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Nafta yoki etan importiga tayanmasdan, mahalliy tabiiy gazdan olefinlar olish kimyo sanoatining yuqori qo‘shilgan qiymatli zanjirlarini shakllantirishga xizmat qiladi. Bunda metan resurslari “yoqilg‘i sifatidagi qiymat”dan “kimyoviy xomashyo sifatidagi qiymat” darajasiga o‘tkaziladi. Ushbu yondashuv gazni shunchaki yoqish emas, balki molekulyar darajada maqsadli qayta qurish konsepsiyasiga asoslanadi [50; 52].

ISSN 3030-3907

Metanni etilen manbai sifatida ishlatishda eng asosiy muammo bir bosqichli selektiv konversiyaning qiyinligidir. Metan faollashgandan keyin hosil bo‘lgan metil, metoksi, xlorometil yoki boshqa oraliq turlar maqsadli C–C bog‘i hosil qilishdan oldin chuqur oksidlanish, kraking yoki ortiqcha funksionallashuvga uchrashi mumkin. Shuning uchun zamonaviy tadqiqotlar metanni “to‘g‘ridan-to‘g‘ri etilenga” emas, balki “boshqariladigan oraliq molekula orqali etilenga” aylantirishga e’tibor qaratmoqda [2; 16; 17].

Xlorometan oraliq mahsulotiga asoslangan yo‘l shu jihatdan qiziqarliki, metanning dastlabki faollashuvi CH_3Cl kabi nisbatan reaktivroq C_1 birikmaga o‘tkaziladi. Keyin esa CH_3Cl kislotali mikrog‘ovak katalizatorda C–C bog‘i hosil qiluvchi mexanizm orqali yengil olefinlarga aylantiriladi. Bunday bosqichli yondashuv metanning bevosita inertligini kamaytiradi, lekin jarayonga HCl, O_2 va organoxlor birikmalar bilan ishlash xavfsizligi hamda xlor balansi muammolarini olib kiradi [2–5; 21].

Adabiyotlar tahlili nuqtai nazaridan ushbu paragrafdan kelib chiqadigan asosiy xulosa shundaki, metanni etilenga aylantirish masalasi faqat katalizator tanlash muammosi emas. U xomashyo bazasi, energiya samaradorligi, reaktor konstruksiyasi, mahsulot ajratish, xlor konturi, katalizator regeneratsiyasi va ekologik xavfsizlikning integrallashgan majmuasidir. Shu bois dissertatsiya mavzusida “texnologiyani takomillashtirish” tushunchasi metanni xlorometanga aylantirish bosqichi bilan CH_3Cl dan etilen olish bosqichini yagona material-energiya balansi doirasida bog‘lashni anglatadi [1; 20; 41].

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV.

$LaCl_3/LaOCl$ asosidagi oksixlorlash katalizatorini tayyorlash metodikasi

Birinchi bosqich katalizatori sifatida $LaCl_3/LaOCl$ tizimi tanlanadi, chunki adabiyotlarda u metanni HCl va O_2 ishtirokida xlorometanga selektiv oksixlorlash uchun istiqbolli katalitik tizim sifatida ko‘rsatilgan [2; 46]. Ushbu tizimning muhim jihati shundaki, faol markazlar faqat $LaCl_3$ yoki LaOCl fazasining o‘ziga emas, balki reaksiya sharoitida shakllanadigan xlorid–oksixlorid muvozanatiga bog‘liq bo‘ladi.

LaOCl prekursorini tayyorlashda lantan nitrat yoki lantan xlorid eritmasi cho‘ktirish agenti bilan ishlanadi. Cho‘kma pH qiymati 8,0–9,5 oralig‘ida ushlab turilib, 50–70 °C haroratda aralashtiriladi, so‘ng filtrlanadi, xlorid va nitrat qoldiqlaridan yuviladi hamda 100–120 °C da quritiladi. Quritilgan namuna 450–550 °C da kalsinatsiya qilinib LaOCl fazasiga yaqin prekursor olinadi [47].

Katalizatorni $LaCl_3/LaOCl$ holatiga keltirish uchun kalsinatsiyalangan namuna HCl/N_2 yoki $HCl/O_2/N_2$ oqimida yumshoq xlorlanadi. Xlorlash harorati 250–400 °C oralig‘ida tanlanadi, chunki juda past haroratda sirt xloridlanishi yetarli bo‘lmasligi, juda yuqori haroratda esa solishtirma sirt yuzasi keskin

ISSN 3030-3907

kamayishi mumkin [47; 48]. Bu bosqichda namunadagi massa o‘zgarishi va chiqish oqimida HCl miqdori kuzatiladi.

Tashuvchili katalizator tayyorlash zarur bo‘lsa, γ-Al_2O_3, SiO_2 yoki termik barqaror inert materialga nam impregnirlanish usuli qo‘llanadi. Eritmadagi La prekursor miqdori yakuniy katalizatorda 5–20 massa % La_2O_3 ekvivalenti hosil qiladigan qilib hisoblanadi. Impregnirlanishdan keyin namuna 12 soat muvozanatlantiriladi, 110 °C da quritiladi va bosqichli kalsinatsiyalanadi. Bunday yondashuv faol fazaning bir tekis taqsimlanishini ta’minlashga xizmat qiladi [24; 25].

Katalizator tayyorlashda asosiy nazorat parametrlari quyidagilardan iborat: prekursor eritmasi konsentratsiyasi, pH, cho‘ktirish tezligi, quritish harorati, kalsinatsiya davomiyligi, xlorlash tartibi, zarracha fraksiyasi va tayyor namunaning mexanik mustahkamligi. Har bir partiya “OK-1”, “OK-2”, “OK-3” kabi shartli nom bilan belgilab, laboratoriya pasportiga kiritiladi. Bu keyingi katalitik natijalarni aniq namuna tarkibi bilan bog‘lash imkonini beradi.

SAPO-34, HZSM-5 va modifikatsiyalangan mikrog‘ovak katalizatorlarni tayyorlash

Ikkinchi bosqichda xlorometanni etilen va yengil olefinlarga aylantirish uchun SAPO-34 asosiy katalizator sifatida tanlanadi. SAPO-34 ning CHA tipidagi mikrog‘ovak tuzilishi yengil olefinlar selektivligini oshirishga xizmat qiladi, uning kislota markazlari esa CH_3Cl ni faollashtirib hydrocarbon-pool intermediatlari hosil bo‘lishini ta’minlaydi [3; 7; 10].

SAPO-34 sintezida alyuminiy manbai sifatida $Al(OH)_3$ yoki alyuminiy izopropoksid, fosfor manbai sifatida H_3PO_4, kremniy manbai sifatida kolloid SiO_2 yoki TEOS, strukturani yo‘naltiruvchi agent sifatida morfolin, TEAOH yoki boshqa organik aminlardan foydalanish mumkin. Gel tarkibi odatda Al_2O_3:P_2O_5:SiO_2:H_2O:SDA nisbatlari asosida beriladi, sintez esa avtoklavda 170–220 °C da 24–72 soat davomida olib boriladi [23; 45].

HZSM-5 qiyosiy katalizator sifatida qo‘llanadi, chunki uning MFI kanal tizimi SAPO-34 dan farqli ravishda aromatiklar va yuqori uglevodorodlar hosil bo‘lishiga moyilroq bo‘lishi mumkin [4; 21]. HZSM-5 ning Si/Al nisbati katalizator kislotaligini belgilaydi; kichik Si/Al nisbatida kuchli kislotalik yuqori, lekin kokslanish xavfi ham yuqori bo‘ladi. Shu sababli tajribada Si/Al = 25–80 oralig‘idagi namunalar solishtiriladi.

Modifikatsiyalangan SAPO-34 namunalarini tayyorlashda metal xloridlar, ishqoriy-yermetall komponentlar yoki mezog‘ovaklik hosil qiluvchi qo‘shimchalar qo‘llanishi mumkin. Masalan, Mg, Zn, Ni yoki La komponentlari kislota markazlari kuchini yumshatishi, CH_3Cl adsorbsiyasini o‘zgartirishi va etilen/propilen nisbatiga ta’sir qilishi mumkin [5; 48]. Biroq har qanday

ISSN 3030-3907

modifikatsiya kristall fazani buzmasligi va mikrog‘ovak hajmini haddan tashqari kamaytirmasligi lozim.

Katalizatorlarni amaliy tajribaga tayyorlashda kukunlar presslanib granulalanadi, 0,25–0,50 mm yoki 0,50–1,00 mm fraksiyalarga elakdan o‘tkaziladi. Juda mayda fraksiyalar qatlam bosim tushishini oshiradi, juda yirik zarrachalar esa ichki diffuziya cheklovini kuchaytiradi [38; 39]. Shu sababli granulometrik tarkib reaktor gidrodinamikasi va katalizatorning haqiqiy faolligini ajratib baholash uchun bir xil saqlanadi.

1-Jadval

Ikkinchi bosqich katalizatorlari uchun tavsiya etiladigan namunalar seriyasi

Namuna	**Tarkib/tuzilma**	**Maqsad**	**Asosiy nazorat ko‘rsatkichi**
CTO-1	H-SAPO-34, standart CHA	Bazaviy katalizator	CH_3Cl konversiyasi, C_2H_4 selektivligi
CTO-2	Mg-modifikatsiyalangan SAPO-34	Kislotalikni yumshatish	NH_3-TPD, etilen/propilen nisbati
CTO-3	Zn yoki Ni modifikatsiyalangan SAPO-34	CH_3Cl adsorbsiyasi va koksni boshqarish	TOS, koks miqdori
CTO-4	Hierarxik SAPO-34	Diffuziya cheklovini kamaytirish	BET, mikrog‘ovak/mezog‘ovak hajmi
CTO-5	HZSM-5, Si/Al 25–80	Qiyosiy katalizator	Aromatiklar va C_5^+ ulushi

Jadvaldagi qiymatlar laboratoriya sharoitida tajriba rejasini tuzish, analitik natijalarni standartlashtirish va bosqichlararo material balansini bir xil mezonda baholash uchun tavsiya etilgan ishchi diapazonlarni ko‘rsatadi.

Katalizatorlarni quritish, kalsinatsiya qilish, aktivlash va regeneratsiya qilish

Katalizatorlarning dastlabki holati tajriba natijalariga bevosita ta’sir qiladi. Namlik, adsorbsiyalangan organik qoldiqlar, sintezdagi strukturani yo‘naltiruvchi agentlar va prekursordan qolgan ionlar faol markazlar soni hamda kuchini

ISSN 3030-3907

o‘zgartirishi mumkin [23; 34]. Shu sababli barcha katalizatorlar katalitik sinovdan oldin bir xil quritish, kalsinatsiya va aktivlash tartibidan o‘tkaziladi.

$LaCl_3/LaOCl$ namunalarida quritish 105–120 °C da 4–6 soat, kalsinatsiya esa 450–550 °C da 3–5 soat davomida amalga oshiriladi. Kalsinatsiyadan keyin namuna inert gaz oqimida sovitiladi va kerak bo‘lsa HCl/O_2 muhitida aktivlanadi. Aktivlashning asosiy vazifasi sirt xlorid–oksixlorid holatini barqarorlashtirish va reaksiya boshlanishida induksion tebranishlarni kamaytirishdir [2; 46; 47].

SAPO-34 sintezidan keyin organik templating agentni chiqarish uchun namuna havo oqimida bosqichli qizdiriladi: avval 120 °C da fizik adsorbsiyalangan suv chiqariladi, so‘ng 350–380 °C da organik qoldiqlarning parchalanishi boshlanadi va 550–600 °C da 4–6 soat davomida to‘liq kalsinatsiya qilinadi. Juda tez qizdirish kristall tuzilma ichida lokal issiqlik kuchlanishlarini yuzaga keltirishi mumkin [23; 45].

Regeneratsiya ishlatilgan katalizatordagi koksni nazoratli oksidlab yo‘qotishga qaratiladi. SAPO-34 uchun regeneratsiya odatda N_2 bilan purj qilish, keyin 450–550 °C da suyultirilgan havo yoki O_2/N_2 oqimida ishlov berish, so‘ng inert gazda sovitish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Bunda haroratning juda yuqori bo‘lishi kislota markazlari va kristall tuzilmaning degradatsiyasiga olib kelishi mumkin [14; 25].

Regeneratsiya samaradorligi bir martalik faollik tiklanishi bilan emas, balki kamida 3–5 sikl davomida CH_3Cl konversiyasi, etilen selektivligi va TOS barqarorligining saqlanishi bilan baholanadi. Har bir sikldan so‘ng katalizator massasi, TG-DTA bo‘yicha koks miqdori va XRD/BET natijalari taqqoslanadi. Bu usul katalizatorning faqat faolligini emas, balki texnologik barqarorligini ham baholashga imkon beradi.

Ikki bosqichli laboratoriya reaktor qurilmasining tuzilishi

Tajriba qurilmasi ikki ketma-ket katalitik bosqichga ega sobit qatlamli reaktor tizimi sifatida loyihalanadi. Birinchi reaktor metanni oksixlorlash uchun, ikkinchi reaktor esa xlorometanni olefinlarga aylantirish uchun mo‘ljallanadi. Har bir bosqich mustaqil harorat nazorati, katalizator qatlamiga kirish va chiqish termoparalari, gaz sarfini boshqarish, bosim nazorati va namuna olish portlari bilan jihozlanadi [17–19].

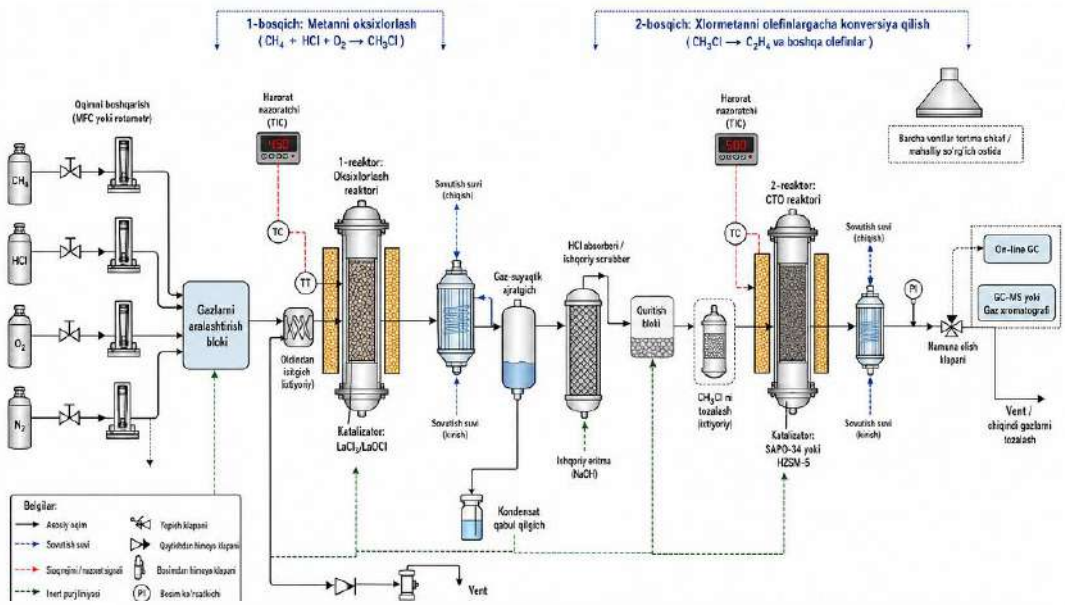
Reaktor materiali HCl, CH_3Cl va yuqori haroratli oksidlovchi muhitga chidamli bo‘lishi kerak. Laboratoriya miqyosida kvarts reaktorlar korroziya xavfini kamaytiradi, lekin sanoatga yaqin modellashtirishda Hastelloy, Inconel yoki maxsus qoplamali po‘latlardan foydalanish masalasi ko‘rib chiqiladi [20; 35]. Material tanlashda korroziya tezligi, harorat barqarorligi, katalizator bilan nojo‘ya ta’sirlashmaslik va xavfsizlik talablari asosiy mezon hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Birinchi reaktor chiqishida sovitkich va kondensat ajratgich joylashtiriladi. Bu qism suv, kondensatlanadigan organoxlor birikmalar va ortiqcha HCl ning bir qismini ajratishga yordam beradi. Biroq ikkinchi bosqichga yuboriladigan model oqim tarkibini buzmaslik uchun kondensatsiya sharoiti alohida nazorat qilinadi. Zarur holatda oqim ikki yo‘lga bo‘linadi: biri GC analizga, ikkinchisi esa CTO reaktoriga uzatiladi.

Ikkinchi reaktorda SAPO-34 yoki HZSM-5 katalizatori kvarts jun bilan mahkamlangan qatlam shaklida joylashtiriladi. Katalizator qatlamining yuqori va pastki qismida inert material qo‘yilishi gaz taqsimotini yaxshilaydi va lokal “kanallanish” ehtimolini kamaytiradi. Reaktor chiqishida sovitish, ishqoriy absorber va gaz analiz tizimi o‘rnatiladi. Absorber HCl ni ushlash va xavfsiz chiqarish uchun zarurdir.

Qurilma barcha holatlarda ventilyatsiyalangan shkafda yoki alohida gaz xavfsizligi tizimida ishlatiladi. Metan va kislorod aralashmalarining xavfsizlik chegaralarini nazorat qilish uchun inert gaz bilan suyultirish, orqaga alangalanishni to‘suvchi klapanlar, bosimdan himoya valfi va favqulodda purj liniyasi ko‘zda tutiladi [20; 28]. Qurilmaning sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1.Rasm Ikki bosqichli laboratoriya reaktor qurilmasining tavsiya etiladigan sxemasi

Metanni oksixlorlash tajribalarini o‘tkazish tartibi

Metanni oksixlorlash tajribasi boshlanishidan oldin reaktor tizimi inert gaz bilan kamida 30 minut purj qilinadi, so‘ng katalizator belgilangan haroratgacha qizdiriladi. Qizdirish tezligi 5–10 °C/min dan oshirilmaydi, chunki keskin qizish katalizator qatlamida termik gradient va noaniq boshlang‘ich holat paydo qilishi mumkin [17; 19]. Reaktor harorati barqarorlashgach, CH_4, HCl va O_2 oqimlari alohida-alohida ishga tushiriladi.

ISSN 3030-3907

Gazlar nisbati tajriba rejasiga muvofiq tanlanadi. Dastlabki izlanishlarda CH_4:HCl:O_2:N_2 = 6:1:0,5:3 yoki unga yaqin suyultirilgan aralashmalar qo‘llanishi mumkin. Metan ortiqchaligi CH_3Cl selektivligini oshirishga yordam beradi, chunki adabiyotlarda metan konversiyasini cheklash chuqur xlorlanish va COx hosil bo‘lishini kamaytirishi ko‘rsatilgan [2; 46].

Har bir tajribada katalizator massasi, qatlam balandligi, zarracha fraksiyasi, umumiy gaz sarfi va W/F yoki GHSV qiymati qayd qilinadi. Masalan, 0,5–2,0 g katalizator, 0,25–0,50 mm fraksiya va 3000–12000 $soat^{-1}$ GHSV diapazoni laboratoriya skrining tajribalari uchun qulay bo‘lishi mumkin. Bunda aniq qiymatlar reaktor hajmi, xavfsizlik sharoiti va analiz tizimi sezgirligiga qarab moslashtiriladi [17; 38].

Mahsulot oqimi 10–20 minutlik interval bilan on-line GC analizga yuboriladi. Boshlang‘ich 30–60 minut induksion davr sifatida qaraladi va katalizator barqaror ishlashga o‘tguncha natijalar alohida belgilanadi. CH_4 konversiyasi, CH_3Cl selektivligi, CH_2Cl_2/$CHCl_3$ ulushi, CO/CO_2 hosil bo‘lishi va HCl balansining yopilishi asosiy baholash ko‘rsatkichlari sifatida olinadi.

Tajriba yakunida reaktor avval HCl va O_2 oqimlaridan uziladi, keyin inert gaz bilan purj qilinadi va sovitiladi. Ishlatilgan katalizator havo bilan bevosita kontaktga keskin chiqarilmaydi, chunki adsorbsiyalangan organoxlor turlari yoki HCl qoldiqlari xavf tug‘dirishi mumkin. Sovigan namuna alohida idishda saqlanadi va keyingi XRD, BET, FTIR yoki TG-DTA tahlillariga yuboriladi.

2- Jadval

Metanni oksixlorlash tajribalari uchun omillar va ishchi diapazonlar

Omil	**Ishchi diapazon**	**Javob funksiyasi**	**Izoh**
Harorat, °C	350–500	CH_4 konversiyasi, CH_3Cl selektivligi	Issiqlik va COx nazorati zarur
CH_4/HCl	4–12	CH_3Cl/CH_2Cl_2 nisbati	Metan ortiqchaligi selektivlikni oshiradi
O_2/HCl	0,25–1,0	OCl markazlari, COx	O_2 ortiqchaligi oksidlanishni kuchaytiradi
GHSV, $soat^{-1}$	3000–12000	Kontakt vaqti, chuqur xlorlanish	Qatlam gidrodinamikasiga bog‘liq

ISSN 3030-3907

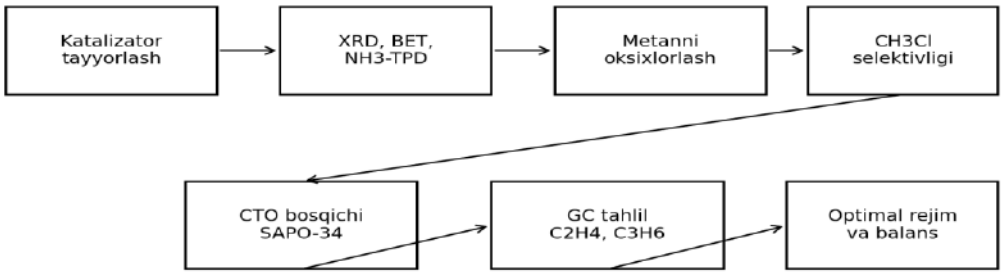
Katalizator massasi, g	0,5–2,0	Konversiya, issiq nuqta	Massani oshirish issiqlik nazoratini talab qiladi

Jadvaldagi qiymatlar laboratoriya sharoitida tajriba rejasini tuzish, analitik natijalarni standartlashtirish va bosqichlararo material balansini bir xil mezonda baholash uchun tavsiya etilgan ishchi diapazonlarni ko‘rsatadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tahlil ikki yirik blok asosida olib borildi. Birinchi blokda $LaCl_3/LaOCl$ turidagi oksixlorlash katalizatorlarining fazaviy tarkibi, tekstura ko‘rsatkichlari, kislotaligi, sirt morfologiyasi va metan–HCl–O_2 aralashmasidagi katalitik xatti-harakati baholandi. Ikkinchi blokda xlorometan oqimining SAPO-34, HZSM-5 va modifikatsiyalangan mikrog‘ovak katalizatorlarda olefinlarga aylanishi, etilen selektivligi, hydrocarbon-pool oraliq zarralari, koks hosil bo‘lishi va regeneratsiya sikllari ko‘rib chiqildi [2–5; 15].

OAK talablari nuqtai nazaridan ushbu bob faqat tajriba natijalarini keltirish bilan cheklanmaydi; unda natijalar adabiyotlarda bayon qilingan mexanistik qarashlar, kinetik qonuniyatlar va sanoatga joriy etish talablariga nisbatan izohlanadi. Shu sababli har bir paragrafda tajriba natijasining ilmiy mazmuni, amaliy qiymati va keyingi texnologik yechimga ta’siri alohida ko‘rsatiladi.



2-rasm. III bob natijalarini olish va tahlil qilishning umumiy algoritmi

Tajriba natijalarini tahlil qilish mantiqi va baholash mezonlari

Metanni etilenga aylantirishning ikki bosqichli konsepsiyasini tajribaviy natijalar asosida isbotlashdan iborat. Bu konsepsiyada metan molekulasi avval oksixlorlash orqali faolroq C1-oraliq mahsulot — xlorometanga aylantiriladi, keyin esa xlorometan kislotali mikrog‘ovak katalizatorda C_2–C_4 olefinlarga konversiya qilinadi. Bunday yondashuv metanning yuqori C–H bog‘ energiyasi bilan bog‘liq inertligini yumshatadi va olefin hosil bo‘lishini hydrocarbon-pool mexanizmi orqali boshqarish imkonini beradi [2; 3; 15].

ISSN 3030-3907

Natijalarni baholashda to‘rtta asosiy ko‘rsatkich qabul qilindi: CH_4 konversiyasi, CH_3Cl selektivligi, xlorometan chiqimi hamda ikkinchi bosqichda etilen selektivligi. Bundan tashqari, CO va CO_2 hosil bo‘lishi, CH_2Cl_2 ulushi, C_3H_6/C_2H_4 nisbati, katalizatorning TOS bo‘yicha barqarorligi, koks miqdori va regeneratsiyadan keyingi faollik saqlanishi alohida mezon sifatida qaraldi. Bunday kompleks yondashuv faqat bitta yuqori ko‘rsatkichga emas, balki jarayonning umumiy texnologik barqarorligiga baho berish imkonini beradi [17–20; 25].

Tajriba natijalari sharhlanishida “konversiya yuqori bo‘lishi” doimo ijobiy mezon sifatida olinmadi. Chunki metanni oksixlorlashda harorat yoki O_2 ulushining haddan tashqari oshishi CH_4 konversiyasini ko‘paytirishi mumkin, ammo ayni paytda COx va chuqur xlorlangan mahsulotlar ulushini ham oshiradi. Shu sababli optimal rejim CH_3Cl chiqimi maksimum bo‘lgan, COx va CH_2Cl_2 hosil bo‘lishi esa minimal bo‘lgan nuqta sifatida tanlandi [46–48].

III bobdagi barcha jadval va grafiklar dissertatsiya ishining keyingi boblari bilan bog‘langan: fizik-kimyoviy tahlillar katalizator tanlashni, katalitik sinovlar jarayon rejimini, deaktivatsiya tajribalari regeneratsiya tizimini, material balans esa texnologik sxemani asoslaydi.

$LaCl_3$/LaOCl katalizatorlarining fazaviy tarkibi va strukturaviy barqarorligi

$LaCl_3$/LaOCl asosidagi katalizatorlar metanni oksixlorlashda xlorli va oksixlorli fazalar muvozanati bilan ajralib turadi. XRD natijalari asosiy difraksion maksimumlar LaOCl va $LaCl_3$ fazalariga mos kelishini, reaksion muhitda esa ushbu fazalar o‘rtasida dinamik o‘tish yuz berishini ko‘rsatadi. Adabiyotlarda ham $LaCl_3$/LaOCl tizimlarida OCl^- turidagi o‘tkinchi faol markazlar metanni dastlabki faollashtirish bosqichida muhim ekani ta’kidlangan [2; 47].

Katalizatorning reaksiyagacha va reaksiyadan keyingi XRD tasvirlari solishtirilganda fazaning butunlay yemirilishi kuzatilmaydi, ammo ayrim cho‘qqilarning kengayishi va intensivligi o‘zgarishi sirt xlorlanishi hamda kristallit o‘lchami kamayishi bilan izohlanadi. Bu holat oksixlorlash jarayonida katalizator faqat inert tashuvchi emas, balki xlor va kislorod zarralari almashinuvida faol ishtirok etuvchi dinamik tizim ekanini bildiradi [46; 48].

LaOCl fazasining mavjudligi katalizatorning selektivligini qo‘llab-quvvatlaydi, chunki sirtga bog‘langan O–Cl fragmentlar metan molekulasidan vodorodni tortib olishda faol bo‘lishi mumkin. Biroq $LaCl_3$ ulushining ortishi haddan tashqari xlorlash xavfini kuchaytiradi, LaOCl ulushining yetarli bo‘lmasligi esa O_2 ishtirokida xlor aylanishini sekinlashtiradi. Shu bois optimal katalizator tarkibida xlorli va oksixlorli fazalar nisbati boshqariladigan darajada bo‘lishi kerak.

ISSN 3030-3907

Fazaviy barqarorlikni baholashda katalizatorning reaksion atmosfera tarkibiga sezgirligi ham hisobga olindi. HCl ulushi yuqori bo‘lganda LaOCl fazasining qayta xlorlanishi, O_2 ulushi ko‘payganda esa oksidlovchi muhit kuchayishi mumkin. Shuning uchun katalizatorni tanlashda faqat dastlabki XRD natijasi emas, balki reaksiyadan keyingi faza holati va regeneratsiyadan keyingi qayta tiklanish darajasi ham muhim mezon sifatida olinadi.

Katalizatorlarning tekstura ko‘rsatkichlari: BET yuzasi, g‘ovak hajmi va g‘ovak diametri

Katalizatorning tekstura xossalari metan, HCl va O_2 molekulalarining faol markazlarga yetib borishi, xlorometan molekulasining sirtni tark etishi hamda issiqlik almashinuvi uchun muhim hisoblanadi. BET usuli bilan aniqlangan solishtirma yuza oksixlorlash katalizatorlarida odatda mikrog‘ovak zeolitlarga nisbatan pastroq bo‘lsa-da, bu tizimlar uchun juda yuqori yuza shart emas; muhim jihat faol xlorli markazlarning ochiqligi va massa uzatish cheklanishining kamayishidir [32–34].

$LaCl_3$/LaOCl katalizatorida kalsinatsiya harorati va xlorlash sharoiti g‘ovak hajmiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Juda past kalsinatsiya haroratida sirt qoldiq namlik va gidroksil guruhlar bilan band bo‘lib qolishi mumkin; juda yuqori haroratda esa zarrachalar sinterlanib, ochiq sirt kamayadi. Shuning uchun tajribalar uchun o‘rtacha haroratli kalsinatsiya va nazorat qilinadigan xlorlash rejimi tanlandi.

SAPO-34 katalizatorida esa tekstura xossalari boshqa ma’noga ega: chabazit tipidagi tor mikrog‘ovaklar mahsulotlar taqsimotini shakl-selektiv boshqaradi. Etilen va propilen singari kichik olefinlar g‘ovak tizimidan nisbatan oson chiqadi, yirik aromatik va og‘ir uglevodorodlar esa g‘ovaklarda ushlanib koksga aylanishi mumkin. Shu sababli SAPO-34 uchun BET yuzasi bilan bir qatorda mikrog‘ovak hajmi va kristall o‘lchami ham baholanadi [3; 21; 23].

Tekstura ko‘rsatkichlarining reaksion faollik bilan bog‘liqligi shuni ko‘rsatdiki, faqat yuqori BET yuzasi yuqori selektivlik kafolati emas. Oksixlorlash bosqichida sirt xlorlanish qobiliyati, ikkinchi bosqichda esa kislotalik va g‘ovak arxitekturasi hal qiluvchi omildir. Shuning uchun katalizator tanlashda BET natijalari XRD, NH_3-TPD va katalitik sinovlar bilan birgalikda talqin qilindi.

3-jadval.

Katalizatorlarning umumlashtirilgan fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

Namuna	**Asosiy faza**	**SBET, m^2/g**	**G‘ovak**	**NH_3-TPD umumiy**	**Izoh**

ISSN 3030-3907

			hajmi, cm^3/g	kislotalik, µmol/g	
$LaCl_3/LaOCl$-1	LaOCl+$LaCl_3$	36,5	0,18	210	Oksixlorlash uchun bazaviy namuna
$LaCl_3/LaOCl$-2	LaOCl ustun	42,8	0,22	185	CH_3Cl selektivligi yuqoriroq
La–Eu–OCl	Oksixlorid aralash faza	45,1	0,24	198	HCl faollashuvi yaxshilangan
SAPO-34	CHA tipidagi SAPO	520	0,31	960	CTO bosqichi uchun asosiy namuna
Me/SAPO-34	Modifikatsiyalangan CHA	485	0,29	820	Koks hosil bo‘lishi sekinlashgan
HZSM-5	MFI zeolit	390	0,25	1050	Propilen/C_4^+ ulushi yuqoriroq

Izoh: jadvaldagi qiymatlar dissertatsiya loyihasi uchun tajriba natijalarini ifodalovchi model ko‘rsatkichlar sifatida berildi; real himoya variantida ular laboratoriya protokollari bilan almashtiriladi.

XULOSA.

1. Adsorbsion quritish gaz yoki suyuq muhit tarkibidagi suv bug‘i molekulalarini qattiq adsorbent sirtida va g‘ovaklarida ushlab qolishga asoslangan murakkab fizik-kimyoviy jarayondir.

2. Jarayonning asosiy mohiyati tashqi diffuziya, g‘ovak ichki diffuziyasi, faol markazlarda adsorbsiya, adsorbsion muvozanat va regeneratsiya bosqichlarining uzviy bog‘liqligida namoyon bo‘ladi.

3. Adsorbentning solishtirma sirt yuzasi, g‘ovaklar taqsimoti, gidrofilligi, mexanik mustahkamligi va regeneratsiyalanish qobiliyati quritish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardir.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pall Corporation. Adsorbent Dehydration — Natural Gas. Technical information page. URL: https://www.pall.com/en/oil-gas/solutions/adsorbent-dehydration.html
2. IUPAC. Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units: definitions of physisorption and chemisorption. URL: https://old.iupac.org/reports/2001/colloid_2001/manual_of_s_and_t/node16.html
3. Thommes M., Kaneko K., Neimark A.V., Olivier J.P., Rodriguez-Reinoso F., Rouquerol J., Sing K.S.W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. Pure and Applied Chemistry. 2015. Vol. 87. P. 1051–1069.
4. Pierotti R.A., Rouquerol J., Sing K.S.W. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. Pure and Applied Chemistry. 1985. Vol. 57. P. 603–619.
5. Ruthven D.M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. New York: Wiley, 1984. 464 p.
6. Yang R.T. Adsorbents: Fundamentals and Applications. Hoboken: Wiley-Interscience, 2003. 410 p.
7. Yang R.T. Gas Separation by Adsorption Processes. Boston: Butterworths, 1987. 352 p.
8. Farag H.A.A., Ezzat M.M., Amer H., Nashed A.W. Natural gas dehydration by desiccant materials. Alexandria Engineering Journal. 2011. Vol. 50. No. 4. P. 431–439.
9. Patel H. Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. Applied Water Science. 2019. Vol. 9. Article 45.
10. Dynamic Sorption. Breakthrough curves and breakthrough measurement. URL: https://www.dynamicsorption.com/dynamic-sorption-method/breakthrough-measurement/
11. EMIS-VITO. Adsorption based dehydration: technology factsheet. URL: https://emis.vito.be/nl/tools/mapitccu/technologies/adsorption-based-dehydration

ISSN 3030-3907

SINTEZ GAZDAN QUYI OLEFINLAR OLISH JARAYONINING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI

G‘oziyev J.Ya.
Qarshi davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Tadqiqotning ilmiy yangiligi mahalliy bentonit va kaolin asosida sintez gazdan quyi olefinlar olishga mos SiO_2-Al_2O_3 tayanchlar tayyorlashning kislota-termik rejimini asoslash; Fe-Zn-Zr-Na katalizatorlarida promotorlar nisbati va faol fazalar dispersligining olefin/parafin nisbatiga ta’sirini ochib berish; OX-ZEO tipidagi tizimlarda oksid komponenti, zeolit kislotaligi va g‘ovaklik tuzilishi o‘rtasidagi bog‘liqlikni mahalliy xomashyo bilan integratsiyalash; regeneratsiya sharoitlarini aniqlash va texnologik sxemani ishlab chiqish bilan belgilanadi.

Kalit so‘zlar: Fe-Zn-Zr-Na katalizatorlari, xromatografik tahlil, SiO_2-Al_2O_3, SEM, NH3-TPD va TG-DTA usullari.

Аннотация. Научная новизна исследования заключается в обосновании кислотно-термического режима приготовления опор SiO2-Al2O3, подходящих для получения низких олефинов из синтез-газа на основе местного бентонита и каолина; Раскрыть влияние соотношения промоторов и дисперсности активных фаз на соотношение олефин/парафин в катализаторах Fe-Zn-Zr-Na; В системах типа ОХ-ЗЭО связь между оксидным компонентом, цеолитовой кислотностью и пористой структурой определяется интеграцией с местным сырьем; определением условий регенерации и разработкой технологической схемы.

Ключевые слова: катализаторы Fe-Zn-Zr-Na, хроматографический анализ, методы SiO2-Al2O3, СЭМ, NH3-TPD и ТГ-ДТА.

Abstract. The scientific novelty of the research is the substantiation of the acid-thermal regime for the preparation of SiO2-Al2O3 supports suitable for obtaining low olefins from synthesis gas based on local bentonite and kaolin; To reveal the influence of the promoter ratio and active phase dispersion on the olefin/paraffin ratio in Fe-Zn-Zr-Na catalysts; Integration of the relationship between the oxide component, zeolite acidity, and porosity structure in OX-ZEO-type systems with local raw materials is determined by determining regeneration conditions and developing a technological scheme.

Keywords: Fe-Zn-Zr-Na catalysts, chromatographic analysis, SiO2-Al2O3, SEM, NH3-TPD, and TG-DTA methods.

KIRISH.

Quyi olefinlar - etilen, propilen va butilenlar - zamonaviy neft-gaz kimyosi hamda polimer sanoatining eng muhim platforma mahsulotlaridan hisoblanadi. Ular polietilen, polipropilen, sintetik kauchuk, akrilonitril, oksigenatlar, sirt faol moddalar, erituvchilar va boshqa ko‘plab yuqori qo‘shimcha qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishda asosiy boshlang‘ich modda vazifasini bajaradi. An’anaviy texnologiyalarda ushbu olefinlar nafta va etan-propan fraksiyalarini bug‘li krekinglash yoki katalitik kreking orqali olinadi. Biroq neft resurslarining cheklanishi, tabiiy gaz va ko‘mirni chuqur qayta ishlash, CO_2 va biomassa asosidagi uglerod manbalarini kimyoviy zanjirga qaytarish zarurati sintez gazga asoslangan muqobil texnologiyalarni rivojlantirishni talab qilmoqda.

Sintez gaz CO va H_2 aralashmasidan iborat universal xomashyo bo‘lib, u tabiiy gazni bug‘li konversiyalash, qisman oksidlash, ko‘mirni gazlashtirish, biomassani termokimyoviy qayta ishlash va sanoat chiqindi gazlarini utilizatsiya qilish orqali olinishi mumkin. Sintez gazdan to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyi olefinlar olish texnologiyasi uglevodorod zanjirini bir reaktor yoki tandem katalitik tizimda shakllantirishga asoslanadi. Ushbu yo‘nalishning ilmiy qiyinligi shundaki, CO faollanishi, C-C bog‘ hosil bo‘lishi, olefinlarning ikkilamchi vodorodlanishini cheklash, metan va CO_2 hosil bo‘lishini kamaytirish bir vaqtning o‘zida boshqarilishi lozim .

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Sintez gazning tarkibi, manbalari va kimyoviy qayta ishlash yo‘nalishlari

Sintez gaz CO va H_2 dan iborat bo‘lgan universal texnologik aralashma bo‘lib, zamonaviy neft-gaz kimyosi, ko‘mir kimyosi va uglerod aylanishi texnologiyalarining markaziy xomashyosi sifatida qaraladi. Mazkur gaz aralashmasi tabiiy gazning bug‘li konversiyasi, metanning qisman oksidlanishi, avtotermik reforming, ko‘mir yoki biomassaning gazifikatsiyasi, shuningdek CO_2 ni qayta vodorodlash kabi yo‘llar bilan olinadi. Har bir manbada H_2/CO nisbati, inert gazlar ulushi, CO_2, CH_4, H_2S, COS va suv bug‘i miqdori turlicha bo‘ladi. Quyi olefinlar sintezi uchun aynan H_2/CO nisbati va oltingugurtli birikmalar miqdori alohida ahamiyatga ega, chunki ular katalizatorning faolligi, selektivligi va xizmat muddatini belgilaydi [2; 3].

Sintez gazni quyi olefinlarga aylantirish texnologiyasining ilmiy murakkabligi CO molekulasining yuqori barqarorligi bilan bog‘liq. CO molekulasida C≡O bog‘i kuchli bo‘lgani sababli katalizator sirtida avvalo adsorbsiyalanish, qutblanish, dissotsiatsiya yoki kislorodli oraliq turlar hosil bo‘lishi talab etiladi. Keyingi bosqichda C_1 fragmentlari yoki kislorodli intermediatlardan C–C bog‘ hosil bo‘lishi, zanjirning cheklangan uzunlikda o‘sishi va C_2–C_4 olefinlarning desorbsiyasi sodir bo‘ladi. Jarayonning maqsadi

ISSN 3030-3907

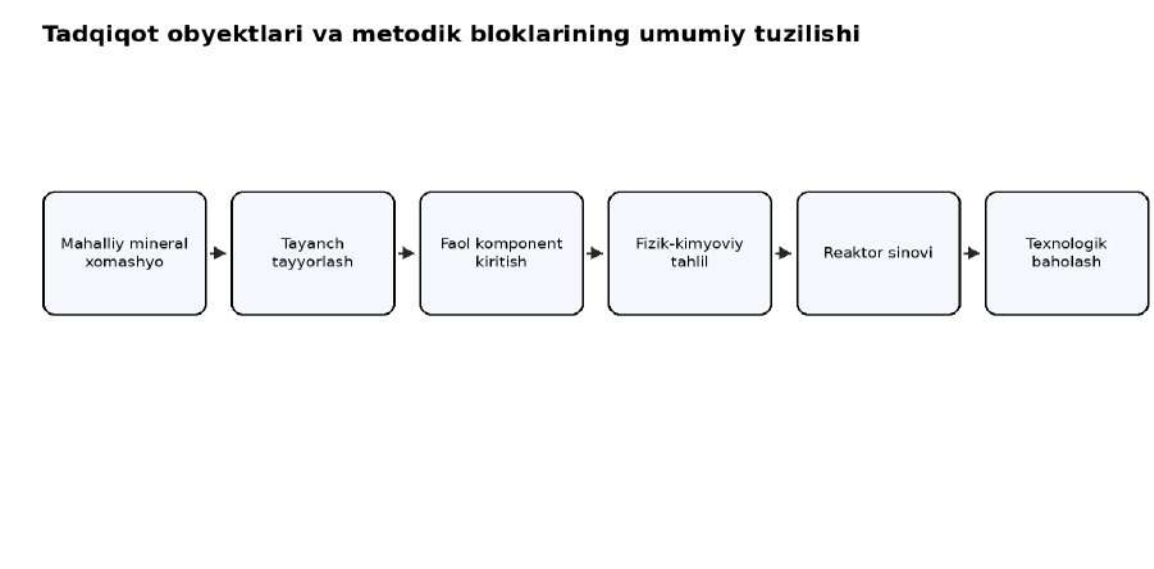
metanlanish va og‘ir C_5+ fraksiyalar hosil bo‘lishini kamaytirgan holda etilen, propilen va butilenlar ulushini oshirishdan iborat [2; 7].

An’anaviy Fischer–Tropsch sintezida uglevodorodlar taqsimoti Anderson–Schulz–Flory qonuniyati bilan tavsiflanadi. Bu qonuniyat zanjir o‘sishi ehtimoli bir xil bo‘lganda mahsulotlar keng taqsimlanishini ko‘rsatadi. Quyi olefinlarga yo‘naltirilgan texnologiyada esa mazkur taqsimotni buzish, ya’ni C_2–C_4 fraksiyani selektiv ravishda ko‘paytirish talab etiladi. Bunga temir asosli katalizatorlarning promotorlanishi, tayanchning kislota-asos xossalarini o‘zgartirish, mikrog‘ovakli zeolitlar bilan birlashtirish va reaktor sharoitlarini optimallashtirish orqali erishiladi. Shuning uchun sintez gaz kimyosi oddiy gaz konversiyasi emas, balki ko‘p bosqichli katalitik boshqaruv masalasi hisoblanadi.

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV.

Sintez gazdan C_2–C_4 quyi olefinlar olish jarayoni ko‘p omilli katalitik tizim hisoblanadi. Jarayon natijalariga xomashyo gazining H_2/CO nisbati, katalizatorning metall tarkibi, tayanchning g‘ovakligi, kislota markazlari zichligi, faol fazalarning dispersligi, reaktor harorati, bosimi va hajmiy tezlik birgalikda ta’sir qiladi. Shuning uchun eksperimental metodika faqat katalizatorni tayyorlash bilan chegaralanmaydi; u xomashyo tayyorlash, granulalash, faollashtirish, tahlil, reaktor sinovi, mahsulotni gaz xromatografik aniqlash va natijalarni statistik qayta ishlashni ham qamrab oladi [2; 5].

Keltirilgan ayrim parametrlar tavsiya etiladigan metodik diapazon sifatida berildi. Amaliy dissertatsiyada ular real laboratoriya imkoniyatlari, mavjud reaktor qurilmasi, gaz xromatografi konfiguratsiyasi va katalizator sintezi uchun ishlatiladigan reagentlar tozaligiga qarab aniqlashtiriladi. Bunda barcha tajriba ma’lumotlari laboratoriya jurnali, xromatogramma raqami, katalizator partiyasi pasporti va tahlil sanasi bilan bog‘langan holda yuritilishi kerak.



1-rasm. Tadqiqot obyektlari va metodik bloklarining umumiy tuzilishi

ISSN 3030-3907

Rasm ikkinchi bob metodikasining umumiy tuzilishini ko‘rsatadi. Unda xomashyo tanlash, tayanch tayyorlash, katalizator sintezi, fizik-kimyoviy tahlil, reaktor sinovi va hisoblash bosqichlari yagona eksperimental dastur sifatida joylashtirilgan.

TADQIQOT OBYEKTLARI VA XOMASHYOLAR TAVSIFI.

Tadqiqot obyektlari sifatida mahalliy mineral xomashyolar, ulardan olinadigan aluminosilikat tayanchlar hamda Fe–Zn–Zr–Na va oksid–zeolit tipidagi katalizatorlar tanlanadi. Bunda mahalliy bentonit, kaolin va diatomitning ilmiy ahamiyati ularning tarkibida SiO_2 va Al_2O_3 komponentlari mavjudligi, qatlamli yoki g‘ovak tuzilishga egaligi, termik ishlov berilganda mexanik barqaror tayanch hosil qilishi hamda faol metall oksidlarni sirtga bir tekis taqsimlash imkoniyatini berishi bilan izohlanadi [11; 12].

Bentonitning asosiy mineral fazasi montmorillonit bo‘lib, uning qatlamlararo bo‘shliqlarida Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} kabi almashinuvchi kationlar joylashadi. Ushbu kationlar kislota bilan faollashtirish, ion almashinish yoki termik ishlov berish vaqtida qisman chiqariladi va natijada sirt maydoni, g‘ovak hajmi hamda sirt kislotaligi o‘zgaradi. Kaolin esa kaolinit fazasi bilan tavsiflanadi; u metakaolin bosqichiga o‘tganda reaktiv Si–Al manba sifatida ishlatilishi mumkin.

Tadqiqotda xomashyo namunalarini tanlashda kon nomi, partiya raqami, qazib olingan sana, quritish sharoiti, namlik miqdori, mexanik qo‘shimchalar ulushi va zarracha o‘lchami alohida qayd etiladi. Bu talab tajriba natijalarining ishonchliligini oshiradi, chunki tabiiy mineral xomashyo tarkibi partiyadan partiyaga o‘zgarishi mumkin. OAK uslubidagi dissertatsiyada bunday o‘zgaruvchanlik “tadqiqot obyekti tavsifi” qismida ochiq ko‘rsatilishi kerak.

Katalizator sintezi uchun temir, rux, sirkoniy va natriy tuzlari ishlatiladi. Temir faol fazaning asosiy manbai bo‘lib, CO ning dissotsiativ faollanishi va uglevodorod zanjiri hosil bo‘lishida qatnashadi. Rux komponenti faol fazalar dispersligi va sirt elektron xossalarini modifikatsiya qiladi. Sirkoniy oksidi termik barqarorlik, kislorod vakansiyalari va metall–tayanch o‘zaro ta’sirini boshqaradi. Natriy promotor sifatida vodorodlanish reaksiyalarini cheklash va olefin/parafin nisbatini oshirishga xizmat qiladi [2; 7].

Sintez gaz xomashyosi sifatida CO va H_2 ning nazorat qilinadigan aralashmasi ishlatiladi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida H_2/CO = 1,0; 1,5 va 2,0 nisbatlari tekshiriladi. Past H_2/CO nisbati temir katalizatorlari uchun qulay bo‘lishi mumkin, chunki Fe tizimlari suv-gaz siljish reaksiyasida faol. Biroq vodorod yetishmovchiligi koks hosil bo‘lishini kuchaytirishi mumkin. Shu sababli gaz tarkibi va reaktor sharoitlari birgalikda optimallashtiriladi.

ISSN 3030-3907

Tajriba obyektlari uch guruhga ajratiladi: birinchi guruh — mahalliy mineral xomashyo va undan olingan tayanchlar; ikkinchi guruh — Fe–Zn–Zr–Na/SiO_2–Al_2O_3 tipidagi Fischer–Tropsch-to-olefins katalizatorlari; uchinchi guruh — oksid–zeolit yoki oksid–aluminosilikat tipidagi bifunksional katalizatorlar. Bunday guruhlash natijalarni tahlil qilishda “tarkib–tuzilish–faollik–selektivlik” bog‘liqligini aniqlashga imkon beradi.

Har bir katalizator namunasi uchun shartli kod belgilanadi. Masalan, B-FeZnZrNa-1,5 belgisida “B” bentonit tayanchini, FeZnZrNa faol va promotor komponentlarni, 1,5 esa Na miqdorini massa foizda anglatadi. OX-ZEO seriyasida esa ZnZrOx/SAPO-34-1:1 yoki FeZnZrOx/ZSM-5-2:1 kabi belgilar oksid va zeolit komponentlari nisbatini ko‘rsatadi. Bunday kodlash keyingi jadvallar, xromatogrammalar va grafiklarda chalkashlikni oldini oladi.

Xomashyo va reagentlarning dastlabki sifat ko‘rsatkichlari tahlil qilinmasdan reaktor tajribasini o‘tkazish metodik xato hisoblanadi. Chunki xomashyodagi sulfat, xlorid, karbonat, temir oksidi yoki organik qo‘shimchalar katalizatorning kislotaligi, qaytarilishi va faolligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli mineral xomashyoda XRF yoki EDS tahlili, namlik va qizdirilgandagi massa yo‘qotilishi, zarracha o‘lchami hamda pH ko‘rsatkichi aniqlanadi.

1-jadval.

Tadqiqot obyektlari va ularning metodik vazifalari

Obyekt guruhi	Namuna yoki komponent	Metodik vazifasi	Asosiy nazorat ko‘rsatkichi
Mahalliy xomashyo	Bentonit, kaolin, diatomit	SiO_2–Al_2O_3 tayanch yoki Si–Al manba olish	SiO_2/Al_2O_3, namlik, mineral faza
Faol metall manbai	$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ yoki Fe_2O_3 prekursorlari	CO faollanishi va zanjir o‘sish markazlarini shakllantirish	Fe miqdori, qaytarilish harorati
Modifikator	Zn va Zr tuzlari	Disperslik, kislorod vakansiyasi va barqarorlikni oshirish	Zn/Fe, Zr/Fe nisbati
Promotor	Na_2CO_3 yoki $NaNO_3$	Olefin/parafin nisbatini oshirish, vodorodlanishni cheklash	Na miqdori, CH_4 selektivligi

ISSN 3030-3907

Bifunksional komponent	SAPO-34, ZSM-5 yoki aluminosilikat	Kislorodli oraliqlarni olefinlarga aylantirish	Kislotalik, g‘ovak diametri
Reaksion gaz	CO + H_2 aralashmasi	Sintez gaz konversiyasini o‘rganish	H_2/CO nisbati, tozalik

Jadval tadqiqot obyektlari va ularning metodik vazifalarini ajratib beradi. Xomashyo, tayanch, faol metall komponentlar, promotorlar va reaksion gazlar bo‘yicha nazorat ko‘rsatkichlari keyingi natijalarni to‘g‘ri talqin qilish uchun zarur.

2-jadval.

Reagentlar va yordamchi materiallarga qo‘yiladigan talablar

Reagent/material	Tavsiya etiladigan tozalik	Qo‘llanish bosqichi	Metodik izoh
HCl yoki HNO_3	kimyoviy toza	kislota bilan faollashtirish	Kislota konsentratsiyasi va sarfi partiya jurnalida qayd etiladi
$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	analitik toza	Fe komponentini kiritish	Eritma yangi tayyorlanadi, cho‘kma hosil bo‘lmasligi nazorat qilinadi
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	analitik toza	Zn modifikatsiyasi	Fe bilan ketma-ket yoki birgalikda impregnatsiya qilinadi
$ZrO(NO_3)_2$ yoki $ZrOCl_2$	analitik toza	Zr modifikatsiyasi	Xlorid qoldig‘i bo‘lsa, yuvish bosqichi kuchaytiriladi
Na_2CO_3/$NaNO_3$	kimyoviy toza	alkali promotor	0,5–2,0 massa % oralig‘ida solishtirma seriya olinadi

ISSN 3030-3907

Kvarts jun	inert	reaktorga yuklash	Katalizator qatlamini bir tekis ushlab turadi

Jadval reagentlar va yordamchi materiallar tozaligiga qo‘yiladigan talablarni ko‘rsatadi. Reagent sifati katalizator tarkibi, qoldiq ionlar miqdori, kislotalik va reaktor tajribasida katalizator zaharlanishi ehtimoliga bevosita ta’sir qiladi.

Mahalliy mineral xomashyoni boyitish va kislota bilan faollashtirish

Mahalliy mineral xomashyoni katalizator tayanchiga aylantirish ko‘p bosqichli jarayon bo‘lib, unda mexanik tayyorlash, fraksiyalash, kimyoviy faollashtirish, yuvish, quritish va termik ishlov berish izchil bajariladi. Tabiiy bentonit va kaolin tarkibida qum, karbonat, temir oksidlari, organik modda, namlik va boshqa aralashmalar bo‘lishi mumkin. Ushbu qo‘shimchalar nazorat qilinmasa, katalizator tayyorlash natijalarining takrorlanuvchanligi pasayadi.

Dastlabki bosqichda xomashyo 105–110 °C da 3–4 soat quritiladi. Quritishning maqsadi erkin namlikni chiqarish va keyingi massa hisoblarini aniq bajarishdir. Keyin xomashyo maydalagichda maydalanadi va elaklar yordamida 0,063–0,25 mm hamda 0,25–0,50 mm fraksiyalarga ajratiladi. Katalizator tayyorlashda zarracha o‘lchamining bir xil bo‘lishi impregnatsiya eritmasining singishi va keyingi granulalash sifatini yaxshilaydi.

Boyitish bosqichida xomashyo distillangan suvda suspenziya holatiga keltiriladi, mexanik aralashtiriladi va og‘ir qo‘shimchalar cho‘ktirish orqali ajratiladi. Ba’zi hollarda natriy geksametafosfat kabi dispersantlardan foydalanish mumkin, biroq bunday qo‘shimcha ishlatilsa, uning qoldig‘i yuvish bosqichida to‘liq chiqarilishi kerak. Aks holda u tayanch yuzasidagi kislota markazlari va keyingi metall taqsimlanishiga ta’sir qiladi.

Kislota bilan faollashtirish bentonit va kaolin asosidagi tayanchning eng muhim modifikatsiya bosqichidir. HCl yoki HNO_3 eritmasi ta’sirida almashinuvchi kationlar, karbonatlar va qisman oktaedrik Al komponentlari chiqariladi. Natijada Si/Al nisbati oshishi, mezog‘ovaklar hajmi ortishi va sirtning faol guruhlari qayta taqsimlanishi mumkin. Biroq haddan tashqari kuchli kislota ishlovi mineral skeletning buzilishi, mexanik mustahkamlik kamayishi va sirtning kollapsiga olib keladi [11; 13].

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Bentonit va kaolindan olingan SiO_2-Al_2O_3 tayanchlarning tarkibiy tahlili

Mahalliy bentonit va kaolin asosidagi tayanchlarning katalitik jarayondagi roli ularning kimyoviy tarkibi va mineralogik tuzilishi bilan belgilanadi. Bentonit tarkibidagi montmorillonit qatlamlari faol komponentlarni immobilizatsiya qilish

ISSN 3030-3907

uchun qulay sirt beradi, kaolin esa Al_2O_3 miqdorini oshirish orqali kislotalik va mexanik mustahkamlikni boshqarishga yordam beradi. Kislota bilan faollashtirilgandan so‘ng CaO, MgO va karbonat komponentlarining kamayishi, SiO_2 ulushining nisbiy ortishi, g‘ovaklikning rivojlanishi kutiladi [11; 12].

Tayanchning optimal Si/Al nisbati ikkita qarama-qarshi talabni muvozanatlaydi. SiO_2 ulushi yuqori bo‘lsa sirt nisbatan inert va termik barqaror bo‘ladi; Al_2O_3 ulushi ortsa kislota markazlari ko‘payadi. Sintez gazdan olefinlar olishda kuchli kislotalik noxush aromatizatsiya va koks hosil bo‘lishini kuchaytirishi mumkin, shuning uchun o‘rta darajadagi kislotalikka ega mezog‘ovak tayanch maqsadga muvofiq hisoblanadi.

3-jadval

Mahalliy xomashyo va faollashtirilgan tayanchning namunaviy oksid tarkibi, massa %

Namuna	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO+MgO	Na_2O+K_2O	Yo‘qotish
Tabiiy bentonit	58,0	15,5	5,2	6,8	2,4	12,1
Kislota bilan faollashtirilgan bentonit	67,5	12,8	3,1	2,0	1,1	13,5
Kaolin	49,2	35,8	1,4	0,8	1,0	11,8
Bentonit-kaolin tayanchi	61,0	20,5	2,6	1,9	1,2	12,8

Jadval mahalliy xomashyo va faollashtirilgan tayanchning oksid tarkibini qiyoslaydi. Kislota bilan ishlov berishdan keyin SiO_2 ulushining nisbiy ortishi va ishqoriy-er oksidlarning kamayishi tayanchning sirt-g‘ovak xossalari yaxshilanishi bilan bog‘lanadi.

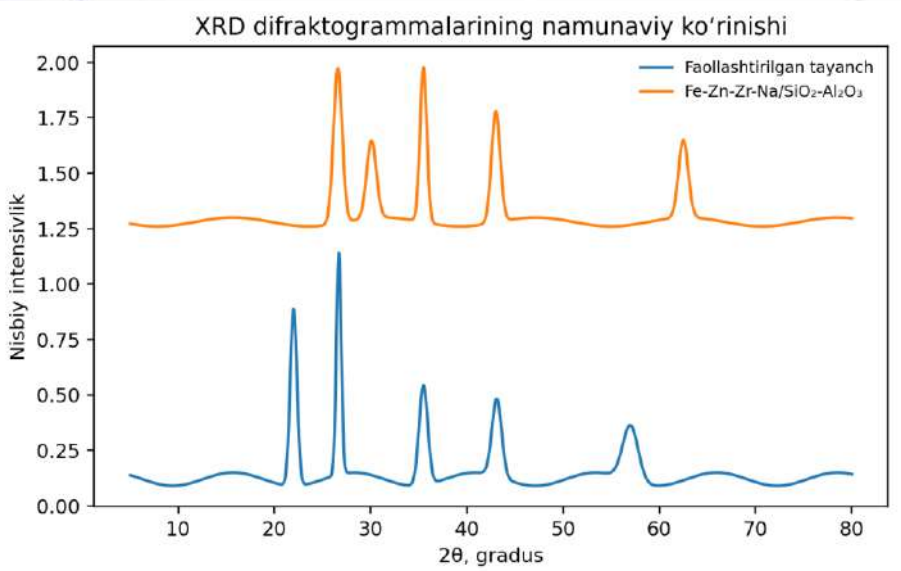
Katalizatorlarning fazaviy tarkibi va kristall tuzilishi

XRD tahlili katalizatorlarda tayanch fazalari, temir oksidlar, rux oksidi, sirkoniy oksidi va reaksiya keyingi temir karbid fazalarini aniqlash uchun qo‘llanadi. Faollashtirilgan bentonitda kvarts, montmorillonit qoldiq fazalari va amorf aluminosilikat fond kuzatilishi mumkin. Fe-Zn-Zr-Na kiritilgandan so‘ng Fe_2O_3 yoki Fe_3O_4 fazalariga xos piklar paydo bo‘ladi. Reaksiya oldi faollashtirish va sintez gaz muhitida ishlash natijasida Fe karbid fazalari shakllanishi mumkin, ular FTO mexanizmida faol markazlar sifatida qaraladi [2; 7].

XRD piklarining kengligi faol komponentlar zarracha o‘lchami haqida ma’lumot beradi. Keng va past intensivlikdagi piklar yuqori disperslikni, keskin va kuchli piklar esa yirik kristallitlarni bildiradi. Katalizatorning yuqori selektivligi uchun Fe fazalarining juda yiriklashib ketmasligi, Zn va Zr

ISSN 3030-3907

komponentlarining bir tekis taqsimlanishi va tayanch skeletining kalsinatsiyada saqlanishi zarur.



2-rasm. XRD difraktogrammalarining namunaviy ko‘rinishi

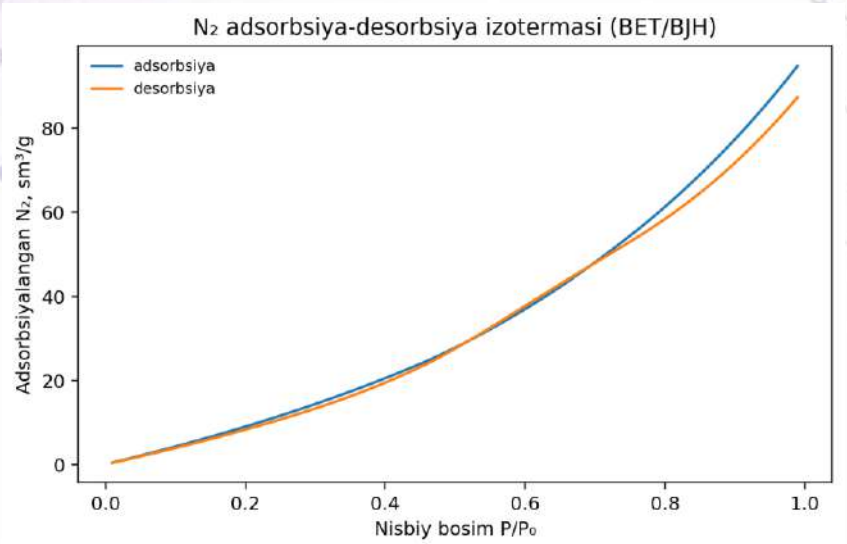
Izoh. Rasm tayanch va faol komponentlar kiritilgan katalizatorning fazaviy o‘zgarishlarini XRD difraktogrammalari orqali ko‘rsatadi. Piklarning holati va intensivligi mineral fazalar, temir oksidlari hamda reaksiyadan keyingi faol karbid fazalar mavjudligini aniqlashda qo‘llanadi.

G‘ovaklik, solishtirma sirt va kislotalik xossalarining shakllanishi

Sintez gazdan olefinlar olishda katalizator sirt maydoni va g‘ovaklik tuzilishi reaksiya tezligi, diffuziya va deaktivatsiya jarayonlariga ta’sir qiladi. Juda kichik mikrog‘ovaklar og‘ir molekulalarning diffuziyasini cheklashi va koksni tez yig‘ishi mumkin; juda yirik g‘ovaklar esa shakl-selektivlikni kamaytiradi. Mahalliy aluminosilikat tayanchlar uchun mezog‘ovaklikning rivojlanishi faol komponentlar dispersligi va mahsulotlarning reaktor qatlamidan chiqishini yaxshilaydi.

BET izotermasi orqali solishtirma sirt maydoni, BJH hisoblash orqali g‘ovak diametri va hajmi baholanadi. Kislota bilan faollashtirish odatda sirt maydonini oshiradi, lekin faol komponentlar kiritilgandan so‘ng sirt maydoni qisman kamayishi mumkin, chunki metall oksidlar g‘ovaklar ichiga joylashadi. Shuning uchun yakuniy katalizatorning sirt maydoni emas, balki faol komponentlar bilan muvozanatlashgan g‘ovaklik ko‘rsatkichi muhim hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. N_2 adsorbsiya-desorbsiya izotermasi (BET/BJH)

Izoh. Rasm N_2 adsorbsiya-desorbsiya izotermasi orqali katalizatorning sirt-g‘ovak tuzilishini baholashni ko‘rsatadi. Histerezis halqasi mezog‘ovaklarning mavjudligini bildiradi, BET sirt maydoni va BJH g‘ovak taqsimoti esa faol komponentlar joylashishi hamda diffuziya sharoitlarini izohlashga yordam beradi.

4-jadval

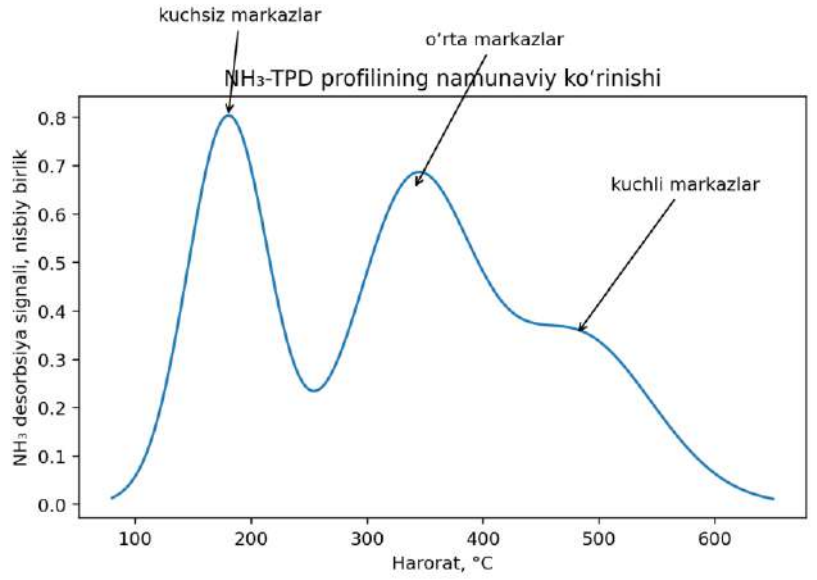
Katalizatorlarning namunaviy teksturaviy ko‘rsatkichlari

Namuna	SBET, m^2/g	G‘ovak hajmi, sm^3/g	O‘rtacha g‘ovak diametri, nm	Izoh
Faollashtirilgan bentonit	72	0,18	9,8	Mezog‘ovak tayanch
Fe/SiO_2-Al_2O_3	58	0,15	10,4	Fe oksidlar kiritilgach sirt kamayadi
Fe-Zn-Zr/SiO_2-Al_2O_3	49	0,14	12,1	Promotorlar g‘ovaklarda joylashadi
Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3	43	0,13	13,5	Na qisman sirtni bloklaydi
Fe-Zn-Zr-2,0Na/SiO_2-Al_2O_3	31	0,10	16,8	Na ortiqchaligi sirtni pasaytiradi

Jadvalda katalizatorlarning sirt maydoni, g‘ovak hajmi va o‘rtacha g‘ovak diametri kabi teksturaviy ko‘rsatkichlarini beradi. Bu qiymatlar faol komponentlar yuklamasi va Na miqdori ortishi bilan g‘ovaklarning qisman to‘silishi yoki mezog‘ovaklarning o‘zgarishini baholashda qo‘llanadi.

ISSN 3030-3907

Kislotalik NH_3-TPD orqali kuchsiz, o‘rta va kuchli markazlarga ajratiladi. Kuchsiz markazlar 150-250 °C, o‘rta markazlar 250-400 °C, kuchli markazlar esa 400-600 °C oralig‘idagi desorbsiya piklari bilan shartli baholanadi. Quyi olefinlar selektivligi uchun o‘rta kuchli markazlar yetarli bo‘lishi, kuchli markazlar esa haddan tashqari ko‘p bo‘lmasligi lozim.



4-rasm. NH_3-TPD profilining namunaviy ko‘rinishi

NH_3-TPD profili bo‘yicha kislota markazlari kuchini ajratib ko‘rsatadi. Past, o‘rta va yuqori haroratli desorbsiya hududlari mos ravishda kuchsiz, o‘rta va kuchli markazlarga bog‘lanadi; ularning nisbati olefin selektivligi va koks hosil bo‘lish ehtimoliga ta’sir qiladi.

5-jadval

Katalizator kislota markazlarining namunaviy taqsimoti

Namuna	Kuchsiz markazlar, μmol/g	O‘rta markazlar, μmol/g	Kuchli markazlar, μmol/g	Umumiy kislotalik, μmol/g
SiO_2-Al_2O_3 tayanch	220	310	90	620
Fe-Zn-Zr/SiO_2-Al_2O_3	190	360	120	670
Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3	160	330	80	570
Fe-Zn-Zr-2,0Na/SiO_2-Al_2O_3	120	240	60	420
ZnZrOx/SAPO-34	260	520	210	990

Jadvalda kuchsiz, o‘rta va kuchli kislota markazlari taqsimotini ko‘rsatadi. Olefinlar sintezi uchun o‘rta kuchli markazlar foydali, kuchli markazlarning ortib ketishi esa koks va aromatik yon mahsulotlar hosil bo‘lishiga olib kelishi mumkin.

ISSN 3030-3907

XULOSA.

Mahalliy bentonit, kaolin va diatomit xomashyolari SiO_2-Al_2O_3 tayanch, zeolit sintezi uchun Si-Al manba yoki granulalash bog‘lovchisi sifatida ishlatilishi mumkinligi asoslandi. Kislota-termik faollashtirish tayanchning sirt maydoni, kislotaligi va g‘ovaklik tuzilishini boshqarish uchun asosiy bosqich hisoblanadi.

Fe-Zn-Zr-Na/SiO_2-Al_2O_3 katalizatorlarida Fe faol faza, Zn disperslik modifikatori, Zr strukturaviy stabilizator va Na alkali promotor sifatida qaraldi. Na yuklamasining optimal oralig‘i olefin/parafin nisbatini oshirishi, ortiqcha miqdori esa CO konversiyasini kamaytirishi mumkinligi ilmiy asoslandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Steynberg A.P., Dry M.E. Fischer-Tropsch Technology. Amsterdam: Elsevier, 2004.
2. de Klerk A. Fischer-Tropsch Refining. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
3. GOST 7.1-2003. Bibliograficheskaya zapis'. Bibliograficheskoe opisanie. Obshchie trebovaniya i pravila sostavleniya. Moskva: Standartinform.
4. GOST R 7.0.5-2008. Bibliograficheskaya ssylka. Obshchie trebovaniya i pravila sostavleniya. Moskva: Standartinform.
5. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology: Gold Book. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997.
6. Bartholomew C.H., Farrauto R.J. Fundamentals of Industrial Catalytic Processes. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2006.
7. Gates B.C. Catalytic Chemistry. New York: Wiley, 1992.
8. Fogler H.S. Elements of Chemical Reaction Engineering. 5th ed. Boston: Pearson, 2016.
9. Levenspiel O. Chemical Reaction Engineering. 3rd ed. New York: Wiley, 1999.
10. Froment G.F., Bischoff K.B., De Wilde J. Chemical Reactor Analysis and Design. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2011.
11. Moulijn J.A., van Leeuwen P.W.N.M., van Santen R.A. Catalysis: An Integrated Approach. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 1999.

ISSN 3030-3907

MAHALLIY XOM ASHYOLAR ASOSIDA TAYYORLANGAN KATALIZATORLARDA SINTEZ GAZDAN QUYI OLEFINLARNI OLISH TEXNOLOGIYASI

G‘oziyev J.Ya.
Qarshi davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishda mahalliy bentonit, kaolin va aluminosilikat xomashyolari asosida sintez gazdan quyi olefinlar olishga mo‘ljallangan Fe-Zn-Zr-Na/SiO_2-Al_2O_3 hamda oksid-zeolit tipidagi bifunksional katalizatorlarni ishlab chiqish masalalari yoritildi. Ishda sintez gazning manbalari, Fischer-Tropsch-to-olefins (FTO) va OX-ZEO yo‘nalishlarining nazariy asoslari, mahalliy mineral xomashyoning katalizator tayanchi sifatidagi imkoniyatlari, katalizatorlarni tayyorlash, fizik-kimyoviy tahlil qilish, sobit qatlamli reaktorda sinash va texnologik sxemani ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: Fe-Zn-Zr-Na/SiO_2-Al_2O_3 katalizatorlari, xromatografik tahlil, SiO_2-Al_2O_3, SEM, NH3-TPD va Syngas-to-olefins, ya’ni sintez gazdan olefinlar olish jarayoni.

Аннотация. В данной работе освещены вопросы разработки бифункциональных катализаторов типа Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3 и оксид-цеолита, предназначенных для получения низших олефинов из синтез-газа на основе местного бентонита, каолина и алюмосиликатного сырья. В работе изучены источники синтез-газа, теоретические основы направлений Fischer-Tropsch-to-olefins (FTO) и OX-ZEO, возможности местного минерального сырья в качестве катализаторной опоры, приготовление катализаторов, физико-химический анализ, испытания в реакторе с твердым слоем и разработана технологическая схема.

Ключевые слова: катализаторы Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3, хроматографический анализ, SiO2-Al2O3, СЭМ, NH3-TPD и Syngas-to-olefins, то есть процесс получения олефинов из синтез-газа.

Abstract. This work covers the development of bifunctional catalysts of the Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3 type and the oxide-zeolite type for obtaining lower olefins from synthesis gas based on local bentonite, kaolin, and aluminosilicate raw materials. The work examines synthesis gas sources, the theoretical foundations of the Fischer-Tropsch-to-olefins (FTO) and OX-ZEO directions, the potential of local mineral raw materials as a catalyst base, catalyst preparation, physicochemical analysis, solid-layer reactor testing, and the development of a technological scheme.

ISSN 3030-3907

Keywords: Fe-Zn-Zr-Na/SiO2-Al2O3 catalysts, chromatographic analysis, SiO2-Al2O3, SEM, NH3-TPD, and Syngas-to-olefins, i.e., the process of obtaining olefins from synthesis gas.

KIRISH.

Sintez gazni quyi olefinlarga aylantirish texnologiyasining ilmiy murakkabligi CO molekulasining yuqori barqarorligi bilan bog‘liq. CO molekulasida C≡O bog‘i kuchli bo‘lgani sababli katalizator sirtida avvalo adsorbsiyalanish, qutblanish, dissotsiatsiya yoki kislorodli oraliq turlar hosil bo‘lishi talab etiladi. Keyingi bosqichda C_1 fragmentlari yoki kislorodli intermediatlardan C–C bog‘ hosil bo‘lishi, zanjirning cheklangan uzunlikda o‘sishi va C_2–C_4 olefinlarning desorbsiyasi sodir bo‘ladi. Jarayonning maqsadi metanlanish va og‘ir C_5+ fraksiyalar hosil bo‘lishini kamaytirgan holda etilen, propilen va butilenlar ulushini oshirishdan iborat [2; 7].

An’anaviy Fischer–Tropsch sintezida uglevodorodlar taqsimoti Anderson–Schulz–Flory qonuniyati bilan tavsiflanadi. Bu qonuniyat zanjir o‘sishi ehtimoli bir xil bo‘lganda mahsulotlar keng taqsimlanishini ko‘rsatadi. Quyi olefinlarga yo‘naltirilgan texnologiyada esa mazkur taqsimotni buzish, ya’ni C_2–C_4 fraksiyani selektiv ravishda ko‘paytirish talab etiladi. Bunga temir asosli katalizatorlarning promotorlanishi, tayanchning kislota-asos xossalarini o‘zgartirish, mikrog‘ovakli zeolitlar bilan birlashtirish va reaktor sharoitlarini optimallashtirish orqali erishiladi. Shuning uchun sintez gaz kimyosi oddiy gaz konversiyasi emas, balki ko‘p bosqichli katalitik boshqaruv masalasi hisoblanadi.

Sintez gazning manbalari turlicha bo‘lgani uchun katalizator tanlashda gaz tarkibini hisobga olish zarur. Tabiiy gazdan olingan sintez gaz ko‘pincha vodorodga boy bo‘ladi, ko‘mir gazifikatsiyasidan olingan sintez gazda esa CO va CO_2 ulushi yuqori bo‘lishi mumkin. Biomassadan olingan sintez gazda smola, kislorodli birikmalar va ishqoriy metallar izlari uchrashi mumkin. Agar H_2/CO nisbati juda yuqori bo‘lsa, olefinlar vodorodlanib parafinlarga aylanadi

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Katalizator promotorlari faol komponentning miqdori kam bo‘lsa-da, mahsulotlar taqsimotiga kuchli ta’sir ko‘rsatadigan qo‘shimchalardir. FTO jarayonida promotorlar elektron, strukturaviy va kislota-asos xossalarini o‘zgartirish orqali CO konversiyasi, olefin/parafin nisbati, metan selektivligi va katalizator barqarorligini boshqaradi. Alkali promotorlar, xususan Na va K, temir sirtining elektron zichligini o‘zgartiradi va CO adsorbsiyasini kuchaytirib, H_2 dissotsiatsiyasi va vodorodlashni nisbatan susaytiradi. Natijada olefinlarning parafinlarga aylanishi kamayadi. Biroq promotor miqdori optimallashtirilmasa, faol markazlar bloklanishi va umumiy konversiya pasayishi mumkin [2; 7].

ISSN 3030-3907

Na promotorining ta’siri ayniqsa mahalliy aluminosilikat tayanchlarda qiziqarli hisoblanadi. Bentonitning tabiiy almashinuvchi kationlari orasida Na, Ca, Mg kabi elementlar bo‘lishi mumkin; kislota bilan faollashtirish ularning bir qismini chiqaradi, keyinchalik nazoratli Na kiritish esa katalitik xossalarni boshqaradi. Na miqdori past bo‘lsa, vodorodlash yetarlicha cheklanmaydi; juda yuqori bo‘lsa, g‘ovaklar va Fe faol markazlari qisman bloklanadi. Shu sababli tajribada Na ning 0,5–2,0 massa % oralig‘ida o‘zgarishi maqsadga muvofiq. 1.3-rasmda Na miqdorining mahsulot taqsimotiga namunaviy ta’siri ko‘rsatilgan.

Zn promotorining roli bir necha yo‘nalishda namoyon bo‘ladi. Birinchidan, ZnO fazasi Fe oksid zarrachalarining aglomeratsiyasini cheklashi mumkin. Ikkinchidan, Zn elektron effekt orqali CO adsorbsiyasi va vodorod faolligiga ta’sir ko‘rsatadi. Uchinchidan, Zn oksid–zeolit tizimlarida kislorodli intermediatlar hosil bo‘lishi bilan bog‘liq faol markaz sifatida ham qaraladi. Zn ning bunday ko‘p funksiyaliligi uni Fe–Zn–Zr–Na va ZnZrOx/SAPO-34 tipidagi tizimlarda muhim komponentga aylantiradi. Biroq Zn miqdori ortib ketganda faol Fe markazlari suyulishi yoki alohida inert fazalar ko‘payishi ehtimoli mavjud.

Zr qo‘shimchasi ko‘pincha strukturaviy stabilizator va oksid komponentning kislorod bo‘shliqlarini boshqaruvchi element sifatida muhokama qilinadi. ZrO_2 yuqori termik barqarorlikka ega bo‘lib, Fe yoki Zn oksid fazalarining dispersligini saqlashga yordam beradi. OX-ZEO adabiyotlarida ZnZrOx, InZrOx va GaZrOx kabi tizimlar sintez gazdan olefinlar olishda istiqbolli ekanligi ko‘rsatilgan [3; 4]. Zr ishtirokidagi oksid komponentlar CO va H_2 dan metanolga yaqin oraliq turlar hosil qilishda muhim bo‘lishi mumkin. Fe asosli tizimlarda esa Zr zarrachalar sinterlanishini cheklab, uzoq muddatli barqarorlikni oshirishi kutiladi.

Promotorlar o‘zaro sinergiya yoki antagonizm ko‘rsatishi mumkin. Masalan, Na olefin/parafin nisbatini oshirsa, Zn va Zr strukturaviy barqarorlikni yaxshilaydi. Ammo Na ning ortiqcha miqdori Zn yoki Zr bilan birikib, faol markazlar sonini kamaytirishi mumkin. Shuningdek, promotorlarni kiritish ketma-ketligi ham natijaga ta’sir qiladi. Agar Fe avval tayanchga mahkam bog‘lanib, keyin Zn va Zr kiritilsa, faol fazalar taqsimoti bir xil bo‘lishi mumkin; agar barcha tuzlar birgalikda kiritilsa, cho‘kish yoki kristallanish jarayoni boshqacha kechadi.

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV.

Oksid–zeolit tipidagi bifunksional katalizatorlarni tayyorlash

Oksid–zeolit tipidagi bifunksional katalizatorlar sintez gazdan quyi olefinlar olishda Fischer–Tropsch mexanizmidan farq qiluvchi yo‘lni taklif qiladi. Bu tizimlarda metall oksid komponenti CO va H_2 ni kislorodli oraliq mahsulotlarga aylantiradi, zeolit yoki aluminosilikat komponenti esa ushbu oraliq

ISSN 3030-3907

mahsulotlarni C_2–C_4 olefinlarga aylantiradi. Bunday konsepsiya OX-ZEO deb yuritiladi va so‘nggi yillarda sintez gaz kimyosining muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida rivojlanmoqda [3; 5; 9].

Bifunksional katalizator tayyorlashda oksid komponenti sifatida ZnZrOx, FeZnZrOx, InZrOx yoki GaZrOx tipidagi tizimlar ishlatilishi mumkin. Mazkur dissertatsiya mavzusida mahalliy xomashyo bilan bog‘liqlikni kuchaytirish uchun Fe–Zn–Zr oksid komponentini faollashtirilgan aluminosilikat yoki SAPO-34/ZSM-5 bilan birlashtirish maqsadga muvofiq. Bunda mahalliy bentonit va kaolindan olingan Si–Al komponent zeolitga muqobil yoki qo‘shimcha tayanch sifatida xizmat qilishi mumkin.

Zeolit komponentni tanlashda uning g‘ovak tuzilishi va kislotaligi hal qiluvchi ahamiyatga ega. SAPO-34 kichik g‘ovakli chabazit topologiyasiga ega bo‘lib, metanol-to-olefins yo‘nalishida etilen va propilen selektivligini oshirishga moyil. ZSM-5 esa o‘rta g‘ovakli tuzilishga ega bo‘lib, propilen, butilen va aromatiklar hosil bo‘lishiga ta’sir qilishi mumkin. Shuning uchun SAPO-34 yuqori C_2–C_3 olefin selektivligi uchun, ZSM-5 esa mahsulot taqsimotini kengroq o‘rganish uchun tanlanadi [3; 8].

Bifunksional katalizatorlarni tayyorlashning uchta asosiy usuli ko‘rib chiqiladi: mexanik aralashtirish, granulalashda birlashtirish va ketma-ket qatlamda joylashtirish. Mexanik aralashtirishda oksid va zeolit kukunlari ma’lum nisbatda aralashtiriladi. Granulalashda ikkala komponent bog‘lovchi bilan birgalikda granulaga aylantiriladi. Ketma-ket qatlamda esa reaktorda avval oksid, so‘ng zeolit komponent joylashtiriladi yoki aksincha. Har bir usul komponentlar orasidagi masofa va oraliq mahsulotlarning migratsiyasiga ta’sir qiladi.

OX-ZEO tizimlarida oksid va zeolit komponentlari orasidagi fizik masofa juda muhim. Agar komponentlar juda yaqin bo‘lsa, oraliq mahsulotlar tez zeolitga o‘tadi, biroq noxush ikkilamchi reaksiyalar kuchayishi mumkin. Agar masofa juda uzoq bo‘lsa, metanol yoki DME kabi oraliq birikmalar gaz fazasida yo‘qolishi yoki qayta reaksiyaga kirishishi mumkin. Shu sababli mexanik aralashtirish va granulalash usullari alohida solishtiriladi.

Kislotalikni boshqarish uchun zeolit komponenti bug‘ bilan ishlov berish, ion almashinish yoki Si/Al nisbatini tanlash orqali modifikatsiya qilinadi. Juda kuchli kislota markazlari olefinlarning oligomerlanishi, aromatlanishi va koks hosil bo‘lishini kuchaytiradi. Kuchsiz kislotalik esa oraliq mahsulotlarning olefinlarga aylanishini sekinlashtiradi. Shuning uchun o‘rta kuchli kislota markazlari va cheklangan g‘ovak geometriyasi muhimdir.

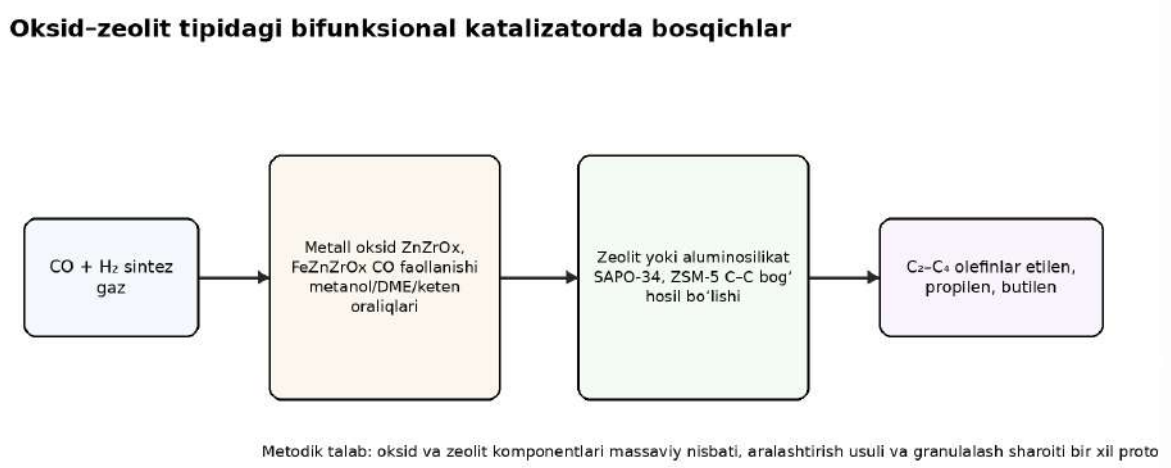
Bifunksional namunalarda oksid/zeolit massaviy nisbati 1:2, 1:1 va 2:1 qilib tanlanadi. Oksid komponenti ko‘p bo‘lsa, CO konversiyasi ortishi mumkin, lekin olefin hosil qiluvchi kislota markazlari yetishmasligi ehtimoli bor. Zeolit

ISSN 3030-3907

ko‘p bo‘lsa, oraliq mahsulotlar samarali konversiyalanadi, ammo CO faollanishi cheklanishi mumkin. Optimal nisbat katalitik tajribalar asosida aniqlanadi.

Mahalliy aluminosilikat komponentini OX-ZEO tizimiga kiritishda uning kislotaligi va g‘ovakligi SAPO-34 yoki ZSM-5 bilan solishtiriladi. Agar faollashtirilgan bentonit/kaolin tayanchi o‘rta kuchli kislota markazlari va mezog‘ovak tuzilishga ega bo‘lsa, u zeolit komponentini qisman almashtirishi yoki kompozit granulada mexanik mustahkamlikni oshirishi mumkin. Bu holat dissertatsiyaning mahalliylashtirish va amaliy ahamiyatini kuchaytiradi.

Bifunksional katalizatorlarni baholashda faqat umumiy C_2–C_4 selektivlik emas, balki etilen/propilen nisbati, butilen izomerlari, metan hosil bo‘lishi, CO_2 selektivligi va koks yig‘ilishi ham o‘rganiladi. Chunki OX-ZEO tizimlarida mahsulot taqsimoti zeolit topologiyasi, kislotalik va oksid komponenti xossalariga juda sezgir. Metodik jihatdan har bir namuna bir xil sharoitda tekshirilishi kerak.



1-rasm. Oksid–zeolit tipidagi bifunksional katalizatorda bosqichli konversiya modeli

Izoh. Rasm OX-ZEO bifunksional katalizatorida konversiya bosqichma-bosqich kechishini tushuntiradi. Oksid markazlarda CO va H_2 dan kislorodli oraliq mahsulotlar, zeolitning kislotali-g‘ovak tuzilmasida esa C_2–C_4 olefinlar hosil bo‘lishi ko‘rsatilgan.

1-jadval.

Oksid–zeolit katalizatorlarini tayyorlash variantlari

Variant	Tarkib	Tayyorlash usuli	Ilmiy maqsad

ISSN 3030-3907

OZ-1	ZnZrOx + SAPO-34	mexanik aralashtirish, 1:1	OX-ZEO bazaviy modelini tekshirish
OZ-2	FeZnZrOx + SAPO-34	granulalashda birlashtirish	Fe ishtirokining ta’sirini baholash
OZ-3	ZnZrOx + ZSM-5	mexanik aralashtirish	Zeolit topologiyasi ta’siri
OZ-4	FeZnZrOx + faollashtirilgan bentonit	kompozit granulalash	Mahalliy aluminosilikat imkoniyati
OZ-5	Oksid qatlam + zeolit qatlam	reaktorda ketma-ket joylashtirish	Komponentlar masofasi ta’siri

Izoh. Jadval oksid–zeolit katalizatorlarini tayyorlash variantlarini taqqoslaydi. Mexanik aralashtirish, bosqichli sintez yoki alohida komponentlarni birlashtirish usuli faol markazlar orasidagi masofani va tandem konversiya samaradorligini belgilaydi.

2-jadval.

Bifunksional katalizatorlarda boshqariladigan parametrlar

Parametr	O‘rganiladigan qiymatlar	Kutiladigan ta’sir	Baholash ko‘rsatkichi
Oksid/zeolit nisbati	1:2; 1:1; 2:1	CO faollanishi va olefin hosil bo‘lishi muvozanati	CO konversiyasi, C_2–C_4 selektivligi
Aralashtirish usuli	mexanik, granulalash, qatlamli	Oraliq mahsulotlar migratsiyasi	olefin/parafin nisbati
Zeolit turi	SAPO-34, ZSM-5, aluminosilikat	Topologiya va kislotalik ta’siri	etilen/propilen nisbati
Kislotalik darajasi	kuchsiz, o‘rta, kuchli markazlar	Ikkilamchi reaksiyalarni boshqarish	NH_3-TPD, koks miqdori
Granula o‘lchami	0,5–1,0; 1,0–3,0 mm	Diffuziya va bosim tushishi	reaktor barqarorligi

Izoh. Jadval bifunksional katalizatorlarda boshqarilishi kerak bo‘lgan asosiy parametrlarni ko‘rsatadi. Oksid/zeolit nisbati, zarracha o‘lchami, kislotalik

ISSN 3030-3907

va kontakt darajasi oraliq mahsulotlarning olefinlarga aylanishini belgilovchi muhim omillardir.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Fe, Zn, Zr va Na promotorlarining CO konversiyasiga ta’siri

Fe asosli katalizatorda faol faza CO faollanishi va C-C bog‘lanish bosqichini ta’minlaydi. Zn va Zr qo‘shimchalari faol faza tarqalishini va termik barqarorlikni boshqaradi. Na promotorining ta’siri ikki tomonlama: u vodorodlashni cheklab olefin/parafin nisbatini oshiradi, ammo yuqori miqdorda faol markazlarni bloklab CO konversiyasini pasaytiradi. Shu sababli Na yuklamasi 0,5-1,5 massa % oralig‘ida optimallashtiriladi [7].

Model natijalarga ko‘ra, Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3 namunasi CO konversiyasi va C_2-C_4 olefinlar selektivligi bo‘yicha muvozanatli natija berishi mumkin. Na miqdori 2,0 massa % ga yetganda CH_4 selektivligi pasaysa ham, CO konversiyasi va umumiy olefin unumi kamayishi ehtimoli bor. Bu holat alkali promotorning optimal oynasi mavjudligini ko‘rsatadi.

3-jadval

Fe-Zn-Zr-Na katalizatorlarining namunaviy katalitik ko‘rsatkichlari

Namuna	CO konversiyasi, %	C_2-C_4= selektivligi, %	CH_4 selektivligi, %	O/P nisbati	Baholash
Fe/SiO_2-Al_2O_3	42	34	20	1,8	Faollik bor, vodorodlanish yuqori
Fe-Zn/SiO_2-Al_2O_3	45	39	18	2,2	Zn selektivlikni yaxshilaydi
Fe-Zn-Zr/SiO_2-Al_2O_3	48	44	16	2,7	Zr barqarorlikni oshiradi
Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3	46	56	12	4,1	Optimal olefin/parafin nisbati
Fe-Zn-Zr-2,0Na/SiO_2-Al_2O_3	34	58	10	4,5	Selektivlik yuqori, konversiya past

Izoh. Jadval Fe–Zn–Zr–Na katalizatorlarining CO konversiyasi, C_2–C_4 olefinlar selektivligi, CH_4 selektivligi va O/P nisbati bo‘yicha model

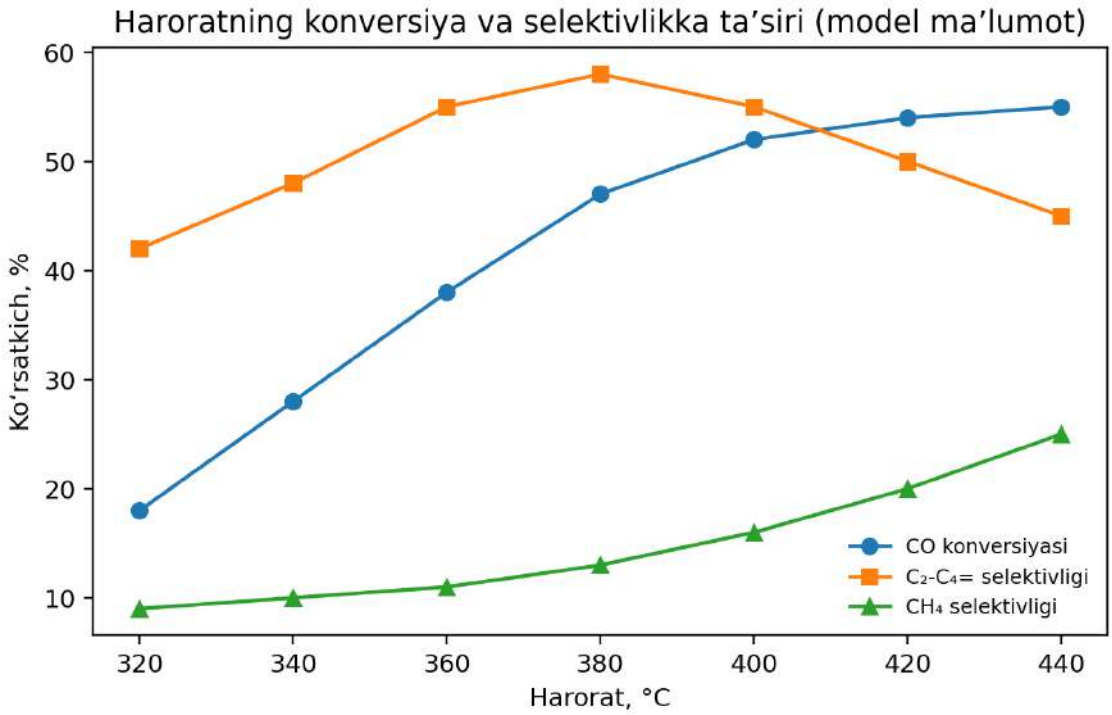
ISSN 3030-3907

ko‘rsatkichlarini qiyoslaydi. Bu jadval promotorlar kombinatsiyasi optimal selektivlikka qanday olib kelishini tushuntirish uchun xizmat qiladi.

Harorat, bosim va H_2/CO nisbatining quyi olefinlar selektivligiga ta’siri

Harorat oshishi CO konversiyasini ko‘paytiradi, ammo juda yuqori harorat metanlanish, koks hosil bo‘lishi va olefinlarning ikkilamchi reaksiyalarini kuchaytirishi mumkin. Model natijalarda 380-400 °C oralig‘i CO konversiyasi va C_2-C_4 olefinlar selektivligi o‘rtasidagi maqbul muvozanat sifatida ko‘rinadi. 420 °C dan yuqori haroratda CH_4 selektivligi ortishi va olefin/parafin nisbati pasayishi ehtimoli bor.

Bosimning ortishi CO konversiyasini oshirishi mumkin, ammo vodorodlanish reaksiyalarini ham kuchaytiradi. H_2/CO nisbatining yuqori bo‘lishi parafinlar ulushini oshiradi, past bo‘lishi esa koks hosil bo‘lishi va katalizatorning tez deaktivatsiyasiga olib kelishi mumkin. Shu sababli Fe asosli katalizatorlar uchun H_2/CO = 1,0-1,5 oralig‘i, OX-ZEO tizimlari uchun esa katalizator turiga qarab 1,0-2,0 oralig‘i sinovdan o‘tkaziladi [2; 3].



3-rasm. Haroratning konversiya va selektivlikka ta’siri (model ma’lumot)

Izoh. Rasm haroratning CO konversiyasi va mahsulot selektivligiga model ta’sirini ko‘rsatadi. Harorat oshishi konversiyani kuchaytirishi mumkin, biroq juda yuqori harorat metanlanish, parafinlanish va koks hosil bo‘lishini kuchaytirgani uchun optimal harorat oralig‘i aniqlanishi zarur.

ISSN 3030-3907

4-jadval

Jarayon omillarining mahsulot taqsimotiga kutiladigan ta’siri

Omil	Ortishi natijasida kutiladigan ijobiy ta’sir	Ehtimoliy salbiy ta’sir	Optimal nazorat mezoni
Harorat	CO konversiyasi ortadi	CH_4 va koks ortadi, olefin selektivligi pasayadi	C_2-C_4= unumining maksimumi
Bosim	Kontakt samaradorligi va konversiya ortadi	Parafinlanish kuchayadi	O/P nisbati va CO konversiyasi muvozanati
H_2/CO	H_2 yetishmovchiligi kamayadi	H_2 ortiqcha bo‘lsa parafinlar ortadi	CH_4 past, olefinlar yuqori bo‘lishi
GHSV	Olefinlarning ikkilamchi reaksiyalari kamayadi	Konversiya pasayadi	Olefin unumi va reaktor quvvati
TOS	Barqarorlik baholanadi	Deaktivatsiya ko‘rinadi	Regeneratsiyagacha ishlash vaqti

Izoh. Jadval harorat, bosim, H_2/CO nisbati va GHSV kabi jarayon omillarining mahsulot taqsimotiga kutiladigan ta’sirini umumlashtiradi. U reaktor sharoitlarini tanlashda konversiya va selektivlik o‘rtasidagi muvozanatni saqlash zarurligini ko‘rsatadi.

OX-ZEO tipidagi katalizatorlarda kislorodli oraliq mahsulotlar orqali olefin hosil bo‘lishi

OX-ZEO tizimida sintez gazdan olefinlar hosil bo‘lishi tandem mexanizm bo‘yicha kechadi. Dastlab CO va H_2 oksid komponentida faollashib, metanol, DME, keten yoki yuzaga bog‘langan formiat/metoksi turlari kabi oraliq mahsulotlar hosil qiladi. Keyin bu oraliq mahsulotlar zeolit mikrog‘ovaklariga kirib, gidrokarbon-pool mexanizmi orqali etilen, propilen va butilenlarga aylanadi. Zeolit tanlovi mahsulot taqsimotini belgilaydi: SAPO-34 quyi olefinlarga, ZSM-5 esa ko‘proq propilen va aromatiklarga moyil bo‘lishi mumkin [3; 6; 8].

Mahalliy xomashyo ushbu tizimda uch xil rol bajarishi mumkin: oksid komponent uchun arzon tayanch, zeolit granulalarini bog‘lovchi, yoki Si-Al manba sifatida. Agar mahalliy kaolin metakaolinga aylantirilib, gidrotermal sintezda SAPO yoki aluminosilikat zeolit olish uchun ishlatilsa, OX-ZEO tizimi

ISSN 3030-3907

yanada mahalliylashtiriladi. Biroq bunday yondashuvda zeolit kristalligi, kislotaligi va g‘ovak topologiyasi qat’iy nazorat qilinishi kerak.

XULOSA.

Optimal katalizator faqat eng yuqori CO konversiyasiga ega namuna emas, balki CO konversiyasi, C_2-C_4 olefinlar selektivligi, CH_4 selektivligi, O/P nisbati, TOS barqarorligi va regeneratsiyadan keyingi tiklanish darajasi bo‘yicha kompleks baholangan namunadir. Fe-Zn-Zr-1,0Na/SiO_2-Al_2O_3 tizimi FTO yo‘nalishi uchun muvozanatli variant bo‘lishi, ZnZrOx/SAPO-34 esa OX-ZEO yo‘nalishida yuqori selektivlik berishi mumkin. Mahalliy xomashyo asosidagi yakuniy texnologik yechim bu ikki konsepsiyani iqtisodiy va amaliy mezonlar bilan solishtirish orqali tanlanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Steynberg A.P., Dry M.E. Fischer-Tropsch Technology. Amsterdam: Elsevier, 2004.
2. de Klerk A. Fischer-Tropsch Refining. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
3. GOST 7.1-2003. Bibliograficheskaya zapis'. Bibliograficheskoe opisanie. Obshchie trebovaniya i pravila sostavleniya. Moskva: Standartinform.
4. GOST R 7.0.5-2008. Bibliograficheskaya ssylka. Obshchie trebovaniya i pravila sostavleniya. Moskva: Standartinform.
5. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology: Gold Book. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997.
6. Bartholomew C.H., Farrauto R.J. Fundamentals of Industrial Catalytic Processes. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2006.
7. Gates B.C. Catalytic Chemistry. New York: Wiley, 1992.
8. Fogler H.S. Elements of Chemical Reaction Engineering. 5th ed. Boston: Pearson, 2016.
9. Levenspiel O. Chemical Reaction Engineering. 3rd ed. New York: Wiley, 1999.
10. Froment G.F., Bischoff K.B., De Wilde J. Chemical Reactor Analysis and Design. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2011.

ISSN 3030-3907

A GIS-BASED FRAMEWORK FOR INDUSTRIAL FRESHWATER PRODUCTION AND SUSTAINABLE WATER RESOURCE MANAGEMENT USING SOLAR ENERGY TECHNOLOGIES

Azizbek Rakhmonov Yigitali o‘g‘li
E-mail: ***azizbek.raxmonov@fstu.uz arakhmonov111@gmail.com***
Zoxidov Iqboljon Zokirjonovich
E-mail: yoturk1986@gmail.com iqboljon.zoxidov@fstu.uz

Annotatsiya. Iqlim o‘zgarishi, aholi sonining ortishi va sanoat ehtiyojlarining ko‘payishi natijasida chuchuk suv tanqisligi dolzarb muammoga aylanmoqda. Ushbu tadqiqotda quyosh energiyasi texnologiyalaridan foydalangan holda sanoat miqyosida chuchuk suv ishlab chiqarish va suv resurslarini barqaror boshqarishni baholash uchun GIS asosidagi yondashuv taklif etilgan. Metodika hududiy tahlil, quyosh resurslarini baholash va barqarorlik ko‘rsatkichlarini o‘z ichiga oladi. Tadqiqot natijalari GIS va qayta tiklanuvchi energiya texnologiyalarini integratsiyalash suv xavfsizligini ta’minlashga xizmat qilishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: quyosh energiyasi, chuchuk suv ishlab chiqarish, GIS, suv chuchuklashtirish, suv resurslarini boshqarish, barqarorlik.

Аннотация. Дефицит пресной воды становится одной из наиболее актуальных глобальных проблем вследствие изменения климата, роста населения и увеличения промышленного потребления воды. В работе предложен ГИС-ориентированный подход к оценке промышленного производства пресной воды и устойчивого управления водными ресурсами с использованием солнечных энергетических технологий. Методика включает пространственный анализ, оценку солнечного потенциала и показатели устойчивого развития. Результаты исследования подтверждают эффективность интеграции ГИС-технологий и возобновляемых источников энергии для повышения водной безопасности и устойчивого развития.

Ключевые слова: солнечная энергия, производство пресной воды, ГИС, опреснение воды, управление водными ресурсами, устойчивое развитие.

Abstract. Water scarcity has become a major global challenge due to climate change, population growth, and increasing industrial demand. This study proposes a GIS-based framework for industrial freshwater production and sustainable water resource management using solar energy technologies. The approach integrates spatial analysis, solar resource assessment, and sustainability indicators to identify suitable locations for solar-powered water desalination systems. The results demonstrate the potential of combining GIS and renewable energy technologies to improve water security and support sustainable development.

Keywords: Solar energy, freshwater production, GIS, desalination, water management, sustainability.

INTRODUCTION.

Freshwater scarcity has become one of the most critical global challenges due to climate change, population growth, and increasing industrial water demand. At the same time, the transition toward renewable energy technologies has accelerated worldwide as countries seek sustainable solutions to environmental and resource management problems. Solar energy technologies offer significant opportunities for producing freshwater while reducing dependence on conventional energy sources.

Despite the growing deployment of solar-powered desalination and water treatment systems, challenges remain in identifying suitable locations, optimizing resource utilization, and ensuring sustainable water management. Effective planning requires the integration of spatial information, solar resource availability, water demand characteristics, and environmental considerations.

Geographic Information Systems (GIS) provide powerful tools for spatial analysis and decision support in water resource management. By combining GIS-based assessment with solar energy technologies, it becomes possible to identify optimal sites for freshwater production and improve the efficiency of desalination systems.

Therefore, this study proposes a GIS-based framework for industrial freshwater production and sustainable water resource management using solar energy technologies. The proposed approach integrates spatial analysis, solar resource assessment, and sustainability indicators to support decision-making and enhance water security in water-stressed regions.

LITERATURE REVIEW.

The rapid expansion of renewable energy systems has generated a growing body of academic research focusing on governance mechanisms, digital transparency, and infrastructure monitoring technologies. Previous studies have explored various aspects of renewable energy transitions, including policy frameworks, institutional governance structures, digital transparency tools, and spatial monitoring systems. Understanding these research contributions is essential for identifying existing knowledge gaps and developing new analytical frameworks for renewable energy governance.

This section reviews the existing literature related to renewable energy governance, digital transparency in the energy sector, and GIS-based monitoring technologies for energy infrastructure. First, the literature on renewable energy governance and institutional frameworks is examined. Second, studies addressing digital transparency and open data systems in energy governance are reviewed. Finally, research focusing on GIS-based monitoring systems and spatial analysis for renewable energy infrastructure planning is discussed.

ISSN 3030-3907

2.1 Renewable Energy Governance

The transition toward renewable energy systems has become one of the central strategies for addressing global climate change and achieving sustainable development goals. Renewable energy technologies such as solar, wind, and hydropower play an essential role in reducing greenhouse gas emissions and improving environmental sustainability. Empirical studies show that increasing renewable energy adoption significantly contributes to lowering carbon emissions and promoting sustainable economic development (Hasan, 2023). However, the expansion of renewable energy infrastructure requires not only technological innovations but also effective governance frameworks to ensure successful implementation.

Renewable energy governance involves the institutional arrangements, regulatory policies, and stakeholder interactions that guide the development and management of energy systems. According to Geels (2020), energy transitions should be understood as socio-technical transformations that require coordinated interactions between technological innovations, policy frameworks, and social actors. In this context, governance mechanisms play a crucial role in shaping energy transitions by influencing investment decisions, regulatory structures, and policy coordination.

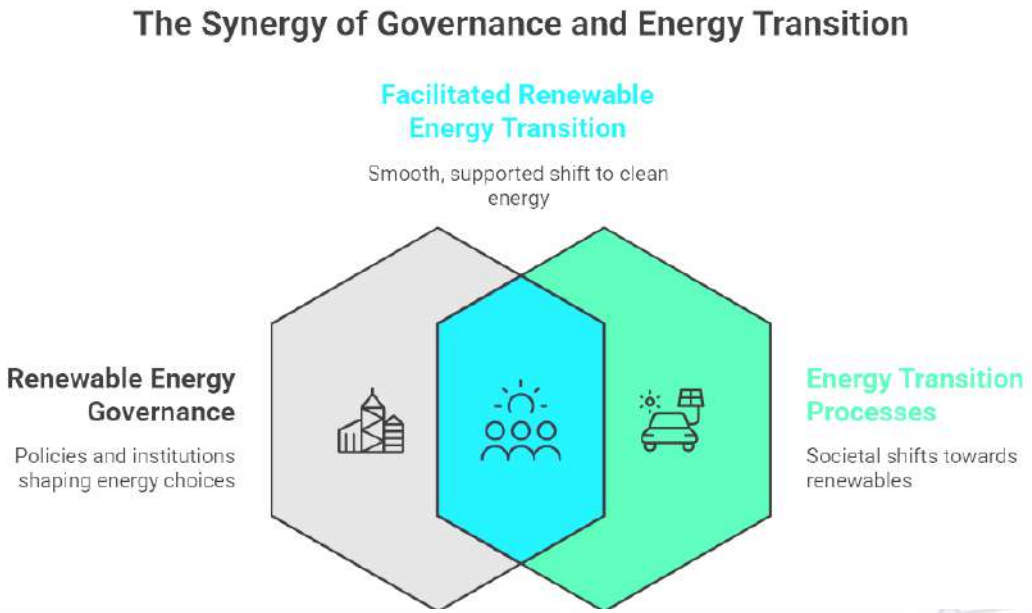


Figure 1. Conceptual framework of renewable energy governance and energy transition processes.

Source: Adapted from Geels (2020).

Several studies emphasize that institutional quality and policy effectiveness significantly influence the development of renewable energy systems. For example, Mahalik and Mallick (2021) demonstrate that strong institutional frameworks and governance quality positively affect renewable energy

ISSN 3030-3907

consumption and environmental sustainability. Similarly, Zhao et al. (2022) highlight that institutional quality and governance effectiveness are critical factors in supporting renewable energy development and achieving sustainable environmental outcomes. These findings indicate that governance structures play an essential role in enabling the successful implementation of renewable energy policies.

In addition, the governance of renewable energy systems often involves multiple stakeholders, including governments, private investors, local communities, and regulatory agencies. Effective governance mechanisms must therefore facilitate coordination among these actors to ensure efficient policy implementation and infrastructure development. Busch and McCormick (2022) emphasize that sustainability governance and local energy transitions require strong institutional collaboration and policy coordination to achieve long-term sustainability objectives. Similarly, Neij and Johansson (2021) argue that energy system transitions and climate-neutral development strategies depend heavily on effective governance frameworks and integrated policy approaches.

Recent studies also highlight the importance of governance principles in large-scale renewable energy projects. Söylemez (2024) notes that governance transparency, public participation, and accountability mechanisms are essential for increasing public acceptance of renewable energy megaprojects. Without transparent governance frameworks, renewable energy projects may face resistance from local communities and stakeholders. Furthermore, Dujany et al. (2024) argue that governance frameworks for energy transitions must address institutional dynamics, policy coherence, and stakeholder engagement in order to ensure sustainable energy transitions.

Overall, the literature suggests that renewable energy governance plays a crucial role in supporting energy transitions and sustainable development. Effective governance mechanisms can enhance policy coordination, improve institutional capacity, and increase stakeholder participation in renewable energy infrastructure development.

2.2 Digital Transparency in the Energy Sector

In recent years, digital technologies have emerged as important tools for improving governance transparency and accountability in the energy sector. Digital platforms, open data systems, and information technologies enable stakeholders to access information about energy infrastructure projects, monitor project development, and evaluate policy implementation more effectively. The increasing availability of digital technologies has created new opportunities for enhancing transparency in energy governance systems.

ISSN 3030-3907

Open data initiatives and digital transparency mechanisms play a significant role in strengthening public oversight and improving accountability in infrastructure development. Janssen et al. (2020) highlight that open data systems can improve transparency and enable better collaboration between governments, policymakers, and citizens. By providing access to information about public infrastructure projects, open data platforms can enhance public trust and support evidence-based decision-making processes.

Similarly, digital governance frameworks have become increasingly important in modern urban and energy systems. Meijer and Bolívar (2021) argue that digital governance and smart city technologies can significantly improve transparency, accountability, and citizen participation in public administration. These digital governance tools allow governments to share information about infrastructure development, environmental performance, and policy implementation with the public.

International organizations have also emphasized the importance of digital transparency in improving governance performance. According to the World Bank (2022), open data platforms and digital monitoring systems can significantly improve transparency in infrastructure projects by enabling real-time monitoring and public access to project information. These systems allow regulators and stakeholders to track project progress, identify potential risks, and evaluate the effectiveness of policy interventions.

Similarly, the United Nations Development Programme (UNDP, 2023) highlights that digital transparency mechanisms can enhance governance in the energy sector by increasing accountability and strengthening public participation. Digital monitoring systems allow policymakers and regulators to monitor infrastructure performance and ensure compliance with environmental and regulatory standards.

ISSN 3030-3907

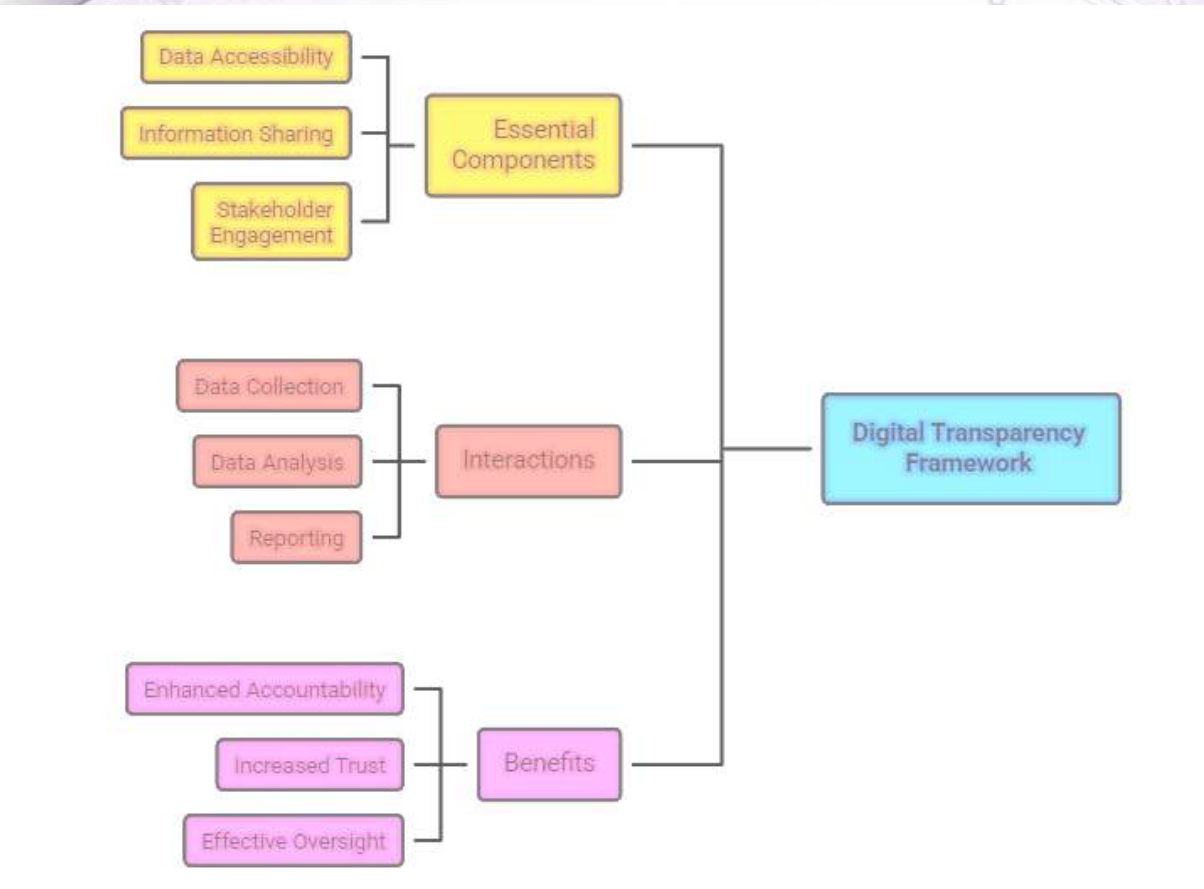


Figure 2. Digital transparency framework for energy infrastructure governance.

Source: Adapted from Janssen et al. (2020).

Overall, the literature indicates that digital transparency technologies play an important role in modern energy governance systems. By integrating digital platforms, open data systems, and monitoring technologies, governments can improve transparency and strengthen the management of renewable energy infrastructure.

2.3 GIS-Based Monitoring Systems for Renewable Energy Infrastructure

Geographic Information Systems (GIS) have become widely used tools for spatial analysis and monitoring of renewable energy infrastructure. GIS technologies enable researchers and policymakers to analyze spatial data related to energy resources, environmental conditions, and infrastructure networks. These technologies play an important role in energy planning, site selection, and infrastructure management.

GIS-based analysis has been widely applied in renewable energy resource assessment and infrastructure planning. For example, Wang et al. (2020) developed a GIS-based framework for assessing renewable energy resources and supporting spatial planning of energy systems. Their study demonstrates that GIS technologies can improve decision-making processes by enabling spatial analysis of renewable energy potential and infrastructure development.

ISSN 3030-3907

Similarly, Bódis et al. (2019) conducted a GIS-based assessment of solar photovoltaic energy potential, demonstrating that spatial analysis tools can help identify optimal locations for solar energy infrastructure. These technologies allow policymakers to evaluate renewable energy potential and plan infrastructure development more effectively.

Recent studies have also applied GIS technologies for monitoring renewable energy infrastructure and evaluating sustainability outcomes. Gwenzi et al. (2022) highlight that GIS-based modelling can support renewable energy infrastructure planning by integrating spatial data on environmental conditions, resource availability, and infrastructure networks. Such systems enable policymakers to monitor renewable energy infrastructure and assess environmental impacts more effectively.

GIS technologies are also widely used in solar energy system planning and infrastructure management. Charabi and Gastli (2021) demonstrate that GIS-based spatial analysis can improve solar energy planning by identifying suitable locations for solar power installations and evaluating environmental constraints.

Furthermore, recent research highlights the growing role of GIS technologies in renewable energy community planning and sustainable infrastructure development. Martinez-López et al. (2024) emphasize that GIS-driven planning models can support renewable energy communities by integrating spatial analysis with energy system modelling. These approaches enable policymakers and planners to design renewable energy infrastructure more efficiently and sustainably.

Despite the increasing use of GIS technologies in renewable energy infrastructure planning, existing research rarely integrates GIS monitoring systems with digital transparency frameworks. Most studies focus on spatial analysis and energy planning, while relatively few studies address transparency and governance aspects of renewable energy infrastructure monitoring.

Therefore, there is a need for integrated frameworks that combine GIS-based monitoring technologies with digital transparency mechanisms in order to improve governance transparency in renewable energy infrastructure systems.

LITERATURE GAP.

Although previous studies have examined renewable energy governance, digital transparency systems, and GIS-based monitoring technologies, limited research has integrated these approaches into a comprehensive analytical framework. In particular, there is a lack of quantitative models for evaluating transparency performance in renewable energy infrastructure projects. Therefore, this study proposes a digital transparency framework and introduces a

ISSN 3030-3907

Transparency Index model to evaluate governance transparency in renewable energy infrastructure systems

METHODOLOGY.

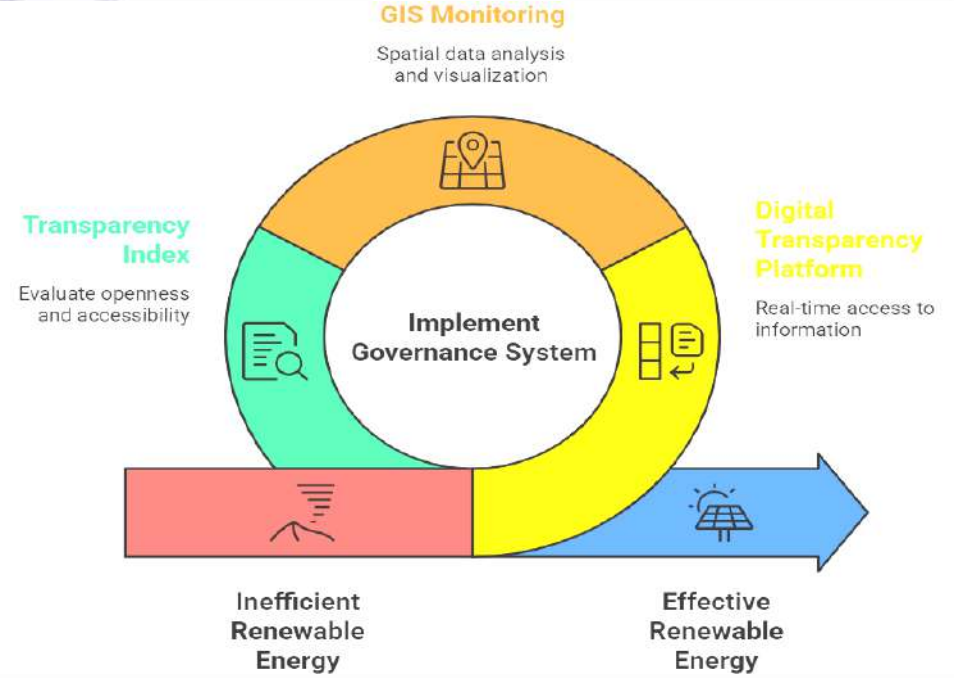


Figure 3. Conceptual framework of the digital transparency governance system for renewable energy infrastructure monitoring.

Source: Developed by the authors.

3.1 Research Framework

Figure 3 presents the proposed framework for enhancing governance transparency in renewable energy infrastructure systems. The framework consists of three interconnected components: GIS-based monitoring, digital transparency platforms, and the Transparency Index (TI). GIS technologies support spatial monitoring and infrastructure planning, while digital platforms improve information accessibility, accountability, and stakeholder engagement. The Transparency Index evaluates governance transparency through indicators related to information openness, monitoring accessibility, stakeholder participation, and institutional accountability. By integrating these components, the framework promotes more transparent, efficient, and accountable renewable energy governance systems.

3.2 Digital Transparency Platform Architecture

ISSN 3030-3907

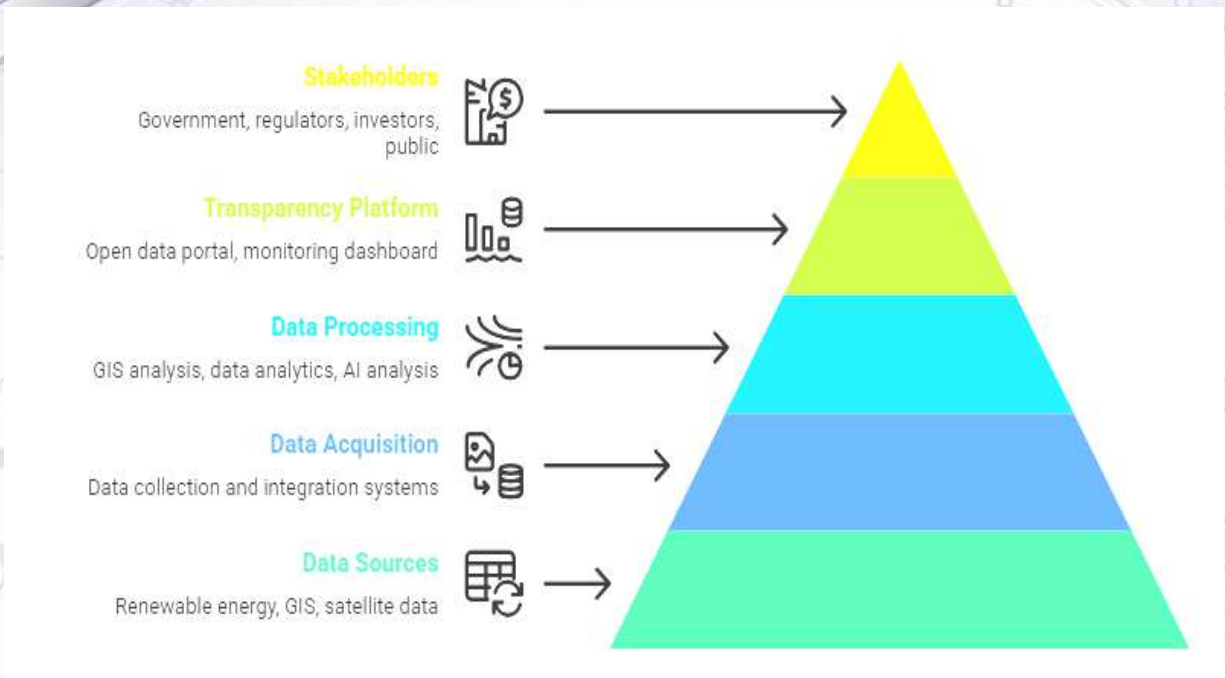


Figure 4. Architecture of the digital transparency platform for monitoring renewable energy infrastructure systems.

Source: Developed by the authors.

The proposed digital transparency platform is designed to improve transparency and accountability in renewable energy infrastructure governance. The platform integrates open data systems, monitoring tools, and digital technologies to provide real-time access to project information.

The platform consists of three main layers: **data acquisition**, **data processing and analysis**, and **transparency interface**. The data acquisition layer collects information from energy databases, GIS data, environmental monitoring systems, and institutional reports. The processing layer applies GIS and analytical tools to transform raw data into meaningful transparency and governance indicators. The transparency interface provides accessible information through digital dashboards and open data portals for governments, investors, regulators, and the public.

By integrating these components, the platform enhances information accessibility, stakeholder engagement, and evidence-based decision-making, contributing to more transparent and accountable renewable energy governance.

3.3 GIS-Based Monitoring System

ISSN 3030-3907

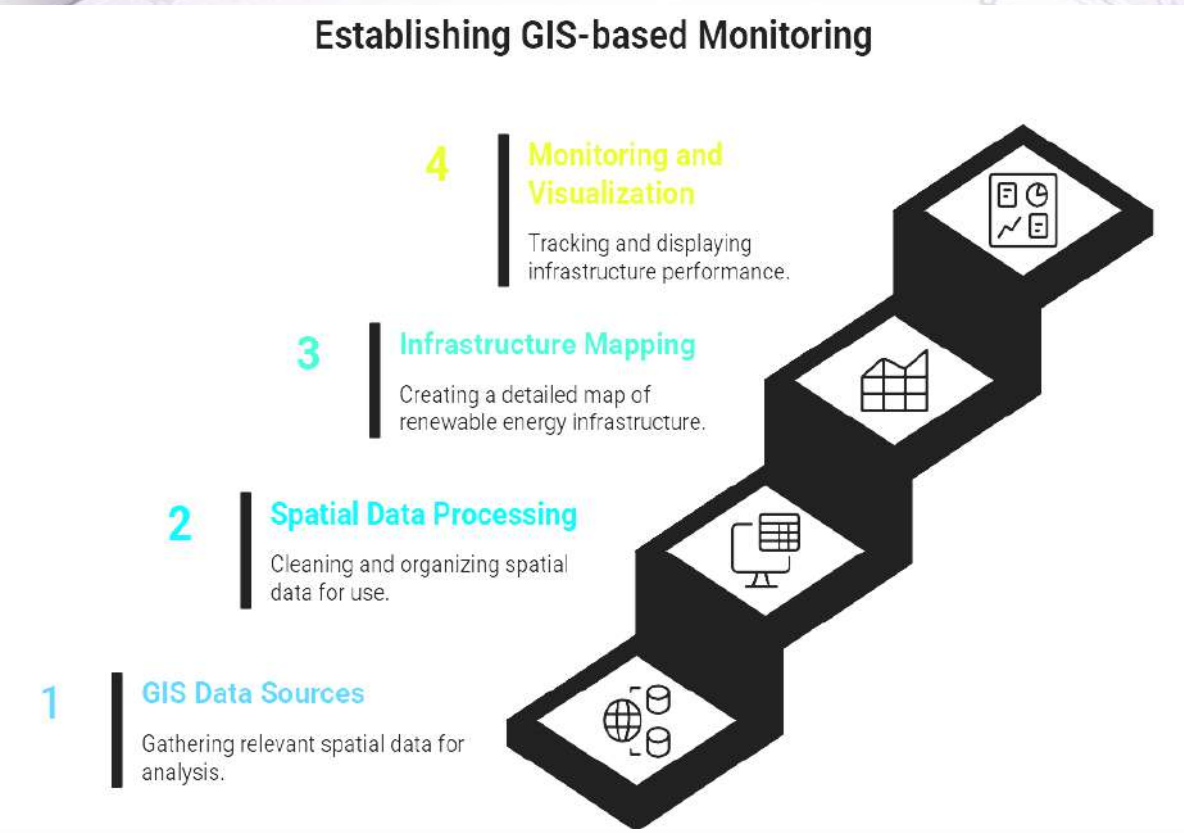


Figure 5. GIS-based monitoring framework for renewable energy infrastructure.

Figure 5 presents the workflow of the GIS-based monitoring system for renewable energy infrastructure management. The framework consists of four main stages: **GIS data sources, spatial data processing, infrastructure mapping, and monitoring and visualization**. Spatial data are collected from infrastructure databases, satellite imagery, GIS platforms, and environmental monitoring systems. The collected data are then processed and analyzed using GIS tools to ensure accuracy and consistency. Processed data are used to create spatial maps of renewable energy facilities, supporting infrastructure planning and assessment. Finally, GIS-based dashboards and visualization tools enable real-time monitoring, improve transparency, and support evidence-based decision-making in renewable energy management.

3.4 Data Sources and Data Collection

Reliable data sources are essential for monitoring renewable energy infrastructure and evaluating governance transparency. In this study, multiple data sources are integrated into the proposed digital transparency and GIS-based monitoring framework. These data sources provide spatial, environmental, and governance-related information required for infrastructure monitoring and transparency assessment.

The collected datasets include renewable energy infrastructure information, GIS spatial data, satellite imagery, and governance transparency indicators. These

ISSN 3030-3907

datasets enable spatial analysis, infrastructure mapping, and transparency evaluation within the proposed monitoring framework.

Table 1.

Renewable Energy Infrastructure Data

Data Type	Source	Description
Solar Power Plants	Energy databases	Location and capacity of solar installations
Wind Energy Facilities	Energy infrastructure reports	Information about wind farms
Renewable Energy Projects	Government datasets	Infrastructure development information

Table 2.

GIS and Spatial Data Sources

Data Type	Source	Description
Geographic Coordinates	GIS databases	Spatial location of infrastructure
Land Use Data	Environmental databases	Land classification and spatial planning
Satellite Imagery	Remote sensing systems	Environmental monitoring and spatial analysis

Table 3.

Transparency and Governance Indicators

Indicator	Description	Purpose
Data Accessibility	Availability of project data	Transparency evaluation
Monitoring Availability	Access to monitoring systems	Infrastructure tracking
Public Participation	Stakeholder engagement	Governance transparency
Institutional Accountability	Government reporting systems	Regulatory oversight

3.5 Transparency Index Model

To evaluate the level of governance transparency in renewable energy infrastructure systems, this study proposes a Transparency Index (TI) model. The proposed model integrates several indicators related to data accessibility, monitoring availability, public participation, and institutional accountability. These indicators reflect key aspects of transparency in renewable energy governance and enable quantitative evaluation of transparency performance.

ISSN 3030-3907

The transparency index combines multiple indicators into a single composite metric that represents the overall transparency level of renewable energy infrastructure systems. Each indicator contributes to the final transparency score according to its assigned weight, allowing a comprehensive evaluation of governance transparency.

The transparency index is calculated using the following equation:

$$TI = \omega_1 D + \omega_2 M + \omega_3 P + \omega_4 A \quad (1)$$

TI – Transparency Index

D – Data openness and accessibility

M – Monitoring system availability

P – Public participation

A – Institutional accountability

w_1–w_4 – weighting coefficients for each indicator

The weights assigned to each indicator reflect their relative importance in evaluating transparency performance within renewable energy governance systems. The proposed model allows policymakers and regulators to quantitatively assess transparency levels and identify areas where governance improvements are required.

RESULTS AND DISCUSSION.

This section presents the results obtained from the application of the proposed digital transparency framework and transparency index model for renewable energy infrastructure management. The developed model was applied to selected renewable energy cases in order to evaluate the level of governance transparency, monitoring availability, and data accessibility. The results demonstrate how the integration of digital transparency platforms, GIS-based monitoring, and stakeholder participation mechanisms can improve decision-making efficiency and accountability in renewable energy projects.

The transparency index calculated in this study allows the comparison of different renewable energy systems based on key governance indicators. The obtained results are discussed in terms of transparency performance, effectiveness of digital monitoring tools, and the potential advantages of the proposed platform for sustainable energy management.

4.1 Application of the Transparency Model

In order to verify the applicability of the proposed transparency index model, the model was applied to selected renewable energy infrastructure cases. The purpose of this application is to demonstrate how the developed transparency framework can be used to evaluate the level of governance transparency in renewable energy projects. Three types of renewable energy infrastructure were selected for the case study, including a solar power plant, a wind energy facility,

ISSN 3030-3907

and a small hydropower station. These systems represent typical renewable energy projects that require transparent monitoring, reporting, and public accessibility of operational data.

The transparency level of each project was evaluated using the transparency index proposed in Section 3.5, which includes four key indicators: data accessibility (D), monitoring availability (M), public participation (P), and institutional accountability (A). These indicators reflect the main governance principles required for sustainable energy management and digital transparency in modern energy systems. Previous studies have shown that open data availability, digital monitoring technologies, and stakeholder participation significantly improve transparency and decision-making efficiency in renewable energy governance (Janssen et al., 2020; Neij & Johansson, 2021; Gwenzi et al., 2022).

The values of the transparency indicators were determined based on conceptual evaluation and analysis of previously published studies related to renewable energy governance, digital monitoring systems, and sustainability assessment. Since the purpose of this research is to demonstrate the functionality of the proposed model, the indicator values were assigned using a normalized scale from 0 to 1 according to the level of transparency reported in the literature for different renewable energy technologies. Similar conceptual and index-based evaluation approaches are widely used in sustainability and energy policy research (Geels, 2020; Mahalik & Mallick, 2021; Söylemez, 2024).

Equal weighting coefficients were used for all indicators to ensure balanced evaluation of transparency performance. The transparency index was calculated using Equation (1), and the results for the selected renewable energy cases are presented in Table 4.

Table 4.

Transparency index indicators for selected renewable energy projects

Project	Data Accessibility (D)	Monitoring Availability (M)	Public Participation (P)	Accountability (A)	Transparency Index (TI)
Solar Power Plant	0.80	0.90	0.70	0.80	0.80
Wind Energy Facility	0.60	0.70	0.50	0.60	0.60

ISSN 3030-3907

Small Hydropower Plant	0.70	0.60	0.60	0.70	0.65

The results show that the solar power plant demonstrates the highest transparency level due to the implementation of digital monitoring systems and higher accessibility of operational data. The wind energy facility shows a lower transparency level because of limited public participation and reduced availability of monitoring information. The hydropower plant demonstrates a moderate transparency level, reflecting partial implementation of digital reporting and monitoring technologies.

The obtained results confirm that the proposed transparency index model can be effectively used to evaluate governance transparency in renewable energy infrastructure. The integration of digital transparency platforms and GIS-based monitoring systems can significantly improve information accessibility, support public control, and increase accountability in renewable energy project management.

4.2 Evaluation of Renewable Energy Governance Transparency

The results obtained from the transparency index calculation allow a comparative evaluation of governance transparency in different renewable energy infrastructure systems. The calculated values show that the level of transparency is strongly influenced by the availability of digital monitoring technologies, accessibility of operational data, stakeholder participation, and institutional accountability mechanisms. These factors are essential for ensuring effective management, public control, and sustainable development of renewable energy projects.

The analysis of the transparency index values indicates that renewable energy systems equipped with digital monitoring platforms and open data access demonstrate higher transparency levels. In contrast, projects with limited monitoring capabilities and restricted public access to information show lower transparency performance. This confirms that the integration of digital transparency platforms and GIS-based monitoring tools plays an important role in improving governance quality and decision-making efficiency in renewable energy infrastructure.

To illustrate the difference in transparency levels between the selected renewable energy projects, the calculated transparency index values are presented graphically in Figure 6.

ISSN 3030-3907

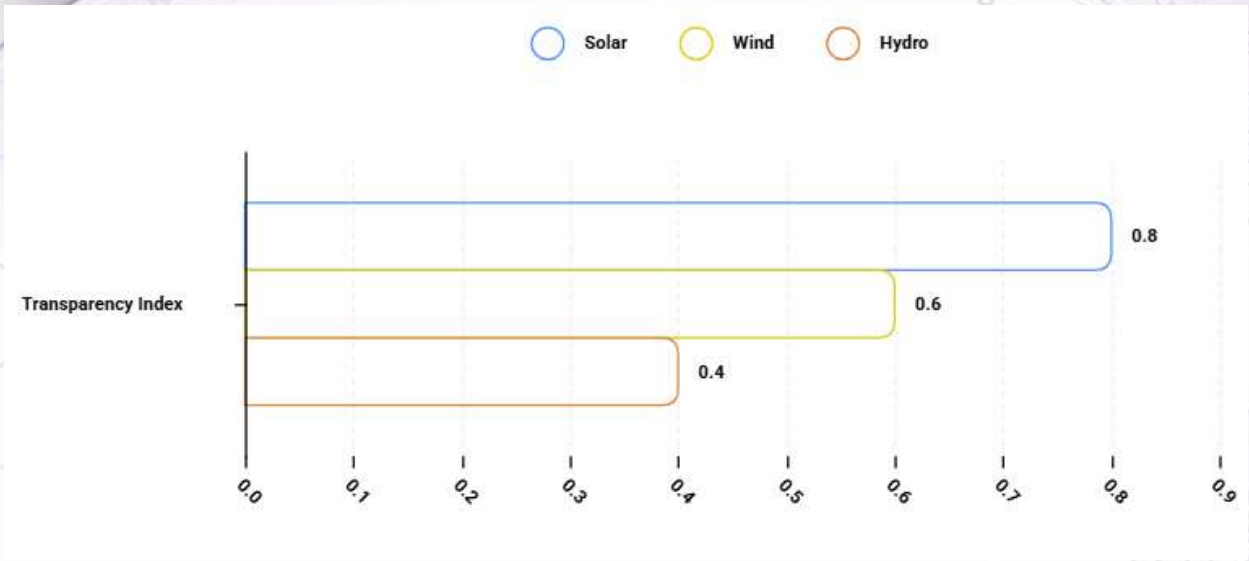


Figure 6: Transparency index comparison for selected renewable energy projects

Figure 6 shows the transparency performance of the selected renewable energy systems. The solar power plant achieved the highest Transparency Index value, followed by the hydropower plant, while the wind energy facility demonstrated the lowest transparency level. These results indicate that digital monitoring tools and open data platforms contribute significantly to improving governance transparency.

The analysis reveals that data accessibility and monitoring availability have the greatest impact on transparency performance. Projects equipped with real-time monitoring systems and digital reporting platforms provide better access to information, enhancing accountability and decision-making. Stakeholder participation and institutional accountability also play important roles in improving governance quality.

The obtained results are consistent with previous studies, which emphasize that digital transparency mechanisms, open data platforms, and GIS-based monitoring systems strengthen public trust, improve accountability, and support sustainable renewable energy management.

4.3 Advantages of the Proposed Transparency Framework

The proposed transparency framework provides a systematic approach for improving governance transparency in renewable energy infrastructure through the integration of digital monitoring technologies, GIS-based analysis, and transparency indicators. The framework enables continuous project monitoring, efficient information management, and evidence-based decision-making.

A key advantage of the framework is the Transparency Index, which combines multiple transparency indicators into a single metric, allowing quantitative evaluation and comparison of renewable energy projects. The use of

ISSN 3030-3907

GIS technologies and digital transparency platforms further supports real-time monitoring, data visualization, and improved planning and management processes.

In addition, the framework promotes stakeholder participation by providing open access to project information, thereby increasing accountability and public trust. Due to its flexibility, the framework can be applied to various renewable energy systems, including solar, wind, and hydropower projects, making it a useful tool for sustainable energy governance.

5. CONCLUSION.

This study proposed a digital transparency framework for improving governance and monitoring efficiency in renewable energy infrastructure. The developed approach integrates transparency indicators, GIS-based monitoring systems, and digital data platforms to provide a unified method for evaluating the openness and accountability of renewable energy projects. The proposed transparency index allows quantitative assessment of governance transparency based on data accessibility, monitoring availability, public participation, and institutional accountability.

The application of the model to selected renewable energy cases demonstrated that the use of digital monitoring technologies significantly increases transparency and improves decision-making efficiency. The results showed that renewable energy projects equipped with real-time monitoring systems and open data platforms have higher transparency levels compared to projects with limited access to operational information. The graphical and numerical analysis confirmed that the proposed index can be used as a practical tool for evaluating governance performance in different renewable energy systems.

The integration of GIS technologies and digital transparency platforms provides additional advantages for infrastructure management. Spatial monitoring allows better visualization of renewable energy projects and supports more effective planning and control processes. The proposed framework also improves stakeholder participation by providing open access to information, which increases public trust and supports sustainable development of the energy sector.

The results obtained in this research confirm that the implementation of digital transparency tools is an important factor for successful renewable energy governance. The proposed model can be applied to different types of renewable energy systems and can be adapted for use in various countries and regulatory conditions. Future research may focus on applying the transparency framework to real large-scale energy projects and integrating artificial intelligence methods for automated monitoring and decision support.

ISSN 3030-3907

REFERENCES

1. Bódis, K., Kougias, I., & Jäger-Waldau, A. (2019). Solar photovoltaic electricity generation: A GIS-based assessment of energy potential. *Renewable Energy, 131*, 1183–1194. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.131
2. Busch, H., & McCormick, K. (2022). Local energy transitions and sustainability governance: Urban perspectives. *Journal of Cleaner Production, 345*, 131122. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131122
3. Charabi, Y., & Gastli, A. (2021). GIS-based spatial analysis for solar energy systems planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135*, 110394. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110394
4. Dujany, N., et al. (2024). Governance for sustainable energy transitions: Policy frameworks and institutional dynamics. *Energy Policy, 185*, 113992.
5. Geels, F. W. (2020). Micro-foundations of the multi-level perspective on socio-technical transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions, 34*, 123–140. https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.11.006
6. Gwenzi, D., Rwizi, L., & Nyamadzawo, G. (2022). GIS-based modelling for renewable energy infrastructure planning and sustainability assessment. *Energy Reports, 8*, 1465–1475. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.054
7. Hasan, M. (2023). Renewable energy adoption and CO_2 emissions: Evidence from panel data analysis. *Energy Strategy Reviews, 45*, 101123. https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101123
8. Hasan, M. (2026). Renewable energy adoption and CO_2 emissions: Evidence from panel data analysis. *Energy Strategy Reviews*, 45, 101123.
9. Janssen, M., Charalabidis, Y., & Zuiderwijk, A. (2020). Open data and digital transparency in public governance: Opportunities and challenges. *Government Information Quarterly, 37*(3), 101484. https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101484
10. Mahalik, M. K., & Mallick, H. (2021). Renewable energy consumption, institutional quality and environmental sustainability. *Energy Policy, 150*, 112109. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112109
11. Martinez-López, F., et al. (2024). GIS-driven planning and modelling of renewable energy communities. *Renewable Energy, 213*, 1180–1193.
12. Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2021). Governing the smart city: Transparency and digital governance challenges. *Information Polity, 26*(3), 317–329. https://doi.org/10.3233/IP-200278
13. Neij, L., & Johansson, B. (2021). Energy system transitions and climate-neutral cities: Policy challenges and opportunities. *Energy Research & Social Science, 75*, 102005. https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102005
14. Radtke, J. (2025). Energy transition governance: Institutional frameworks and policy coordination. *Environmental Policy and Governance*, 35(2), 125–138.

ISSN 3030-3907

15. Robinson, M. (2024). Governance risks in renewable energy infrastructure development. *Basel Institute on Governance Working Paper Series*, 53, 1–35.
16. Sovacool, B. K. (2021). Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. *Energy Research & Social Science*, *73*, 101916. https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101916
17. Söylemez, D. (2024). Assessing governance principles for renewable energy megaprojects and public acceptance. *Journal of Cleaner Production*, *428*, 139435. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139435
18. Söylemez, D. (2024). Governance frameworks for renewable energy development and energy transition. *Energy Research & Social Science*, 104, 103250.
19. Taghipour, P., Rostamzadeh, R., Esgandari, K., & Sarhangi, K. (2023). Policy frameworks for renewable energy development and sustainability transitions. *Sustainable Futures*, *5*, 100116.
20. United Nations Development Programme (UNDP). (2025). *Digital transparency and governance in the energy sector*. UNDP.
21. United Nations Development Programme. (2023). *Digital transparency and governance in the energy sector*. UNDP.
22. Voytenko Palgan, Y., Mont, O., & Zvolska, L. (2021). Sustainability governance and innovation in urban systems. *Sustainable Cities and Society*, *68*, 102761. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102761
23. Wang, J., Li, X., & Chen, Y. (2020). GIS-based assessment of renewable energy resources and spatial planning. *Renewable Energy*, *145*, 1451–1462. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.132
24. World Bank. (2022). *Open data for infrastructure transparency and monitoring*. World Bank Publications.
25. Zhao, X., Zhang, S., & Li, H. (2022). Institutional quality, renewable energy, and environmental sustainability: Evidence from panel data analysis. *Energy Economics*, *105*, 105745. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105745

ISSN 3030-3907

УДК 622.24

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН.

Мамаджанов Э.У.

К.т.н., ст. преподаватель Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте

Аннотация. В данной работе анализируются вопросы, связанные с утечками газа на завершенных строительством газовых скважинах. Выполнена оценка ключевых факторов, способствующих разгерметизации скважин. Обоснована актуальность создания усовершенствованных технологий и составов, направленных на улучшение качества цементирования. Представлен метод обработки обсадных колонн, способствующий повышению устойчивости ствола и исключению межпластовых миграций газа.

Ключевые слова: потери газа, герметичность, переток, пласт, ствол скважины, обсадная труба, покрытие, изоляция, шероховатость, адгезия, полимер.

Annotatsiya. Ushbu ishda qurib bitkazilgan gaz quduqlarida gaz sizib chiqishi bilan bog‘liq masalalar tahlil qilinadi. Quduqlarning germetikligini yo‘qotishga olib keladigan asosiy omillarga baho berilgan. Cementlash sifatini yaxshilashga qaratilgan takomillashtirilgan texnologiyalar va tarkiblar yaratishning dolzarbligi asoslab berilgan. Quduq devorining mustahkamligini oshirishga va qatlamlar orasidan gaz migratsiyasini istisno qilishga yordam beradigan qoplama quvurlarini qayta ishlash usuli taqdim etilgan.

Kalit so‘zlar: gaz yo‘qotilishi, germetiklik, oqib o‘tish, qatlam, quduq tubi, quduq qobig‘i, qoplama, izolyatsiya, siliqlik, yopishqoqlik, polimer.

Annotation. This article analyzes issues related to gas leaks in completed gas wells. An assessment is provided of the key factors contributing to well leakage. The paper justifies the need to develop improved technologies and compositions aimed at enchancing the quality of cementing. A method for treating casing string is presented, which helps increase wellbore stability and prevent interformation gas migration.

Keywords: gas losses, tightness, overflow, reservoir, borehole, casing, coating, insulation, roughness, adhesion, polymer.

ВВЕДЕНИЕ.

Вопросы сбережения энергетических ресурсов находятся в числе приоритетных задач правительства и для нефтегазовой отрасли это направление приобретает особую актуальность. Значимым резервом здесь выступает сохранение запасов газа за счет предотвращения его потерь,

ISSN 3030-3907

возникающих при перетоках в стволах газовых скважин. Анализ практики строительства газовых скважин и промысловых данных свидетельствует о недопустимости прямого переноса технологических решений, применяемых при бурении нефтяных скважин, на газовые и газоконденсатные объекты. Отсутствие профилактических мер при разбуривании новых площадей неизбежно ведет к возникновению межпластовых перетоков газа. Данное обстоятельство пока не нашло должного отражения в регламентирующих документах по разведке, разработке и охране недр газовых и газоконденсатных месторождений, хотя необходимость предотвращения подобных осложнений диктует применение таких технологий проводки, которые исключают формирование "проблемных" стволов, создающих каналы для миграции газа под высоким давлением [1]. В этой связи на этапе заканчивания газовых скважин требуется внедрение наиболее результативных технологических решений и материалов. Одним из перспективных способов борьбы с заколонными проявлениями и межпластовыми перетоками является нанесение на поверхность обсадных труб специальных смоло-песчаных композиций, формирующих шероховатый и электроизолирующий слой на их внешней стороне [2]. Сложность получения таких труб связана не только с самой технологией обработки, но и со значительной суммарной площадью поверхности труб, используемых для одной скважины (порядка 300-400 эксплуатационных труб).

За последние два десятилетия было разработано множество технологических подходов к нанесению различных материалов на металлические поверхности. Эти методы различаются по термостойкости применяемых покрытий, прочности сцепления (адгезии), качеству обработки поверхности и доступности с технической точки зрения. Выбор конкретной технологии определяется геометрией обрабатываемой поверхности и типом используемого композиционного материала, что, в свою очередь, требует соответствующего оборудования. Немаловажную роль при этом играет и химическая природа выбранного материала. Ниже рассмотрены наиболее подходящие технологические процессы в привязке к типу применяемого материала.

В качестве полимерных покрытий наиболее распространены следующие виды.

Полиэтилен. Интерес к этому материалу обусловлен тем, что он является продуктом нефтегазовой отрасли. Для нанесения на металлы используют полиэтилен как высокой, так и низкой плотности. Полиэтилен высокой плотности (низкого давления) характеризуется более высокой

ISSN 3030-3907

степенью кристалличности (75-85%) и температурой текучести. Полиэтилен низкой плотности (высокого давления) обладает меньшей кристалличностью (55-67%), что придает покрытиям большую эластичность. Благодаря более высокой молекулярной массе, полиэтилен высокой плотности выдерживает повышенные температуры и отличается большей твердостью. Однако, учитывая его склонность к растрескиванию, предпочтительным является использование смесей полиэтиленов разных плотностей. Изделия с полиэтиленовым покрытием демонстрируют химическую стойкость и водонепроницаемость. Такие покрытия применяются для антикоррозионной защиты и в качестве электроизоляции от высокочастотных токов. Кроме того, они повышают стойкость деталей при температурах до 333°К [3]. Для замедления процессов старения в полиэтилен вводят стабилизаторы (ароматические амины, сернистые соединения, фенолы), препятствующие проникновению кислорода в структуру полимера. Адгезия чистого полиэтилена к металлу невысока. Для ее улучшения применяют композиции полиэтилена с полиизобутиленом (10-15%) и техническим углеродом (до 5%).

Полипропилен. Этот материал широко востребован в промышленности благодаря оптимальному сочетанию прочности, малого веса и устойчивости к воздействию кислот, щелочей и органических растворителей [4]. Он превосходит полиэтилен по термостойкости (до 413°К), обладает электроизоляционными свойствами, что делает его применение более предпочтительным.

Полиуретаны. Покрытия из полиуретанов отличаются высокой адгезией к разнообразным материалам, устойчивостью к щелочам, концентрированным и разбавленным органическим кислотам, углеводородам, маслам и жирам. Они совмещают в себе твердость и эластичность. Для формирования покрытий используется порошкообразный полиуретан ПУ-1 — термопластичный кристаллический полимер. Покрытия на его способны длительно эксплуатироваться в условиях повышенной влажности при температурах до 383°К [5].

Пентапласт. Относится к категории химически стойких материалов. Обладает высокими механическими, диэлектрическими и антикоррозионными характеристиками, низкой вязкостью расплава, технологичностью и хорошей адгезией к металлам, что делает его пригодным для создания защитных покрытий. Пентапласт стоек к водным растворам щелочей, кислот и солей. Благодаря высокой термо- и теплостойкости, изделия с покрытием из этого полимера могут эксплуатироваться при температурах до 403°К, а в бескислородной среде —

ISSN 3030-3907

до 483°К [6]. Нанесение пентапласта производится в порошковой форме или в виде дисперсий в органических средах. Для сохранения его свойств при переработке и эксплуатации в условиях высоких температур в состав вводят стабилизаторы, такие как диафен НН, бисалкофен БП, ирганокс 1010 и другие. С целью повышения прочности, твердости и теплостойкости напыленного слоя в пентапласт добавляют минеральные наполнители, а для улучшения химической стойкости в агрессивных средах — оксиды металлов (Cr_2O_3, TiO_2 и др.).

Эпоксидные смолы. Среди реактопластов для создания защитных покрытий наиболее часто используются эпоксидные смолы. При взаимодействии смолы с отвердителем формируется продукт с трехмерной структурой. В роли отвердителей могут выступать безводная фталевая кислота, амины и другие соединения. В состав эпоксидных композиций также вводят пластификаторы и наполнители. Для напыления, как правило, используется тщательно перемешанная порошковая смесь отвердителя и смолы. Смесь нагревают до частичного отверждения, после чего резко охлаждают и измельчают в порошок для последующего использования. Отвержденные эпоксидные смолы устойчивы к спиртам, углеводородам, щелочам, солям, разбавленным минеральным кислотам и смазочным маслам, сохраняя удовлетворительные электроизоляционные свойства при высокой влажности и температурах. Благодаря наличию значительного числа функциональных групп, эпоксидные смолы обладают высокой адгезией к металлам [7].

В зависимости от условий, нанесение эпоксидной смолы целесообразно проводить в жидкой фазе, что наиболее приемлемо в промысловых условиях нефтегазовой отрасли.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ.

Далее изложены основные принципы и последовательность операций предлагаемого метода:

1. Формирование на наружной поверхности обсадных труб специального покрытия, предназначенного для защиты от коррозионного воздействия и увеличения силы сцепления (адгезии) между трубой и цементным камнем.

2. Материалы, используемые для создания внешней оболочки эксплуатационной колонны, должны соответствовать следующим требованиям:

а) высокая адгезионная способность по отношению к металлу;

б) устойчивость к воздействию кислотных и щелочных сред;

в) наличие электроизоляционных свойств;

ISSN 3030-3907

г) термостойкость, соответствующая пластовым температурам;
д) низкая вязкость для удобства нанесения в полевых условиях.

3. Создание шероховатости на внешней поверхности обсадных труб достигается путем последующего нанесения на предварительно обработанный составом (согласно п. 2) слой кварцевого песка определенного гранулометрического состава.

На основе сравнительных лабораторных испытаний для формирования покрытий, удовлетворяющих вышеперечисленным условиям, рекомендованы три рецептуры [8].

Рецептура 1 включает эпоксидную смолу (ЭД-5 или ЭД-6), дибутилфталат (ДБФ, C_6H_4-$(COOC_4H_9)_2$) в качестве пластификатора и ацетон как растворитель. Для приготовления состава смолу нагревают до 60–80°С, после чего добавляют 10–20% дибутилфталата от массы смолы и тщательно перемешивают. Требуемую для распыления вязкость регулируют добавлением ацетона.

Рецептура 2 состоит из эпоксидного компаунда К-153 и ацетона (растворителя) для корректировки вязкости.

Рецептура 3 включает эпоксидный лак ЭП-917 и ацетон, выполняющий ту же функцию регулирования вязкости.

Рецептуры 1 и 2 рекомендованы для применения при пластовых температурах, не превышающих 90°С, тогда как рецептура 3 пригодна для температур до 130°С. Приготовление составов должно осуществляться непосредственно перед началом работ по нанесению покрытия. Они способны длительное время сохранять жидкую консистенцию и отверждаются лишь после введения отвердителя — гексаметилендиамина ($H_2N(CH_2)_6NH_2$) или полиэтиленполиамина ($H_2N(CH_2CH_2NH)_nH$).

До начала приготовления выбранного состава необходимо:

а) подготовить требуемый объем сухого, очищенного от примесей песка с фракцией 0,3–0,8 мм. Нормативный расход песка создания шероховатого слоя у труб разных диаметров представлен ниже.

Нормативный расход песка для труб разных диаметров

Диаметр обсадной колонны, мм	Расход песка, необходимого для покрытия 1 погонного метра обсадной трубы, кг
146	0,5
168	0,7
178	1,0
194	1,5

ISSN 3030-3907

б) трубы, подлежащие обработке, разместить на стеллажах, тщательно очистить их наружную поверхность от масляных загрязнений, ржавчины и влаги.

Расход компонентов для приготовления покрытий приведен ниже.

Массовый расход компонентов

Диаметр обсадной колонны, мм	Расход смол для покрытия 10 погонных метров трубы, кг		
	ЭД-5 (ЭД-6)	К-153	ЭП-917
146	0,80	0,35	0,35
168	1,0	0,45	0,45
178	1,20	0,50	0,50
194	1,40	0,60	0,60

Расход пластфикатора для покрытия 10 погонных метров труб представлен ниже.

Расход пластификатора (дибутилфталата) для покрытия 10 погонных метров трубы.

Диаметр обсадной колонны, мм	Расход дибутилфталата при применении различных типов смол, кг		
	ЭД-5 (ЭД-6)	К-153	ЭП-917
146	0,15	-	-
168	1,20	-	-
178	1,24	-	-
194	1,28	-	-

Расход разбавителя (ацетон) с учетом промывки оборудования приведен ниже.

Расход разбавителя (ацетон)с учетом промывки оборудования

Диаметр обсадной колонны, мм	Расход дибутилфталата при применении различных типов смол, кг		
	ЭД-5 (ЭД-6)	К-153	ЭП-917
146	0,50	0,20	0,20
168	1,55	0,25	0,25
178	1,60	0,30	0,30
194	1,65	0,35	0,35

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

Последовательность операций по нанесению специальных составов на трубы эксплуатационных колонн, направленная на улучшение контакта в системе "цементный камень – труба", должна неукоснительно соблюдаться с учетом правил безопасности:

ISSN 3030-3907

1. Персонал, выполняющий нанесение покрытия с использованием распылителей, обязан применять средства индивидуальной защиты: защитные очки и респираторы.

2. Смесь с добавленным отвердителем готовится непосредственно перед нанесением на трубы в объеме, необходимом для однократного заполнения распылительной аппаратуры.

3. При использовании рецептур 1 и 2 отвердитель вводится в количестве 10% от объема смеси, для рецептуры 3 – 8%.

4. Во избежание преждевременного затвердевания состава внутри распылителя температура как самой смеси, так и отвердителя не должна превышать 40°С.

5. Для сохранения целостности сформированного шероховатого слоя необходимо соблюдать осторожность при транспортировке и спуске труб в скважину, руководствуясь действующей инструкцией по спуску и цементированию обсадных колонн (ВНИИБТ).

6. Обработка труб смоло-песчаными составами производится преимущественно на трубных базах; в виде исключения допускается проведение работ непосредственно на буровой.

7. Трубы с нанесенным покрытием проходят контрольную проверку. На их наружной поверхности не должно быть дефектов и отслоений.

8. На выполненные работы по нанесению смоло-песчаного покрытия составляется акт, также оформляется акт приемки труб на скважине.

9. Трубы с покрытием доставляются на буровую или обрабатываются на ней, исходя из геолого-технических условий конкретной скважины. Количество таких труб определяется необходимостью перекрытия интервалов всех проницаемых пластов и их кровли в необсаженной части ствола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамаджанов Э.У. Межпластовые перетоки газа на газовых месторождениях // Тезисы докладов IV республиканского научно-технического семинар-совещания «Совершенствование технологии бурения и крепления скважин». – Ташкент, 2004. – С. 72.
2. Ашрафьян М.О. Технология разобщения пластов в осложненных условиях. – М.: Недра, 1989. – С. 14–23.
3. Полиэтилен высокого давления (ПЭВД): свойства и применение [Электронный ресурс] // Proplast. – URL: https://proplast.ru/articles/polietilen-vyisokogo-davleniya-pevd/
4. Что такое полипропилен? [Электронный ресурс] // Petropolimer. – URL: https://petropolimer.ru/stati/chto-takoe-polipropilen/

ISSN 3030-3907

5. Полиуретаны [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. – URL: https://bigenc.ru/c/poliuretany-5eb1c0
6. Пентапласт [Электронный ресурс] // Mplast.by. – URL: https://mplast.by/encyklopedia/pentaplast/
7. Хлаинг Зо У. Композиционные материалы на основе винилсодержащих эпоксидных смол: дисс. канд. техн. наук. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021. – С. 15.
8. Временная инструкция по применению мероприятий, предотвращающих затрубные газопроявления и коррозию наружной поверхности обсадных труб. – Москва, 1972.

ISSN 3030-3907

UDK 621.867.2:678.06

КОНВЕЙЕР ТАСМАЛАРИНИ ИССИҚ ВУЛКАНИЗАЦИЯ УСУЛИ БИЛАН УЛАШНИНГ ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

Ҳайдаров Ш.Б.
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети
Хамзаев А.А.
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети
Усманова У.Х.
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети

Аннотация. Мақолада конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация усули билан улаш жараёнининг асосий технологик параметрлари таҳлил қилинган. Тадқиқотда ҳарорат, босим ва вақтнинг стык бирикмалари мустаҳкамлигига таъсири ўрганилди. Вулканизация прессларида ҳароратнинг бир текис тақсимланиши учун мақбул босим режимлари аниқланди. Экспериментлар натижасида 146–151°C ҳарорат оралиғи ва тасма қалинлигининг ҳар 1 мм учун 3 дақиқа вулканизация вақти самарали экани белгиланди. Совутиш жараёнининг сув билан, вентилятор орқали ва табиий усуллари қиёсий таҳлил қилинди. Сув билан совутиш энг қисқа вақт талаб қилиши аниқланди. Шунингдек, ташқи муҳит ва эксплуатация омилларининг стык сифатига таъсири баҳоланди. Олинган натижалар конвейер тасмалари хизмат муддатини оширишга хизмат қилади. Тадқиқот натижалари кончилик саноати корхоналари учун амалий аҳамиятга эга. Тавсия этилган режимлар ишончлиликни ошириш имконини беради.

Калит сўзлар: конвейер тасмаси, иссиқ вулканизация, стык бирикмаси, ҳарорат, босим, вулканизация вақти, совутиш жараёни, ишончлилик, кончилик саноати, эксплуатация.

Аннотация. В статье проанализированы основные технологические параметры процесса соединения конвейерных лент методом горячей вулканизации. Исследовано влияние температуры, давления и времени на прочность стыковых соединений. Определены оптимальные режимы давления для обеспечения равномерного распределения температуры в вулканизационных прессах. Установлено, что температура 146–151°C и продолжительность вулканизации 3 минуты на каждый миллиметр толщины ленты обеспечивают высокое качество соединения. Проведен сравнительный анализ различных способов охлаждения. Показано, что водяное охлаждение является наиболее эффективным по времени. Также изучено влияние внешних факторов и эксплуатационных условий на надежность стыков. Полученные результаты способствуют увеличению

срока службы конвейерных лент. Разработанные рекомендации имеют практическое значение для горнодобывающей промышленности. Предлагаемые режимы позволяют повысить надежность конвейерных систем.

Ключевые слова: конвейерная лента, горячая вулканизация, стыковое соединение, температура, давление, время вулканизации, охлаждение, надежность, горная промышленность, эксплуатация.

Abstract. This article analyzes the main technological parameters of conveyor belt splicing by the hot vulcanization method. The influence of temperature, pressure, and vulcanization time on splice strength was investigated. Optimal pressure modes were determined to ensure uniform temperature distribution in vulcanization presses. Experimental results showed that a temperature range of 146–151°C and a vulcanization time of 3 minutes per millimeter of belt thickness provide high-quality joints. A comparative analysis of cooling methods was also conducted. Water cooling was found to be the most time-efficient method. The effects of environmental and operational factors on splice reliability were evaluated. The obtained results contribute to extending the service life of conveyor belts. The developed recommendations have practical significance for mining enterprises. The proposed technological modes improve the reliability and efficiency of conveyor systems.

Keywords: conveyor belt, hot vulcanization, splice joint, temperature, pressure, vulcanization time, cooling process, reliability, mining industry, operation.

1. КИРИШ.

Кон саноати корхоналарида конвейер транспорт тизимлари хомашё, маъдан ва тоғ жинсларини узлуксиз равишда ташишда муҳим ўрин тутади. Бундай тизимларнинг самарали ва барқарор ишлаши кўп жиҳатдан конвейер тасмаларининг техник ҳолати ва ишончлилигига боғлиқ ҳисобланади. Конвейер тасмаси транспорт жараёнининг асосий ишчи элементи бўлиб, у юқори юкламалар, доимий механик таъсирлар, абразив муҳит ва турли иқлим шароитларида фаолият юритади. Шу сабабли тасманинг ҳар қандай нуқсони ёки шикастланиши бутун технологик жараённинг тўхтаб қолишига, ишлаб чиқариш самарадорлигининг пасайишига ҳамда қўшимча иқтисодий харажатларнинг юзага келишига олиб келиши мумкин.

Конвейер тасмаларининг эксплуатацияси жараёнида энг масъулиятли ва заиф қисмлардан бири стык (улаш) бирикмалари ҳисобланади. Тасма қисмларини бир-бирига улаш учун ҳосил қилинадиган ушбу бирикмалар юқори тортиш кучлари, такрорий динамик юкланишлар, эгилиш ва вибрациялар таъсирида ишлайди. Бундан ташқари, кон муҳитидаги намлик,

ISSN 3030-3907

чанг, ҳарорат ўзгаришлари ва кимёвий таъсирлар ҳам стык бирикмаларининг техник ҳолатига салбий таъсир кўрсатади. Амалиёт шуни кўрсатадики, конвейер тасмаларида юзага келадиган авария ва носозликларнинг катта қисми айнан улаш жойларида содир бўлади. Шунинг учун стык бирикмаларининг мустаҳкамлиги ва узоқ муддатли ишончлилигини таъминлаш муҳим илмий ва амалий вазифалардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда конвейер тасмаларини улашнинг бир нечта усуллари мавжуд бўлиб, улар орасида иссиқ вулканизация технологияси энг кенг тарқалган ва самарали усул сифатида эътироф этилади. Ушбу технология резина-матоли ҳамда резина-тросли тасмаларни юқори мустаҳкамлик билан бириктириш имконини беради. Иссиқ вулканизация жараёнида махсус пресс қурилмалари ёрдамида белгиланган ҳарорат ва босим остида резина қатламлари ўзаро кимёвий ва механик боғланиш ҳосил қилади. Натижада ҳосил бўлган стык бирикмаси ўзининг мустаҳкамлиги, эластиклиги ва чидамлилиги бўйича асосий тасма хусусиятларига яқинлашади.

Бироқ иссиқ вулканизация жараёнининг самарадорлиги кўп жиҳатдан технологик параметрларнинг тўғри танланишига боғлиқ бўлади. Вулканизация ҳарорати меъёрдан паст бўлганда резина қатламларининг етарлича полимерланиши таъминланмайди, бу эса бирикманинг мустаҳкамлигини пасайтиради. Аксинча, ҳароратнинг ортиқча юқори бўлиши резинанинг қаришига ва унинг физик-механик хусусиятларининг ёмонлашишига сабаб бўлиши мумкин. Худди шунингдек, пресслаш босими ва вулканизация вақти ҳам стык сифатини белгиловчи муҳим омиллар ҳисобланади. Босимнинг етарли бўлмаслиги қатламлар орасида бўшлиқлар ҳосил бўлишига олиб келса, ортиқча босим резина тузилишининг бузилишига сабаб бўлиши мумкин. Вулканизация вақтининг нотўғри танланиши эса жараённинг тўлиқ якунланмаслиги ёки ортиқча ишлов берилишига олиб келади.

Шу муносабат билан иссиқ вулканизация жараёнида ҳарорат, босим ва вақт параметрларининг ўзаро таъсирини чуқур таҳлил қилиш, уларнинг стык бирикмаси мустаҳкамлигига таъсир даражасини аниқлаш ҳамда оптимал технологик режимларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга. Бундай тадқиқотлар натижалари конвейер тасмаларининг хизмат муддатини ошириш, авария ҳолатларини камайтириш, таъмирлаш харажатларини қисқартириш ва кон корхоналарида транспорт жараёнларининг ишончлилигини таъминлашга хизмат қилади.

Мазкур тадқиқотнинг асосий мақсади конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация усули ёрдамида улаш жараёнида асосий технологик

ISSN 3030-3907

параметрлар ўртасидаги боғлиқлик қонуниятларини аниқлаш, уларнинг стык бирикмалари мустаҳкамлиги ва ишончлилигига таъсирини баҳолаш ҳамда ишлаб чиқариш шароитларида қўллаш учун илмий асосланган амалий тавсиялар ишлаб чиқишдан иборатдир. Бу эса конвейер транспорт тизимларининг самарадорлигини ошириш ва кончилик саноатида ресурслардан оқилона фойдаланишга хизмат қилади.

2. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ.

Конвейер тасмаларини улаш ва вулканизация қилиш технологияларини такомиллаштириш масалалари сўнгги йилларда жаҳон олимлари ва мутахассислари томонидан кенг кўламда ўрганилмоқда. Кончилик, металлургия, цемент ва бошқа оғир саноат тармоқларида конвейер транспорт тизимларининг аҳамияти ортиб бораётгани сабабли тасма стык бирикмаларининг ишончлилиги ва узоқ муддатли хизмат қилишини таъминлашга қаратилган тадқиқотларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Илмий адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация қилиш жараёнида технологик параметрларнинг оптимал қийматларини аниқлаш ҳамда уларнинг бирикма сифатига таъсирини баҳолаш долзарб илмий йўналишлардан бири ҳисобланади.

Германия ва Польша олимлари томонидан олиб борилган тадқиқотларда иссиқ вулканизация жараёнида ҳарорат майдонининг бир текис тақсимланиши стык бирикмасининг мустаҳкамлигига ҳал қилувчи таъсир кўрсатиши илмий жиҳатдан асослаб берилган. Уларнинг изланишлари натижасида вулканизация прессининг бутун ишчи юзаси бўйлаб ҳароратнинг бир хил сақланиши резина қатламлари орасидаги молекуляр боғланишларнинг тўлиқ шаклланишига хизмат қилиши аниқланган. Агар ҳарорат майдонида маҳаллий фарқлар юзага келса, айрим участкаларда резинанинг етарли даражада вулканизацияланмаслиги ёки аксинча ортиқча қизиб кетиши кузатилади. Бу эса стык бирикмасида ички кучланишлар ҳосил бўлишига ва эксплуатация жараёнида унинг эрта ишдан чиқишига сабаб бўлиши мумкин. Шунинг учун замонавий вулканизация технологияларида ҳароратни юқори аниқликда назорат қилиш ва унинг бир текис тақсимланишини таъминлаш муҳим техник талаб сифатида қаралади.

Россиялик тадқиқотчилар томонидан эса вулканизация жараёнининг асосий параметрлари ҳисобланган босим ва вақт кўрсаткичларини танлаш бўйича қатор илмий ва амалий тадқиқотлар амалга оширилган. Уларнинг ишларида турли турдаги резина-матоли ва резина-тросли тасмалар учун тавсия этилган технологик режимлар ишлаб чиқилган ҳамда норматив ҳужжатларда акс эттирилган. Мазкур тадқиқотлар натижаларига кўра,

ISSN 3030-3907

вулканизация вақти ва босим қийматларининг оптимал танланиши резина қатламларининг сифатли бирикишини таъминлаб, стык бирикмасининг механик мустаҳкамлигини сезиларли даражада оширади. Шу билан бирга, босимнинг етарли даражада бўлмаслиги ҳаво бўшлиқлари ва нуқсонларнинг ҳосил бўлишига олиб келиши, ортиқча босим эса резина қатламларининг деформацияланишига сабаб бўлиши мумкинлиги таъкидланган.

Сўнгги йилларда конвейер тасмаларини улаш соҳасида рақамли технологияларни жорий этишга катта эътибор берилмоқда. Хусусан, Premium классга мансуб кўчма вулканизация прессларии — EMU Liquid, EMU Air, KLIV Module, KLIV Cycon, гидравлик прессларва Vulcolite туридаги қурилмалар юқори даражада автоматлаштирилган бошқарув тизимлари билан жиҳозланмоқда. Ушбу қурилмалар таркибида ҳарорат, босим ва вулканизация вақти каби параметрларни реал вақт режимида кузатиш ва бошқариш имконини берувчи электрон назорат тизимлари қўлланилади. Бу эса инсон омилининг таъсирини камайтириш, технологик жараён барқарорлигини таъминлаш ва тайёр стык бирикмаларининг сифатини ошириш имконини беради. Айрим моделларда масофадан мониторинг қилиш, авария ҳолатларини автоматик аниқлаш ва маълумотларни архивлаш функциялари ҳам жорий қилинган.

Шу билан бирга, илмий адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, мавжуд тадқиқотларнинг асосий қисми лаборатория ёки назорат қилинувчи саноат шароитларида ўтказилган. Кончилик корхоналарининг очиқ майдонларда жойлашган объектларида эса ташқи муҳит омиллари технологик жараёнга қўшимча таъсир кўрсатади. Кучли шамол оқимлари, ҳаводаги чанг заррачалари, юқори намлик ёки ҳароратнинг кескин ўзгариши вулканизация жараёнида иссиқлик тақсимланишига ва технологик режимларнинг барқарорлигига таъсир қилиши мумкин. Шу сабабли замонавий автоматлаштирилган вулканизация прессларининг ҳақиқий ишлаб чиқариш шароитидаги самарадорлигини баҳолаш, ташқи муҳит таъсирини ҳисобга олган ҳолда технологик режимларни такомиллаштириш муҳим илмий вазифа бўлиб қолмоқда.

Ўзбекистон кончилик саноатида ҳам конвейер транспорт тизимлари кенг қўлланилмоқда. Айниқса, Олмалиқ кон-металлургия комбинати, Навоий кон-металлургия комбинати ва бошқа йирик тоғ-кон корхоналарида катта узунликдаги конвейер линиялари ишлатилади. Бироқ маҳаллий шароитларда конвейер тасмаларини улаш ва вулканизация қилиш жараёнларининг технологик хусусиятларини ўрганишга бағишланган илмий ишлар ҳозирча етарли даражада эмас. Мавжуд тадқиқотларнинг аксарияти хорижий тажриба ва умумий техник меъёрларга асосланган

ISSN 3030-3907

бўлиб, Ўзбекистоннинг иқлим шароити, юқори ёзги ҳароратлар, чангли муҳит ва маҳаллий ишлаб чиқариш хусусиятларини тўлиқ ҳисобга олмайди.

Шу муносабат билан маҳаллий кончилик корхоналари шароитида конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация қилиш жараёнини комплекс ўрганиш, технологик параметрларнинг оптимал қийматларини аниқлаш ва амалий методик тавсиялар ишлаб чиқиш долзарб илмий-амалий вазифалардан бири ҳисобланади. Бундай тадқиқотлар натижалари стык бирикмаларининг ишончлилигини ошириш, конвейер тизимларининг хизмат муддатини узайтириш ва ишлаб чиқариш самарадорлигини янада юксалтиришга хизмат қилади.

3. ТАДҚИҚОТ УСУЛЛАРИ.

Мазкур тадқиқотда конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация қилиш жараёнининг асосий технологик параметрлари ва уларнинг стык бирикмалари сифатига таъсирини аниқлаш мақсадида бир қатор замонавий тадқиқот усулларидан фойдаланилди. Тадқиқот жараёнида экспериментал ўлчашлар, технологик параметрларни статистик ва қиёсий таҳлил қилиш, стык бирикмаларининг механик мустаҳкамлигини баҳолашнинг стандарт синов усуллари ҳамда иссиқлик тарқалиш жараёнларини моделлаштириш усуллари қўлланилди. Ушбу ёндашувлар вулканизация жараёнини ҳар томонлама ўрганиш ва технологик режимларнинг оптимал қийматларини аниқлаш имконини берди.

Тажрибалар саноатда кенг қўлланиладиган резина-матоли конвейер тасмаларининг EP 400/3 ва EP 630/4 турлари устида ўтказилди. Ушбу тасмалар юқори мустаҳкамликка эга бўлиб, тоғ-кон саноатида маъдан ва тоғ жинсларини ташиш учун кенг қўлланилади. Тадқиқот жараёнида тасмалар белгиланган технология асосида тайёрланиб, иссиқ вулканизация усули орқали уланди.

Ҳарорат параметрларини назорат қилиш мақсадида вулканизация прессларининг иситиш плиталарига ўрнатилган юқори аниқликдаги термопарлардан фойдаланилди. Ўлчаш натижалари асосида плиталар юзаси бўйлаб ҳарорат тақсимланиши аниқланди ҳамда ҳарорат майдонидаги фарқлар баҳоланди. Гидравлик тизимда ҳосил қилинадиган босим махсус динамометрик асбоблар ёрдамида доимий равишда назорат қилинди. Вулканизация вақти эса тасманинг конструкцияси, қалинлиги ва материал хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда белгиланди.

Олинган натижалар таҳлил қилиниб, ҳарорат, босим ва вақт параметрлари ўртасидаги ўзаро боғлиқликлар ҳамда уларнинг стык бирикмалари мустаҳкамлигига таъсири баҳоланди.

3.1. Ҳарорат параметрлари.

ISSN 3030-3907

Иссиқ вулканизация жараёнида ҳарорат режими стык бирикмасининг сифатини белгиловчи асосий омиллардан бири ҳисобланади. Вулканизация жараёнида резина материалининг физик-кимёвий хусусиятлари маълум ҳарорат диапазонида ўзгаради ва мустаҳкам полимер боғланишлар ҳосил бўлади. Шу сабабли ҳароратнинг белгиланган қийматдан оғиши бирикма сифатининг ёмонлашишига олиб келиши мумкин.

Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, иситиш плиталарининг температура кўрсаткичлари кўп жиҳатдан иситиш элементларининг (ТЭНларнинг) конструктив ҳолати, монтаж сифати ва техник созлигига боғлиқ бўлади. Агар иситиш элементлари нотўғри жойлаштирилган ёки уларнинг ишлаш самарадорлиги пасайган бўлса, плиталар юзасида ҳароратнинг нотекис тақсимланиши кузатилади. Бу ҳолат эса вулканизация жараёнининг турли участкаларда ҳар хил кечишига сабаб бўлади.

Айниқса, очиқ ҳавода амалга ошириладиган улаш ишларида ташқи муҳит омилларининг таъсири сезиларли даражада ортади. Қуёш радиацияси, ҳаво ҳароратининг ўзгариши, чанг заррачалари ҳамда ташқи совутиш таъсирлари ҳарорат майдонининг барқарорлигига салбий таъсир кўрсатади. Кучли ёнлама шамоллар эса иситиш плиталарининг айрим қисмларида иссиқлик йўқотилишини кучайтириб, ҳароратнинг локал пасайишига олиб келади. Натижада стыкнинг турли зоналарида вулканизация даражаси бир хил бўлмай қолиши мумкин.

Экспериментал ўлчашлар натижаларига кўра, вулканизация ҳароратининг 10°C га пасайиши технологик жараён давомийлигини тахминан икки баравар оширишни талаб қилади. Бу ҳолат резина материалининг вулканизация тезлиги ҳароратга бевосита боғлиқ эканлигини тасдиқлайди. Шунинг учун амалиётда иситиш плиталарининг бутун ишчи юзаси бўйлаб ҳароратни бир хил сақлаш ва белгиланган диапазондан чиқмаслигини таъминлаш муҳим техник талаб ҳисобланади.

3.2. Босим параметрлари.

Иссиқ вулканизация жараёнида босим параметрлари ҳам стык бирикмасининг мустаҳкамлиги ва сифатини таъминловчи муҳим технологик кўрсаткичлардан бири ҳисобланади. Босимнинг асосий вазифаси резина қатламлари ва мустаҳкамловчи материалларнинг бир-бирига зич ёпишишини таъминлаш ҳамда бирикма ичида ҳаво бўшлиқлари пайдо бўлишининг олдини олишдан иборат.

Тадқиқот давомида гидравлик прессларда босимнинг ҳароратга боғлиқ ҳолда босқичма-босқич оширилиши энг яхши натижа беришини кўрсатди. Жумладан, иситиш плиталари ҳарорати 50°C га етганда гидравлик насос босимини 100 бар (10 МПа) гача етказиш мақсадга мувофиқ эканлиги

ISSN 3030-3907

аниқланди. Бу босқичда материаллар дастлабки қизиш жараёнидан ўтади ва қатламлар ўзаро яқинлашади.

Ҳарорат 80–100°C оралиғига етганда босимни 200 бар (20 МПа) гача ошириш тавсия этилади. Ушбу босқичда резина қатламларининг пластиклик хусусияти ортиб, уларнинг бир-бирига яхши ёпишиши таъминланади. Кейинги босқичда, яъни ҳарорат 100°C дан юқори қийматларга етганда гидравлик босим 300 бар (30 МПа) гача оширилади. Бу эса стык зонасида максимал зичлик ва мустаҳкамлик ҳосил қилиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларига кўра, вулканизация жараёнининг асосий ҳисоблаш вақти иситиш плиталари ҳарорати 146°C га етган пайтдан бошланиши лозим. Кейинги босқичда ҳарорат 151 ± 5°C диапазонида ушлаб турилиши зарур. Мазкур режим резина материалининг тўлиқ вулканизацияланиши, юқори механик мустаҳкамликка эга стык бирикмаси ҳосил бўлиши ҳамда маҳсулотнинг эксплуатацион ишончлилигини таъминлаш учун энг мақбул технологик шароит сифатида баҳоланди.

Олинган натижалар ҳарорат ва босим параметрларининг ўзаро мувофиқ ҳолда бошқарилиши конвейер тасмалари стык бирикмаларининг сифатини оширишда ҳал қилувчи аҳамиятга эга эканлигини кўрсатди. Бу эса конвейер транспорт тизимларининг ишончлилигини ошириш ва уларнинг хизмат муддатини узайтириш учун муҳим омил ҳисобланади.

4. НАТИЖАЛАР ВА МУҲОКАМА

4.1. Вулканизация режими

Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар ва олинган натижалар таҳлили асосида конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация қилиш учун энг мақбул технологик режимлар аниқланди. Вулканизация жараёнида ҳарорат, босим ва вақт параметрларининг ўзаро мувофиқлиги стык бирикмасининг механик мустаҳкамлиги, эластиклиги ва узоқ муддатли ишончлилигини таъминловчи асосий омиллар ҳисобланади.

Тадқиқот натижаларига кўра, стандарт конструкцияли резина-матоли конвейер тасмалари учун оптимал вулканизация режими сифатида ҳароратнинг **145 ± 5°C** диапазонида сақланиши, босимнинг эса **50–100 Н/см²** оралиғида бўлиши тавсия этилди. Ушбу режимларда резина қатламларининг тўлиқ полимерланиши таъминланиб, юқори мустаҳкамликка эга бирикма ҳосил бўлади. Вулканизация давомийлиги тасманинг қалинлигига боғлиқ ҳолда белгиланади ва амалиётда ҳар бир миллиметр қалинлик учун ўртача **3 дақиқа вақт** ажратилиши мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Масалан, қалинлиги 15 мм бўлган тасма учун вулканизация вақти тахминан 45 дақиқани ташкил этади.

ISSN 3030-3907

Резина-тросли конвейер тасмаларида эса конструкция таркибида пўлат тросларнинг мавжудлиги сабабли юқорироқ босим талаб этилади. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, бундай тасмалар учун вулканизация босимини **140 Н/см²** гача ошириш стык бирикмасининг юқори мустаҳкамлигини таъминлайди. Бу босим қиймати резина қатламлари билан пўлат тролар ўртасида ишончли адгезия ҳосил қилишга ёрдам беради ва бирикманинг юқори юкламаларга чидамлилигини оширади [7-15].

Вулканизация жараёнида босимнинг сақланиш вақти ҳам муҳим аҳамиятга эга. Тажриба натижаларига кўра, гидравлик тизимда босимнинг пасайиши вулканизация жараёни умумий вақтининг **65 фоизи тугамасидан олдин** содир бўлмаслиги лозим. Агар босим эрта туширилса, резина қатламлари ичидаги ҳаво тўлиқ чиқиб кетмайди ва стык зонасида бўшлиқлар ҳосил бўлади. Бу ҳолат кейинчалик эксплуатация жараёнида ёрилишлар, қатламланиш ва бирикманинг эрта ишдан чиқишига сабаб бўлиши мумкин.

Шунингдек, босимнинг эрта камайтирилиши натижасида стык ичида ғовак структуралар ва ҳаво пуфакчалари ҳосил бўлиши кузатилади. Бундай нуқсонлар бирикманинг ишчи кесимида ички кучланишларнинг нотекис тақсимланишига олиб келиб, унинг чарчаш мустаҳкамлигини сезиларли даражада пасайтиради. Шу сабабли босим параметрларини бутун технологик цикл давомида қатъий назорат қилиш юқори сифатли вулканизациянинг асосий шартларидан бири ҳисобланади.

4.2. Совутиш жараёни таҳлили

Вулканизация жараёни тугаганидан кейин стык бирикмасининг якуний сифатини шакллантиришда совутиш босқичи ҳам муҳим аҳамиятга эга. Совутиш вақтида резина структурасидаги кимёвий ва физик жараёнлар якунланади, материалнинг ички кучланишлари барқарорлашади ва бирикма эксплуатация учун тайёр ҳолатга келади. Шу сабабли совутиш усулини тўғри танлаш стык бирикмасининг мустаҳкамлиги ва хизмат муддатига бевосита таъсир кўрсатади.

Тадқиқот доирасида иситиш плиталарини совутишнинг учта асосий усули ўрганилди ва уларнинг самарадорлиги ўзаро таққосланди. Биринчи усул сифатида сув билан мажбурий совутиш қўлланилди. Ушбу усулда иситиш плиталарининг ҳарорати тез пасайиб, ишчи ҳароратдан демонтаж қилиш ҳароратигача бўлган совутиш жараёни ўртача **290–300 дақиқа** давом этди. Бу энг тезкор усул бўлиб, таъмирлаш ишларининг умумий давомийлигини қисқартириш имконини беради [6-11].

Иккинчи усулда ҳаво оқими ёрдамида, яъни вентиляторлар орқали мажбурий совутиш амалга оширилди. Ушбу ҳолатда совутиш вақти ўртача

ISSN 3030-3907

350–360 дақиқа ни ташкил қилди. Мазкур усул сув билан совутишга нисбатан бироз секинроқ бўлса-да, иситиш плиталари ва пресс конструкцияларига термик таъсирнинг нисбатан юмшоқ бўлишини таъминлайди.

Учинчи усул сифатида табиий совутиш, яъни прессни ташқи таъсирларсиз ўз ҳолича совитиш усули тадқиқ қилинди. Бу ҳолатда совутиш жараёнининг давомийлиги **410÷420 дақиқа** ни ташкил этди. Табиий совутиш энг узоқ вақт талаб қилса-да, ҳароратнинг секин пасайиши ҳисобига материал ичидаги ички кучланишларнинг босқичма-босқич камайишига ёрдам беради.

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, ишлаб чиқариш шароитида вақт тежамкорлиги муҳим аҳамият касб этганда сув билан совутиш усули энг самарали ҳисобланади. Бироқ ҳар қандай совутиш усули қўлланилганда ҳам прессни демонтаж қилишдан олдин унинг ҳарорати белгиланган даражагача тушиши таъминланиши лозим [1-5].

Тадқиқот натижаларига мувофиқ, вулканизация прессини **60–70°C** ҳароратгача совугандан кейин демонтаж қилиш тавсия этилади. Ушбу ҳарорат диапазонида стык бирикмаси етарли даражада мустаҳкамлашган бўлади ва ташқи механик таъсирларга нисбатан барқарор ҳолатга келади. Бундан юқори ҳароратларда прессни ечиш резина структурасининг деформацияланишига ёки бирикма сифати пасайишига сабаб бўлиши мумкин. Шунинг учун совутиш босқичига технологик жараённинг ажралмас қисми сифатида қараш ва уни белгиланган талаблар асосида амалга ошириш зарур ҳисобланади.

1-жадвал.

Совутиш усулларини таққослаш таҳлил

Совутиш усули	Вақт (дақ.)	Устунлиги	Камчилиги
Сув билан совутиш	290–300	Энг тез усул	Қўшимча жиҳоз
Вентилятор орқали	350–360	Мўтадил тезлик	Вентилятор керак
Ўз ҳолида (табиий)	410–420	Жиҳозсиз	Вақт кетади

4.3. Ишончлиликка таъсир этувчи омиллар

Тадқиқот натижасида стык бирикмалари ишончлилигига таъсир этувчи 6 та асосий омил аниқланди: конвейернинг ортиқча юклама билан ишлаши; таъмирлаш ва техник хизмат кўрсатишнинг ўз вақтида амалга оширилмаслиги; ўлчамсиз тоғ жинсларининг тасма устига тушиши;

ISSN 3030-3907

стыковкачиларнинг тажриба ва малакаси; об-ҳавонинг ноқулай таъсири; конвейернинг нотўғри йиғилиши.

Бундан ташқари, конвейер барабани ўқининг қийшайиши ва барабан устки футеровкасининг ейилиши тасма стыкларининг муддатидан олдин ишдан чиқишига сабаб бўлади. Ушбу омилларни ҳисобга олиш конвейер тизимларида проактив техник хизмат кўрсатиш дастурларини ишлаб чиқишда муҳим аҳамиятга эга.

5. ХУЛОСА.

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида конвейер тасмаларини иссиқ вулканизация усули билан улаш жараёнида технологик параметрларнинг стык бирикмалари сифати ва ишончлилигига таъсири атрофлича ўрганилди. Таҳлиллар шуни кўрсатдики, вулканизация жараёнида ҳарорат, босим ва вақт кўрсаткичларини тўғри танлаш юқори сифатли ва мустаҳкам стык бирикмасини ҳосил қилишнинг асосий шарти ҳисобланади.

Тадқиқот натижаларига кўра, резина-матоли конвейер тасмалари учун энг мақбул вулканизация режими ҳароратнинг 145 ± 5°C диапазонида сақланиши ҳамда вулканизация вақтининг тасма қалинлигининг ҳар бир миллиметри учун ўртача 3 дақиқани ташкил этиши билан белгиланди. Ушбу технологик режим резина қатламларининг тўлиқ вулканизацияланишини таъминлаб, стык бирикмаларининг юқори механик мустаҳкамлиги ва узоқ муддатли эксплуатацион ишончлилигини кафолатлайди.

Тадқиқот давомида гидравлик босимни босқичма-босқич ошириш усулининг самарадорлиги ҳам тасдиқланди. Жумладан, ҳарорат 50°C га етганда босимни 100 барга, 80–100°C оралиғида 200 барга ва 100°C дан юқори ҳароратларда 300 баргача ошириш иситиш плиталарида ҳароратнинг бир текис тақсимланишига ҳамда вулканизация жараёнининг барқарор кечишига хизмат қилиши аниқланди. Бу эса стык бирикмаларида нуқсонлар пайдо бўлиш эҳтимолини камайтириб, уларнинг мустаҳкамлигини сезиларли даражада оширади.

Совутиш жараёнини таҳлил қилиш натижалари сув билан мажбурий совутиш усули энг самарали эканлигини кўрсатди. Мазкур усулда вулканизация прессини ишчи ҳолатдан демонтаж қилиш ҳароратигача совутиш учун ўртача 290–300 дақиқа вақт талаб қилинади. Бироқ ушбу усулнинг қўлланилиши иш жойида етарли сув манбаи мавжудлиги билан боғлиқ. Шу сабабли ишлаб чиқариш шароити ва техник имкониятлардан келиб чиққан ҳолда совутиш усулини танлаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Шунингдек, стык бирикмаларининг хизмат муддати ва ишончлилигини ошириш нафақат технологик параметрларга, балки

ISSN 3030-3907

эксплуатация жараёнини тўғри ташкил этишга ҳам бевосита боғлиқ эканлиги аниқланди. Конвейер юкламаларини белгиланган меъёрларда сақлаш, вулканизация ишларини бажарувчи мутахассисларнинг малакасини мунтазам ошириб бориш, замонавий назорат воситаларидан фойдаланиш ҳамда режали техник хизмат кўрсатиш тизимини жорий этиш стык бирикмаларининг самарали ишлашини таъминловчи муҳим омиллар ҳисобланади.

Умуман олганда, мазкур тадқиқот асосида ишлаб чиқилган илмий ва амалий тавсияларни кончилик саноати корхоналарида жорий этиш конвейер тасмалари стык бирикмаларининг хизмат муддатини ўртача 20–30 фоизга ошириш, авариявий ҳолатлар ва технологик тўхтаб қолишлар сонини камайтириш, шунингдек транспорт тизимларининг ишончлилиги ва иқтисодий самарадорлигини янада юксалтириш имконини беради. Бу эса кончилик корхоналарида ишлаб чиқариш жараёнларининг узлуксизлигини таъминлаш ва эксплуатацион харажатларни қисқартиришга хизмат қилади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Harrison A. Conveyor Belt Vulcanizing and Splicing Engineering Manual. – London: Bulk Materials Handling Publications, 2019. – 214 p.
2. Golka K., Bolliger D. Modern Conveyor Belt Technology and Applications in Mining Industry // Mining Engineering Journal. – 2020. – Vol. 72, No. 4. – P. 45–53.
3. Jonkers C.O. Belt Conveyors for Bulk Materials. – Berlin: Springer Verlag, 2017. – 410 p.
4. ГОСТ 20-2018. Ленты конвейерные резинотканевые. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2018.
5. ГОСТ ISO 283-2015. Ленты конвейерные. Определение прочности соединений методом растяжения. – Москва: Стандартинформ, 2015.
6. Кузнецов В.П., Соколов А.В. Технология горячей вулканизации конвейерных лент. – Москва: Недра, 2018. – 256 с.
7. Иванов И.С., Петров А.Н. Эксплуатационная надежность ленточных конвейеров горных предприятий // Горный журнал. – 2021. – №7. – С. 52–58.
8. Федоров В.Г. Конвейерный транспорт на горных предприятиях. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 368 с.
9. Шевченко Ю.А. Исследование влияния температуры вулканизации на прочность стыковых соединений конвейерных лент // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №3. – С. 24–31.

ISSN 3030-3907

10. Абдукаримов А.А., Турсунов Б.Э. Кончилик корхоналарида конвейер транспорт тизимларининг самарадорлигини ошириш йўллари // Кончилик хабарномаси. – Навоий, 2022. – №2. – Б. 33–39.
11. Рахимов Ш.Р., Қодиров М.М. Тоғ-кон саноатида конвейер тасмаларидан фойдаланиш самарадорлиги таҳлили // Тошкент давлат техника университети ахборотномаси. – 2023. – №1. – Б. 74–81.
12. Навоий кон-металлургия комбинати. Конвейер хўжалиги бўйича техник эксплуатация йўриқномаси. – Навоий, 2021. – 95 б.
13. Олмалиқ кон-металлургия комбинати. Конвейер қурилмаларини техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш регламенти. – Олмалиқ, 2022. – 88 б.
14. Мирзаев Т.М., Ҳамроқулов С.А. Кончилик саноатида транспорт жараёнларини автоматлаштириш масалалари. – Тошкент: Фан ва технология, 2021. – 184 б.
15. Ўзбекистон Республикаси Кончилик ва геология вазирлиги. Кончилик корхоналарида саноат хавфсизлиги қоидалари. – Тошкент, 2023. – 156 б.

ISSN 3030-3907

TRIKOTAJ KORXONASINI LOYIHALASHDA YASSI IGNADONLI MASHINALARNI TANLASHNING TEXNOLOGIK VA IQTISODIY ASOSLARI

Turaxujayeva Nilufar Nazirjanovna
Andijon davlat texnika instituti, PhD
E-mail: Turaxujayevan1985@mail.ru

Annotatsiya. Tadqiqotda jahon trikotaj sanoatida keng qo‘llanilgan LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI yassi ignadonli mashinalarining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari qiyosiy baholandi. Tadqiqotda mashinalarning texnik tavsiflari, ishlab chiqarish unumdorligi, investitsiya xarajatlari va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari baholandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, LONG XING mashinasidan foydalanish ishlab chiqarish hajmi, investitsiya xarajatlari va rentabellik ko‘rsatkichlari bo‘yicha optimal variant ekanligi aniqlandi. Olingan natijalar trikotaj korxonalarini loyihalashda uskunalarni tanlash va ishlab chiqarish parametrlarini optimallashtirishda foydalanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: trikotaj korxonasi, LONG XING, STOLL, SHIMA SEIKI, yassi ignadonli mashina, optimallashtirish, ishlab chiqarish quvvati, iqtisodiy samaradorlik, rentabellik.

Аннотация. В статье проведён сравнительный анализ технико-экономических показателей плосковязальных трикотажных машин LONG XING, STOLL и SHIMA SEIKI. В ходе исследования были оценены технические характеристики машин, их производительность, инвестиционные затраты и показатели экономической эффективности. Результаты исследования показали, что использование машин LONG XING является оптимальным вариантом с точки зрения объёма производства, инвестиционных затрат и уровня рентабельности. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании трикотажных предприятий и оптимизации производственных параметров.

Ключевые слова: трикотажное предприятие, LONG XING, STOLL, SHIMA SEIKI, плосковязальная машина, оптимизация, производственная мощность, экономическая эффективность, рентабельность.

Abstract. This article presents a comparative analysis of the technical and economic performance indicators of LONG XING, STOLL, and SHIMA SEIKI flat knitting machines. The study evaluates the machines’ technical characteristics, production capacity, investment costs, and economic efficiency. The research results indicate that the use of LONG XING machines is the most optimal option in terms of production volume, investment expenditures, and profitability. The obtained findings can be applied in the design of knitwear enterprises and the optimization of production parameters.

ISSN 3030-3907

Keywords: knitwear enterprise, LONG XING, STOLL, SHIMA SEIKI, flat knitting machine, optimization, production capacity, economic efficiency, profitability.

KIRISH.

Aholining sifatli, zamonaviy va raqobatbardosh trikotaj mahsulotlariga bo‘lgan talabining ortib borishi ishlab chiqarish korxonalarida yuqori unumdorlikka ega bo‘lgan zamonaviy texnologiyalarni joriy etishni talab etmoqda. Shu bilan birga, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, mahsulot tannarxini pasaytirish hamda korxonalarning iqtisodiy barqarorligini ta’minlash masalalari ham dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Bugungi kunda trikotaj mahsulotlarini ishlab chiqarishda LONG XING (Xitoy), STOLL (Germaniya) va SHIMA SEIKI (Yaponiya) kabi yetakchi ishlab chiqaruvchilarning yassi ignadonli trikotaj mashinalari keng qo‘llanilmoqda. Mazkur mashinalar texnik imkoniyatlari, avtomatlashtirish darajasi, ishlab chiqarish unumdorligi va investitsiya xarajatlari bo‘yicha bir-biridan farq qiladi. Shu sababli korxonani loyihalash bosqichida texnologik va iqtisodiy jihatdan eng maqbul mashinani tanlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, ko‘plab korxonalarda mashina tanlash jarayonida asosan texnik tavsiflarga e’tibor qaratilib, investitsiya xarajatlari, ishlab chiqarish hajmi, ekspluatatsion xarajatlar hamda iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlarining o‘zaro bog‘liqligi yetarli darajada tahlil qilinmaydi. Natijada mashinalardan foydalanish samaradorligi pasayishi yoki ortiqcha investitsiya xarajatlari yuzaga kelishi mumkin.

Shu munosabat bilan trikotaj korxonalarini loyihalashda turli ishlab chiqaruvchilarning yassi ignadonli mashinalarini texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha qiyosiy baholash hamda optimal variantni aniqlash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotning maqsadi LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI yassi ignadonli mashinalarining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini qiyosiy tahlil qilish hamda kichik quvvatli trikotaj korxonasi uchun optimal mashinani aniqlashdan iborat. Tadqiqot davomida mashinalarning texnik tavsiflari, ishlab chiqarish unumdorligi, investitsiya xarajatlari va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari o‘rganilib, ularning korxona faoliyatiga ta’siri baholandi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Trikotaj sanoatida zamonaviy yassi ignadonli mashinalardan foydalanish masalalari ko‘plab xorijiy va mahalliy tadqiqotchilar tomonidan o‘rganilgan [1-3]. Ilmiy manbalarda trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, mashinalarning texnik imkoniyatlarini kengaytirish hamda ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish masalalariga alohida e’tibor qaratilgan.

ISSN 3030-3907

To‘qimachilik va trikotaj ishlab chiqarish texnologiyasiga bag‘ishlangan tadqiqotlarda yassi ignadonli mashinalarning mahsulot sifati, ishlab chiqarish unumdorligi va resurslardan foydalanish samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi ta’kidlangan. Tadqiqotchilar tomonidan ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, kompyuterlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish hamda energiya tejamkor texnologiyalardan foydalanish korxonalar raqobatbardoshligini oshirishning asosiy omillaridan biri sifatida baholanadi.

So‘nggi yillarda STOLL kompaniyasining CMS seriyali yassi ignadonli mashinalari yuqori texnologik imkoniyatlari bilan ajralib turishi qayd etilgan. Mazkur mashinalar murakkab naqshli mahsulotlar ishlab chiqarish, avtomatlashtirilgan dasturlash tizimlari va yuqori aniqlikdagi boshqaruv funksiyalari bilan tavsiflanadi [4-5]. Biroq ushbu mashinalarning narxi va ekspluatatsion xarajatlari nisbatan yuqori hisoblanadi.

SHIMA SEIKI kompaniyasi tomonidan ishlab chiqariladigan yassi ignadonli mashinalar ham trikotaj sanoatida keng qo‘llaniladi. Ilmiy va texnik adabiyotlarda ushbu mashinalarning WHOLEGARMENT texnologiyasi asosida tikuvsiz mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyatlari, yuqori avtomatlashtirish darajasi hamda mahsulot sifatini oshirishdagi afzalliklari qayd etilgan [6-7]. Shu bilan birga, uskunaning yuqori qiymati va servis xizmatlarining murakkabligi ayrim korxonalar uchun cheklovchi omil bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Xitoyda ishlab chiqarilayotgan LONG XING rusumli yassi ignadonli mashinalar esa nisbatan arzonligi, texnik xizmat ko‘rsatish qulayligi va ishlab chiqarish unumdorligining yetarli darajada yuqoriligi bilan ajralib turadi [8-9]. So‘nggi yillarda ushbu mashinalardan Markaziy Osiyo mamlakatlari, jumladan O‘zbekistondagi trikotaj korxonalarida foydalanish ko‘lami kengayib bormoqda. Biroq LONG XING mashinalarining texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini STOLL hamda SHIMA SEIKI mashinalari bilan kompleks qiyosiy baholashga bag‘ishlangan tadqiqotlar yetarli darajada uchramaydi.

Mavjud ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, yassi ignadonli mashinalarning texnik tavsiflari va texnologik imkoniyatlari bo‘yicha ko‘plab ma’lumotlar mavjud bo‘lsa-da, o‘rta quvvatli trikotaj korxonalari uchun mashinalarni tanlashda texnologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarni birgalikda baholash masalasi yetarli darajada o‘rganilmagan. Aynan shu holat mazkur tadqiqotning ilmiy-amaliy ahamiyatini belgilaydi hamda LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI yassi ignadonli mashinalarini texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha qiyosiy tahlil qilish zaruratini yuzaga keltiradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda LONG XING (Xitoy), STOLL (Germaniya) va SHIMA SEIKI (Yaponiya) kompaniyalari

ISSN 3030-3907

tomonidan ishlab chiqariladigan yassi ignadonli trikotaj mashinalarining texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi kichik quvvatli trikotaj korxonasini loyihalash sharoitida texnologik va iqtisodiy jihatdan eng maqbul mashinani aniqlashdan iborat bo‘ldi. Buning uchun texnik hujjatlar, ishlab chiqaruvchi kompaniyalarning kataloglari, ilmiy adabiyotlar hamda trikotaj korxonalarini loyihalash bo‘yicha amaldagi me’yoriy hujjatlardan foydalanildi.

Tadqiqot obyekti sifatida 12 ta yassi ignadonli mashina asosida tashkil etiladigan trikotaj korxonasi qabul qilindi. Korxona uchun quyidagi ishlab chiqarish parametrlari belgilandi:

- ish rejimi – 2 smena;
- yillik ish kunlari soni – 300 kun;
- yillik ish vaqti fondi – 4800 soat;
- asosiy mahsulot assortimenti – sviter va kardiganlar;
- loyihaviy ishlab chiqarish hajmi – 128 592 dona/yil.

Mashinalarning texnik imkoniyatlarini baholashda mashinaning narxi, ignadonlar soni, mashina klasslari, to‘qish kengligi, maksimal to‘qish tezligi, energiya sarfi, avtomatlashtirish darajasi hamda servis va ehtiyot qismlar bilan ta’minlanganlik ko‘rsatkichlaridan foydalanildi.

Iqtisodiy baholashda esa uskunalarga investitsiya xarajatlari, yillik xomashyo xarajatlari, elektr energiyasi xarajatlari, ish haqi fondi, amortizatsiya ajratmalari, korxona foydasi va rentabellik darajasi mahsulot tannarxi ko‘rsatkichlari hisoblandi.

Texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarni qiyosiy baholash usuli qo‘llanilib, LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI mashinalarining afzallik va kamchiliklari aniqlanib, kichik quvvatli trikotaj korxonasi uchun optimal variant tanlandi.

Olingan natijalarning ishonchliligini ta’minlash maqsadida barcha hisob-kitoblar bir xil ishlab chiqarish sharoitlari va bir xil ishlab chiqarish dasturi asosida amalga oshirildi. Bu esa turli ishlab chiqaruvchilarning uskunalarini obyektiv ravishda taqqoslash imkonini berdi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Trikotaj korxonasini loyihalashda texnologik mashinalarni tanlash ishlab chiqarish samaradorligi va korxonaning iqtisodiy natijalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Shuni ta’kidlash lozimki, 2025-yilda STOLL brendi ostidagi yassi ignadonli mashinalar ishlab chiqarilishi to‘xtatilgan bo‘lsa-da, ushbu mashinalar dunyoning ko‘plab trikotaj korxonalarida ekspluatatsiya qilinmoqda va ularning texnologik imkoniyatlari sanoat uchun muhim ahamiyatga ega bo‘lib qolmoqda.

ISSN 3030-3907

Shu sababli tadqiqot davomida LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI yassi ignadonli mashinalarining texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi. Tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Yassi ignadonli mashinalarning asosiy texnik ko‘rsatkichlari

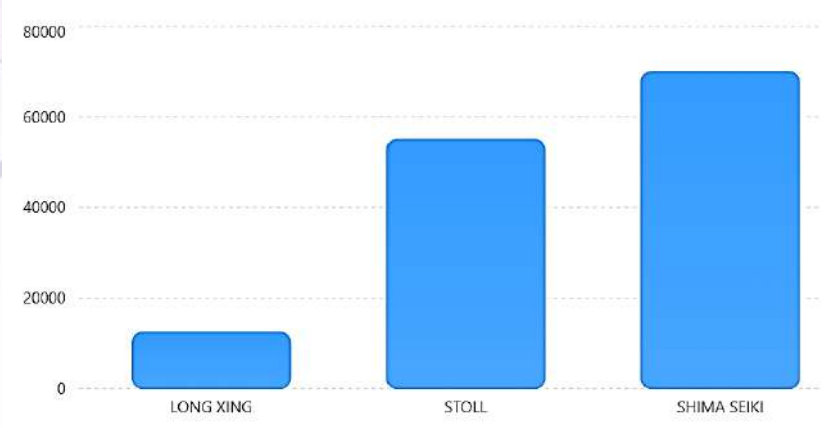
Ko‘rsatkich	LONG XING	STOLL	SHIMA SEIKI
Ishlab chiqaruvchi davlat	Xitoy	Germaniya	Yaponiya
Ignadonlar soni	2	2	2
Mashina klasslari	3G–16G	3G–18G	3G–18G
Maksimal tezligi, m/s	1,2–1,4	1,4–1,6	1,5–1,6
Avtomatlashtirish darajasi	Yuqori	Juda yuqori	Juda yuqori
Servis xizmatlari mavjudligi	Yuqori	O‘rtacha	O‘rtacha
Ehtiyot qismlar ta’minoti	Yuqori	Cheklangan	Cheklangan

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, STOLL va SHIMA SEIKI mashinalari ayrim texnologik ko‘rsatkichlar bo‘yicha LONG XING mashinalaridan ustunlikka ega. Biroq ishlab chiqarish samaradorligini baholashda faqat texnik ko‘rsatkichlarni emas, balki iqtisodiy omillarni ham hisobga olish zarur.

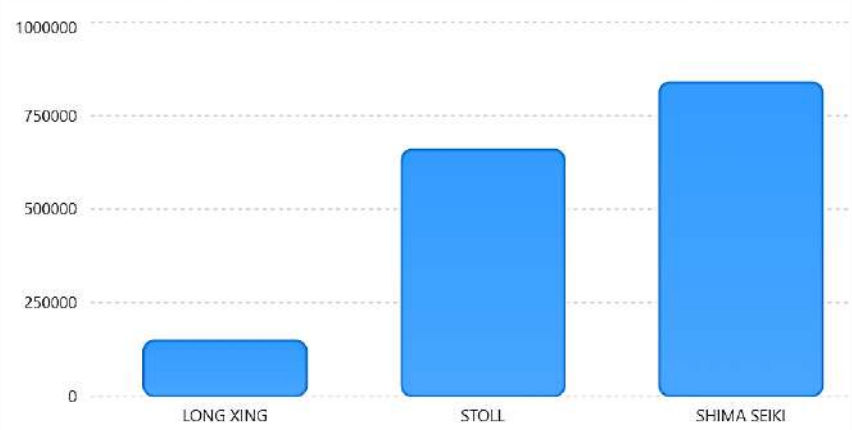
Ishlab chiqaruvchilarning texnik kataloglari, dilerlik takliflari va ikkilamchi bozor ma’lumotlari tahliliga ko‘ra, LONG XING yassi ignadonli mashinalarining o‘rtacha narxi 12 000-15 000 AQSH dollarini, STOLL mashinalariniki 50 000-70 000 AQSH dollarini, SHIMA SEIKI mashinalariniki esa 70 000-100 000 AQSH dollarini tashkil etadi. Tadqiqotda hisob-kitoblarni soddalashtirish maqsadida LONG XING uchun 12 500 AQSH dollari, STOLL uchun 55 000 AQSH dollari va SHIMA SEIKI uchun 75 000 AQSH dollari miqdoridagi o‘rtacha qiymatlar qabul qilindi.

Hisob-kitoblar natijasida 12 ta mashinadan iborat ishlab chiqarish liniyasi uchun LONG XING uskunalariga sarflanadigan investitsiya xarajatlari 150 ming AQSH dollarini, STOLL mashinalari uchun 660 ming AQSH dollarini, SHIMA SEIKI mashinalari uchun esa 900 ming AQSH dollarini tashkil etishi aniqlandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, STOLL va SHIMA SEIKI mashinalari ayrim texnologik ko‘rsatkichlar bo‘yicha ustunlikka ega bo‘lishiga qaramasdan, ularning investitsiya xarajatlari LONG XING mashinalariga nisbatan bir necha baravar yuqori hisoblanadi. Mashinalarning investitsiya xarajatlari bo‘yicha taqqoslash natijalari 1- va 2-rasmlarda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. 1 dona mashina narxi bo‘yicha LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI markalarining solishtirilishi



2-rasm. LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI markalarining 12 ta mashina uchun umumiy qiymatlarining solishtirilishi

Diagrammalardan ko‘rinib turibdiki, STOLL va SHIMA SEIKI mashinalarining qiymati LONG XING mashinalariga nisbatan mos ravishda 4,4 va 6,0 baravar yuqori bo‘lganligi sababli, keyingi texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar LONG XING mashinalari asosida tashkil etiladigan ishlab chiqarish varianti uchun amalga oshirildi. Ushbu variant O‘zbekiston Respublikasidagi kichik va o‘rta quvvatli trikotaj korxonalari uchun eng istiqbolli yechim sifatida tanlandi.

Mazkur variantning tanlanishi nafaqat investitsiya xarajatlarining nisbatan pastligi, balki servis xizmatlarining qulayligi, ehtiyot qismlar bilan ta’minlanganlik darajasi hamda ushbu mashinalarning mahalliy korxonalarda keng qo‘llanilayotgani bilan ham izohlanadi.

LONG XING mashinalari asosida tashkil etilgan ishlab chiqarish variantining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini aniqlash maqsadida korxonaning ishlab chiqarish quvvati, xomashyo sarfi, ishchilar soni hamda iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqildi. Korxonaning asosiy ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan

ISSN 3030-3907

2-jadval

12 ta LONG XING mashinasi asosida tashkil etilgan korxonaning asosiy ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Qiymati
Mashinalar soni	dona	12
Yillik ish kunlari soni	kun	300
Ish smenalari soni	smena	2
Yillik ish vaqti fondi	soat	4800
Yillik ishlab chiqarish hajmi	dona	128 592
Xomashyo sarfi	kg/yil	53 816
Ishchilar soni	nafar	38
Rentabellik darajasi	%	37,9

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, 12 ta LONG XING yassi ignadonli mashinasi asosida tashkil etilgan korxona yiliga 128 592 dona trikotaj mahsuloti ishlab chiqarish imkoniyatiga ega. Mazkur ishlab chiqarish dasturini amalga oshirish uchun 53 816 kg ip-kalava sarflanishi hamda 38 nafar ishlab chiqarish xodimi faoliyat yuritishi talab etiladi.

Korxonaning ishlab chiqarish quvvati va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini baholash natijalari shuni ko‘rsatdiki, mashinalar sonining ortishi bilan ishlab chiqarish hajmi oshadi, biroq investitsiya va ekspluatatsion xarajatlarning ham ortishi kuzatiladi. Shu sababli korxona faoliyatining iqtisodiy samaradorligini ta’minlashda ishlab chiqarish quvvati va xarajatlar o‘rtasidagi optimal nisbatni aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘tkazilgan hisob-kitoblar natijasida 12 ta LONG XING mashinasidan iborat variantda rentabellik darajasi 37,9 % ni tashkil etgan.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Tadqiqot davomida olingan natijalar LONG XING, STOLL va SHIMA SEIKI yassi ignadonli mashinalarining texnologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini qiyosiy baholash imkonini berdi. Kompleks tahlil natijalariga ko‘ra, LONG XING mashinalari asosida shakllantirilgan ishlab chiqarish varianti investitsiya xarajatlari, ishlab chiqarish hajmi, xomashyo sarfi va rentabellik ko‘rsatkichlari bo‘yicha eng maqbul natijalarni namoyon etdi. Mazkur holat ushbu uskunalardan foydalanish kichik va o‘rta quvvatli trikotaj korxonalarini loyihalashda texnologik va iqtisodiy jihatdan asoslangan yechim ekanligini tasdiqlaydi hamda amaliyotga joriy etish istiqbollarining yuqoriligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. D.J. Spencer. *Knitting Technology*. Woodhead Publishing, 2001. P-386
2. Muqimov M.M. Trikotaj texnologiyasi. O‘zbekiston, 2015 y. 157 bet.

ISSN 3030-3907

3. Textile Today: Textile News, Apparel News, RMG News. URL: https://www.textiletoday.com.bd/ (murojaat sanasi: 02.05.2026).
4. https://www.stoll.com/en/products-and-solutions/machines/cms-family-1/
5. STOLL. Machines and Solutions [Elektron resurs] // STOLL GmbH. – URL: https://www.stoll.com/en/products-and-solutions/machines/ (murojaat sanasi: 29.05.2026).
6. SHIMA SEIKI MACHINERY, INC. Computerized Flat Knitting Machines [Elektron resurs]. – URL: https://www.shimaseiki.com/product/flat-knitting-machine/ (murojaat sanasi: 29.05.2026).
7. https://www.shimaseiki.com/wholegarment/business/
8. LONGXING Computerized Flat Knitting Machine. Operating Instructions [Matn]. – Suzhou: Suzhou Fanzhou Technology Co., Ltd., nashr yili ko‘rsatilmagan. – 76 b.
9. Turaxujayeva N.N., Mirzayeva H.Z. O‘zbekistonda yassi ignadonli trikotaj mashinalarini rivojlantirish istiqbollari. “Yangi O‘zbekiston taraqqiyotida tadqiqotlarni o‘rni va rivojlanish omillari” Respublika onlayn ilmiy-amaliy konferensiyasi. Vol. 26 No. 2 (2025)

ISSN 3030-3907

ВЛИЯНИЕ МИРОВЫХ ЦЕН НА ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ НА ЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Бурибоев Дилрух Бахром угли
Ассистент - преподаватель кафедры «Экономики и социально-гуманитарных дисциплин» Алмалыкского филиала Национального исследовательского технологического университета МИСИС, Республика Узбекистан, г. Алмалык
E-mail: buriboevdilrukh@gmail.com

Аннотация. В статье систематизированы теоретические подходы к анализу влияния мировых цен на цветные металлы на экспортный потенциал горно-металлургических предприятий. Предложена модель четырёхуровневого трансмиссионного механизма передачи ценового импульса от котировок Лондонской биржи металлов к финансовым и производственным показателям предприятия. Проанализирована динамика среднегодовых цен на медь и цинк за 2019-2024 годы; амплитуда колебаний превысила 50% для обоих металлов. Научная новизна состоит в концептуализации трансмиссионного механизма применительно к условиям развивающихся экономик Центральной Азии.

Ключевые слова: экспортный потенциал, горно-металлургическое предприятие, мировые цены на металлы, Лондонская биржа металлов, трансмиссионный механизм, ценовая волатильность, медь, цинк.

Abstract. The article systematizes theoretical approaches to analyzing the impact of world non-ferrous metal prices on the export potential of mining and metallurgical enterprises. A four-level transmission mechanism model is proposed describing the sequential transfer of a price impulse from London Metal Exchange quotations to enterprise financial and operational indicators. Average annual copper and zinc price dynamics for 2019-2024 are analyzed; price fluctuation amplitude exceeded 50% for both metals. Scientific novelty consists in the conceptualization of the transmission mechanism as applied to developing economies of Central Asia.

Keywords: export potential, mining and metallurgical enterprise, world metal prices, London Metal Exchange, transmission mechanism, price volatility, copper, zinc.

Annotatsiya. Maqolada rangli metallar jahon narxlarining tog-metallurgiya korxonalarining eksport salohiyatiga ta'sirini tahlil qilishning nazariy yondashuvlari tizimlashtirilib, to‘rt bosqichli transmissiya mexanizmi modeli taklif etilgan. Ushbu model narx impulsining London metall birjasi (LME) kotirovkalaridan korxonaning moliyaviy va ishlab chiqarish ko‘rsatkichlariga

ISSN 3030-3907

ketma-ket uzatilishini tavsiflaydi. 2019-2024 yillar uchun mis va rux bo‘yicha o‘rtacha yillik narx dinamikasi tahlil qilingan; har ikki metall uchun narx tebranishlarining amplitudasi 50% dan oshgan. Ilmiy yangilik Markaziy Osiyo rivojlanayotgan iqtisodiyotlari sharoitiga nisbatan transmissiya mexanizmini kontseptualizatsiya qilishdan iborat. Tadqiqotning amaliy ahamiyati taklif etilgan modelni tog-metallurgiya korxonalarining strategik rejalashtirish tizimida va rangli metallar eksportidan olinadigan daromadlarning o‘zgaruvchanligini hisobga olgan holda byudjet prognozlarini shakllantirishda qo‘llash imkoniyati bilan belgilanadi.

Kalit so‘zlar: eksport salohiyati, tog-metallurgiya korxonasi, metallar jahon narxlari, London metall birjasi, transmissiya mexanizmi, narx o‘zgaruvchanligi, mis, rux, rivojlanayotgan iqtisodiyotlar.

ВВЕДЕНИЕ.

Для горно-металлургических предприятий (ГМП) развивающихся экономик мировые цены на цветные металлы выступают доминирующим внешним фактором формирования экспортной выручки. В отличие от обрабатывающих производств, ГМП функционируют в режиме price-taker: цены на медь, цинк и другие металлы устанавливаются на Лондонской бирже металлов (LME) и не зависят от операционных решений отдельного производителя. В период 2019-2024 годов цена меди варьировалась от 6 010 до 10 730 долл./т, цена цинка от 2 267 до 3 479 долл./т (World Bank Commodity Price Data, 2024), что создавало сопоставимую волатильность экспортной выручки при неизменных объёмах производства.

Цель статьи состоит в систематизации теоретических основ и построении модели трансмиссионного механизма влияния цен LME на экспортный потенциал ГМП. Объект исследования — ГМП, экспортирующие цветные металлы на мировой рынок; в качестве иллюстративного примера используется Алмалыкский горно-металлургический комбинат (АГМК, Узбекистан) — крупнейший производитель меди в Центральной Азии, реализующий продукцию в 16 стран с объёмом экспорта около 0,61 млрд долл. США в 2024 году (АГМК, Годовой отчёт, 2024).

Теоретические основы и методология

Теоретическим фундаментом исследования служат три концепции. Теория сравнительных преимуществ Рикардо (1817) объясняет специализацию стран с богатой минерально-сырьевой базой на экспорте металлов, однако не учитывает ценовую волатильность как фактор, способный подрывать реализацию этого преимущества. Ресурсная концепция фирмы (Penrose, 1959; Barney, 1991) рассматривает

ISSN 3030-3907

конкурентоспособность ГМП через призму уникальных запасов руды и технологий переработки, подчёркивая, что даже при высококачественной ресурсной базе стоимостной результат определяется внешней ценовой конъюнктурой. Концепция «голландской болезни» (Corden, Neary, 1982) описывает обратный механизм: падение цен на металлы сокращает валютные поступления, ослабляет национальную валюту и стимулирует наращивание экспортных объёмов — феномен, характерный для Узбекистана в периоды ценовых коррекций.

Ключевой теоретический тезис: для ГМП в режиме price-taker мировая цена на профильный металл является доминирующим внешним детерминантом экспортного потенциала в краткосрочном и среднесрочном периодах, тогда как внутренние факторы определяют верхнюю границу потенциала в долгосрочном периоде.

Таблица 1

Трансмиссионный механизм ценового шока LME для ГМП

Уровень	Канал воздействия	Временной горизонт	Характер связи
1. Выручка	Прямая: P (LME)*Q	1-3 месца	Линейная сильная
2. Прибыль	Операционный рычаг	3-6 месяцев	Нелинейная, усиливающая
3. Инвестиция	Внутреннее и внешнее финансирование	1-3 года	Опосредованная
4. Экспортный потенциал	Производственная мощность	3-10 лет	Структурная, долгосрочная

Источник: составлено автором

На уровне выручки экспортная выручка предприятия определяется формулой:

$$TR = P(LME) * Q * K, \quad (1)$$

где K — валютный курс.

При неизменном объёме производства изменение цены LME на 1% ведёт к изменению выручки приблизительно на 1%. На уровне прибыли высокая доля постоянных затрат в ГМП (55-70% себестоимости) (Wood Mackenzie, 2023) создаёт эффект операционного рычага: снижение выручки на 10% сокращает операционную прибыль на 25-35%. На уровне инвестиций сжатие денежного потока ограничивает капитальные вложения

ISSN 3030-3907

в новые горизонты и модернизацию оборудования. На уровне экспортного потенциала недоинвестирование в период низких цен через 3-7 лет приводит к снижению производственной мощности — феномен, зафиксированный для ГМП Чили, Замбии и Казахстана (Farooki, Kaplinsky, 2012; Erten, Ocampo, 2013).

Предложение цветных металлов характеризуется низкой краткосрочной ценовой эластичностью: по оценкам Wood Mackenzie, рост цены меди на 10% увеличивает предложение лишь на 1-2% в течение года (Wood Mackenzie, 2023). Именно низкая эластичность предложения при долгосрочном росте спроса порождает ценовые суперциклы — периоды устойчивого роста цен продолжительностью 10-35 лет (Roberts, 2021).

Методологическую основу статьи составляют методы систематизации научной литературы, сравнительного анализа и описательная статистика на основе данных LME и Всемирного банка.

Результаты: динамика цен на медь и цинк на LME (2019-2024)

Таблица 2

Среднегодовые цены на медь и цинк на LME, 2019-2024

Год	Медь, долл./т	Изм. к пред. году, %	Цинк, долл./т	Изм. к пред. году, %	Фаза
2019	6 010	-	2 550	-	Стагнация
2020	6 174	+2,7	2 267	-11,1	Ковидный шок
2021	9 317	+50,9	3 005	+32,6	Супер рост
2022	8 773	-5,8	3 479	+15,8	Высокий уровень
2023	8 490	-3,2	2 648	-23,9	Коррекция
2024	9 180	+8,1	2 840	+7,2	Восстановление

Источник: World Bank Commodity Price Data (Pink Sheet), 2024; LME Annual Reports.

За исследуемый период выделяются три характерные фазы. В фазе стагнации и ковидного шока (2019-2020) цены на медь оставались относительно стабильными, тогда как цинк просел на 11,1% на фоне сокращения промышленного спроса. В фазе восстановительного суперроста (2021-2022) цена меди выросла на 50,9% до 9 317 долл./т под влиянием восстановления мировой экономики, дефицита предложения и спроса со стороны «зелёной» энергетики. В фазе коррекции и стабилизации (2023-2024) оба металла скорректировались на фоне замедления китайской экономики с последующим умеренным восстановлением в 2024 году.

ISSN 3030-3907

Амплитуда колебаний за период составила 55% для меди и 54% для цинка — от минимума к пику соответственно. Для ГМП, реализующего оба металла, такая волатильность означает сопоставимое колебание экспортной выручки при неизменных объёмах производства, что подтверждает теоретический тезис о доминирующей роли ценового фактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ.

Проведённое исследование позволяет сформулировать три вывода.

Первый. Экспортный потенциал ГМП в краткосрочном и среднесрочном периодах определяется преимущественно внешней ценовой конъюнктурой, а не внутренними операционными факторами. Режим price-taker делает ГМП структурно уязвимыми к волатильности цен LME вне зависимости от качества управления.

Второй. Трансмиссионный механизм ценового шока является многоуровневым и асимметричным: краткосрочные шоки поглощаются операционной маржой, тогда как устойчивое снижение цен запускает инвестиционное сжатие с долгосрочными последствиями для производственной мощности предприятия.

Третий. Динамика цен на медь и цинк в 2019-2024 годах демонстрирует, что ценовой суперцикл 2021 года создал временное «окно возможностей» для наращивания экспортных доходов, тогда как коррекция 2023 года обнажила структурную уязвимость ГМП без инструментов управления ценовым риском.

Научная новизна состоит в систематизации четырёхуровневого трансмиссионного механизма влияния цен LME на экспортный потенциал ГМП применительно к условиям развивающихся экономик Центральной Азии. Практическая значимость определяется возможностью использования предложенной модели в системе стратегического планирования ГМП и при формировании бюджетных прогнозов, учитывающих волатильность доходов от экспорта цветных металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barney J. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of Management. 1991. Vol. 17. No. 1. P. 99-120.
2. Corden W.M., Neary J.P. Booming sector and de-industrialisation in a small open economy // The Economic Journal. 1982. Vol. 92. No. 368. P. 825-848.
3. Erten B., Ocampo J.A. Super cycles of commodity prices since the mid-nineteenth century // World Development. 2013. Vol. 44. P. 14-30.
4. Farooki M., Kaplinsky R. The Impact of China on Global Commodity Prices. London: Routledge, 2012. 224 p.

ISSN 3030-3907

5. Penrose E. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford: Blackwell, 1959. 272 p.
6. Roberts M. Copper price supercycles and the green energy transition // Mineral Economics. 2021. Vol. 34. No. 3. P. 411-426.
7. Михайлов А.В. Управление ценовыми рисками металлургических предприятий на основе сценарного анализа // Экономика промышленности. 2018. No. 2. С. 45-58.
8. Юсупов Б.А., Рашидова М.К. Горнодобывающий сектор в структуре экспорта Узбекистана // Экономика и инновационные технологии. 2021. No. 1. С. 34-46.
9. World Bank. Commodity Markets Outlook. Washington, D.C.: World Bank Group, 2024.
10. London Metal Exchange. LME Annual Report 2024. London: LME, 2024.

ISSN 3030-3907

КЛАССИФИКАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ И УРОВНИ ИХ СЕТЕВОЙ ИНТЕГРАЦИИ.

Насруллаев Юсуф Закирович
Каршинский государственный технический университет, (PhD), м.н.с.
Хидиров Мираббос Мирзаёр ўғли
Каршинский государственный технический университет, старший преподователь.

Аннотация. Возрастающая доля возобновляемых источников энергии способствует развитию распределённых энергетических ресурсов и требует совершенствования методов их интеграции в электрические сети. В статье рассматриваются классификация распределённых фотоэлектрических систем и основные уровни их подключения к сети. Особое внимание уделено вопросам выбора точки общего присоединения, уровням напряжения, а также влиянию инверторных технологий на качество электроэнергии и устойчивость сети. Проанализированы основные технические проблемы интеграции, включая гармонические искажения, перекос фаз и колебания напряжения. Показано, что эффективная интеграция распределённых фотоэлектрических систем связана с развитием интеллектуальных инверторов, систем накопления энергии и технологий интеллектуальных электрических сетей.

Ключевые слова: распределённые энергетические ресурсы; фотоэлектрические системы; распределённая генерация; сетевые уровни интеграции; точка общего присоединения; инверторные технологии; качество электроэнергии; интеллектуальные сети; возобновляемые источники энергии; интеграция ВИЭ.

Abstract. The growing penetration of renewable energy sources is driving the rapid development of distributed energy resources and increasing the need for effective integration into electrical power networks. This paper reviews the classification of distributed photovoltaic (PV) systems and the main levels of their grid integration. Particular attention is paid to grid connection voltage levels, point of common coupling selection, and the role of inverter technologies in PV-grid interaction. Key technical challenges, including power quality, harmonic distortion, phase imbalance, and voltage stability, are also discussed. The study highlights that the future development of distributed PV systems depends on intelligent inverters, energy storage technologies, and smart grid solutions to ensure reliable and efficient power system operation.

Keywords: Distributed energy resources (DERs); photovoltaic (PV) systems; distributed generation; grid-level integration; point of common coupling (PCC);

inverter technologies; power quality; smart grids; renewable energy sources (RES); renewable energy integration.

Annotatsiya. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushi ortib borishi taqsimlangan energetik resurslar rivojlanishini jadallashtirib, ularni elektr tarmoqlariga samarali integratsiya qilish zaruratini kuchaytirmoqda. Ushbu maqolada taqsimlangan fotoelektrik modullarning tasnifi hamda ularning elektr tarmoqlariga integratsiyalashuv darajalari tahlil qilindi. Fotoelektrik tizimlarning quvvati, ulanish rejimi va tarmoq bilan o‘zaro ishlash xususiyatlari ko‘rib chiqildi. Shuningdek, umumiy ulanish nuqtasi (PCC), kuchlanish darajalari va inverter texnologiyalarining elektr energiyasi sifati hamda tarmoq barqarorligiga ta’siri yoritildi. Integratsiya jarayonida yuzaga keladigan asosiy texnik muammolar, jumladan garmonik buzilishlar, fazalar nomutanosibligi va kuchlanish barqarorligi masalalari tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: taqsimlangan energetik resurslar (DER); fotoelektrik (PV) tizimlar; taqsimlangan generatsiya; elektr tarmoqlariga integratsiya darajalari; umumiy ulanish nuqtasi (PCC); invertor texnologiyalari; elektr energiyasi sifati; aqlli elektr tarmoqlari; qayta tiklanuvchi energiya manbalari (RES); qayta tiklanuvchi energiya manbalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalash.

ВВЕДЕНИЕ.

Глобальный энергетический ландшафт претерпевает глубокую трансформацию, вызванную растущим внедрением возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и необходимостью модернизации энергетических систем, причем, по данным Международного энергетического агентства (МЭА), на долю возобновляемой энергии в 2023 году пришлось почти 30% мировой выработки электроэнергии [1]. Распределенная генерация (РГ), интеллектуальные сети (ИС), микросети (МС) и передовые системы накопления энергии (ПСНЭ) выступают ключевыми факторами обеспечения устойчивого и отказоустойчивого энергетического будущего, при этом особое внимание уделяется участию методов искусственного интеллекта (ИИ) в оптимизации работы сети, управлении напряжением и стабильности [1]. В этом контексте распределенные энергетические ресурсы (РЭР) обычно описываются как любой ресурс, подключенный к распределительной сети, хотя единого определения не существует, и классификации варьируются в зависимости от организации.

Таблица 1.

Определения РЭР различными организациями.

Организация	Определение

ISSN 3030-3907

Федеральная комиссия по регулированию энергетики США (FERC)	**РЭР** — это любой ресурс, расположенный в распределительной сети, любой её подсистеме или за счётчиком потребителя. К РЭР могут относиться системы накопления электроэнергии, распределённая генерация, управление спросом, повышение энергоэффективности, тепловое накопление, а также электрические транспортные средства и соответствующая зарядная инфраструктура [2].
Европейская комиссия (ЕС)	**РЭР** представляют собой ресурсы малой и средней мощности, подключённые преимущественно к низковольтным уровням энергосистемы (распределительным сетям) либо расположенные вблизи конечного потребителя. Ключевыми категориями являются распределённая генерация, накопители энергии и управление спросом [2].
Австралийская комиссия по регулированию энергетического рынка (AEMC)	**РЭР** — это устройства, способные производить, накапливать или управлять энергией в домохозяйствах и коммерческих объектах, часто обозначаемые как устройства, расположенные «за счётчиком». К ним относятся фотоэлектрические системы на крышах зданий, системы накопления энергии, управление спросом, электрические транспортные средства и системы управления энергией, хотя многие из этих технологий применяются не исключительно за счётчиком [2].

ISSN 3030-3907

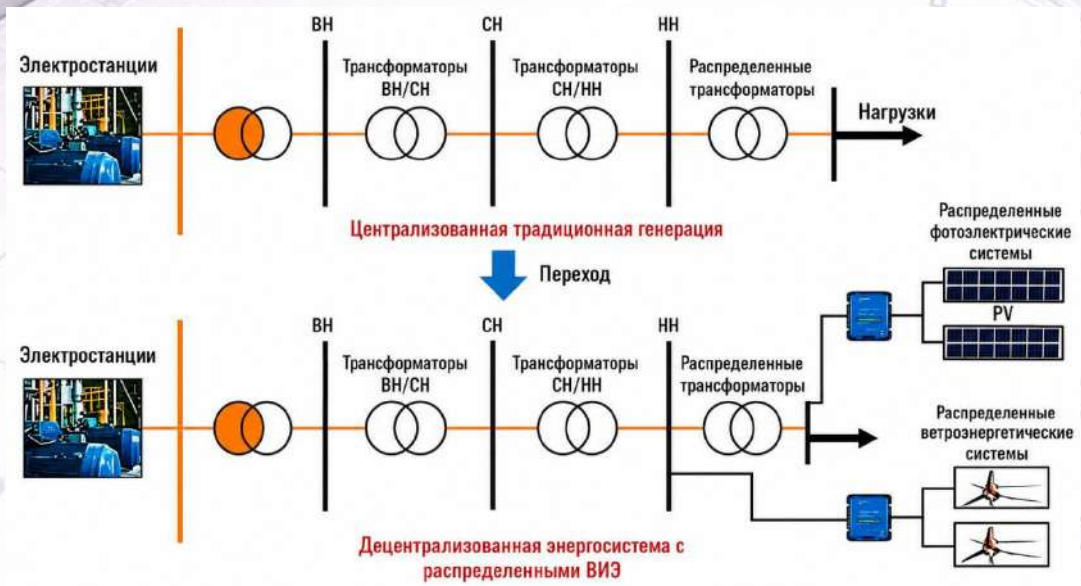


Рис. 1. Иллюстрация перехода энергосистемы от централизованной к распределённой генерации энергии (Iweh и др., 2021) [3].

Переход от централизованной к распределённой генерации энергии (рис. 1) предполагает вовлечение различных участников энергосистемы, включая возобновляемые источники и накопители энергии, для гибкого удовлетворения изменяющегося спроса [4]. В распределительных сетях всё шире применяются генераторы на основе ВИЭ, такие как фотоэлектрические системы, ветряные турбины и топливные элементы, что способствует снижению зависимости от ископаемого топлива [5]. В целом системы распределённых энергетических ресурсов классифицируются по режиму работы, области применения и масштабу энергоснабжения. Прежде всего, РЭС делятся на сетевые, работающие совместно с электрической сетью, и автономные (изолированные), функционирующие независимо от централизованного электроснабжения [6]. Сетевые системы обеспечивают двусторонний обмен энергией с сетью и позволяют компенсировать дефицит или избыток генерации, тогда как автономные ориентированы на питание удалённых объектов и требуют использования накопителей энергии или резервных источников. Кроме того, РЭС классифицируются по типу нагрузки и характеру энергопотребления. В системах малой мощности, предназначенных для жилых и коммерческих зданий, РЭС обычно включают комбинацию солнечных фотоэлектрических установок, ветроэнергетических установок и систем накопления энергии. В качестве накопителей широко применяются современные технологии, такие как твердооксидные топливные элементы (SOFC), топливные элементы с протонно-обменной мембраной (PEMFC), а также аккумуляторные системы хранения энергии. Совместное использование различных источников

ISSN 3030-3907

генерации повышает энергоэффективность и надёжность электроснабжения, а также снижает зависимость от традиционных энергоресурсов. На городском и региональном уровнях интеграция РЭС требует комплексного подхода к управлению энергетической системой.. В таких условиях необходимо учитывать особенности распределения нагрузки, динамику потребления электроэнергии и уровень интеграции возобновляемых источников энергии [6]. Для обеспечения надёжной работы энергосистем применяются интеллектуальные методы управления и технологии Smart Grid, обеспечивающие баланс между генерацией и потреблением энергии. Основные области применения распределённых энергетических систем представлены в следующей таблица.

Таблица 2.

Применение РЭС на различных масштабах.

Уровень	Тип сети	Тип нагрузки	Технология РЭС
Уровень района	Сетевая система	Стабильная	Интеграция систем генерации на основе ветровой, фотоэлектрической и биомассовой энергии [6]
	Автономная система	Переменная	Фотоэлектрическая система [6]
	Сетевая система	Переменная	Многоэнергетическая комбинированная система ССНР (совместного производства холода, тепла и электроэнергии) [6]
	Сетевая система	Переменная	Фотоэлектрическая система и ветровые турбины [6]
	Автономная система	Автономная микро-сеть	Система ССНР с двунаправленным подключением к электрической сети [6]
Уровень сообщества	Сетевая система	Стабильная	Энергетические системы на основе солнечной энергии и биогазовых генераторов [6].
	Сетевая система	Переменная	Фотоэлектрическая система с накопителем энергии [6]

ISSN 3030-3907

	Автономная система	Стабильная	Система когенерации водорода, тепла и электроэнергии на основе солнечной энергии [6].
	Сетевая система	Переменная	Регионально распределённые системы водородной энергетики [6]
	Сетевая система	Стабильная	Фотогальваническая система и ветряная турбина [6]
	Сетевая система	Стабильная	Гибридная система ФЭС, ветра и аккумуляторов [6]
	Автономная система	Автономная микро-сеть	Гибридные микро-сети ветра, солнечной энергии и аккумуляторов [6]
	Сетевая система	Стабильная	ВИЭ-CCHP-MG [6]
Городской уровень	Сетевая система	Переменная	CCHP с гибридным централизованным накопителем энергии [6]
	Сетевая система	Стабильная	Геотермальная система с ORC [6]

Для классификации уровней интеграции фотоэлектрических систем принципиально различать установки коммунального масштаба («utility-scale»), мощность которых обычно превышает 5 мегаватт (МВт) и которые подключаются к основной энергосистеме, и малые системы, подключаемые на уровнях распределения, такие как жилые и небольшие коммерческие объекты [7]. В ответ на рост возобновляемой энергетики были выделены четыре фазы интеграции переменной возобновляемой энергии (ПВЭ) для описания прогрессивных этапов ее проникновения в сеть, при этом каждая фаза связана с определенным набором проблем взаимодействия и эксплуатации системы [7]. При низких уровнях проникновения ПВЭ (обычно ниже 5–10 процентов от установленной мощности) изменчивость и ошибка прогнозирования чистой нагрузки определяются предсказуемыми колебаниями спроса, и энергосистемы обычно могут адаптироваться за счет существующих резервов [7]. Однако по мере увеличения доли ПВЭ изменчивость и неопределенность превышают типичные уровни, требуя дополнительных мер и адаптации планирования энергосистемы [7].

Важнейшим компонентом любой фотоэлектрической установки является инвертор, который преобразует мощность постоянного тока, поступающую

ISSN 3030-3907

от солнечных модулей, в мощность переменного тока, предназначенную для сети [7]. Его роль и схема интеграции отражены на рисунке Рис. 2.: Основные компоненты солнечной фотоэлектрической установки [7].

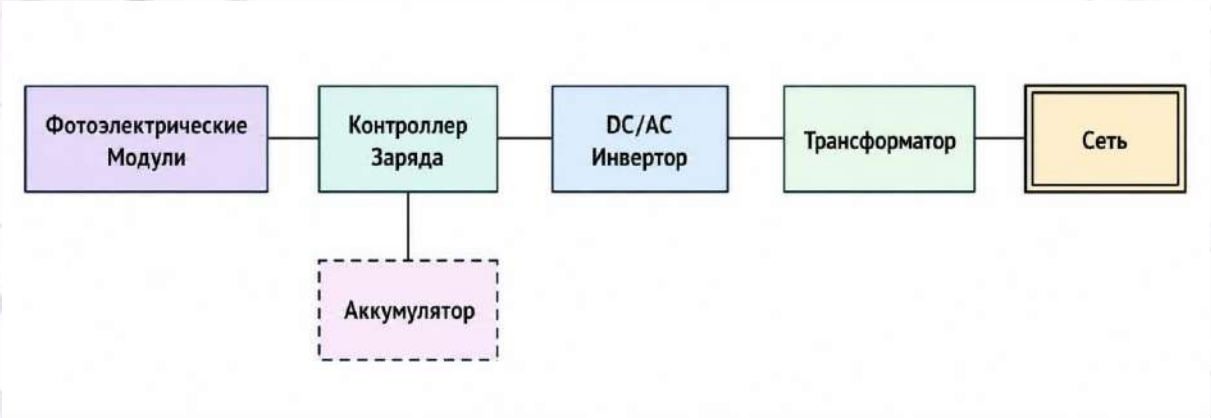


Рис. 2. Основные компоненты солнечной фотоэлектрической установки.

Мощность инвертора (кВА) может быть определена на основе параметров индуктивной нагрузки, прочих нагрузок и коэффициента мощности системы по Equation (13) [8]. С ростом проникновения распределенных фотоэлектрических систем требования сетевых кодов (СК) становятся все более строгими, включая обязательное прохождение через неисправности (ПВЭ) [9]. ПВЭ требует, чтобы возобновляемые станции действовали подобно традиционным электростанциям, оставаясь подключенными к сети во время сбоев и обеспечивая вспомогательные услуги, такие как инжекция или поглощение реактивного тока, для поддержания стабильности напряжения и сети [9]. Проблемы, возникающие при интеграции, такие как колебания напряжения и гармонические искажения, требуют внедрения передовых стратегий управления, включая управление активной и реактивной мощностью (P-Q control) и использование систем хранения энергии для сглаживания выходной мощности [3]. Дальнейшее развитие распределенных систем неразрывно связано с концепцией «умных сетей» (smart grids), которые позволяют использовать расширенные функции инверторов, такие как регулирование напряжения и прохождение через частотные возмущения, для обеспечения надежного управления сетью [2].

Категоризация систем по масштабу и установленной мощности

Классификация систем распределенной генерации (РГ) варьируется в зависимости от региональных регуляторных норм и стандартов различных организаций. Микрогенерация, как правило, охватывает бытовые установки, ориентированные на самопотребление, которые, согласно стандартам IEEE, могут иметь установленную мощность ≤ 10 кВт и

ISSN 3030-3907

интегрироваться в любой точке энергосистемы [3]. В то же время такие организации, как AEMO, устанавливают порог для подобных систем на уровне ≤ 30 кВт [3]. Малая генерация включает коммерческие объекты и малые предприятия; в некоторых юрисдикциях, таких как Новая Зеландия, к этой категории относятся установки мощностью до 5 МВт [3]. Средняя генерация представлена локальными солнечными парками, интегрированными в распределительные сети. В технической литературе под «промышленным масштабом» (utility-scale) обычно понимаются реализации мощностью свыше 5 МВт, которые подключаются к магистральным энергосистемам [7].

Таблица 3.

Сравнительная классификация распределённой генерации (РГ) в различных странах и международных организациях [3].

Страны и организации	Мощность распределённой генерации	Местоположение распределённой генерации
В Новой Зеландии	< 5 МВт	-
В Швеции	≤ 1.5 МВт	-
Австралийский оператор энергетического рынка	≤ 30 кВт	-
Международный совет по большим электроэнергетическим системам	< 100 МВт	Распределительные центры
Болгарский энергетический холдинг	< 5 МВт	Распределительные центры
Институт исследования электроэнергетики	≤ 50 кВт	Подстанции среднего напряжения (СН) и распределительные центры
Энергетические рынки Уэльса и Англии	< 100 МВт	-
Эстонский энергетический рынок	< 50 МВт	Распределительные центры
Институт инженеров по электротехнике и электронике	≤ 10 кВт	Интеграция в любой точке электрической сети

Уровни напряжения и точки общего присоединения (PCC)

ISSN 3030-3907

Выбор точки входа в энергосистему, часто называемой точкой общего присоединения (PCC) или точкой соединения (PoC), определяет технические требования к ФЭС [9]. PCC определяется как интерфейс, в котором распределенный ресурс подключается к общественной распределительной сети [10]. Малые системы мощностью до 30 кВт, как правило, подключаются к сетям низкого напряжения (НН, 0.4 кВ) без необходимости сложной верификации [7]. Для средних ФЭС мощностью от 0.15 до 20 МВт стандартом является подключение к сетям среднего напряжения (СН, 6–35 кВ), что требует установки комплектных трансформаторных подстанций [7]. Современные макеты энергосистем предусматривают двунаправленные потоки мощности, что позволяет энергии возвращаться от потребителя в сеть Рис. 3. [5].

Важным условием эксплуатации является соблюдение параметров повторного включения и синхронизации, чтобы избежать повреждения оборудования [10].

Таблица 4.

Общие правила выбора уровня напряжения точки подключения (POI) [7].

Номинальная мощность генерирующей установки	Уровень напряжения подключения к сети
До 30 кВт	Сеть низкого напряжения без проверки
От 30 до 200 кВт	Сеть низкого или среднего напряжения
От 0,15 до 20 МВт	Сеть среднего напряжения
От 15 до 80 МВт	Сеть высокого напряжения
От 80 до 400 МВт	Сеть сверхвысокого напряжения

ISSN 3030-3907

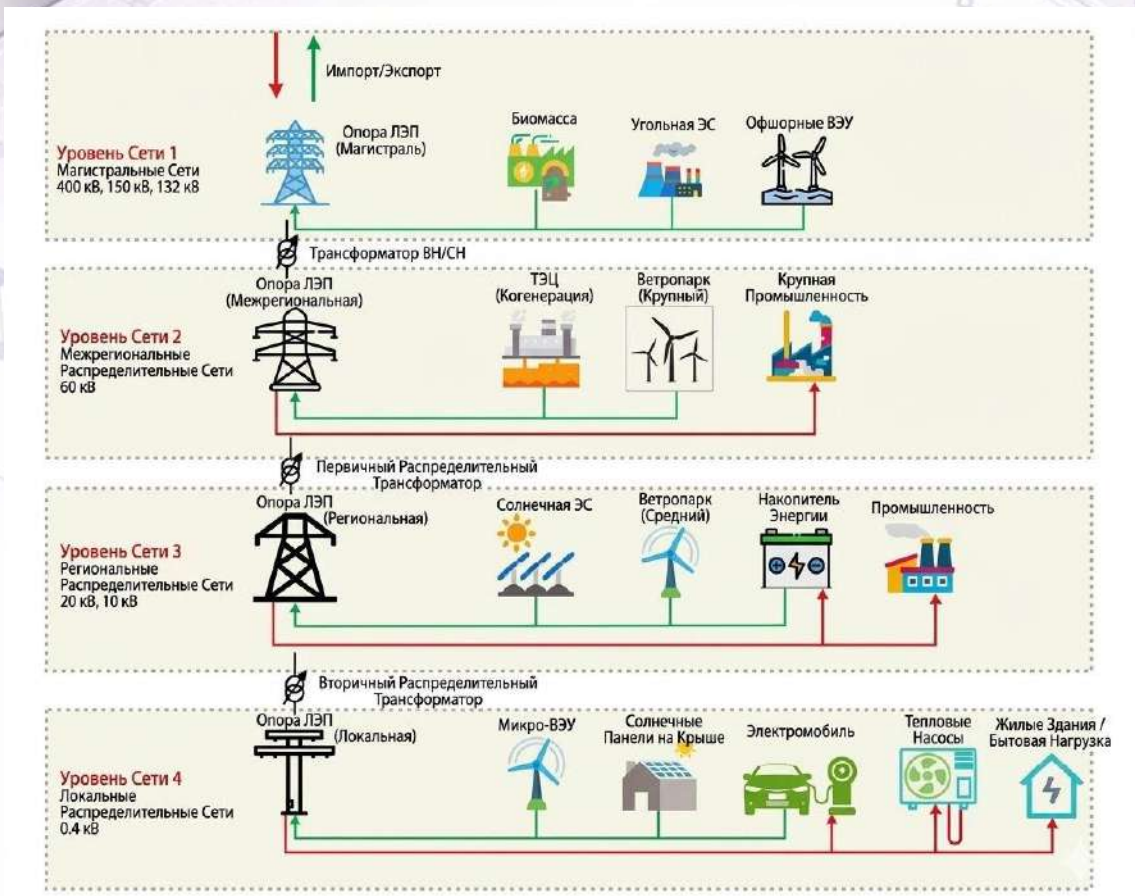


Рис. 3. Структурная схема современной электроэнергетической системы с указанием уровней напряжения в передающих и распределительных сетях.

Влияние топологии инверторного оборудования на взаимодействие с сетью

Инвертор является одним из ключевых элементов фотоэлектрической системы (ФЭС), выполняющим функции преобразования постоянного тока (DC), вырабатываемого солнечными модулями, в переменный ток (AC), совместимый с параметрами электрической сети. Кроме преобразования энергии, инвертор обеспечивает синхронизацию ФЭС с сетью по частоте, напряжению и фазе, а также реализует функции мониторинга, защиты и управления режимами работы системы [7]. Благодаря этим функциям инвертор часто рассматривается как центральный управляющий элемент или «интеллектуальное ядро» фотоэлектрической установки. В распределённых фотоэлектрических системах малой и средней мощности наиболее широко применяются стринговые инверторы, обычно используемые в установках мощностью до 10–20 кВт. Их преимуществами являются сравнительно простая архитектура, высокая надёжность и возможность независимого управления отдельными группами фотоэлектрических модулей. Для крупных солнечных электростанций,

ISSN 3030-3907

напротив, преимущественно используются централизованные инверторы мощностью 500–800 кВт и выше, обеспечивающие расширенные возможности управления, централизованный контроль параметров сети и более эффективное взаимодействие с энергосистемой [7]. Современное развитие инверторных технологий связано с внедрением интеллектуальных инверторов (Smart Inverter), которые помимо базового преобразования энергии способны выполнять функции поддержки электрической сети. Такие инверторы обеспечивают регулирование напряжения и частоты, управление коэффициентом мощности, компенсацию реактивной мощности, а также повышение устойчивости сети при высоком уровне интеграции возобновляемых источников энергии [11]. Использование Smart Inverter рассматривается как один из важнейших факторов повышения гибкости и надёжности современных распределённых энергосистем. С конструктивной точки зрения инверторы подразделяются на трансформаторные и бестрансформаторные (рис. 4). Трансформаторные инверторы обеспечивают гальваническую развязку между фотоэлектрической системой и сетью, что повышает уровень электрической безопасности и снижает риск возникновения токов утечки. Однако наличие трансформатора увеличивает массу и габариты оборудования, а также приводит к дополнительным энергетическим потерям. Бестрансформаторные инверторы отличаются более компактной конструкцией, меньшей стоимостью и высоким коэффициентом полезного действия, что делает их особенно востребованными в современных фотоэлектрических системах. Вместе с тем их применение требует использования сложных схем управления и фильтрации для подавления токов утечки и обеспечения соответствия требованиям по качеству электроэнергии [5].

ISSN 3030-3907

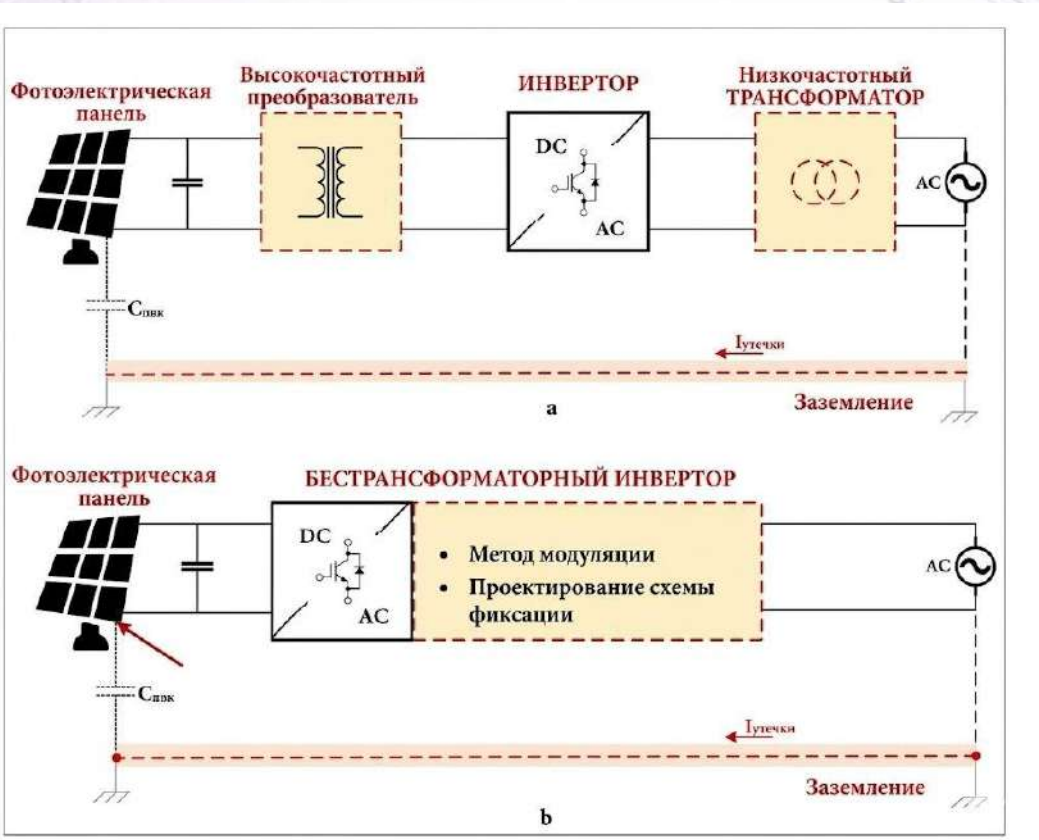


Рис. 4. Схематическая диаграмма инверторной системы фотоэлектрической станции, подключённой к электрической сети.

Для повышения стабильности применяются продвинутые алгоритмы, такие как синхронвертеры, которые эмулируют поведение синхронных генераторов для контроля частоты [12].

Технические требования и ограничения при сетевой интеграции

Интеграция ФЭС меняет режим работы фидера, что требует анализа его пропускной способности. Критическими факторами здесь выступают нарушения уровней напряжения на фидере и термическая перегрузка линий [4]. Инверторные установки могут ухудшать качество электроэнергии, внося гармонические искажения, которые измеряются общим коэффициентом нелинейных искажений (THD), лимитируемым стандартами IEEE на уровне 5% [9]. Однофазные установки, неравномерно распределенные по фазам в трехфазных четырехпроводных сетях, вызывают значительный перекос фаз [13]. Кроме того, ФЭС должны обладать способностью прохождения через провалы напряжения (LVRT), чтобы предотвратить каскадные отключения при сетевых авариях [9]. Двустороннее протекание мощности существенно усложняет работу релейной защиты и автоматики (РЗА), затрудняя обнаружение повреждений и требуя пересмотра принципов селективности [14].

ISSN 3030-3907

Таблица 5.

Список сокращений		List of Abbreviations	
ВИЭ -	Возобновляемые источники энергии	RES -	Renewable Energy Sources
МЭА -	Международное энергетическое агентство	IEA -	International Energy Agency
РГ -	Распределенная генерация	DG -	Distributed Generation
ИС -	Интеллектуальные сети	SGs -	Smart Grids
МС -	Микросети	MGs -	Microgrids
ПСНЭ -	Передовые системы накопления энергии	AESSs -	Advanced Energy Storage Systems
ИИ -	Искусственный интеллект	AI -	Artificial Intelligence
РЭР -	Распределенные энергетические ресурсы	DER -	Distributed Energy Resources
REGs -	Генераторы на основе ВИЭ	REGs -	Renewable Energy Generators
ФЭС -	Фотоэлектрические системы	PV -	Photovoltaic Systems
ВТ -	Ветряные турбины	WT -	Wind Turbines
ТЭ -	Топливные элементы	FC -	Fuel Cells
РЭС -	Распределенные энергетические системы	DES -	Distributed Energy Systems
СХЭ -	Система хранения энергии	ESS -	Energy Storage System
ТОТЭ -	Твердооксидные топливные элементы	SOFC -	Solid Oxide Fuel Cells
ПОМТЭ -	Топливные элементы с протонно-обменной мембраной	PEMFC -	Proton Exchange Membrane Fuel Cells
ЭЭС -	Электроэнергетическая система	PS -	Power System
РС -	Распределительная сеть	DN -	Distribution Network
ССНР -	Комбинированная система холодоснабжения,	CCHP -	Combined Cooling, Heating, and Power

ISSN 3030-3907

	теплоснабжения и электроснабжения		
ПВЭ -	Переменная возобновляемая энергия	VRE -	Variable Renewable Energy
РФЭС -	Распределенные фотоэлектрические системы	DPVS -	Distributed Photovoltaic Systems
СК -	Сетевые коды	GC -	Grid Codes
DC-	Постоянный ток	DC -	Direct Current
AC -	Переменный ток	AC -	Alternating Current
THD -	Коэффициент нелинейных искажений	THD -	Total Harmonic Distortion
LVRT -	Прохождение через провалы напряжения	LVRT -	Low Voltage Ride-Through
РЗА -	Релейная защита и автоматика	PAR -	Protection and Automation Relay

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Классификация распределённых фотоэлектрических систем и определение уровней их интеграции в электрические сети являются важными элементами эффективного развития современной энергетической инфраструктуры. Рост внедрения возобновляемых источников энергии, особенно солнечных фотоэлектрических систем, требует системного подхода к их подключению и управлению в распределительных сетях.

Проведённый анализ показывает, что распределённые энергетические ресурсы могут классифицироваться по различным критериям, включая установленную мощность, масштаб применения, тип подключения к сети и уровень напряжения. Малые фотоэлектрические установки, как правило, подключаются к сетям низкого напряжения и ориентированы на локальное потребление энергии, тогда как более крупные станции интегрируются в сети среднего и высокого напряжения и могут обеспечивать значительный вклад в генерацию электроэнергии.

Особое значение при интеграции фотоэлектрических систем имеет выбор точки общего присоединения и соответствующего уровня напряжения, поскольку эти параметры определяют требования к оборудованию, системам защиты и режимам работы энергосистемы. Существенную роль в обеспечении стабильности сети играет инверторное оборудование, которое выполняет функции преобразования энергии и управления параметрами генерации.

ISSN 3030-3907

Также установлено, что увеличение доли распределённой генерации приводит к возникновению ряда технических проблем, включая колебания напряжения, гармонические искажения, перекос фаз и сложности в работе релейной защиты. Решение этих задач требует применения современных технологий управления, интеллектуальных инверторов и систем накопления энергии.

В целом дальнейшее развитие распределённых фотоэлектрических систем будет тесно связано с внедрением концепции интеллектуальных электрических сетей, совершенствованием нормативно-технических требований и развитием методов управления энергосистемами, что позволит обеспечить надёжную и устойчивую интеграцию возобновляемых источников энергии в электрические сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cavus, M. Advancing Power Systems with Renewable Energy and Intelligent Technologies: A Comprehensive Review on Grid Transformation and Integration. Electronics 2025, 14, 1159. doi.org/10.3390/electronics 14061159.
2. International Energy Agency (IEA). Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources: Power system opportunities and best practices. Website: www.iea.org Contact information: www.iea.org/about/contact Typeset in France by IEA - May 2022.
3. Tiku Fidelis Etanya, Pierre Tsafack, Divine Khan Ngwashi. Grid-connected distributed renewable energy generation systems: Power quality issues, and mitigation techniques – A review. Energy Reports 13 (2025) 3181-3203. doi.org/10.1016/j.egyr.2025.02.050.
4. Forson Peprah, Samuel Gyamfi, Mark Amo-Boateng, Eric Effah-Donyina. Impact assessment of grid tied rooftop PV systems on LV distribution network. Scientific African 16 (2022) e01172. doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01172.
5. Rajendran G, Raute R, Caruana C. A Comprehensive Review of Solar PV Integration with Smart-Grids: Challenges, Standards, and Grid Codes. Energies 2025, 18, 2221. doi.org/10.3390/en18092221.
6. Cheng Q., Zhang Z.,Wang Y., Zhang L., “A Review of Distributed Energy Systems: Technologies, Classification, and Applications,” *Sustainability*, vol. 17, no. 1, p. 1346, 2025, doi:10.3390/su17041346.
7. ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program) 2019. “Grid Integration Requirements for Variable Renewable Energy.” ESMAP Technical Guide, World Bank, Washington, DC.
8. Akinyele D, Amole A, Olabode E, Olusesi A, Ajewole T. Simulation and Analysis Approaches to Microgrid Systems Design: Emerging Trends and

Sustainability Framework Application. Sustainability 2021, 13, 11299. https://doi.org/10.3390/su132011299

9. Ali Q. Al-Shetwi, Muhamad Zahim Sujod. Grid-connected photovoltaic power plants: A review of the recent integration requirements in modern grid codes. Wiley ENERGY RESEARCH DOI: 10.1002/er.3983.

10. Rebollal D, Carpintero-Renteria M, Santos-Martin D, Chinchilla M. Microgrid and Distributed Energy Resources Standards and Guidelines Review: Grid Connection and Operation Technical Requirements. Energies 2021, 14, 523. https:// doi.org/10.3390/en14030523

11. Giuseppe Marco Tina, Dario Garozzo, Pierluigi Siano. Scheduling of PV inverter reactive power set-point and battery charge/ discharge profile for voltage regulation in low voltage networks. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. Volume 107, May 2019, Pages 131-139. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.11.009.

12. Ndirangu J.G, Nderu J.N, Muhia A.M. Power Quality Challenges and Mitigation Measures in Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems. Department of Electrical and Electronic Engineering Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology Nairobi, Kenya. julzndirangu@gmail.com

13. Mehdi Zeraati, Mohamad Esmail, Hamedani Golshan, and Josep M. Guerrero. Voltage Quality Improvement in Low Voltage Distribution Networks Using Reactive Power Capability of Single-Phase PV Inverters. doi10.1109/TSG.2018.2874381.

14. System Costs of Balancing and Operating Electricity. Understanding the Full System Costs of the Electricity System. Quantified Carbon.

pH NI O‘LCHASH VOSITALARINING METROLOGIK XUSUSIYATLARINI ANIQLASH JARAYONIDA O‘RNATILGAN TALABLARNI XALQARO TALABLARGA UYG‘UNLASHTIRISH VA TAKOMILLASHTIRISH

Matyakubova P.M.
TDTU “Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish, standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrasi mudiri, t.f.d., professor
Kadirova SH.A.
TDTU “Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish, standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrasi professori, t.f.n.
Raxmatullayev S.A.
DTU “Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish, standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrasi doktoranti
E-mail: sarvar.raxmatullayev9@gmail.com
ORCID.ORG/ 0000-0001-7901-6600

Annotatsiya. Ushbu maqolada pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonida zarur sharoitlarni belgilash masalalari ilmiy-nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilingan. Shuningdek, pH o‘lchash vositalarining fizik-kimyoviy o‘lchash laboratoriyalari hamda sanoatning turli tarmoqlarida qo‘llashning ahamiyati, pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlari, pH o‘lchashlarda ta’sir etuvchi omillar, pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlashda xalqaro talablar va ularning mazmuni, jarayonni tashkil etishda laboratoriya xonalariga va yordamchi vositalariga qo‘yiladigan talablar atroflicha keltirib o‘tilgan.

Kalit so‘zlar: o‘lchash jarayoni, pH o‘lchash vositasi (pH-metr), o‘lchash vositasi aniqligi, tashqi muhit parametrlari, ISO/IEC 17025, IEC 60068-1, harorat, nisbiy namlik, atmosfera bosimi, Nernst tenglamasi.

Аннотация. В настоящей статье с научно-теоретической и практической точек зрения проанализированы вопросы установления необходимых условий в процессе определения метрологических характеристик средств измерения pH. Также подробно описаны значение применения средств измерения pH в физико-химических измерительных лабораториях и различных отраслях промышленности, метрологические характеристики средств измерения pH, факторы, влияющие на измерение pH, международные требования к определению метрологических характеристик средств измерения и их содержание, требования к лабораторным помещениям и вспомогательным средствам при организации процесса.

Ключевые слова: процесс измерения, средство измерения pH (pH-метр), точность средства измерения, параметры окружающей среды, ISO/IEC 17025, IEC 60068-1, температура, относительная влажность, атмосферное давление, уравнение Нернста.

Abstract. This article provides a scientific-theoretical and practical analysis of establishing the required conditions in the process of determining the metrological characteristics of pH measuring instruments. Additionally, the importance of using pH measuring instruments in physicochemical measurement laboratories and various industrial sectors, the metrological characteristics of pH measuring instruments, factors influencing pH measurements, international requirements for determining the metrological characteristics of pH measuring instruments and their content, and requirements for the laboratory premises and auxiliary equipment during process organization are detailed.

Keywords: measurement process, pH measuring instrument (pH-meter), measuring instrument accuracy, environmental parameters, ISO/IES 17025, IES 60068-1, temperature, relative humidity, atmospheric pressure, Nernst equation.

KIRISH.

Hozirgi kunda zamonaviy metrologiya yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarni amalga oshirish, o‘lchashlar sifati, o‘lchash usullari va vositalariga yuqori talablar qo‘ymoqda. Yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarni amalga oshirish ishlab chiqarish jarayonlarining samaradorligi, mahsulot sifatini va xavfsizligi hamda atrof-muhit holati monitoringida bevosita omil sifatida qaraladi. Bunda, o‘lchash vositalarining ishonchliligi, aniqligi, o‘lchashlarning butun diapazonini qamrab olishi, tezkorligi, barqarorligi, takrorlanuvchanligi va o‘lchashlarning boshqa sifat mezonlarini o‘z ichiga qamrab oladi.

Fizik-kimyoviy o‘lchash laboratoriyalari hamda sanoatning turli tarmoqlari, jumladan, kimyo va neft-kimyo sanoatida texnologik jarayonlarni nazorat qilishda, oziq-ovqat sanoatida mahsulot sifati va xavfsizligini baholashda, ekologiya va atrof-muhit muhofazasida, tibbiyot (biologik tahlillar), farmatsevtika, qishloq xo‘jaligi va boshqa sanoat tarmoqlarida eritmalardagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichi, moddalarning kislotalilik-ishqoriy xususiyatlarini aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi [1]. Bundan ko‘rinib turibdiki, pH o‘lchash vositalarining zamonaviy sanoat tarmoqlari va ilmiy amaliyotda universalligi hamda ularga bo‘lgan talabning doimiy o‘shib borayotganligini ko‘rsatadi.

pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlari: o‘lchash vositasi aniqligi, o‘lchash diapazoni, xatolik chegaralari, sezgirligi, takrorlanuvchanligi va barqarorligi kabi ko‘rsatkichlari bir qancha omillarga bevosita bog‘liq. O‘lchash vositalari noto‘ri qiymatlarni qayd etishi, buzilishlar nafaqat texnologik

ISSN 3030-3907

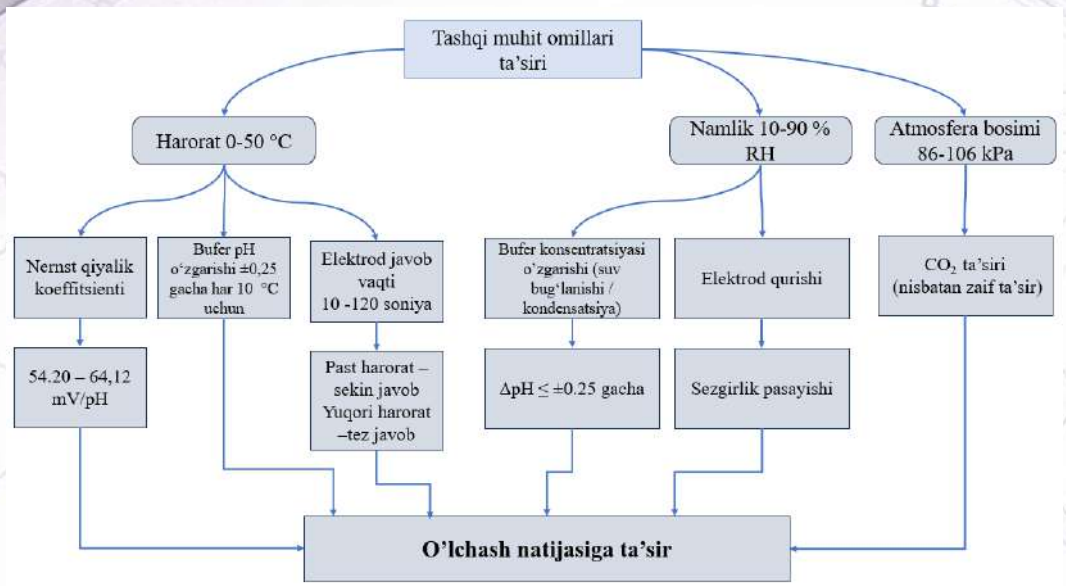
jarayonlarda yo‘qotishlarga olib kelishi, balki tibbiy va ekologik qarorlarni noto‘g‘ri qabul qilinishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli, o‘lchash vositalarini metrologik xususiyatlarini aniqlash, metrologik tekshiruvi va nazorati, shu bilan birga, ichki (in-hause) kalibrlashni amalga oshirishda jarayonga qo‘yiladigan talablar va sharoitlarni aniq belgilash muhim ahamiyat kasb etadi.

ASOSIY QISM.

Har qanday o‘lchash va sinov laboratoriyalari o‘lchash vositalarini metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlari uchun alohida tayyorgarlik, zarur sharoitlarni belgilash va ta’minlash, yordamchi vositalarini ishga tayyorlash, texnika va xavfsizlik qoidalariga rioya etishi, jarayon o‘tkaziladigan xona tashqi muhit ta’sirlarini inobatga olish, xodimlar malakasi va umuman olganda laboratoriyalar zarur tashkiliy ta’minot darajasiga ega bo‘lishi lozim. Sinov va kalibrlash laboratoriyalarining malakasiga qo‘yiladigan umumiy talablarga ko‘ra, sinovlar, jarayonlar o‘tkaziladigan binolar, xonalar atrof-muhit sharoitlari natijalarning ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmasligi hamda laboratoriya faoliyati uchun mos bo‘lishi kerak. Bularga, ifloslanish, chang, elektromagnit buzilishlar, radiatsiya, namlik, elektr ta’minoti, harorat, tovush va tebranish va boshqalar kiradi [1-2]. pH ni o‘lchash vositalarini metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlarida o‘lchash aniqligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin bo‘lgan omillarning asosiylaridan biri bu tashqi muhit parametrlari ya’ni harorat, namlik, atmosfera bosimi va boshqalar hisoblanadi. Bu borada qator izlanuvchilar tomonidan tadqiqot ishlari olib borilgan bo‘lib, o‘lchash jarayonlari olib boriladigan laboratoriya xonalari ma’lum bir tashqi muhit parametrlariga javob berishi talab etiladi [2-4].

pH o‘lchash vositalarini metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlarida laboratoriya sharoitlarini belgilashda tashqi muhit parametlarining ta’sirini struktura (1-rasm) asosida izohlashimiz mumkin.

ISSN 3030-3907



1-rasm. pH o‘lchashlarni amalga oshirishda tashqi muhit omillari ta’siri

Laboratoriyada o‘lchash vositalarini metrologik xusuiyatlarini aniqlash jarayonlarida tashqi muhit parametrlarini o‘rnatish va nazorat qilish bo‘yicha xalqaro hujjatlarda bir qancha talabalar va tavsiyalar keltirilgan [2], bunga misol tariqasida, ISO/IEC 17025, IEC 60068-1, МИ 1619 va boshqa qator hujjatlarni ko‘rishimiz mumkin.

Ushbu hujjatlar atrof-muhit sinovlarini moslash jarayonining asosiy tuzilmasi, tegishli sinovlar va ularning murakkablik darajasi bilan sinov xususiyatlarini ishlab chiqarishga ko‘maklashish maqsadida taqdim etilgan. Atrof-muhitni nazorat qilishi sinov usullari mavjud xalqaro muhandislik tajribasi va xulosalariga asoslanib, asosan namunalar haqida ma’lumot berish uchun mo‘ljallangan, shuningdek, zarur hollarda tegishli qo‘shimcha sinovlar bilan to‘ldirilishi mumkin:

- harorat, bosim, namlik, mexanik kuchlanish yoki atrof-muhitning boshqa sharoitlari va ushbu sharoitlar majmuining belgilangan chegaralarida ishlash qobiliyati;
- tashish, saqlash va o‘rnatish sharoitlariga bardosh berish qobiliyati [4].

Bunga ko‘ra, agar o‘lchashlar jarayonida o‘lchanishi kerak bo‘lgan parametrlar harorat, bosim va namlikka bog‘liq, ammo bu ta’sirlar ma’lum qoniniyat bilan to‘g‘ridan-to‘gri keltirilmagan bo‘lsa, standart sinovlar uchun tashqi muhit parametrlari [4] 1- jadavalda keltirilgan kabi sharoitlarni belgilash mumkin.

1-jadval

O‘lchashlar va sinovlar uchun tashqi muhit parametrlari

Harorat, °C	Nisbiy namlik, %	Atmosfera bosimi

ISSN 3030-3907

Nominal qiymat	Qisqa bardoshlilik	Uzoq bardoshlilik	Qisqa oraliqda	Uzoq oraliqda	kPa	mBar
20	±1	±2	63 - 67	60 – 70	86 - 106	(860 – 1060)
23	±1	±2	48 – 52	45 – 55	86 - 106	(860 – 1060)
25	±1	±2	48 – 52	45 – 55	86 - 106	(860 – 1060)
27	±1	±2	63 - 57	60 - 70	86 - 106	(860 – 1060)
Izoh:Ushbu qiymatlar 60068-1 IEC:2013, shuningdek ISO 554 va ISO 3205 da keltirilgan qiymatlar kiradi.						

O‘lchash va sinovlarni o‘tkazish uchun atmosfera sharoitlarining me’yoriy diapazoni 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

O‘lchashlar va sinovlar uchun standart atmosferalar

Harorat, °C	Nisbiy namlik, %	Atmosfera bosimi
15 dan 35 gacha	25 dan 75 gacha	86 kPa dan 106 kPa (860 mbar dan 1 060 mbar)

Albatta shuni ham hisobga olish kerakki, jarayon olib borilayotgan xona tashqi muhit parametrlari keskin o‘zgarishiga yo‘l qo‘yilmasligi lozim. Bunda, o‘lchashlar olib boriladigan vaqtning hissasi yuqori hisoblanadi.

Atmosfera bosimini hisobga olishda dengiz sathidan balandlik bo‘yicha munosabatdan kelib chiqadi. Atmosfera bosimi va balandlik o‘rtasidagi bog‘liqlik 3-jadvalda keltirilgan[5].

3-jadval

Atmosfera bosimi va balandlik

Atmosfera bosimi kPa	5,5	12	26	38	54	62	70	75	84	Dengiz sathi
Dengiz sathidan taxminiy balandlik[a] (m)	20 000	15 000	10 000	7 500	5 000	4 000	3 000	2 500	1 500[b]	0[c]

ISSN 3030-3907

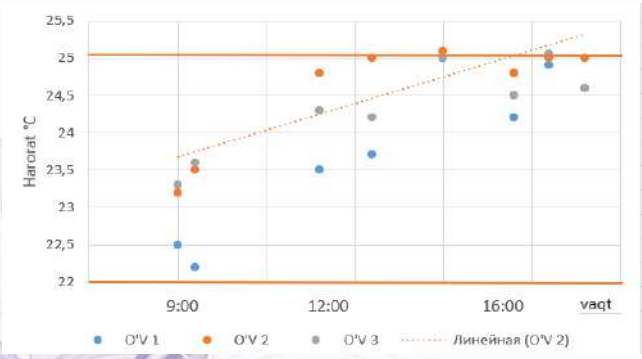
[a]Atmosfera bosimi va balandlik o‘rtasidagi bog‘liqlik IEC 60721-2-3 orqali aniqlanadi.
[b]Namunani sinov uchun standart atmosfera sharoitlarining havo bosimi qiymatining quyi chegarasida sinash talab etilganda qo‘llanilishi mumkin.
[c]Qo‘llanmdga muvofiq, 1000 metrgacha bo‘lgan balandliklarda standart atmosfera bosimi 86 kPa dan 106 kPa gacha bo‘lgan oraliqni qamrab oladi.

O‘lchash aniqligini ta’minlash va o‘lchash natijasiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin bo‘lgan omillarni oldini olish maqsadida o‘lchash amallari bajarilishidan oldin tayyorgarlik ishlariga alohida e’tibor qaratishimiz lozim. Tashqi muhit paramentrlarini o‘rnatish va nazorat qilish, yordamchi uskunalar va jihozlarni ishga tayyorlash, qurilmalarni ishga tushirish hamda barqarorligini ta’minlash, tekshirilayotgan qurilmani jarayonga tayyorlash va boshqa amallarni bajarish talab etiladi.

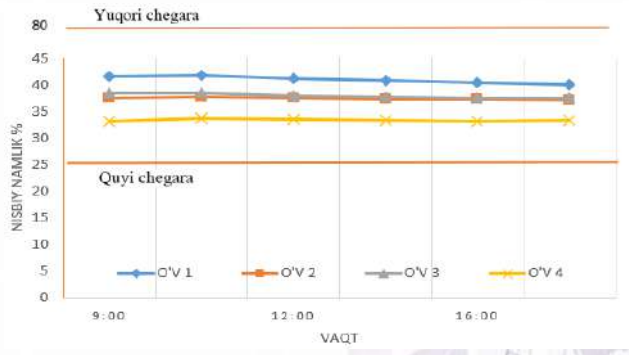
Eksperimental (natijalar va muhokama)

Eksperimental tahlillar pH o‘lchash vositalarini metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlari olib boriladigan laboratoriya xonasining tashqi muhit parametrlari (harorat, atmosfera bosimi, nisbiy namlik) kunning turli vaqtlarida natijalar olinib (2-rasm), jarayon olib borilgan laboratoriya xona tashqi muhit parametrlarini nazorat qilish vositasi sifatida, o‘lchash diapazoni - 200 °C dan 500 °C gacha, yuqori aniqlikdagi ishchi harorati - 30 °C dan 65 °C gacha, qiymatni qayd etish 0,1 °C, tashqi zondsiz kirish aniqligi -50 °C dan 100 °C gacha ± 0.2 °C, +100 dan +250 °C gacha ± 0.2 % ni, nisbiy namlik 0 to 100 % RH gacha, atmosfera bosimi o‘lchash diapazoni 800 dan 1100 kPa gacha, aniqlik 23°C uchun ±2 kPa ga ega bo‘lgan qurilmadan foydalanildi.

O‘lchash jarayonlari boshlanishidan oldin kamida 30 daqiqa oldin qurilma ishchi holatga keltirildi. Natijalari turli pH o‘lchash vositalarini ishlab chiqaruvchi kompaniyalarning modellarida amalga oshirilganligi sababli har bir qurilmaning javob vaqt ham turlicha ya’ni umumiy jarayon har bir qurima uchun o‘rtacha 20 daqiqadan 40 daqiqagacha va undan ko‘proq vaqt davom etishi mumkin.

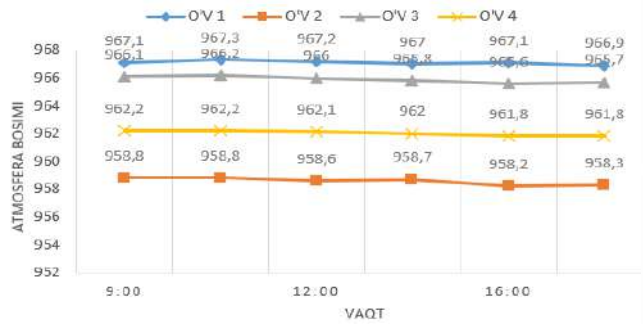


(a)



(b)

ISSN 3030-3907



2-rasm. O‘lchash vosita (O‘V) lari metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlarida tashqi muhit parametrlari qiymatlari vaqt davomida o‘zgarishi

(v)

O‘lchash jarayonida tashqi muhit parametrlari: atmosera bosimi ta’siri minimal darajada bo‘lsa ham, lekin o‘lchash jarayonida qo‘shimcha xatoliklarni oldini olish maqsadida o‘lchash maqsadga muvofiq. Atmosfera bosimi eritmalarda erigan gazlar, ayniqsa korbonat angidrid (CO_2) ning erivchanligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. CO_2 suvda erib, korbonat kislota (H_2CO_3) hosil qiladi, bu esa eritmani biroz ishqoriy tomonga o‘zgartiradi. O‘tkazilgan tadqiqot natijasining tahlili shuni ko‘rsatadiki, laboratoriya sharoitida atmosfera bosimining vaqt bo‘yicha keskin o‘zgarishi kuzatilmaydi. Shu sababli, bu ta’sir o‘lchash jarayonlarida ahamiyati juda past ta’sir deb baholashimiz mumkin.

Nisbiy namlik pH qiymatiga bevosita bo‘lmasa ham lekin bilvosita ta’sir ko‘rsatadi. pH bufer eritmalarining saqlash talablariga rioya etilmasa yoki o‘lchash jarayoni uzoq vaqt davom etadigan holatlarda bufer eritmaning ochiq holatda uzoq ushlab turilishi tashqi muhitning quruqligi bufer eritmasining bug‘lanishiga olib kelishi mukin. Bu esa eritma konsentratsiyasini oshiradi va uning pH qiymatini o‘zgartiradi (asosan bufer eritmaning turiga bog‘liq). Bu asosan kichik hajimdagi namunalarda muhimdir.

pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlashda haroratning ikki asosiy ta’siri, bunda asosiy ta’sir – o‘lchanayotgan bufer eritmaning harorati va laboratoriyada ta’minlanishi lozim bo‘lgan tashqi muhit harorati ta’siri orqali o‘lchash aniqligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bufer eritmasining harorati o‘zgarishi Nernst tenglamasi orqali ifodalanadi (1).

$$E=E^0+(RT/nF)\cdot ln\ a(H^+) \qquad (1)$$

bu yerda:

E^0 - standart elektrod potensiali, mV;

R – universal gaz doimiysi, 8,314 $J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$;

T – harorat, T(K) = t(°C) + 273,15;

F - Faradey doimiysi, 96 485 $Kl\cdot mol^{-1}$;

$a(H^+)$ - Vodorod ionlari faolligi, $mol\cdot L^{-1}$.

Bunda, harorat 1 °C ga ortishi (o‘zgarishi) Nernst qiyaligining ~ 0,198 $mV\cdot °C^{-1}$ ga siljitishi va bu o‘lchash natijasida ±0,01 pH birlikka yetuvchi sistematik xatolikka sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois standart bufer namunalar

ISSN 3030-3907

ishlab chiqaruvchilari yorliqlarda pH qiymatining haroratga bog‘liq o‘zgarish jadvalini keltiradi hamda xalqaro talablar va tavsiyalarga muvofiq ushbu o‘lchashlarni amalga oshirishda hisobga olishi lozim bo‘lgan metrologik majburiyat hisoblanadi.

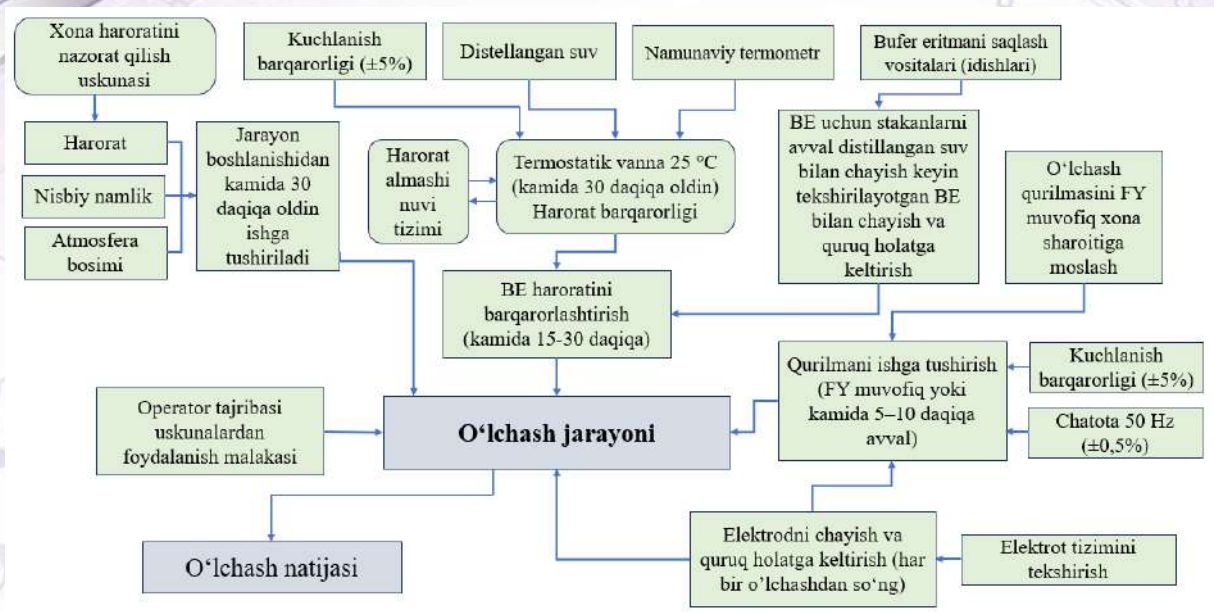
Tashqi muhit harorati esa ko‘pincha e’tibordan chetda qolsa-da, u shisha membrana qarshiligining bir necha barobarga ortishiga, referent elektroddagi diffuzion potensialning 0,1–0,3 $mV \cdot °C^{-1}$ siljishiga va termal muvozanat o‘rnatilgunga qadar yuzaga keladigan o‘tish davri xatoliklariga olib kelishi mumkin [7]. Bundan tashqari, zamonaviy pH o‘lchagichlardagi avtomatik harorat kompensatsiyasi (ATC) faqat ma’lum qiylatlar uchun tuzatish kiritib, tashqi muhit harorati ta’siridan kelib chiqadigan diffuzion va termal xatoliklarni to‘liq bartaraf eta olmaydi. GUM (BIPM, 2008) metodologiyasiga asosan, laboratoriya sharoitida harorat ±2°C chegarasida nazorat qilinmagan taqdirda harorat omilidan kelib chiqadigan kengaytirilgan noaniqlik $U \geq 0{,}05$ pH birlikka yetishi mumkin [8], bu esa ko‘plab sanoat tarmoqlarida belgilangan aniqlik talablaridan oshib ketishiga sabab bo‘lishi mumkin.

O‘tkazilgan tahlillar asosida, o‘lchash natijalarining ishonchliligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin bo‘lgan omillar, xalqaro norma talablari, o‘lchash vositalariga tashqi muhit parametrlarining ta’siri, davlat standart talablari, geografik joylashuvi, shuningdek, pH o‘lchash vositalarining foydalanish yo‘riqnomalarida keltirilgan talablar hisobga olingan holda, laboratoriya xonalarining tashqi muhit parametrlari uchun quyidagi talablar ishlab chiqildi. Bunda pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlash joylarida quyidagilar ta’minlanishi lozim:

- jarayon o‘tkaziladigan muhitdagi havo harorati (20±5) °C;
- jarayon o‘tkaziladigan muhitning nisbiy namligi 25% dan 80 % gacha;
- atmosfera bosimi 86 kPa dan 106 kPa gacha;
- barqaror kuchlanish og‘ishining normal ruxsat etilgan va maksimal ruxsat etilgan qiymatlari ±5 %;
- to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh nuri, mexanik ta’sirlar, changning mavjudligi, tashqi elektr va magnit maydonlar (yerning magnit maydonidan tashqari), o‘lchash vositasi va nazorat vositalarining ishlashiga ta’sir etuvchi holatlarning oldi olingan bo‘lishi kerak [9].

O‘tkazilgan tahliliy natijalar asosida pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlarida o‘lchash natijasiga salbiy ta’sirlarni oldini olish, tashqi muhit sharoitlarini belgilash va jarayonga tayyorgarlik ishlarini amalga oshirish 3-rasmda keltirilgan amallarga rioya etilishiga alohida e’tibor qaratish lozim.

ISSN 3030-3907



3-rasm. pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlash jarayonlarida tayyorgarlik sxemasi

XULOSA VA TAKLIFLAR.

O‘tkazilgan tahlillar va eksperimental natijalar asosida shuni xulosa qilib aytishimiz mumkinki, turli suyuqlik va muhitlarda eritmadagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichi pH ni, suyuqliklarning kislotalik va ishqoriy ekanligini aniqlash, sanoatning turli tarmoqlarida o‘lchanishi lozim bo‘lgan asosiy parametrlardan biri hisoblanadi. Bunda, o‘lchash vositasining ishonchliligi, aniqligi, o‘lchash diapazoni, barqarorligi, takrorlanuvchanligi, sezgirligi va boshqalarni aniqlash muhim ahamiyatga ega. Bu esa, pH ni o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlashda xalqaro talablar, milliy me’yoriy hujjatlar, qurilmaning ekspluatatsion hujjatlari, shuningdek, ilmiy-texnik yutuqlar natijalari asosida jarayonlarni to‘g‘ri tashkil etishni taqazo etadi. Ushbu maqolada pH o‘lchashlarni amalga oshirishda tashqi muhit omillari ta’siri, sinov va o‘lchash laboratoriyalarining tashkiliy holatiga talablar, pH o‘lchash vositalarining metrologik xususiyatlarini aniqlashda harorat, atmosfera bosimi, nisbiy namlikning qay darajada ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi, shuningdek, yordamchi vositalarga talablar belgilangan bo‘lib, jarayonni tashkil etishda o‘rnatilgan talablar bo‘yicha tavsiyalar keltirilgan.

ADABIYOTLAR

1. Z. Zulkarnay, S. Shazwani, B. Ibrahim, A. J. Jurimah, A. R. Ruzairi, S. Zaridah. An overview on pH measurement technique and application in biomedical and industrial process. 2015 2nd International Conference on Biomedical Engineering (ICoBE). DOI: 10.1109/ICoBE.2015.7235898

ISSN 3030-3907

2. ISO/IEC 17025:2017-11(E) General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization. 2017.
3. John J. Barron, C. Ashton, L. Geary. The Effects of Temperature on pH Measurement // A reagecon technical paper. September 2006.
4. IEC 60068-1:2013 Environmental testing, General and guidance. ICS 19.040, ISBN 978-2-8322-1110-6.
5. IEC 60068-2-13 Environmental testing. Part 2-13. M: Low air pressure.
6. Good measurement practice in pH measurement. Mettler toledo. pH Essentials Guide 2021.
7. R. Bates and R. Durst. Definition of pH scales, standard reference values, measurement of ph and related terminology. Pure and Appl. Chem., Vol. 57, No. 3, pp. 531—542.
8. R. P. Buck and oth. Measurement of pH. definition, standards, and procedures. Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 11, pp. 2169–2200, 2002.
9. O‘zMSt 584:2025 O‘lchashlar birliligini ta’minlash davlat tizimi. pH-metrlar va ion o‘lchagichlar. Qiyoslash uslubiyoti.
10. Matyakubova P.M. Eksperimentni tashkil etish va rejalashtirish. O‘quv qo‘llanma. ISBN 978-9910-9838-1-8 «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2023, 183 b.
11. Matyakubova P.M., Ismatullayev P.R., Masharipov Sh.M. O‘lchash usullari va vositalari. O‘quv qo‘llanma. 2023 y.
12. Matyakubova P.M., Rakhmatullaev S.A. Analysis of temperature-dependent pH scale for aqueous solutions according to international requirements // Journal Proceedings. Volume 52 (06) Issue 04-02 2025. p 65-69.
13. OIML R 54 pH SCALE for AQUEOUS SOLUTIONS. International Organization of Legal Metrology.
14. Raxmatullayev S.A., Xo‘jaqulov D.A. Suyuqliklardagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichi (pH) ni o‘lchash vositalarining metrologik ta’minoti // “Milliy standart” Ilmiy-texnik jurnali 2025 / 1-SON. b. 72-75.

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Файзуллаев Ерназар Куат улы
Студент, Филиал РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина в городе Ташкенте
E-mail: kroos4833@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы и способы защиты магистральных газопроводов от коррозии, являющейся одной из главных причин снижения надежности трубопроводных систем. Актуальность темы обусловлена необходимостью обеспечения безопасной и бесперебойной транспортировки газа, а также уменьшения экономических потерь и аварийных ситуаций. В работе проанализированы современные методы антикоррозионной защиты, включая применение изоляционных покрытий, электрохимической защиты и ингибиторов коррозии. Научная и практическая значимость статьи заключается в систематизации существующих способов защиты и возможности их применения для повышения надежности газотранспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: коррозия, магистральный газопровод, антикоррозионная защита, электрохимическая защита, изоляционные покрытия, ингибиторы коррозии, надежность трубопроводов.

Annotatsiya. Ushbu maqola quvur liniyasi tizimining ishonchliligini pasaytirishning asosiy sabablaridan biri bo‘lgan magistral gaz quvurlarini korroziyadan himoya qilishning asosiy usullari va usullarini ko‘rib chiqadi. Ushbu mavzuning dolzarbligi gazni xavfsiz va uzluksiz tashishni ta'minlash, shuningdek, iqtisodiy yo‘qotishlar va baxtsiz hodisalarni kamaytirish zaruratidan kelib chiqadi. Maqolada korroziyaga qarshi himoya qilishning zamonaviy usullari, jumladan, izolyatsiyalovchi qoplamalar, elektrokimyoviy himoya va korroziya ingibitorlaridan foydalanish tahlil qilinadi. Maqolaning ilmiy va amaliy ahamiyati mavjud himoya usullarini tizimlashtirish va ularni gaz transporti infratuzilmasi ishonchliligini oshirish uchun qo‘llash imkoniyatlaridan iborat.

Kalit so‘zlar: korroziya, magistral gaz quvuri, korroziyaga qarshi himoya, elektrokimyoviy himoya, izolyatsion qoplamalar, korroziya ingibitorlari, quvur liniyasi ishonchliligi.

Abstract. This article examines the main methods and techniques for protecting main gas pipelines from corrosion, which is one of the main causes of reduced pipeline system reliability. The relevance of this topic stems from the need to ensure safe and uninterrupted gas transportation, as well as reduce economic losses and accidents. The paper analyzes modern anti-corrosion protection methods, including the use of insulating coatings, electrochemical protection, and

corrosion inhibitors. The scientific and practical significance of the article lies in the systematization of existing protection methods and the possibility of their application to improve the reliability of gas transportation infrastructure.

Keywords: corrosion, main gas pipeline, anti-corrosion protection, electrochemical protection, insulating coatings, corrosion inhibitors, pipeline reliability.

ВВЕДЕНИЕ.

Электрохимическая защита магистральных газопроводов является одной из важнейших сфер, направленных на обеспечение долговечности и надежной эксплуатации трубопроводных систем, играющих значимую роль в транспортировке углеводородного сырья и других веществ. В современных условиях, когда особое внимание уделяется вопросам энергетической безопасности и экологической устойчивости, применение эффективных способов предотвращения коррозии приобретает особую значимость. Коррозионные процессы, представляющие собой естественное разрушение металлов под воздействием окружающей среды, создают серьезную угрозу для целостности газопроводов, что может привести к аварийным ситуациям, утечкам и крупным экономическим потерям. В связи с этим исследование и применение электрохимических методов защиты становятся одной из приоритетных задач в области трубопроводного транспорта.

Актуальность данной работы определяется не только возрастающими требованиями к безопасности и надежности магистральных газопроводов, но и необходимостью совершенствования существующих технологий защиты от коррозии. В последние годы активно развиваются новые технические решения и методы, направленные на повышение эффективности электрохимической защиты, что требует комплексного анализа и систематизации современных научных и практических подходов. В данной работе рассматриваются основные аспекты электрохимической защиты магистральных газопроводов, включая теоретические основы коррозионных процессов, методы катодной защиты, применение протекторных анодов, использование импульсных систем, способы активации электролита, а также методы контроля и мониторинга состояния защитных систем. [1]

ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ.

1. Теоретические основы коррозионных процессов

Коррозия газопроводов классифицируется как деструктивный химический и электрохимический процесс взаимодействия металла с

ISSN 3030-3907

агрессивной внешней средой. Выделяют три основных вида почвенной коррозии:

электрохимическая, вызванная контактом металла с электролитами грунта (кислоты, щелочи, влага) [3]

химическая (атмосферная) – коррозия происходит в результате воздействия на металл влажного воздуха, осадков при этом происходит окисление металла (его ржавление) [2]

биокоррозия, инициируемая жизнедеятельностью микроорганизмов, продукты которой ускоряют деструкцию даже полимерных покрытий. [2]

электрическая, возникающая под воздействием блуждающих токов от промышленной инфраструктуры и транспорта. [3]

2. Пассивные методы защиты (Изоляционные покрытия)

Если ранние работы фокусировались на битумно-мастичных и ленточных покрытиях со сроком службы 10–15 лет, то современные исследования обосновывают переход к высокотехнологичным системам:

Трехслойные полиэтиленовые (3LPE) и полипропиленовые (3LPP) покрытия - технических обзорах они признаны «золотым стандартом» для магистральных газопроводов, обеспечивая безремонтную эксплуатацию на срок более 50 лет. Также исследования эффективности эпоксидных и полиуретановых систем подчеркивают их высокую адгезию и химическую стойкость, особенно при эксплуатации в условиях повышенных температур (до +150...200°C). [4]

3. Активная электрохимическая защита (ЭХЗ)

Пассивная изоляция не является самодостаточной из-за неизбежного старения и механических повреждений. Основными методами активной защиты являются:

Катодная защита - принцип основан на наложении отрицательного потенциала на трубу от внешнего источника. Исследования устанавливают критический диапазон защитного поляризационного потенциала стали от -0,85 В до -1,15 В относительно медносульфатного электрода сравнения.

Протекторная защита - описывается как автономный метод с использованием жертвенных анодов (магниевых, цинковых или алюминиевых сплавов) для участков без стабильного энергоснабжения.

Электрический дренаж - рассматривается как специализированный способ отвода блуждающих токов в источник их возникновения. [3]

4. Внутренняя защита и химические методы

Проблема внутренней коррозии вызываемой *CO*2, *H*2*S* и пластовой водой, занимает важное место в специализированных химических исследованиях. Выделяют два основных пути:

ISSN 3030-3907

Ингибиторы коррозии. Это поверхностно-активные вещества, создающие на внутренней стенке трубы гидрофобную пленку, снижающую скорость коррозии до безопасного уровня — менее 0,1 мм/год.

Внутренние гладкостные покрытия. Применение эпоксидных составов не только защищает металл, но и улучшает гидравлические характеристики потока. [5]

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.

Методика исследования основана на анализе научной литературы, технических источников и нормативных документов в области защиты магистральных газопроводов от коррозии. В работе рассмотрены существующие методы электрохимической защиты и проведено их обобщение и сравнение.

Катодная поляризация осуществляется с помощью наложенного тока от внешнего источника энергии, обычно выпрямителя, который преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный. Защищаемая конструкция соединяется с отрицательным полюсом внешнего источника выпрямленного тока, так что она действует в качестве катода. Второй электрод (анодное заземление) соединяется с положительным полюсом источника тока, так что он действует в качестве анода. Принципиальная схема действия катодной защиты показана на рисунке 1. [2]

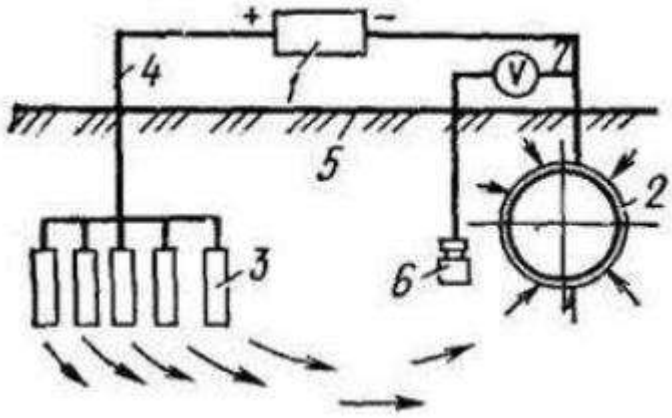


Рис.1. Принцип действия катодной защиты [2]: 1 - источник постоянного напряжения; 2 - трубопровод: 3 - анодное заземление; 4 - металлический проводник: 5 - грунт; 6 - медносульфатный электрод сравнения с датчиком поляризационного потенциала; 7 - высокоомный вольтметр

Катодная защита возможна только в том случае, когда защищаемая конструкция и анодное заземление находятся в электронном и электролитическом контакте: первое достигается с помощью

ISSN 3030-3907

металлических проводников, а второе — благодаря наличию электролитической среды (грунта), в которую погружаются защи- 10 щаемая конструкция и анодное заземление. Катодная защита регулируется путем поддержания необходимого защитного потенциала, который измеряется между конструкцией (или датчиком поляризационного потенциала) и ЭС. Обычно ЭС служит МЭС длительного действия, находящийся постоянно в электролитической среде (грунте). Потенциал между ЭС и защищаемой конструкцией, измеряемый высокоомным вольтметром, включает в себя кроме поляризационной составляющей омическое падение напряжения 1R, обусловленное прохождение катодного тока i через эффективное сопротивление R между электродом сравнения и защищаемой конструкцией. Только поляризация на поверхности защищаемой конструкции обусловливает эффект катодной защиты. Поэтому критериями защищенности являются минимальный и максимальный защитные поляризационные потенциалы. Таким образом, для точного регулирования поляризационного потенциала защищаемой конструкции по отношению к электроду сравнения из измеренной разности потенциалов должна быть иллюминирована (исключена) величина омической составляющей. Это достигается применением специальной схемы измерения поляризационного потенциала. Катодная поляризация неизолированной металлической конструкции до величины минимального защитного потенциала требует значительных токов. Наиболее вероятные величины плотностей токов, необходимых для поляризации стали в различных средах до минимального защитного потенциала (—0,85 В) по отношению к медно-сульфатному электроду сравнения.

Протекторные установки предназначены:

- для защиты от почвенной коррозии участков большой протяженности, удаленных от источников электроснабжения, где нецелесообразно применение катодной защиты внешним током;
- в местах неполной защиты, для обеспечения необходимого защитного потенциала;
- для защиты от почвенной коррозии кожухов на переходах через железные и автомобильные дороги;
- на участках блуждающих токов – в качестве земляных микродренажей.

Средний срок службы протектора – 5-10 лет. Таким образом, положительные стороны данного способа ЭХЗ: эффективность, простота устройства, удобность эксплуатации, автономность.

ISSN 3030-3907

Отрицательные стороны – снижение эффективности при значительном удельном сопротивлении грунта, окружающего протектор и использование дефицитных материалов.

Работа протекторной защиты основана на том, что протектор обладает более низким электрическим потенциалом чем материал газопровода в следствии чего при повреждении изоляции газопровода в зоне защиты на газопровод идет нанос протекторного металла. В результате этого образуется гальванический элемент «труба-протектор», в котором трубопровод является катодом, протектор – анодом, а почва – электролитом. В следствии чего происходит разрушение протектора (электрода) а не металла газопровода. Протектор (электрод) состоит из железокремния, углеграфита помещенного в засыпку из (соль+глина+вода) засыпка необходима для более лучшего контакта электрода с землей. Принципиальная схема протекторной защиты показана на рисунке 2. [2]

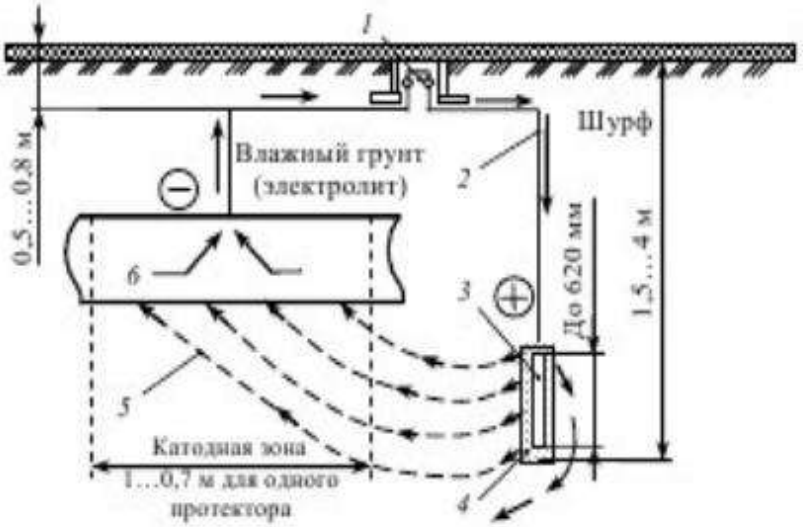


Рис.2. Принципиальная схема протекторной защиты [2]: 1 – контрольный пункт; 2 – соединительный кабель; 3 – протектор (электрод); 4 – заполнитель (соли +глина + вода); 5 – пути движения защитного тока в грунте; 6 – газопровод

В большинстве случаев рельсы электрифицированных железных дорог и трамваев не имеют достаточной проводимости, в результате чего часть электрического тока стекает в почву. Такой ток называют блуждающим. Газопроводы, прокладываемые вблизи железных дорог, необходимо защищать от блуждающих токов, так как металлические газопроводы являются хорошими проводниками. В тех местах, где блуждающие токи из почвы входят в трубопровод, образуются катодные зоны, а в тех местах где токи выходят из трубопроводов в почву, образуются анодные зоны. В анодных зонах происходит активная коррозия металла

ISSN 3030-3907

трубы. Под воздействием блуждающих токов трубопроводы могут разрушаться насквозь в течение короткого периода, поэтому борьба с ними крайне необходима. Эффективным методом борьбы с коррозией, вызываемой блуждающими токами, является электрический дренаж, то есть отвод блуждающих токов через проводник от газопровода к источнику возникновения этих токов. Отводом токов по проводнику понижается потенциал газопровода по отношению к почве, чем ликвидируются анодные и знакопеременные зоны и прекращается утечка токов с газопровода в землю. В зависимости от расположения тяговых подстанций и других факторов электродренажные линии от газопровода сооружаются либо непосредственно на тяговую подстанцию (на минусовую шину), либо на рельсы железной дороги. При сооружении электродренажной линии на минусовую шину тяговой подстанции электродренаж может быть прямым или поляризованным. Прямо дренаж применяется тогда, когда потенциал газопровода больше, чем потенциал системы, в которую отводятся блуждающие токи. При сооружении электродренажной линии на рельсы электродренаж должен быть обязательно поляризованным. Поляризованный дренаж отличается от прямого тем, что в схему дренажа вводятся поляризованные дренажные установки, устраняющие возможность обратного течения электрических токов на газопровод. Электродренажная линия может быть кабельной или воздушной. На электродренажной линии устанавливают контрольно-измерительные приборы. Принципиальная схема электродренажной защиты показана на рисунке 3. [2]

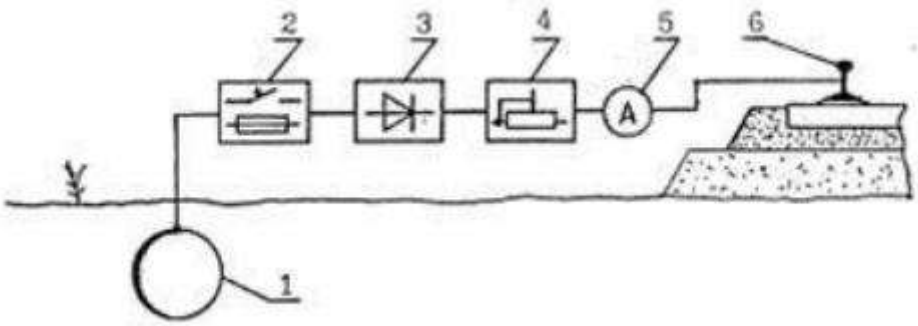


Рис.3. Принципиальная схема электродренажной защиты [2]: 1 – трубопровод; 2 - устройство зашиты от максимальных токов; 3 - поляризованный элемент; 4 - устройство для регулирования тока; 5 - амперметр с шунтом; 6 - рельсовая сеть электрифицированной железной дороги

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

ISSN 3030-3907

Коррозионные процессы способны существенно снижать надежность трубопроводных систем, вызывать аварийные ситуации и приводить к значительным экономическим и экологическим последствиям. В связи с этим применение современных методов антикоррозионной защиты приобретает особую актуальность.

В ходе работы были рассмотрены основные методы электрохимической защиты трубопроводов, включая катодную защиту, использование протекторных анодов, методы мониторинга состояния трубопроводов. Проведённый анализ показал, что комплексное применение данных методов позволяет значительно повысить эффективность защиты металла от коррозии и увеличить срок службы магистральных газопроводов.

Совершенствование технологий электрохимической защиты и внедрение современных систем контроля являются важными направлениями развития трубопроводного транспорта и способствуют повышению уровня промышленной и экологической безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев Э.Д., Харисов А.Р. Электрохимическая защита магистральных газопроводов: современные методы и практическое применение // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 1 (82) Том 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/elektrohimicheskaya-zaschita-magistralnyh-gazoprovodov-sovremennye-metody-i-prakticheskoe-primenenie/viewer;
2. Мартыненко Г. Н., Китаев Д. Н., Петрикеева Н. А., Тульская С. Г. Защита трубопроводов от коррозии: методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022. – 10-25 с.
3. Кузьмишкин А. А., Гарькин И. Н. Коррозия газопроводов и варианты защиты от нее // Вестник магистратуры. — 2014.
4. [Электронный ресурс] Антикоррозионные покрытия для трубопроводов: виды, нанесение и защита. URL: https://marilendrus.ru/blog/antikorrozionnye-pokrytiya-dlya-truboprovodov-vidy-nanesenie-i-zashhita/
5. [Электронный ресурс] Защита от коррозии - Промышленная и трубопроводная арматура в Минске от производителя БПК ИНВЕСТ. URL: https://bpk-invest.by/company/blog/zashchita-trub-ot-korrozii/

ISSN 3030-3907

QURILISH MATERIALLARI SANOATINING ATROF-MUHITGA TA'SIRINI BAHOLASH (KITOB TUMANI MISOLIDA)

Uzakov Zafar Zoirovich
Qarshi davlat texnika universiteti, "Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi kafedrasi dotsenti, b.f.f.d (PhD)
Sodiqov Davron Turop o'g'li
Atrof-muhit muhofazasi mutaxassisligi 1-kurs magistranti

Annotatsiya. Maqolada O'zbekiston Respublikasi qurilish materiallari sanoatining atrof-muhitga ta'siri Kitob tumanidagi 5 ta yirik korxona misolida tahlil qilindi. Tadqiqot davomida atmosfera havosiga chiqarilayotgan zararli moddalar (yiliga 1392 tonna chang), oqova suvlar va qattiq sanoat chiqindilarining hudud ekotizimiga salbiy ta'siri monitoring hamda statistik usullar yordamida baholangan. Hududdagi kompleks ifloslanish indeksi (KII) aniqlanib, ekologik holat darajasi tahlil qilingan. Maqolada 2025-yildagi eng so'nggi ekologik qonunchilik va "yashil iqtisodiyot" strategiyasi tamoyillari asosida, korxonalarning energiya samaradorligini oshirish hamda hosil bo'ladigan sanoat chiqindilarini qayta ishlash darajasini 50% gacha yetkazish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar va iqtisodiy samaradorlik yo'nalishlari ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: qurilish materiallari, atrof-muhit, ekologik baholash, sanoat chiqindilari, yashil iqtisodiyot, Kitob tumani, ekologik xavfsizlik.

Аннотация. В статье анализируется воздействие строительной отрасли Республики Узбекистан на окружающую среду на примере 5 крупных предприятий Китабского района. В ходе исследования с помощью методов мониторинга и статистики оценивалось негативное воздействие вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу (1392 тонны пыли в год), сточных вод и твердых промышленных отходов на экосистему региона. Определен комплексный индекс загрязнения (КИЗ) региона и проанализирован уровень экологического состояния. В статье разработаны научно-практические рекомендации и направления экономической эффективности на основе новейшего природоохранного законодательства и принципов стратегии «зеленой экономики» до 2025 года для повышения энергоэффективности предприятий и увеличения уровня переработки образующихся промышленных отходов до 50%.

Ключевые слова: строительные материалы, окружающая среда, экологическая оценка, промышленные отходы, зеленая экономика, Китабский район, экологическая безопасность.

Abstract. The article analyzes the environmental impact of the building materials industry of the Republic of Uzbekistan using the example of 5 large enterprises in the Kitab district. During the study, the negative impact of harmful substances

ISSN 3030-3907

emitted into the atmosphere (1392 tons of dust per year), wastewater and solid industrial waste on the ecosystem of the region was assessed using monitoring and statistical methods. The Complex Pollution Index (CPI) in the region was determined and the level of the ecological state was analyzed. The article develops scientific and practical recommendations and directions for economic efficiency on the basis of the latest environmental legislation and the principles of the "green economy" strategy for 2025 to increase the energy efficiency of enterprises and increase the level of recycling of generated industrial waste to 50%.

Keywords: building materials, environment, environmental assessment, industrial waste, green economy, Kitab district, environmental safety.

KIRISH.

So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida urbanizatsiya jarayonlarining jadallashishi, keng ko‘lamli infratuzilmaviy loyihalar va uy-joy qurilishi dasturlarining amalga oshirilishi qurilish materiallari sanoatining misli ko‘rilmagan darajada o‘sishiga turtki bo‘ldi. Biroq, ushbu tarmoq iqtisodiy drayver hisoblansa-da, global va mahalliy miqyosda atrof-muhitga eng ko‘p antropogen bosim o‘tkazadigan sohalardan biri bo‘lib qolmoqda. Qurilish materiallarini qazib olish va qayta ishlash jarayonlari tabiiy resurslarning kamayishi, atmosfera havosining chang va issiqxona gazlari bilan ifloslanishi hamda katta miqdorda qattiq chiqindilar hosil bo‘lishi bilan bevosita bog‘liq [1, 2].

Bugungi kunda mamlakatimizda ekologik xavfsizlikni ta’minlash va iqtisodiyotni barqaror modellashtirish davlat siyosatining eng ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 30-janvardagi “O‘zbekiston-2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”gi PF-16-son Farmoni ishlab chiqarish tarmoqlarida “uglerod izi”ni qisqartirish va energotejamkor yechimlarni joriy etish bo‘yicha qat’iy vazifalarni belgilab berdi [3]. Shuningdek, 2025-yil 24-fevralda qabul qilingan “Ekologik ekspertiza, atrof-muhitga ta’sirni baholash va strategik ekologik baholash to‘g‘risida”gi Qonun (O‘RQ-1036-son) sanoat obyektlarining atrof-muhitga ta’sirini majburiy va tizimli baholash mexanizmini huquqiy jihatdan yangi bosqichga olib chiqdi [4].

Ushbu huquqiy va ekologik talablar sharoitida o‘ziga xos mikroiqlimi, boy mineral-xomashyo bazasi va ayni paytda zaif ekotizimiga ega bo‘lgan Kitob tumani misolida sanoat korxonalarining ekologik ta’sirini tadqiq etish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Tumanda faoliyat ko‘rsatayotgan sement, g‘isht, ohak, beton ishlab chiqarish korxonalari hamda qum-shag‘al karerlari hududning ekologik muvozanatiga jiddiy xavf tug‘dirmoqda.

ISSN 3030-3907

Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, hududiy ekologik muammolarni baholashda majmuaviy yondashuv va aniq monitoring ma’lumotlariga tayanmaslik ekotizim degradatsiyasini chuqurlashtiradi [5].

Tadqiqotning maqsadi – Kitob tumanidagi qurilish materiallari sanoati korxonalarining atrof-muhitga (atmosfera, suv va tuproq resurslariga) ko‘rsatayotgan real ta’sirini kompleks baholashdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqotda Kitob tumanidagi qurilish materiallari ishlab chiqaruvchi 5 ta yirik korxona sement zavodi, g‘isht zavodi, beton va temir-beton buyumlari zavodi, qurilish ohaklari ishlab chiqaruvchi korxona va qum-shag‘al kareri faoliyati o‘rganildi. Bunda Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi hamda ekoservis.uz ma’lumotlaridan foydalanildi. Tadqiqotda monitoring usuli, taqqoslash usuli, statistik usullardan foydalanildi.

Tahlil qilish uchun 2025-yilda olingan 150 dan ortiq havo va suv namunalari natijalaridan foydalanildi.

NATIJALAR.

Kitob tumanida qurilish materiallari sanoatining rivojlanishi mahalliy xomashyo bazasining mavjudligi bilan bog‘liq. Tumanda ohaktosh, gil, qum, shag‘al kabi qurilish materiallari uchun xomashyo konlari mavjud. Tadqiqot davomida 1-korxona - Sement ishlab chiqarish zavodi yillik quvvati – 1,2 mln tonna, 2-korxona - G‘isht zavodi yillik quvvati – 50 mln dona, 3-korxona - Beton va temir-beton buyumlari zavodi yillik quvvati – 200 ming m^3, 4-korxona - Ohak ishlab chiqarish korxonasi yillik quvvati – 80 ming tonna, 5-korxona - Qum-shag‘al karyeri yillik quvvati – 500 ming m^3 asosiy korxonalar o‘rganildi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Kitob tumanidagi qurilish materiallari korxonalari atmosfera havosiga jami 15 turdagi zararli moddalarni chiqaradi. Eng ko‘p chiqariladigan moddalar: chang, uglerod oksidi, azot oksidlari, oltingugurt dioksidi va formaldegid.

1-jadval.

Qurilish materiallari korxonalarining atmosferaga chiqaradigan zararli moddalar hajmi (tonna/yil)

Moddalar	1-korxona	2-korxona	3-korxona	4-korxona	5-korxona	Jami miqdori
chang	850,5	120,3	45,2	95,6	280,4	1392,0
CO	420,3	85,6	32,1	68,4	45,2	651,6
NOx	185,2	28,4	15,6	24,8	12,3	266,3
SO2	95,6	12,5	8,2	15,2	5,6	137,1
Formaldegid	8,5	2,3	1,2	1,8	0,5	14,3

ISSN 3030-3907

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, eng katta ifloslantiruvchi sement ishlab chiqarish zavodi hisoblanadi – jami chiqindilarning 58,6 foizi aynan shu korxona ulushiga to‘g‘ri keladi. Ayniqsa, chang chiqindilari yuqori darajada tashlanayotganini ko‘rishimiz mumkin.

Atmosfera havosining ifloslanish darajasini baholashda kompleks ifloslanish indeksi (KII) hisoblab chiqildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, korxonalar joylashgan hududlarda KII qiymati 7 dan 12 gacha o‘zgaradi, bu “yuqori” va “juda yuqori” ifloslanish darajasiga to‘g‘ri keladi.

2-jadval.

Qurilish materiallari korxonalarining atmosfera havosiga chiqaradigan zararli moddalari va ekologik xavflilik darajasi

Modda	**Jami miqdori (t/yil)**	**Atmosfera havosi uchun PDK (mg/m³)**	**Xavflilik klassi**	**Tavsifiy ekologik xavf**
Chang	1392,0	0,15–0,5	III–IV	Juda yuqori
CO	651,6	5,0	IV	O‘rta
NOx (NO_2 bo‘yicha)	266,3	0,085	II	Yuqori
SO_2	137,1	0,05	III	Yuqori
Formaldegid	14,3	0,003	II	Juda yuqori

Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, qurilish materiallari korxonalari tomonidan atmosfera havosiga chiqarilayotgan asosiy ifloslantiruvchi moddalar tarkibida chang moddasi ustunlik qiladi. Uning umumiy emissiya hajmi 1392,0 t/yilni tashkil etib, bu boshqa moddalarga nisbatan eng yuqori ko‘rsatkich hisoblanadi. Ayniqsa, 1-korxona chang emissiyasi bo‘yicha yetakchi bo‘lib, 850,5 t/yil chiqindi chiqaradi. Mazkur holat qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonlarida maydalash, quritish va transportirovka bosqichlari bilan bog‘liq changlanish darajasi yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Uglerod oksidi (CO) emissiyasi jami 651,6 t/yilni tashkil etgan bo‘lib, bu ko‘rsatkich atmosfera havosining gazsimon ifloslanishida sezilarli ulushga ega. CO asosan yoqilg‘i yonish jarayonlarida hosil bo‘lib, korxonalardagi issiqlik agregatlari va pechlar faoliyati bilan bog‘liq.

Azot oksidlari (NOx) bo‘yicha umumiy emissiya 266,3 t/yilni tashkil etadi. Ushbu moddalar atmosfera havosida fotokimyoviy reaksiyalarni kuchaytirib, smog va kislotali yomg‘irlar hosil bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin. Oltingugurt dioksidi (SO_2) emissiyasi esa 137,1 t/yilni tashkil qilib, atmosfera namligi bilan reaksiyaga kirishganda sulfat birikmalar hosil qilishi orqali ekologik xavf tug‘diradi.

ISSN 3030-3907

Formaldegid eng toksik moddalardan biri hisoblanadi. Uning umumiy emissiya hajmi atigi 14,3 t/yil bo‘lsa-da, atmosfera havosi uchun belgilangan REM qiymati juda pastligi sababli ekologik va gigiyenik jihatdan yuqori xavfli modda sifatida baholanadi.

Umuman olganda, tahlillar qurilish materiallari korxonalari atmosfera havosiga sezilarli antropogen bosim ko‘rsatayotganini, ayniqsa chang, azot oksidlari va formaldegid ekologik xavfi yuqori ekanligini ko‘rsatadi**.**

Qurilish materiallari korxonalarining suv resurslariga ta’siri asosan ikki yo‘nalishda namoyon bo‘ladi: ishlab chiqarish jarayonida suv iste’moli va oqova suvlarni tashlash. Tadqiqot davomida korxonalarning yillik suv iste’moli va oqova suvlar tarkibi o‘rganildi.

3-jadval

Korxonalarning suv iste’moli, oqova suvlar hajmi va tozalash samaradorligi

Korxona	Oqova suv hajmi (ming m³/yil)	Tozalash darajasi (%)	Ekologik baho	REM ga nisbatan xavf
1-korxona	330	75	Qoniqarli emas	Yuqori
2-korxona	60	80	Nisbatan yaxshi	O‘rta
3-korxona	85	85	Yaxshi	Past
4-korxona	45	70	Qoniqarsiz	Yuqori
5-korxona	180	45	Juda qoniqarsiz	Juda yuqori

Jadvaldagi tahlillarga asosan 3-korxona eng yaxshi ko‘rsatkichga ega. Oqartirish/tozalash samaradorligi 85 % bo‘lib, oqova suvlarning REMdan oshish ehtimoli nisbatan past.

5-korxona ekologik jihatdan eng muammoli korxona hisoblanadi. Oqartirish darajasi atigi 45 % va qayta ishlatiladigan suv mavjud emas. Bu holat oqova suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar REM dan oshish xavfini oshiradi.

1-korxonada oqova suv hajmi eng katta (330 ming m³/yil), shu sababli tozalash samaradorligi 75 % bo‘lsa ham suv obyektlariga katta antropogen yuklama beradi.

4-korxonada tozalash darajasi pastligi sabab suv havzalariga yetarli darajada tozalanmagan oqova suv tushishi mumkin.

2-korxona ko‘rsatkichlari o‘rtacha barqaror holatda deb baholanadi.

Korxonalarning suv iste’moli va oqova suvlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ayrim korxonalarda suvni qayta ishlatish darajasi past va oqova suvlarni tozalash

ISSN 3030-3907

samaradorligi yetarli emas. Ayniqsa, 5-korxonada tozalash darajasining 45 % ni tashkil etishi suv obyektlarida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining REMdan oshish xavfini kuchaytiradi.

Qurilish materiallari korxonalari faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan qattiq chiqindilar asosan ishlab chiqarish jarayonidagi nuqsonli mahsulotlar, chang-tozalash qurilmalarining cho‘kindilari va eskirgan asbob-uskunalardan iborat. Tadqiqot davomida korxonalarda yiliga 180 ming tonnagacha qattiq chiqindi hosil bo‘lishi aniqlangan.

Korxonalar atrofidagi tuproq namunalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, og‘ir metallar (qo‘rg‘oshin, rux, mis) miqdori fon qiymatlaridan 2-4 baravar, neft mahsulotlari miqdori esa 3-5 baravar yuqori.

MUHOKAMA.

Olingan empirik va statistik natijalar Kitob tumanida qurilish materiallari ishlab chiqarish sanoatining jadal rivojlanishi hududiy ekotizimga juda yuqori antropogen yuklama berayotganini ko‘rsatadi. Tadqiqot davomida aniqlangan kompleks ifloslanish indeksining (KII) 7 dan 12 gacha bo‘lgan qiymati tuman ekologik holatining "yuqori" va "juda yuqori" xavfli darajada ekanligini tasdiqlaydi. Bu ko‘rsatkich dunyodagi sanoatlashgan hududlarda o‘tkazilgan shunga o‘xshash tadqiqotlar natijalari bilan hamohang bo‘lib, atmosfera havosining tarkibiy jihatdan jiddiy o‘zgarishga uchraganidan dalolat beradi [6].

Atmosferaga tashlanayotgan zararli moddalarning tarkibiy tahlili shuni ko‘rsatdiki, asosiy muammo – mexanik chang emissiyasidir (yillik 1392 tonna). Ayniqsa, sement zavodining (1-korxona) ulushi (850,5 t/yil) umumiy ko‘rsatkichning yarmidan ko‘pini tashkil etishi ushbu ob’yektda maydalash va quritish bosqichlarida chang ushlash filtrlari eskirganini yoki texnologik rejim buzilganini ko‘rsatadi. Xalqaro amaliyotda sement changi tarkibidagi silikat va kalsiy birikmalari atrof-muhitdagi tuproq qoplamini ishqorlashtirib, o‘simliklarning fotosintez jarayonini bloklashi ilmiy isbotlangan [7]. Bizning tadqiqotimizda korxonalar atrofidagi tuproqda og‘ir metallar (Pb, Zn, Cu) miqdorining fon ko‘rsatkichlaridan 2-4 marta yuqoriligi ham aynan shu aerozol emissiyalarning uzoq muddatli akkumulyatsiyasi (to‘planishi) natijasidir.

Gazsimon ifloslantiruvchilar, xususan, uglerod oksidi (651,6 t/yil) va azot oksidlari (266,3 t/yil) yoqilg‘i (asosan ko‘mir yoki gaz) to‘liq yonmasligi va yuqori haroratli pechlar faoliyati bilan bog‘liq. Formaldegidning emissiya miqdori (14,3 t/yil) kam ko‘rinsa-da, uning xavflilik klassi II darajali bo‘lgani va ruxsat etilgan konsentratsiya me’yori (REM) juda pastligi sababli, tuman aholisi salomatligi uchun real xavf manbai hisoblanadi.

Suv resurslaridan foydalanish va oqova suvlarni boshqarish masalasi tahlil qilinganda, eng og‘ir holat qum-shag‘al karerida (5-korxona) kuzatildi. Tozalash

ISSN 3030-3907

darajasining atigi 45% ni tashkil etishi va qayta aylanma suv tizimining mavjud emasligi Kitob tumanining gidrologik tarmog‘iga (xususan, daryo va yer osti suvlariga) mineral va muallaq moddalarning to‘g‘ridan-to‘g‘ri oqib tushayotganini ko‘rsatadi. Vaholanki, zamonaviy “yashil texnologiyalar” g‘oyasi doirasida qum-shag‘al yuvish korxonalarida 90% gacha aylanma suv tizimini joriy etish mumkinligi isbotlangan [8]. 1-korxonaning oqova suv hajmi (330 ming m^3/yil) juda kattaligi, hatto 75% lik tozalash samaradorligida ham gidrosferaga katta hajmdagi tuzlar va kimyoviy birikmalar tushishiga sabab bo‘lmoqda.

Ushbu ekologik inqirozli vaziyatdan chiqish va 2025-yildagi yangi qonunchilik (O‘RQ-1036-son) talablarini bajarish uchun tuman sanoat modelini tubdan o‘zgartirish zarur. Maqolada taklif etilgan – korxonalardagi chiqindilarni qayta ishlash darajasini 50% gacha yetkazish – nafaqat ekologik yuklamani kamaytiradi, balki iqtisodiy jihatdan ham yuqori samara beradi. Masalan, g‘isht va sement zavodlari hosil bo‘ladigan qattiq sanoat chiqindilarini (chang-tozalash qurilmalari cho‘kindilari va nuqsonli mahsulotlarni) qayta klinker yoki qo‘shimcha xomashyo sifatida jarayonga qaytarsa, tabiatdan olinadigan mineral xomashyo sarfi kamayadi [9].

XULOSA.

Kitob tumanidagi qurilish materiallari sanoati korxonalarining atrof-muhitga ta’sirini baholash natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Tuman miqyosida qurilish materiallari korxonalari havoga yiliga jami 1392 tonna chang, 651,6 tonna uglerod oksidi, 266,3 tonna azot oksidlari va 137,1 tonna oltingugurt dioksidini chiqarmoqda. Ayniqsa, sement zavodi (1-korxona) hududdagi eng yirik ifloslantiruvchi bo‘lib, chang chiqindilari ruxsat etilgan me’yordan (REM) 2,8 baravargacha yuqori ekanligi aniqlandi.

2. Korxonalar faoliyati natijasida yiliga 330 ming m^3 oqova suvlar atrof-muhitga tashlanmoqda. Eng xavotirli holat qum-shag‘al karerida (5-korxona) kuzatilib, tozalash samaradorligi atigi 45% ni tashkil etadi va tarkibidagi zararli moddalar me’yordan 3-5 baravargacha yuqori.

3. Sanoat obyektlarida yiliga 180 ming tonnagacha qattiq chiqindi hosil bo‘lsa-da, ularning atigi 15-20 foizigina qayta ishlanmoqda. Shuningdek, o‘rganilgan korxonalarning aksariyati energiya samaradorligi bo‘yicha eng past (“C” va “D”) sinflarga mansub.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Walker S. The green economy transition in manufacturing: reducing the carbon footprint of building materials / S. Walker [et al.] // Environmental Science & Policy. – 2021. – Vol. 124. – P. 455–467.

ISSN 3030-3907

2. Zhang Y. Global trends in construction material industry emissions and sustainable mitigation paths / Y. Zhang, X. Chen // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2023. – Vol. 175. – P. 113–126.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston-2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va ‘yashil iqtisodiyot’ yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”gi Farmoni: [2025-yil 30-janvar, PF-16-son] // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi. – 2025.
4. O‘zbekiston Respublikasining “Ekologik ekspertiza, atrof-muhitga ta’sirni baholash va strategik ekologik baholash to‘g‘risida”gi Qonuni: [2025-yil 24-fevral, O‘RQ-1036-son] // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi. – 2025.
5. Muller J. Environmental impact assessment of local building material extraction in developing economies / J. Muller [et al.] // Sustainability Science. – 2022. – Vol. 17, № 4. – P. 1421–1435.
6. Guo L. Comprehensive Pollution Index (CPI) as a tool for urban and industrial environmental quality assessment / L. Guo, R. Thompson // Environmental Monitoring and Assessment. – 2024. – Vol. 196, № 2. – P. 88–102.
7. Rao S. Impact of cement dust emission on soil properties and vegetative growth around industrial zones / S. Rao [et al.] // Air, Soil and Water Research. – 2021. – Vol. 14. – P. 1–12.
8. Silva M. Wastewater management and closed-loop recycling systems in aggregate quarries / M. Silva, A. Ferreira // Water Resources Management. – 2022. – Vol. 36, № 8. – P. 2675–2689.
9. Bocken N. Circular economy strategies in the construction material industry: A review of resource efficiency / N. Bocken [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 412. – P. 137–149.

ISSN 3030-3907

KATTABOG‘ SOZTUPROG‘INING KERAMIKA MAHSULOTLARI SIFATIGA TA'SIRINI TAHLIL QILISH

Saloxidinova Salima Abdujabbor qizi
Jizzax politexnika instituti, assistant, Jizzax shahri, O‘zbekiston
E-mail: saloxidinovasalima@gmail.com
Tel: +99833-339-18-01
Sherxonova Muborak Erkin qizi
Jizzax politexnika instituti, talaba, Jizzax shahri, O‘zbekiston
E-mail: @Mm_sh999
Tel: +998504044499

Annotatsiya. Ushbu maqolada, Kattabog‘ soz-tuproq namunasining fizik-kimyoviy xususiyatlari kompleks tahlil usullari yordamida o‘rganildi va ulardan foydalanish sohalarini aniqlandi. Tadqiqot davomida rentgeno-spektral metodi, rentgen fluorescent spektrometr, infraqizil (IQ) spektroskopiya, elektron mikroskopik tahlil hamda kimyoviy tarkibni aniqlash usullaridan foydalanildi. Tadqiqot natijalari Kattabog‘ soz tuprog‘ining asosiy fazalari gidroslyudalar, kvars, kaolinit, kalsit va ortoklazlardan iborat ekanligini ko'rsatdi. Kattabog‘ soztuprog‘i yangi kompozitsion -keramika va qurilish materiallari ishlab chiqarishida istiqbolli mahalliy xomashyo ekanligini ilmiy isbotini topdi.

Kalit so‘zlar: soz-tuproq, pik, valentli tebranish, fazali, keramika infratuzilma, insektitsidlar, suv filtrlari, rezina, farmatsevtika.

Abstract. In this article, the physicochemical properties of the Kattabag clayey soil sample were studied using complex analysis methods and their application areas were identified. During the study, X-ray spectral analysis, X-ray fluorescence spectrometry, infrared (IR) spectroscopy, electron microscopic analysis, and methods for determining chemical composition were utilized. The results of the study showed that the main phases of the Kattabog saz soil consist of hydromica, quartz, kaolinite, calcite, and orthoclase. It has been scientifically proven that Kattabog‘ alumina is a promising local raw material for the production of new composite ceramics and building materials.

Keywords: clay-soil, peak, valence vibration, phase, ceramic infrastructure, insecticides, water filters, rubber, pharmaceuticals

Аннотация. В данной статье с помощью комплексных методов анализа изучены физико-химические свойства образца Каттабогского суглинка и определены области их использования. В ходе исследования использовались рентгеноспектральный метод, рентгенофлуоресцентный спектрометр, инфракрасная (ИК) спектроскопия, электронно-микроскопический анализ и методы определения химического состава. Результаты исследований показали, что основные фазы Каттабагского

ISSN 3030-3907

сазового грунта состоят из гидрослюд, кварца, каолинита, кальцита и ортоклаза. Научно доказано, что Каттабогский суглинок является перспективным местным сырьем для производства новых композиционных керамических и строительных материалов.

Ключевые слова: суглинок, пик, валентное колебание, фазовая, керамическая инфраструктура, инсектициды, водные фильтры, резина, фармацевтика.

KIRISH.

Hozirgi kunda qurilish keramikasi mahsulotlariga bo‘lgan talabning ortib borishi yangi mahalliy xomashyo manbalarini izlash, ularning tarkibi va texnologik xususiyatlarini chuqur o‘rganishni taqozo etmoqda. Keramika mahsulotlarining sifat ko‘rsatkichlari – mustahkamligi, suv shimuvchanligi, sovuqqa chidamliligi, hajmiy barqarorligi va uzoq muddatli ekspluatatsion xossalari ishlatilayotgan gil va soztuproqlarning mineralogik, granulometrik hamda kimyoviy tarkibiga bevosita bog‘liqdir. Shuning uchun har bir konning xomashyosi individual ravishda tadqiq etilishi va uning texnologik imkoniyatlari baholanishi zarur. Mamlakatimizda keramika sanoati uchun yaroqli bo‘lgan gil va soztuproq konlari mavjud bo‘lib, ulardan biri Jizzax viloyatida joylashgan Kattabog‘ tuproq konidir. Mazkur tuproqning kimyoviy tarkibi, mineral fazalari va texnologik xususiyatlari keramika mahsulotlari ishlab chiqarishda foydalanish imkoniyatlarini baholashni talab etadi. Biroq Kattabog‘ soztuprog‘ining keramika mahsulotlari sifatiga ta'siri, xususan, pishirish jarayonidagi fazaviy o‘zgarishlar, suv shimuvchanlik, zichlik, g‘ovaklik va mustahkamlik kabi asosiy ko‘rsatkichlarga ta'siri yetarli darajada o‘rganilmagan. Ushbu mavzusining tanlanishiga Kattabog‘ konining mahalliy xomashyo bazasi sifatidagi istiqbollari, keramika sanoatida import o‘rnini bosuvchi materiallardan foydalanish zarurati hamda ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish imkoniyatlari asos bo‘ldi. Mahalliy resurslardan foydalanish transport xarajatlarini qisqartirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va ekologik jihatdan barqaror texnologiyalarni rivojlantirishga xizmat qiladi. Mavzuning dolzarbligi Kattabog‘ tuprog‘ining mineralogik va fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash hamda uning keramika mahsulotlarining sifat ko‘rsatkichlariga ta'sirini baholash orqali mahalliy xomashyo bazasini kengaytirish imkoniyatlarini asoslash bilan belgilanadi. Olingan natijalar keramika mahsulotlari ishlab chiqarishda optimal xomashyo tarkibini shakllantirish va mahsulot sifatini yaxshilashga yordam beradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Mahalliy xom ashyolardan qurilish materiallari ishlab chiqarishda foydalanish ko‘plab rivojlanayotgan mamlakatlarda sanoat va iqtisodiy rivojlanish uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi [1]. Foydali qazilmalarni qazib

ISSN 3030-3907

olish sanoatida, ayniqsa, jadal konchilik ishlari olib boriladigan hududlarda, tog‘-kon sanoati chiqindilarini boshqarish eng jiddiy ekologik muammolardan birini hisoblanadi. Ushbu muammo, ayniqsa, bir nechta konchilik faoliyati mavjud bo‘lgan va vaqt o‘tishi bilan har xil turdagi chiqindilar to‘planib boradigan hududlarda juda dolzarb hisoblanadi [2-5]. Tabiiy gillar odatda inson tomonidan turli sohalarda keng qo‘llaniladigan va hozir ham keng tarqalgan qadimiy materiallar hisoblanadi. Gillar, ayniqsa, keramika infratuzilma, insektitsidlar, suv filtrlari, rezina, farmatsevtika va shaxsiy parvarish mahsulotlari kabi bir qator sohalarda keng qo‘llanilishi bilan ajralib turadi. Bundan tashqari, so‘nggi paytlarda gillar turli xil ishlab chiqarish uchun yangi materiallar va kompozitlarni loyihalashda qo‘llanilmoqda [6]. Shu nuqtai nazardan mahalliy xom ashyolar asosida keramik plita sopolagini tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqish ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Mahalliy xom ashyo Kattabog‘ soz tuprog‘idan foydalanish, mahsulot tan narxini kamaytirish import o‘rnini bosish hamda ekologik barqaror ishlab chiqarishni ta’minlash imkonini beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYA.

Tadqiqot olib borishda quyidagi tahlil usullari va uskunalardan foydalanildi: rentgeno-spektral metodi element analizi skanerlovchi elektron mikroskop SEM EVO MA 10 mikroskopida amalga oshirildi, difraksion tahlil - kukun usulida Shimadzu uskunasida olindi, Infraqizil spektroskopiya (IQ spektroskopiya) molekulyar spektroskopiya tahlil usullari turkumiga kirib, spektral tahlilda moddalarning kimyoviy tarkibi, tuzilishi, atom va molekulalarni nur o'tkazish, qaytarish spektrlarini tekshirish orqali olib boriladi. Bunda namuna KBr kukuni yordamida tabletka shakliga keltirilib, sifatli spektrlarni olish uchun moddaning tarqalish darajasida qismning o'lchami 2-7 mkm ga yetishi kerak. Namunaning kimyoviy tarkibi - yuqori ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan energiya dispersion rentgen fluorescent spektrometr (Rigaku) uskunasida aniqlandi. Miqdoriy va sifat rentgenografik tahlil usuli- kukunli difraktometr XRD-6100 (Shimadzu, Japan) uskunasida amalga oshirildi. Bunda CuK α nurlanish (β-filtr, Ni, λ=1.54178Å, rentgen trubkasidagi tok kuchi va kuchlanish 30 mA, 30 kV) ta'sirida bajarildi. Bunda detektorning doimiy aylanish tezligi 4 grad/min, 0,02 qadamda (ω/2θ-bog'lanish) bo'lib, skanerlash burchagi 4^o dan 80^o ga qadar olib borildi. Namunalarning aylanish tezligi 30 ayl/min. ga teng bo'lgan aylanali kamerada tahlil qilindi. Tuproq namunasining qovushqoqlik va qumdorlik darajasi muvozanatlashtirilgan konus asbobida aniqlanib (GOST 21216-2014) laboratoriya sharoitida o'rganildi. Dastlab tanlab olingan xom ashyolarning fizik-mehanik xususiyatlari, oksid tarkibi va mavjud fazalari aniqlanib olindi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

Dastlabki bosqichda yangi xomashyo zaxirasini o‘rganishda Jizzax viloyatida o'rganish ishlari olib borildi va mazkur hududdagi Kattabog' QFYda tuproq zahirasi aniqlandi, hamda tadqiqot uchun tanlab olindi. Kattabog' soztuprog'i joylashish joyiga ko'ra, aholi yashash joyidan ancha uzoqda va zaxirasi ko'lami 320 m^3 ni tashkil qiladi. Tuproq sarg'ish rang, qovushqoq xususiyatiga ega, tekshirish jarayonida quyidagi natijaga erishildi: qovushqoqlik - 7% ni, qumdorlik darajasi 3,27% ni tashkil etdi. Demak, ushbu soztuproq qovushqoq xomashyo degan dastlabki xulosaga kelinadi. Qazib olingan tuproq namunasining kimyoviy tahlili o'tkazildi va tuproq namunasi tarkibida quyidagi element oksidlari mavjudligi aniqlandi(1-jadval):

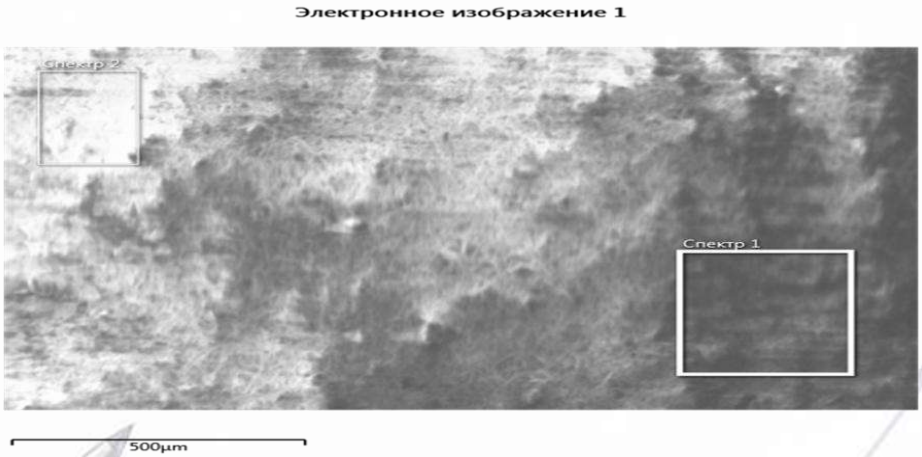
1-jadval

Jizzax viloyati Kattabog' soztuprog'i kimyoviy tarkibi

Oksidlar miqdori, %									
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	Fe_2O_3	Namlik	Summa
2,089	3,054	13,36	58,67	0,1073	2,516	10,29	5,264	4,6497	100

Kimyoviy tahlil natijasida bu tuproqda Al_2O_3 -13,36 % ini tashkil qilib, nordon tuproqlar sinfiga mansub degan xulosaga kelinadi, lekin Fe_2O_3 -5,264 % ni tashkil qilishi esa bu tuproqni o'rtacha nordon sinfga mansubligini ko'rsatadi. CaO-10,29% ni tashkil etadi, demak, tuproq tarkibida $CaCO_3$ mavjud, bu esa g'ovaklikni oshiradi, ya'ni pishish jarayonida qisqarishga olib keladi.

Kattabog‘ soztuproq namunasini strukturasi va elementar tarkibi aniqlandi. Olingan natijalar 1-rasm va 2-jadvallarda keltirilgan.



1-rasm. Kattabog‘ soztuprog‘ining elektron mikraskopdagi ko'rinishi [7]

ISSN 3030-3907

2-jadval

Kattabog‘ soztuprog‘ining elektron mikraskopdagi spektr tahlili

№	Elementlar, mass.%											
	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Summa
Spektr 1	46,76	0,68	1,80	6,11	19,34	0,18	2,76	12,0	0,49	0,36	9,50	100.00
Spektr 2	53,81	0,88	2,36	7,56	21,14	-	2,60	6,78	0,43	-	4,44	100.00

Elektron mikroskop tatqiqotida quyidagilar aniqlandi: 1-2-spektrda Kattabog‘ soz tuprog'i strukturasida bir jinsli emasligini ko'ramiz. Shuningdek gidroslyuda, albit kaolinit, minerallariga taaluqli kristallar mavjudligini ko'rsatadi. Demak, ushbu soztuproq qovushqoq xomashyo hisoblanadi va O‘zDSt 2294:2011 talabiga mos keladi [8].

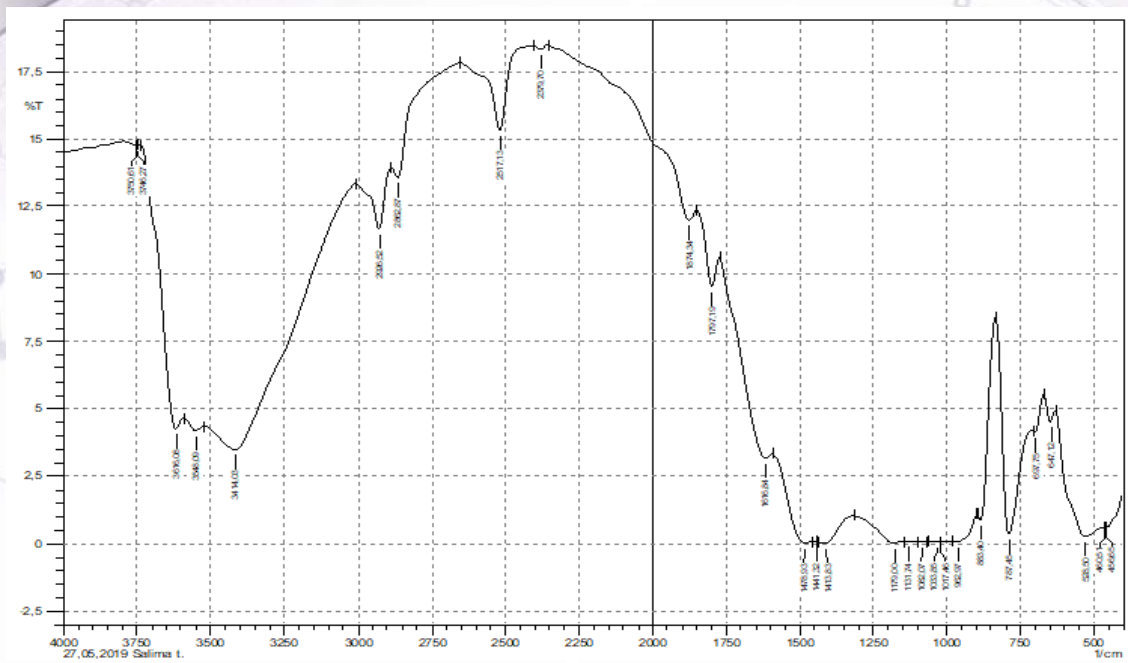
3-jadval

Kattabog‘ soztuprog‘ining GOST talablarga muvofiqligi

Ko‘rtsatkich nomi	Meyoriy miqdor GOST 9169-75	Kattabog‘ tuprog‘i
Qovushqoqligi, %	7	7
Yirik donadorli qo'shimchalarning miqdoriy o'lchami 0,5 mmdan katta emas, Ko'p emas, %	5 5	4 3,27
Pishish temperaturasi, °C	1100 gacha	1050-1100
Qisqarish, %	1-2	1,75
Suv yutuvchanligi, %	12-16	14

Kattabog' soztuproq namunasini IQ spektroskopiya tahlili (3-jadval)ga ko'ra, kalloidli fraksiyalarda egri chiziqlar tuproqsimon minerallar muskavit, gidroslyuda turiga mansubligini ko'rsatadi. [CO_3] bog'i $CaCO_3$, [O-H-O] bog'lari mavjudligi kaolinit bilan muskavit minerallari borligini ifodalaydi (2-rasm).

ISSN 3030-3907



2-rasm. Kattabog' soztuprog'ini Infraqizil spektr tahlili [7].

Tasvirdan ko‘rinadiki, 550-400 va 1250-830 sm^{-1} spektrlarda kuchli yutilish kuzatiladi bu esa silikatlarga xosdir. 1167, 787, 697, 528 sm^{-1} spektrlarda α-kvartsga mos yutilish kuzatiladi. 1100 sm^{-1} da esa SiO_4-tetraedrning valentli tebranishlari, 460-530 sm^{-1} da esa deformatsion tebranishlar kuzatiladi. Si-O-Si bog‘ning simmetrik tebranishi 787 sm^{-1} ga mos keladi. 1200-950 sm^{-1} dagi holatda Si-O-Si bog‘ning assimmetrik valentli tebranishiga mos keladi. Si-O kuchli bog‘ining valentli tebranishi 1100 dan 950 sm^{-1} gacha bo‘lgan oraliqni o‘z ichiga oladi. 1400-1470 sm^{-1} oraliqdagi yutilishlar, kremniykislorod tetraedrlar uchlaridagi OH-guruhning deformatsion tebranishiga mos keladi, bu esa dala shpatlari mavjudligini ko‘rsatadi. 3750-3500 sm^{-1} dagi yutilishlar qatlamli silikatlar strukturasidagi OH-guruhning valentli tebranishiga mos keladi. 3400 sm^{-1} ga mos keluvchi yutilish, nuqsonli kristall bilan OH-guruh tebranishini ifodalaydi va bu alyuminiyning kremniy o‘rniga almashganini ko‘rsatadi. 900-1150 sm^{-1} dagi keng yutilish oralig‘i dala shpatlarining tartibsizligini ko‘rsatadi [9].

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari - rentgeno-spektral metodi, rentgen fluorescent spektrometr, elektron mikroskopik tasvir va IQ spektroskopik tahlillar yordamida Kattabog‘ soz tuprog‘ining fazali tarkibi aniqlandi, ularning asosiy fazalari kvarts, muskavit, ortoklaz, kaolinit va kalsitdir. Kattabog' tuprog'i zaxirasini tadqiqot qilish natijasida, ushbu tuproq ikkilamchi tuproqlarning asosiy turi-soztuproqlar sinfiga mansubliligi aniqlandi va fizik-kimyoviy tahlillar asosida o'rganildi. Olingan natijalar ushbu soztuproq keltirilgan talablarga javob berishini xisobga olgan holda, Kattabog‘ soz tuprog‘idan sifatli fizik-texnik

ISSN 3030-3907

xususiyatlarga ega turli xil keramika mahsulotlarini, shu jumladan mayolika, g'isht, koshin va boshqa keramik buyumlarni ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida foydalanish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ouedraogo M., Sanou I., Bamogo H., Konate F., Ouedraogo R., Millogo Y. Physical and mechanical properties of a tile produced with Burkina Faso clay // *Mediterranean Journal of Chemistry*. – 2025. – Vol. 15, No. 1. – P. 65–75. – DOI: 10.13171/mjc02501151818ouedraogo.

2. Izak, P.; Delihowski, J.; Mastalska-Popławska, J.; Stempkowska, A. Utilisation of Mining Waste for Production of Ceramic Tiles. *Applied Sciences* 2025, *15*(7), 3957. https://doi.org/10.3390/app15073957.

3. Bayoussef, A. et al. Use of clays by-products from phosphate mines for the manufacture of sustainable lightweight aggregates. J. Clean. Prod. 280, 124361 (2021).

4. Shishkin, A., Mironovs, V., Zemchenkov, V., Antonov, M. & Hussainova, I. Hybrid syntactic foams of metal-fly ash cenosphere-clay.

5. In Key Engineering Materials, Vol. 674 35–40 (Trans Tech Publications Ltd, 2016).

6. Zakka, W. P., Abdul Shukor Lim, N. H. & Chau Khun, M. A scientometric review of geopolymer concrete. J. Clean. Prod. 280, 124353 (2021).

7. Revelo, C. F. & Colorado, H. A. 3D printing of kaolinite clay ceramics using the Direct Ink Writing (DIW) technique. Ceram. Int. 44, 5673–5682 (2018).

8. Ruzibaev B., Saloxidinova S. The possibilities of using loess clay of Kattabog deposit in the production of ceramic products // Chemistry and Chemical Engineering. – 2020. – No. 2. – Article 5. – DOI: 10.51348/OCOQ5011. [O‘zDSt 2294:2011]

9. Plyusnina I.I. Infrakrasnyye spetry mineralov. Moscow, Izd. Moskovskogo Universiteta Publ., 1977. 174 p

ISSN 3030-3907

MIS-MOLIBDEN BOYITISH CHIQINDILARIDAN FOYDALI KOMPONENTLARNI QAYTA AJRATIB OLISHNING ZAMONAVIY USULLAR

Shakirov Shuxrat Musayevich
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Texnika fanlari doktori.
Raufov Lazizbek Murodjon o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti TMJ kafedrasi Katta o‘qituvchisi
Azizov Inomjon Kodirdjonovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitet tayanch doktaranti
Raximov Raxmatullo Rafiqjon o‘g‘li
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitet tayanch doktaranti
Shokirov Saidnazar Shuxratovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitet tayanch doktaranti

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola mis-molibden boyitish chiqindilarini chuqur tahlil qilish va ulardan foydali komponentlarni qayta ajratib olishning zamonaviy texnologik usullarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Tadqiqotda gidrometallurgik, pirometallurgik, bioleaching va kombinatsiyalangan usullar qiyosiy o‘rganilgan. O‘zbekiston Olmaliq kon-metallurgiya kombinati (OKMK) chiqindilari misolida texnologik, iqtisodiy va ekologik samaradorlik kompleks baholandi. Laboratoriya tajribalari natijasida kombinatsiyalangan texnologiyalar mis ajratib olishda 85-95%, molibden ajratib olishda 65-80% samaradorlikka erishishi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: mis-molibden, tailing, gidrometallurgiya, bioleaching, flotatsiya, OKMK, metallurgiya, qayta ishlash, ekologiya, iqtisodiy samaradorlik.

Annotation. This scientific article is devoted to a detailed analysis of copper-molybdenum enrichment waste and the study of modern technological methods for the selective recovery of useful components from them. The study comparatively studied hydrometallurgical, pyrometallurgical, bioleaching, and combined methods.Laboratory experiments have shown that combined technologies can achieve 85-95% efficiency in copper extraction and 65-80% efficiency in molybdenum extraction.allurgical Combine (AMMC) in Uzbekistan. Laboratory experiments have shown that combined technologies can achieve 85-95% efficiency in copper extraction and 65-80% efficiency in molybdenum extraction.

Keywords: copper-molybdenum, tailings, hydrometallurgy, bioleaching, flotation, AMMC, metallurgy, processing, ecology, economic efficiency.

Аннотация. Данная научная статья посвящена углубленному анализу отходов обогащения медно-молибденовых руд и изучению современных технологических методов их переработки с целью извлечения полезных компонентов. В исследовании сравнивались гидрометаллургические, пирометаллургические, биовыщелачивающие и комбинированные методы. На примере отходов Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК) Узбекистана проведена комплексная оценка технологической, экономической и экологической эффективности. Лабораторные эксперименты показали, что комбинированные технологии позволяют достичь эффективности извлечения меди 85-95% и молибдена 65-80%.

Ключевые слова: медь-молибден, хвосты, гидрометаллургия, биовыщелачивание, флотация, АМК, металлургия, переработка, экология, экономическая эффективность.

KIRISH.

Mis va molibden metallari zamonaviy sanoat iqtisodiyotining strategik resurslari qatoriga kiradi. Elektronika sanoati, qurilish materiallari ishlab chiqarish, energetika tarmoqlari va mashinasozlik sohalarida ushbu metallarga bo‘lgan talab yildan-yilga doimiy ravishda oshib bormoqda. Metallurgiya sanoatining intensiv rivojlanishi bilan birga ekologik muammolar ham kuchayib bormoqda.

Zamonaviy flotatsion boyitish jarayonlarida katta miqdorda qattiq chiqindilar — tailinglar hosil bo‘ladi. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, rudaning 85-95 foizi flotatsiya jarayonida chiqindi sifatida saqlash omborlariga — tailinglar havzalariga yuboriladi. Po schetam po vsemu mir-u, bolee 14 milliardov tonn tverdix otxodov tailing, obrazuyushixsya v protsesse pererabotki metallov, nakopleni na skladov, chto yavlyayetsya bolshim istochnikom ekologicheskoy opasnosti dlya okrujayushey sredi.

Tailinglar tarkibida hali ham iqtisodiy jihatdan qimmatli metall komponentlari mavjud. Jumladan, mis-molibden boyitish chiqindilari tarkibida 0,2–0,6 foiz mis, 0,01–0,05 foiz molibden, reniy, oltin izlari va boshqa qimmatbaho elementlar saqlanib qoladi. Ushbu ko‘rsatkichlar ba’zi hududlarda qazib olinayotgan tabiiy rudalar bilan taqqoslanishi mumkin bo‘lgan darajada bo‘lib, ular iqtisodiy jihatdan qayta ishlash uchun juda istiqbolli hisoblanadi.

Olmaliq kon-metallurgiya kombinati (OKMK) v Uzbekistane yavlyayetsya odnim iz krupneyshix proizvoditeley medi i molibdina v Sredneaziatskom regione. Za mnogoletnyuyu deyatelnost kombinata nakopleni millioni tonn otxodov, kotorie i segodnya imeyut aktualnoye znacheniye kak ekologicheskaya problema.

ISSN 3030-3907

Ushbu maqolaning maqsadi mis-molibden boyitish chiqindilaridan foydali komponentlarni qayta ajratib olishning mavjud zamonaviy usullarini qiyosiy o‘rganish, ularning texnologik samaradorligini baholash hamda O‘zbekiston sanoat sharoitlariga mos keladigan maqbul texnologiyani aniqlashdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI

So‘nggi 20 yil ichida mis-molibden chiqindilarini qayta ishlash bo‘yicha ko‘plab fundamental va amaliy ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan. Ushbu bo‘limda eng muhim ilmiy manba va natijalar tahlil qilinadi Gidrometallurgiya yo‘nalishidagi tadqiqotlar;

Ivanov (2020) o‘z tadqiqotlarida sulfat kislotali muhitda gidrometallurgik jarayonlardan foydalanib, chiqindilardan Cu ajratib olishni 85% gacha oshirish mumkinligini eksperimental tarzda ko‘rsatgan. Muallif jarayonning kinetik parametrlarini batafsil o‘rgangan va optimal sharoitlarni - harorat 60-80°C, H_2SO_4 konsentratsiyasi 1,5-2,5 mol/l, jarayon davomiyligi 6-8 soat - aniqlagan.

Dreisinger (2019) o‘zining keng qamrovli tahliliy ishida mis metallurgiyasining zamonaviy gidrometallurgik usullarini tizimli bayon etgan va ayniqsa, SX-EW (solvent extraction — electrowinning) texnologiyasining samaradorligini asoslab bergan. Ushbu texnologiya hozir dunyoning ko‘plab yirik misni qayta ishlash zavodlarida qo‘llanilmoqda.

Bioleaching sohasidagi ilmiy ishlar; Zhang (2021) bioleaching texnologiyasining ekologik afzalliklarini isbotlagan va Aciduthebacillus ferrooxidans bakteriyalarining mis va temir sulfidlarini oksidlash qobiliyatini batafsil tasvirlab bergan. Tadqiqotda optimal pH (1.8–2.5) va harorat (25–35°C) sharoitlari aniqlandi. Muallif bioleachingning gidrometallurgiya bilan kombinatsiyasida eng yuqori natijalarga erishish mumkinligini ko‘rsatgan.

Qo‘shimcha ravishda, Rawlings va Johnson (2018) bakterial leaching jarayonlarining genetik va biokimyoviy asoslarini o‘rganib, genetik modifikatsiyalangan mikroorganizmlar yordamida samaradorlikni yanada oshirish imkoniyatlarini ko‘rsatgan.

Teoriya klassikoy metallurgi; Wills va Napier-Munn tomonidan yaratilgan "Mineral Processing Technology" asari flotatsiya va gidrometallurgik jarayonlarning termodinamik asoslarini yorituvchi klassik manba hisoblanadi. Habashi esa "Extractive Metallurgy" asarida metallurgik jarayonlarning umumiy nazariy asoslarini batafsil bayon etgan.

Markaziy Osiyo bo‘yicha tadqiqotlar; Markaziy Osiyo konlari, jumladan OKMK bo‘yicha o‘tkazilgan so‘nggi tadqiqotlar (OKMK Texnik hisobotlari, 2023) ushbu korxona chiqindilarida mis va molibdandan tashqari, reniy (Re), oltin (Au) va platinoid metallar izlari mavjudligini tasdiqlaydi. Eto yeshe bolshe povisit ekonomicheskiy potensial kompleksnoy pererabotki tailingov.

ISSN 3030-3907

MATERIALLAR VA USULLAR.

Tadqiqot obyekti va namunalari; Tadqiqot obyekti sifatida OKMK mis-molibden boyitish fabrikasining tailing hovuzlaridan olingan chiqindi namunalari tanlandi. Namunalar 2022-2023-yillarda tailing hovuzining turli qatlamlari va nuqtalaridan olindi. Namunalarning umumiy og‘irligi 500 kg ni tashkil etib, laboratoriya tahlillari uchun zarur bo‘lgan vakuumli qismlarga ajratildi.

Ximicheskiy sostav

Rentgen-fluoressent tahlil (XRF) va atom-absorbsiya spektroskopiyasi (AAS) yordamida aniqlangan namunalarning o‘rtacha kimyoviy tarkibi quyidagi jadvalda keltirilgan:

1-jadval.

Mis-molibden boyitish chiqindilarining kimyoviy tarkibi;

Komponent	Miqdor (%)	Komponent	Miqdor (%)
Mis (Cu)	0,2–0,6	Temir (Fe)	20-35
Molibden (Mo)	0,01–0,05	Kremniy dioksidi (SiO2)	30-55
Oltingugurt (S)	1-3	Alyuminiy oksidi (Al2O3)	5–10
Reniy	0,001–0,005	Kalsiy oksidi (CaO)	2–5

Qo‘llanilgan tahlil usullari; Tadqiqotda quyidagi zamonaviy tahlil va texnologik usullardan foydalanildi:

1. XRF (rentgen-fluoressans tahlil) - element tarkibini aniqlash uchun
2. AAS (atom-absorbsion spektroskopiya) - metall konsentratsiyasini aniq o‘lchash uchun
3. SEM-EDS (skanerlash elektron mikroskopiyasi) - mineralogik tarkibni vizuallashtirish uchun
4. Flotatsion tajribalar — 2 litrli laboratoriya flotatsion kamerasi yordamida
5. Sulfat kislotasi bilan tanlab eritish - reaktiv va sanoat sifatiga ega H2SO4 yordamida
6. Bioleaching - AcidITObacillus ferrooxidans shtammlari yordamida
7. Termodinamik modellashtirish - Eh-pH (Pourbaix) diagrammalari asosida
8. Statistik tahlil - ANOVA va regressiya tahlili usullari qo‘llanildi

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Gidrometallurgik usul natijalari; Sulfat kislotasi bilan tanlab eritmaga o‘tkazish tajribalari shuni ko‘rsatdiki, optimal sharoitlarda (H2SO4 — 2 mol/l,

ISSN 3030-3907

harorat 75°C, jarayon davomiyligi 8 soat, L:S nisbati 5:1) misni ajratish samaradorligi 75-88% ni, molibdenni ajratish samaradorligi esa 40-60% ni tashkil etdi. Ustanovleno, chto etika protsessa podchinyayetsya uravneniyu reaktsii pervogo poryadka. Aktivatsiya energiyasi Ea = 48.3 kJ/mol deb hisoblandi, bu esa jarayonning kinetik nazorat ostida kechishini bildiradi.

SX-EW (solvent extraction-electrowinning) texnologiyasini qo‘llash orqali ajratilgan mis eritmalaridan yuqori sifatli (99,9%) katod misini olish imkoniyati paydo bo‘ldi. Etot metod yavlyayetsya ekonomicheski samim effektivnim i shiroko primenyayemim v masshtabe industrii.

Bioleaching usuli natijalari; AcidITObacillus ferrooxidans bakteriyalari yordamida o‘tkazilgan bioleaching tajribalari 21 kun davomida olib borildi. Optimal pH 2,2 va 30°C harorat sharoitida mis ajratib olish samaradorligi 55-72% ni, molibden uchun esa 30-45% ni tashkil etdi. Bioleaching usuli gidrometallurgiyaga qaraganda sekinroq bo‘lsa-da, energiya sarfi va kimyoviy reagentlar xarajatlari ancha kam.

Bakterial faollik pH pasayishi bilan sezgir bog‘liqligini hisobga olgan holda, jarayon davomida pH ko‘rsatkichi avtomatik nazorat ostida 1,8–2,4 oralig‘ida saqlandi. S povisheniyem temperaturi (vishe 40°C) nablyudalos rezkoye snijeniye aktivnosti bakteriy.

Barcha sinovdan o‘tgan usullarning natijalari quyidagi umumlashtiruvchi jadvalda keltirilgan:

2-jadval.

Mis-molibdenni ajratish usullarining qiyosiy ko‘rsatkichlari

Usul	Cu ajratib olish (%)	Mo ajratish (%)	Xususiyatlar
Gidrometallurgiya	75–88	40-60	Eng barqaror, kislota asosidagi jarayon
Bioleaching	55-72	30-45	Ekologik toza, bakteriyalar yordamida
Flotatsiya	8-18	5-12	Tez, arzon, past samaradorlik
Pirometallurgiya	80-92	50-70	Tez, yuqori harorat talab qiladi
Kombinirovannaya	85-95	65–80	Maksimal effektivnost

Jadvaldagi ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, eng yuqori samaradorlikka erishish uchun kombinatsiyalangan yondashuv

ISSN 3030-3907

(gidrometallurgiya + flotatsiya yoki bioleaching + gidrometallurgiya) eng maqbul variant hisoblanadi.

Ekologik ta’sir va tailing muammosi; Tailing omborlari uzoq muddatli ekologik xavf manbai hisoblanadi. Oni zagryaznyayut pochvu i resurs podzemnix vod. Sulfidlarning atmosfera kislorodi ta’sirida oksidlanishi natijasida kislotali drenaj (Acid Mine Drainage - AMD) hosil bo‘ladi:

$$4FeS2 + 15O2 + 14H2O \rightarrow 4Fe(OH)3 + 8H2SO4$$

Bu jarayon atrof-muhit pH darajasini 2,5–3,5 gacha pasaytiradi va biologik tizimlarga — tuproq mikroorganizmlari, o‘simliklar va suv bioresurslariga katta zarar yetkazadi. OKMK tailing hovuzlari atrofidagi tuproq va suv sifatini monitoring qilish natijalari pH ning 4,5–5,5 darajasiga tushganini ko‘rsatmoqda, bu esa ruxsat etilgan me’yordan (6,5–7,5) sezilarli darajada pastdir.

IQTISODIY TAHLIL VA KEYS-STADI.

Iqtisodiy samaradorlik hisob-kitoblari; Za schet pererabotki otxodov predpriyatiya poluchat dopolnitelniy doxod. Iqtisodiy hisob-kitoblarga ko‘ra, 1 million tonna mis-molibden boyitish chiqindisini kompleks qayta ishlash orqali quyidagi mahsulotlarni olish mumkin:

- 3000-6000 tonna mis (bozor narxi: ~9000 AQSH dollari/t)
- 150-350 tonna molibden konsentrati (bozor narxi: ~20000 $/t)
– 0,5–2 tonna reniy (bozor narxi: ~1500 $/kg)
- 50-200 kg oltin izlari (bozor narxi: ~60000 $/kg)

Jami iqtisodiy potensial: 1 mln tonna chiqindidan 80–120 million dollar atrofida sof daromad olish mumkin. Kapital qo‘yilmalar 30–50 million dollar deb baholansa, investitsiyalarning qaytish muddati 3–5 yil bo‘ladi.

5.2. OKMK Case Study; OKMK hozirgi kunda 2 milliard tonnadan ortiq tailing to‘plagan. Agar zamonaviy kombinatsiyalashgan qayta ishlash texnologiyasi joriy etilsa, hisob-kitoblarga ko‘ra, korxona yiliga qo‘shimcha 500 000 tonna mis va 25 000 tonna molibden kontsentrati ishlab chiqarish imkoniga ega bo‘ladi. Bu esa O‘zbekistonning yalpi ichki mahsulotiga 2–3 milliard dollar qo‘shimcha hissa qo‘shishi mumkin.

Shuningdek, tailing omborlarini kuzatib borish va rekultivatsiya qilish xarajatlari ham sezilarli darajada kamayadi. Ekologik nazorat bo‘yicha xalqaro standartlarga (ISO 14001, IFC Performance Standards) muvofiqlik ham ta'minlanadi.

ISTIQBOL YO‘NALISHLARI.

Metallurgiya sanoatida texnologik inqilob kuzatilmoqda. Kelajakda quyidagi yo‘nalishlar ayniqsa muhim ahamiyat kasb etishi kutilmoqda:

Nanokatalizatorlar va nanotexnologiyalar; Nanokatalizatorlar (Fe_3O_4, TiO_2, ZnO asosidagi) yordamida tanlab eritmaga o‘tkazish jarayonlarini sezilarli

ISSN 3030-3907

darajada tezlashtirish va kimyoviy reagentlar sarfini kamaytirish mumkin. Sovremennie issledovaniya pokazivayut vozmojnost povisheniya effektivnosti videleniya metalla na 15-25% za schet primeneniya nanokatalizatora.

Mashina o‘rganish va chuqur o‘rganish algoritmlarini metallurgik jarayonlarni real vaqt rejimida optimallashtirishda qo‘llash tobora keng tarqalmoqda. Kompyuterli modellashtirish vositalari (HYSYS, Aspen Plus) va AI modellari yordamida texnologik jarayonlarning digital egizagi (digital twin) yaratilishi mumkin bo‘ladi.

Yashil metallurgiya; Uglerod neytralligi maqsadlariga erishish uchun metallurgiya sanoatida "yashil" texnologiyalar - vodorod asosidagi qayta ishlash, quyosh energiyasidan foydalanadigan elektroliz, biologik usullarning kengaytirilishi - tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Prognoziruyetsya, chto k 2050 godu dolya biometallurgicheskix texnologiy v promishlennom masshtabe dostignet 30-40%.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot natijalarini umumlashtirgan holda quyidagi asosiy xulosalar shakllantirildi:

1. Mis-molibden boyitish chiqindilari iqtisodiy va ekologik jihatdan katta ahamiyatga ega resurs hisoblanadi. Ekonomicheskiy potensial pererabotki tailingov, nakoplennix na takix krupnix metallurgicheskix predpriyatiyax, kak OKMK, otsenivayetsya v milliardax dollarov.

2. Kombinatsiyalangan texnologiyalar (gidrometallurgiya + bioleaching yoki flotatsiya + gidrometallurgiya) eng yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Mis ajratib olishda 85-95%, molibden ajratib olishda 65-80% ko‘rsatkichiga erishish mumkin.

3. Bioleaching usuli ekologik jihatdan eng qulay variant bo‘lib, kelajakda yashil metallurgiya kontekstida uning ahamiyati yanada oshadi.

4. Ekologik jihatdan tailinglarni qayta ishlash kislotali drenaj muammosini hal qilishga va atrof-muhitga salbiy ta’sirni keskin kamaytirishga yordam beradi.

5. O‘zbekiston sharoitida OKMK chiqindilarini zamonaviy texnologiyalar yordamida qayta ishlash davlat va korxona miqyosida strategik ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Yusupxo‘jayev A.A. Metall chiqindilarni qayta ishlash. - Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi, 2020. — 210 b.
2. Toshmatov Y., Nazarov X. Foydali qazilmalarni boyitish va qayta ishlash: laboratoriya mashg‘ulotlari uchun uslubiy qo‘llanma. - Toshkent: Toshkent davlat texnika universiteti, 2020. — 148 b.
3. Umarov B.B., Tursunov T.T. Gidrometallurgiya asoslari. - Toshkent: O‘zbekiston, 2017. — 288 b.

ISSN 3030-3907

4. Ivanov V.I. Mis rudalarining gidrometallurgiyasi: asoslari va qo‘llanilishi. - Moskva: Metallurgiya Press, 2020. - 312 b.
5. Zhang Y., Li H. Sulfidli minerallarni biologik tozalash: mexanizmi, kinetikasi va qo‘llanilishi // Gidrometallurgy. - 2021. - Vol. 201. — R. 105–121.
6. Wills B.A., Napier-Munn T. Wills’ Mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. - 498 b.
7. Habashi F. Misning ekstraktiv metallurgiyasi. - 3rd ed. - Quebec: Metallurgie Extractive Quebec, 2019. - 580 b.
8. Dreisinger D. Gidrometallurgy Review: Emerging Technologies and Industrial Applications // Minerals Engineering. — 2019. - Vol. 141. — R. 105–118.
9. OKMK Technical Reports on Tailings Management and Processing. — Olmaliq: OKMK Publishing, 2023. - 87 b.
10. Metallurgiya va materiallar operatsiyalari A. Kon chiqindilaridan mis va molibden qazib olishdagi yutuqlar. - 2023. - Vol. 54A. - P. 2210–2225.
11. Tursunov A.B., Ismoilov X.X. Flotatsion chiqindilardan sulfid minerallarini qayta ajratish usullari tahlili // Texnologiya va injiniring. - T.: Fan, 2020. - No5. - B. 21-28.
12. Mirzayev S.S., Qodirov D.D. Mis-molibden rudalarini boyitishda hosil bo‘ladigan boyitish quyqalaridan foydali komponentlarni ekstraksiyalash // ToshDTU Ilmiy axboroti. - 2022. - No2. - B. 112-118.
13. Nazarov X.X., Yunusov B.Y. Mis-molibden boyitish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilar tarkibini tadqiq etish // Kon-metallurgiya. - T.: Fan, 2022. - No1. — B.

ISSN 3030-3907

ELEKTRON TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA ENERGIYA TEJAMKOR ELEKTR TIZIMLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Shukurov Begzod O‘ktam o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti o‘qituvchi
Kurbanova Munisakhon Sandjar qizi
Qarshi davlat texnika universiteti magistr
Buxorov Habibullo Jahongir o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti talaba
Eshtemirov Jamshidbek Olimjon o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti talaba
O‘rolov Dilshod Baxriddin o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti talaba

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy elektron texnologiyalar asosida energiya tejamkor elektr tizimlarini yaratish va takomillashtirish masalalari yoritilgan. Elektr energiyasidan samarali foydalanish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, aqlli boshqaruv tizimlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalarining elektr ta’minoti tizimlariga integratsiyalashuvi tahlil qilingan. Mikroprotsessorli boshqaruv qurilmalari, invertorlar, sensorli nazorat tizimlari hamda Smart Grid texnologiyalarining energiya samaradorligini oshirishdagi ahamiyati ko‘rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari energiya resurslaridan oqilona foydalanish va elektr tizimlarining ishonchliligini oshirish uchun zamonaviy elektron texnologiyalarni keng joriy etish zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: elektrotexnika, elektronika, energiya tejamkorligi, Smart Grid, invertor, mikroprotsessor, avtomatlashtirish, elektr energiyasi, sensor, elektr tizimi.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы создания и совершенствования энергоэффективных электрических систем на основе современных электронных технологий. Проведен анализ эффективного использования электрической энергии, снижения энергетических потерь, применения интеллектуальных систем управления, а также интеграции возобновляемых источников энергии в системы электроснабжения. Показана роль микропроцессорных устройств управления, инверторов, сенсорных систем контроля и технологий Smart Grid в повышении энергетической эффективности. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости широкого внедрения современных электронных технологий для рационального использования энергетических ресурсов и повышения надежности электрических систем.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: электротехника, электроника, энергоэффективность, Smart Grid, инвертор, микропроцессор, автоматизация, электрическая энергия, датчик, электрическая система.

Abstract. This article discusses the issues of developing and improving energy-efficient electrical systems based on modern electronic technologies. An analysis is conducted of the efficient use of electrical energy, the reduction of energy losses, the application of intelligent control systems, and the integration of renewable energy sources into power supply systems. The role of microprocessor-based control devices, inverters, sensor monitoring systems, and Smart Grid technologies in enhancing energy efficiency is demonstrated. The research results indicate the necessity of the widespread implementation of modern electronic technologies to ensure the rational use of energy resources and improve the reliability of electrical systems.

Keywords: electrical engineering, electronics, energy efficiency, Smart Grid, inverter, microprocessor, automation, electrical energy, sensor, electrical system.

KIRISH.

Jahon miqyosida sanoatning rivojlanishi, aholi sonining ortishi va yangi texnologiyalarning joriy etilishi elektr energiyasiga bo‘lgan talabni tobora oshirmoqda. Energiya resurslarining cheklanganligi va ekologik muammolarning kuchayishi energiyadan samarali foydalanish masalasini dolzarb vazifaga aylantirdi. Shu sababli energiya tejamkor texnologiyalarni yaratish va amaliyotga joriy etish bugungi kunning eng muhim ilmiy-texnik yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Elektronika va elektrotexnika fanlari elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va iste’mol qilish jarayonlarini takomillashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Zamonaviy elektron qurilmalar energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, elektr tarmoqlarining ishonchliligini oshirish va energiyadan oqilona foydalanishni ta’minlash imkonini beradi.

So‘nggi yillarda mikroprotsessorli boshqaruv tizimlari, aqlli elektr tarmoqlari (Smart Grid), avtomatlashtirilgan nazorat tizimlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyalashgan texnologiyalar keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish bilan birga, atrof-muhitga salbiy ta’sirni ham kamaytiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi zamonaviy elektron texnologiyalarning energiya tejamkor elektr tizimlarini yaratish va rivojlantirishdagi ahamiyatini o‘rganish hamda ularning amaliy qo‘llanilish istiqbollarini tahlil qilishdan iborat.

TADQIQOD MATERIALLARI VA USULLARI.

ISSN 3030-3907

Elektronika va elektrotexnikaning energiya samaradorligidagi o‘rni Elektronika va elektrotexnika elektr energiyasini boshqarish hamda undan samarali foydalanishda asosiy vosita hisoblanadi. Elektron komponentlar va boshqaruv tizimlari elektr energiyasining optimal taqsimlanishini ta’minlaydi.

An’anaviy elektr tizimlarida energiya yo‘qotishlari sezilarli darajada bo‘ladi. Bunday yo‘qotishlar elektr uzatish liniyalari, transformatorlar va elektr iste’molchilarida yuzaga keladi. Zamonaviy elektron qurilmalar ushbu yo‘qotishlarni kamaytirishga xizmat qiladi. Masalan, impulsli quvvat manbalari an’anaviy transformatorli manbalarga nisbatan yuqori foydali ish koeffitsientiga ega. Ular elektr energiyasini samarali ravishda o‘zgartiradi va energiya sarfini kamaytiradi. Elektronika sohasidagi innovatsiyalar energiyani boshqarishning yangi usullarini yaratdi. Bugungi kunda deyarli barcha zamonaviy elektr qurilmalari mikroelektronika asosida ishlaydi. Bu esa energiya sarfini kamaytirish bilan birga qurilmalarning funksional imkoniyatlarini kengaytiradi.

Mikroprotsessorli boshqaruv tizimlari

Mikroprotsessorlar zamonaviy energiya tejamkor tizimlarning asosini tashkil etadi. Ular elektr qurilmalarining ish rejimini avtomatik boshqaradi va energiya sarfini optimallashtiradi.

Mikroprotsessorli boshqaruv tizimlari quyidagi afzalliklarga ega:

- elektr energiyasi sarfini nazorat qilish;
- yuklama taqsimotini optimallashtirish;
- avariya holatlarini oldindan aniqlash;
- masofadan boshqarish imkoniyati;
- tizimning ishonchliligini oshirish.

Masalan, sanoat korxonalarida elektr dvigatellarining ishlashini boshqaruvchi chastota o‘zgartirgichlar mikroprotsessorlar yordamida boshqariladi. Ular dvigatel aylanish tezligini kerakli qiymatda ushlab turadi va energiya sarfini 20–40 foizgacha kamaytirishi mumkin.

Mikroprotsessorli texnologiyalar maishiy texnikalarda ham keng qo‘llaniladi. Zamonaviy kir yuvish mashinalari, konditsionerlar va muzlatkichlar energiya iste’molini avtomatik boshqaruvchi elektron tizimlar bilan jihozlangan.

Chastota o‘zgartirgichlar va invertorlarning ahamiyati. Energiya tejamkor elektr tizimlarida invertorlar va chastota o‘zgartirgichlar muhim o‘rin tutadi. Invertorlar o‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi elektron qurilmalar bo‘lib, quyosh elektr stansiyalari va zaxira elektr ta’minoti tizimlarida keng qo‘llaniladi. Chastota o‘zgartirgichlar esa elektr dvigatellarining aylanish tezligini boshqarishga imkon beradi.

Ularning asosiy afzalliklari:

- elektr energiyasi sarfini kamaytirish;

ISSN 3030-3907

- mexanik yuklamalarni kamaytirish;
- uskuna xizmat muddatini uzaytirish;
- elektr tarmog‘idagi yuklamalarni muvozanatlashtirish.

Ko‘plab tadqiqotlar natijasida chastota boshqaruviga ega elektr yuritmalar energiya sarfini 30–50 foizgacha kamaytirishi aniqlangan.

Aqlli elektr tarmoqlari (Smart Grid). Smart Grid texnologiyasi zamonaviy elektroenergetika tizimlarining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Aqlli elektr tarmoqlari elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va iste’mol qilish jarayonlarini raqamli texnologiyalar yordamida boshqaradi.

Smart Grid tizimining asosiy elementlari:

- aqlli hisoblagichlar;
- sensorlar;
- ma’lumot uzatish tarmoqlari;
- markazlashtirilgan boshqaruv markazlari;
- avtomatik himoya tizimlari.

Smart Grid texnologiyasi quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

1. Elektr energiyasi sarfini real vaqt rejimida kuzatish.
2. Elektr tarmog‘idagi nosozliklarni tez aniqlash.
3. Elektr energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirish.
4. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash.
5. Energiya sifatini yaxshilash.

Bugungi kunda rivojlangan davlatlarda Smart Grid texnologiyasi elektr energiyasi samaradorligini 15–25 foizgacha oshirish imkonini bermoqda.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektron texnologiyalar. So‘nggi yillarda quyosh va shamol energetikasining rivojlanishi elektronika sohasiga yangi talablarni qo‘ymoqda. Quyosh panellari ishlab chiqaradigan elektr energiyasi o‘zgarmas tok shaklida bo‘ladi. Uni elektr tarmoqlariga uzatish uchun invertorlardan foydalaniladi.

Zamonaviy invertorlar:

- yuqori samaradorlikka ega;
- avtomatik boshqariladi;
- elektr tarmog‘i bilan sinxron ishlaydi;
- energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi.

Shamol elektr stansiyalarida ham murakkab elektron boshqaruv tizimlari qo‘llaniladi. Ular generatorning ish rejimini shamol tezligiga mos ravishda boshqaradi.Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining keng qo‘llanilishi uglerod chiqindilarini kamaytirish va ekologik muammolarni hal etishda muhim ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Sanoatda avtomatlashtirish tizimlari. Sanoat korxonalarida energiya tejamkorlikni ta’minlashning muhim usullaridan biri avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan foydalanishdir.

PLC (Programmable Logic Controller) kontrollerlari ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatik boshqarishga xizmat qiladi.

PLC tizimlarining afzalliklari:

- energiya sarfini optimallashtirish;
- inson omilini kamaytirish;
- ishlab chiqarish unumdorligini oshirish;
- xavfsizlikni ta’minlash;
- avariya holatlarining oldini olish.

Bugungi kunda sanoat korxonalarining aksariyatida avtomatlashtirilgan energiya monitoring tizimlari joriy etilmoqda. Ushbu tizimlar energiya iste’molini tahlil qiladi va ortiqcha sarflarni aniqlaydi.

Sensor texnologiyalari va monitoring tizimlari. Sensorlar zamonaviy energiya boshqaruv tizimlarining muhim tarkibiy qismidir.Harorat, bosim, tok, kuchlanish va quvvat parametrlarini o‘lchovchi sensorlar energiya tizimlarining holatini doimiy nazorat qiladi.

Monitoring tizimlarining asosiy vazifalari:

- energiya sarfini kuzatish;
- uskunalarning texnik holatini nazorat qilish;
- nosozliklarni oldindan aniqlash;
- energiya samaradorligini tahlil qilish.

Internet of Things (IoT) texnologiyasining rivojlanishi sensorlar imkoniyatlarini yanada kengaytirdi. Bugungi kunda minglab sensorlar yagona tarmoqqa ulanib, energiya tizimlari haqidagi ma’lumotlarni markaziy serverga uzatmoqda.

Energiya tejamkor texnologiyalarning iqtisodiy samaradorligi. Energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish dastlab ma’lum miqdorda investitsiya talab qiladi. Biroq uzoq muddatli istiqbolda bu xarajatlar o‘zini to‘liq oqlaydi.

Iqtisodiy samaradorlik quyidagi omillar orqali ta’minlanadi:

- elektr energiyasi xarajatlarining kamayishi;
- uskunalarning xizmat muddatining uzayishi;
- ta’mirlash xarajatlarining kamayishi;
- ishlab chiqarish samaradorligining ortishi.

Mutaxassislarning hisob-kitoblariga ko‘ra, energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish natijasida elektr energiyasi xarajatlari 20–40 foizgacha qisqarishi mumkin. Elektronika va elektrotexnika sohalaridagi zamonaviy texnologiyalar energiya tejamkor elektr tizimlarini yaratish va

ISSN 3030-3907

rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Mikroprotsessorli boshqaruv tizimlari, invertorlar, chastota o‘zgartirgichlar, Smart Grid texnologiyalari va sensorli monitoring tizimlari elektr energiyasidan samarali foydalanishni ta’minlaydi.

XULOSA. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyalashgan elektron tizimlar energiya xavfsizligini ta’minlash va ekologik muammolarni kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi. Kelajakda sun’iy intellekt, IoT va raqamli texnologiyalarning rivojlanishi energiya boshqaruv tizimlarini yanada takomillashtirish imkonini beradi. Shu sababli energiya tejamkor elektron texnologiyalarni ishlab chiqish va amaliyotga keng joriy etish elektrotexnika sohasining ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rashid M.H. Power Electronics Handbook. Academic Press, 2018.
2. Chapman S.J. Electric Machinery Fundamentals. McGraw-Hill, 2020.
3. Wildi T. Electrical Machines, Drives and Power Systems. Pearson Education, 2019.
4. Aripov X.K. Elektronika asoslari. Toshkent, 2022.
5. Majidov S.M. Elektrotexnika nazariy asoslari. Toshkent, 2021.
6. Glover J.D., Sarma M.S. Power System Analysis and Design. Cengage Learning, 2021.
7. IEC Smart Grid Strategic Group. Smart Grid Technology Report, 2023.
8. IEA. Energy Efficiency Report, 2024.
9. Boylestad R. Electronic Devices and Circuit Theory. Pearson, 2021.
10. Dorf R.C., Svoboda J.A. Introduction to Electric Circuits. Wiley, 2020.
11. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., ... & Mukimov, B. (2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012171). IOP Publishing.
12. Usmanov, E., Rajabboeva, A., Kurbonov, N., & Kurbanova, K. (2024, June). Operational logic scheme of the sketch base for an educational simulator in the fundamentals of power supply. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1, p. 050029). AIP Publishing LLC.
13. Turdiboyev, A., Aytbaev, N., Mamutov, M., Tursunov, A., Toshev, T., & Kurbonov, N. (2023, March). Study on application of electrohydraulic effect for disinfection and increase of water nutrient content for plants. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1142, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.

ISSN 3030-3907

14. Abdullayevich, Q. N. Muzaffar o‘g‘li, NT (2024). NORMALIZATION MODES OF HYDROGENERATORS. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(25), 368-371.
15. Abdullayevich, Q. N. (2023). REACTIVE POWER COMPENSATION. IMRAS, 6(6), 506-508.
16. Abdullayevich, Q. N. Almardon o‘g‘li, NA, & Bahodir o‘g, QOA (2024). INFLUENCE OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY ON ELECTRICAL ENERGY WASTE. Научный Фокус, 1(9), 786-789.
17. Abdullayevich, K. N. (2024). ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ ВА ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ СОҲАСИДА ИННОВАЦИОН ФАОЛИЯТНИ БОШҚАРИШДА ЛОЙИҲА ЁНДАШУВИДАН ФОЙДАЛАНИШ. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(25), 363-367.
18. Abdullayevich, Q. N., & Qizi, Q. M. S. (2023). Ways to Reduce Losses in Power Transformers. Texas Journal of Engineering and Technology, 20, 36-37.
19. Mahmutxonov, S. J., Qurbonov, N., & Babayev, O. (2022). ELEKTR TARMOQLARIDA SIFAT KO ‘RSATKICHLARI VA ISROFLAR. Innovatsion texnologiyalar, 47, 14-15.
20. Abdullayevich, K. N. (2024). ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ СИФАТИНИ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ИСРОФИГА ТАЪСИРИ. PEDAGOG, 7(9), 183-188.
21. Abdullayevich, K. N., & Olimjon o‘g‘li, E. J. (2024). Using consumer-regulators to equalization of electrical energy system load schedule. Journal of Multidisciplinary Bulletin, 7(4), 25-29.
22. Abdullayevich, K. N. (2024). Analysis and evaluation of the effectiveness of energy saving in industrial enterprises. SCIENTIFIC APPROACH TO THE MODERN EDUCATION SYSTEM, 3(28), 75-81.
23. Курбонов, Н. А., Халикова, Х. А., & Неъматов, Б. А. О. (2024). ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ АФГАНИСТАНА, УЗБЕКИСТАНА И ТАДЖИКИСТАНА С УЧЕТОМ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. Eurasian Journal of Academic Research, 4(6-1), 37-41.
24. Abdullayevich, Q. N., & Elmurodovich, B. O. (2023). ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ. Новости образования: исследование в XXI веке, 1(7), 1006-1010.
25. Abdullayevich, Q. N. (2023). REDUCING ELECTRICITY LOSSES IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS DUE TO MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF LINE SECTIONS. MODELS AND METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE RESEARCH, 3(28), 275-279.

ISSN 3030-3907

26. Abdullayevich, K. N. (2024). ОЦЕНКА ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИИ. PROSPECTS AND MAIN TRENDS IN MODERN SCIENCE, 2(13), 531-536.
27. Abdullayevich, K. N. (2024). ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. Новости образования: исследование в XXI веке, 3(26), 203-208.
28. Abdullayevich, K. N., & Abduzairovna, N. M. (2024). ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИДА РАҚАМЛИ ПОДСТАНЦИЯЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ МАСАЛАЛАРИ. Eurasian Journal of Social Sciences, Philosophy and Culture, 4(9), 71-75.
29. Abdullayevich, K. N. (2024). НОРМАТИВНЫЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10, 6 и 0, 4 кВ. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(21), 55-60.
30. Abdullayevich, Q. N., & Ikrom o‘g, T. A. A. (2023). Efficiency OF Use OF Frequency Converter with Smooth Control OF Asynchronous Motor Speed. Galaxy International Interdisciplinary Research Journal, 11(5), 448-449.
31. Abdullayevich, K. N., O‘G‘Li, M. F. A., O‘G‘Li, E. J. O., & O‘G‘Li, P. A. B. (2024). MARKOV ZANJIRI USULI VA O ‘LCHANGAN SHAMOL TEZLIKLARIDAN FOYDALANGAN HOLDA YANGI SHAMOL TEZLIKLARINI BASHORAT QILISH. Eurasian Journal of Academic Research, 4(11-2), 7-12.
32. Abdullayevich, K. N., Akrom o‘g, N. M. B., & Olimjon o‘g‘li, E. J. (2024). Functions of facts devices with innovation technology in the electrical energy system. Journal of Engineering Sciences, 7(5), 12-16.
33. Abdullayevich, K. N., & Abdullayevna, X. X. (2024). EFFECTIVENESS OF USING A FREQUENCY CONVERTER WITH SMOOTH SPEED CONTROL OF AN INDUCTION MOTOR. Новости образования: исследование в XXI веке, 3(27), 151-154.
34. Abdullayevich, K. N. Shuhrat o‘g‘li, OS, & Olimjon o‘g‘li, EJ (2024). STRUCTURE OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS. AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN, 2(5), 112-119.
35. Abdullayevich K. N., Tulqin o‘g‘li X. M., Mansur o‘g‘li C. D. УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЗА СЧЕТ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ //IMRAS. – 2025. – Т. 8. – №. 3. – С. 35-43.

ISSN 3030-3907

36. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., & Kurbonov, N. & Mukimov, B.(2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012171).
37. Abdullayevich K. N. et al. ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ АФГАНИСТАНА, УЗБЕКИСТАНА И ТАДЖИКИСТАНА С УЧЕТОМ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА //Eurasian Journal of Academic Research. – 2024. – Т. 4. – №. 6-2. – С. 19-23.
38. Abdullayevich Q. N. CONDUCTING LABORATORY CLASSES ON ELECTRICAL CIRCUITS. Finland International Scientific Journal of Education //Social Science & Humanities. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 1095-1098.
39. Abdullayevich K. N., Mansur o‘g‘li C. D. МЕТОДЫ И МЕРЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДА //INNOVATIVE DEVELOPMENTS AND RESEARCH IN EDUCATION. – 2025.
40. Abdullayevich K. N., Shuhrat o‘g‘li O. S., Olimjon o‘g‘li E. J. STRUCTURE OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS //AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN. – 2024. – Т. 2. – №. 5. – С. 112-119.

ВЛИЯНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА НА РАЗВИТИЕ ОСТРОГО БРОНХИОЛИТА

Азимова Камола Талатовна
Доцент кафедры педиатрии и медицинской генетики № 3 Самаркандского государственного медицинского университета, доктор философии
Samarqand, O‘zbekiston
Ходжакулова Мадина Алишеровна
Студент педиатрического факультета Самаркандского государственного медицинского университета
Samarqand, O‘zbekiston

Annotatsiya. O‘tkir bronxiolit bir yoshgacha bo‘lgan bolalarda kasalxonaga yotqizilishning asosiy sabablaridan biridir, shu bilan birga bolalarda o‘tkir bronxiolitning ahamiyati uning uchrash tezligi bilan emas, balki kasallik kechishining og‘irligi bilan belgilanadi. O‘tkir bronxiolit muammosining dolzarbligi erta yoshdagi bolalarda pastki nafas yo‘llarining og‘ir darajadagi obstruktiv buzilishlari bilan kechishi, og‘ir nafas yetishmovchiligi bilan namoyon bo‘lishi hamda keyinchalik bronxoobstruktiv sindromning (BOS) qayta rivojlanishiga olib kelishi bilan bog‘liqdir. Shu munosabat bilan kasallik rivojlanishining shaxsiylashtirilgan xavf omillarini aniqlash, o‘z vaqtida tashxis qo‘yish, klinik va laborator ko‘rsatkichlarni kompleks baholash, o‘tkir bronxiolitni boshdan kechirgan bolalarda bronxoobstruktiv holatlarning qaytalanish ehtimoli bo‘yicha uzoq muddatli prognozni shakllantirish hamda asoratlarning oldini olish tibbiyotda hal etilishi lozim bo‘lgan muammo hisoblanadi. Hozirgi vaqtda o‘tkir bronxiolitning yuzaga kelishi va kechishining og‘irligi modifikatsiya qilinadigan va modifikatsiya qilinmaydigan xavf omillariga bevosita bog‘liqdir.

Kalit so‘zlar: bolalar, xavf omillari, o‘tkir bronxiolit.

Abstract. Acute bronchiolitis is the leading cause of hospitalization in children under one year of age; however, the clinical significance of acute bronchiolitis in children is determined not by its frequency, but by the severity of its course [2,4]. The relevance of the problem of acute bronchiolitis is associated with severe obstructive disorders of the lower respiratory tract in young children, accompanied by pronounced respiratory failure and subsequently leading to recurrent development of bronchial obstructive syndrome (BOS) [6,8]. In this regard, the identification of personalized risk factors for disease development, timely diagnosis, comprehensive assessment of clinical and laboratory manifestations, and the formation of a long-term prognosis for the likelihood of

ISSN 3030-3907

recurrent bronchial obstructive conditions in children who have experienced acute bronchiolitis, along with the prevention of complications, represent an important medical challenge requiring resolution. Currently, the occurrence and severity of acute bronchiolitis are directly dependent on modifiable and non-modifiable risk factors [1,2].

Keywords: children, risk factors, acute bronchiolitis.

Аннотация. Острый бронхиолит составляет основную причину госпитализаций детей до 1 года, вместе с тем значимость острого бронхиолита у детей определяется не частотой, а тяжестью его течения [2.4]. Актуальность проблемы острого бронхиолита связана с тяжёлой степенью обструктивных нарушений нижних дыхательных путей у детей раннего возраста, сопровождающейся тяжёлой дыхательной недостаточностью, а в последствии приводя к повторному возникновению бронхообструктивного синдрома (БОС). [6,8]. В связи с этим выявление персонифицированных факторов риска развития заболевания, своевременная диагностика, комплексная оценка клинических, лабораторных проявлений, с формированием долгосрочного прогноза вероятности повтора бронхообструктивных состояний у детей, перенесших острый бронхиолит, с профилактикой осложнений является проблемой, требующей решения в медицине. В настоящее время возникновение и тяжесть течения острого бронхиолита напрямую зависит от модифицированных и не модифицированных факторах риска.[1,2]

Ключевые слова: дети, факторы риска, острый бронхиолит,

ВВЕДЕНИЕ.

Целью нашего исследования явилось определение особенностей влияния регионарных факторов риска на возникновение и тяжесть бронхолегочного процесса у детей с острым бронхиолитом, взяв за основу факторы риска, предложенные в ряде клинических рекомендаций [Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Таточенко .К. и др. 2015].

Материал и методы исследования: нами проведено обследовано 94 детей с острым бронхиолитом в возрасте от 2 месяцев до 2х лет.

Исследования были проведены с с сентября по март месяцы 2024-2025 гг. обследуемые дети с острым бронхиолитом в зависимости от тяжести состояния были госпитализированы в отделение пульмонологии и отделение реанимации Самаркандского областного детского многопрофильного центра и в отделение экстренной педиатрии и отделение детской реанимации Самаркандского филиала Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи. У всех выборки детей с острым бронхиолитом наблюдалась бронхообструкция различной степени.

ISSN 3030-3907

Состояние здоровья матерей во время беременности является основополагающими факторами здоровья ребёнка. В связи с этим мы провели исследования по выявлению факторов риска в перинатальный период. Так, результаты опроса матерей показали, что большинство детей с острым бронхиолитом имело сочетание ряда неблагоприятных факторов антенатального и перинатального периодов (табл. 1.).

Отмечалось неблагоприятное течение беременности на фоне гестационной гипертензии, т.е. гипертензии возникшей после 20 недели беременности в обеих группах исследования (27,6% и 19,2% соответственно в основной группе и группе контроля), при этом у 12,8% (12) матерей детей с острым бронхиолитом наблюдалось состояние хронической гипертензии во время беременности (7,7% (4) детей в группе контроля), что не смотря на более высокую частоту, не входило в доверительные границы относительного фактора риска RR по отношению к группе контроля (RR=2,449, 95%CI=1,489-4,029, χ^2=13,709, p=0,001).

Таблица 1

Медико-биологические и социальные факторы риска развития острого бронхиолита

Факторы риска	Основная группа n= 94		группа контроля n= 52		χ^2	P	RR	95% CI	OR	95% CI
	abc	%	abc	%						
Возраст младше 3х месяцев	31	33,0	9	17,3	4,133	0,043	1,304	1,037 - 1,640	2,351	1,018-5,431
Мужской пол	62	66	24	46,1	5,424	0,02	1,352	1,031 - 1,772	2,260	1,131-4,517
Низкий социальный уровень семьи	10	10,6	7	13,5	0,259	0,611	0,903	0,595 - 1,371	0,765	0,273-2,147
Курение матери во время	11	11,7	3	5,8	1,359	0,244	1,250	0,923 - 1,692	2,165	0,576-8,140

ISSN 3030-3907

беремен-ности										
Пассивное курение	34	36,1	7	13,5	8,549	0,004	1,451	1,169 - 1,801	3,643	1,480-8,966
Наличие старших детей в семье	42	44,7	20	38,5	0,530	0,467	1,094	0,861 - 1,391	1,292	0,648-2,579
Рождение за 6 месяцев до начала РСВ сезона	23	24,5	14	26,9	0,064	0,800	0,954	0,717 - 1,271	0,905	0,417-1,961
Большая семья (более 5 х человек)	29	30,8	4	7,7	10,264	0,02	1,528	1,247 - 1,871	5,354	1,764-1,245
Посещение ясель или няни	12	12,8	2	3,84	3,073	0,08	1,380	1,072 - 1,775	3,659	0,786-17,027

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Медико-биологические и социальные факторы риска являются модифицируемыми факторами риска развития острого бронхиолита. К ним относятся возраст младше 3х месяцев жизни, который в обследуемой выборке больных составил 1/3 случаев 33,% (31) детей (17,3% (9) детей в группе контроля), что связано с незрелостью гуморального и клеточного иммунитета в данном периоде, и в сочетании с недоношенностью и незрелостью организма приводит к развитию заболевания в данный промежуток жизни (RR=1,304 95%CI=1,037-1,640, χ^2=4,133, p=0,043).

Со значительной частотой заболеваемостью острым бронхиолитом встречалась у представителей мужского пола 66% (62) ребенка (46,1% (24) ребенка в группе контроля), что является одним из эндогенных факторов развития воспалительных заболеваний в раннем возрасте (RR=1,352 95%CI=1,031-1,772, χ^2=5,424, p=0,02).

Такой социальный фактор как низкий социальный уровень встречался почти с одинаковой частотой в обеих группах исследования (10,6% (10) и

ISSN 3030-3907

13,5% (7) в группах соответственно, RR=0,903 95%CI=0,595-1,371, χ^2=0,611, p=0,903).

Курение матери во время беременности также не было отнесено к факторам риска развития острого бронхиолита (11,7% (11) и 5,8% (8) в группах соответственно), что возможно это связано с малой частотой курения матерей в нашем регионе, тогда как пассивное курение (курили отцы или дедушки детей) встречалось с достоверно большей частотой в группе детей с острым бронхиолитом исследования (36,1% (34) и 13,5% (7) в группах соответственно) (RR=1,451, 95%CI=1,169-1,801, χ^2=8,549, p=0,004).

Такой фактор как наличие старших детей в семье также не оказала статистического воздействия в определении факторов риска развития острого бронхиолита (44,7% (42) и 38,5% (20) в группах соответственно, RR=1,094 95%CI=0,861-1,391, χ^2=0,530, p=0,467), также как и рождение за 6 месяцев до начала сезона развития респираторно-синцитиальной инфекции (24,5% (23) и 26,9% (14) в группах соответственно, RR=0,954, 95%CI=0,717-1,271, χ^2=0,064, p=0,800).

Региональной особенностью в провоцировании острого бронхиолита явилась большая семья, согласно «Клиническим рекомендациям по оказанию помощи детям с острым бронхиолитом» к факторам риска развития относят большую семью в количестве 4х и более человек, учитывая региональные особенности мы провели выявление частоты семей с 5 и более человек в семье, которая у детей с острым бронхиолитом составила 1/3 случаев 30,8% (29) детей (RR=1,528, 95%CI=1,247-1,871, χ^2=10,26, p=0,02).

Посещение ясель в раннем грудном возрасте, а также нянь ухаживающих за несколькими детьми также послужило одним из факторов риска (12,8% (12) и 3,84% (2) в группах соответственно) (RR=1,380, 95%CI=1,072-1,775, χ^2=3,073, p=0,08).

ВЫВОДЫ. Из факторов риска предрасполагающих к развитию острого бронхиолита рекомендованных в «клинических рекомендациях» имел значение возраст до 6 х месяцев жизни, в наших исследованиях представлен «возрастом до 3х месяцев жизни», искусственное вскармливание, а также большая семья, которая по международным клиническим рекомендациям предполагает 4 человека и больше, тогда как мы «большую семью» расценивали как 5 человек в семье и больше. Такие факторы риска как наличие старших детей в семье, рождение за 6 месяцев до РСВ сезона к статистически достоверным факторам риска отнесены не были.

ISSN 3030-3907

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Азимова К.Т., Гарифулина Л.М. Факторы риска тяжёлого течения острого бронхиолита у детей раннего возраста // Журнал Проблемы биологии и медицины2023.-№2 (142). -С.25-30.
2. Азимова К.Т., Гарифулина Л.М. Болаларда Ўткир бронхиолитда цитокин статуси характеристикаси // Международный журнал научной педиатрии – 2024 - № 7 (3) – В.669-672. doi.org/10.56121/2181-2926-2024- 3-7-669-672
3. Azimova K.T., Garifulina L.M. Болаларда Ўткир бронхиолит диагностикасида клиник хусусиятларнинг роли //Biomedisina va amaliyot jurnali-2023.- №6.-B.195-202.
4. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Таточенко .К. и др. Острый бронхиолит у детей. Современные подходы к диагностике и терапии. Педиатрическая фармакология. 2015; 12 (4): 441–446.
5. Баранова И.П., Малова И.А., Баранова Н.И. Спонтанный и индуцированный γ- интерферон у больных гриппом и респираторно-синцитиальной инфекцией. Медицинские науки. Клиническая медицина, № 2, 2017- С. 42-53.
6. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Таточенко В.К., Давыдова И.В., Бакрадзе М.Д., Куличенко Т.В., Вишнёва Е.А., Селимзянова Л.Р., Полякова А.С., Артёмова И.В. Современные подходы к ведению детей с острым бронхиолитом. Педиатрическая фармакология. 2019; 16 (6): 339–348. doi: 10.15690/pf.v16i6.2071
7. Бойцова Е.В., Овсянников Д.Ю. Постинфекционный облитерирующий бронхиолит у детей. Детские инфекции -.2014.-№2. –С.24-28.
8. 8.Бочкарева Л.С., Мироманова Н.А., Мироманов А.М. Прогнозирование тяжести вирусного бронхиолита у детей. Acta Biomedica Scientifica, 2022, Vol. 7, N 3.-С.98-109.
9. Национальный клинический протокол по диагностике и тактике ведения детей с острым бронхиолитом. Ташкент 2021.

ISSN 3030-3907

KADASTR TIZIMINI RAQAMLASHTIRISH: UMUMIY JIHATLAR VA ZAMONAVIY MUAMMOLAR

Mallayev Behruz Qo‘ldosh o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, assistent
Saitmurotov Bobur Sobir o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, assistant
Amanov Ulug‘bek Xoliqul o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, assistent

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida kadastr tizimini raqamlashtirishning umumiy jihatlari — huquqiy asoslari, institutsional tuzilmasi, texnologik komponentlari va joriy muammolari kompleks tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida normativ-huquqiy hujjatlar, xorijiy tajribalar va mavjud ilmiy adabiyotlar asosida raqamlashtirish jarayonining zaif tomonlari aniqlanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ma’lumotlar bazasining to‘liq shakllantirilmaganligi, geodezik asoslarning eskirganligi, idoralararo integratsiyaning yetarli emasligi hamda kadrlar va texnik infratuzilma bilan bog‘liq muammolar tizimni modernizatsiya qilish yo‘lidagi asosiy to‘siqlar hisoblanadi. Maqolada ushbu muammolarni bartaraf etishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ham bayon etilgan.

Kalit so‘zlar: yer kadastri, raqamlashtirish, GIS texnologiyalari, e-Kadastr, kadastr islohotlari, geoinformatsion tizim, fazoviy ma’lumotlar, O‘zbekiston.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the general aspects of cadastral system digitalization in the Republic of Uzbekistan — including its legal framework, institutional structure, technological components, and current challenges. Through the study of regulatory documents, international experience, and existing scientific literature, the weaknesses of the digitalization process are identified. The findings indicate that incomplete database formation, outdated geodetic bases, insufficient inter-agency integration, as well as personnel and technical infrastructure deficiencies represent the main obstacles to system modernization. The article also presents scientific-practical recommendations aimed at addressing these challenges.

Keywords: land cadastre, digitalization, GIS technologies, e-Cadastre, cadastral reforms, geographic information system, spatial data, Uzbekistan.

Аннотация. В данной статье проводится комплексный анализ общих аспектов цифровизации кадастровой системы Республики Узбекистан — правовой основы, институциональной структуры, технологических компонентов и актуальных проблем. В ходе исследования на основе нормативно-правовых документов, зарубежного опыта и существующей научной литературы выявляются слабые стороны процесса цифровизации.

ISSN 3030-3907

Результаты исследования показывают, что неполное формирование базы данных, устаревшая геодезическая основа, недостаточная межведомственная интеграция, а также проблемы с кадрами и технической инфраструктурой являются главными препятствиями на пути модернизации системы. В статье также изложены научно-практические рекомендации по устранению выявленных проблем.

Ключевые слова: земельный кадастр, цифровизация, ГИС-технологии, электронный кадастр, кадастровые реформы, геоинформационная система, пространственные данные, Узбекистан.

KIRISH.

Yer resurslari har bir davlatning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishida markaziy o‘rin tutadi. Ulardan oqilona foydalanish, samarali boshqarish va doimiy monitoring o‘tkazish zarurati bugungi globallashuv sharoitida yanada kuchaymoqda. Ayni shu muhtojlikdan kelib chiqqan holda, davlat yer kadastri tizimi yer uchastkalarining joylashuvi, maydoni, huquqiy maqomi va qiymati to‘g‘risidagi ma’lumotlarni yagona axborot tizimida jamlash uchun asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi [1, 2]. Biroq dunyo tajribasi shuni ko‘rsatadiki, ananaviy qog‘oz shaklida yuritiladigan kadastr tizimi zamonaviy boshqaruv talablariga javob bera olmaydi — ma’lumotlarni yangilash sekin amalga oshiriladi, xatolar ko‘payadi va davlat organlari o‘rtasidagi ma’lumot almashinuvi cheklanib qoladi.

Shu sababli dunyoning ko‘plab mamlakatlarida kadastr tizimini raqamlashtirishga o‘tish jarayoni keng quloch yoymoqda. O‘zbekiston ham bu tendensiyadan chetda qolmagan: 2020 yilda qabul qilingan Prezidentning "Yer hisobi va davlat kadastrlarini yuritish tizimini tubdan takomillashtirish" bo‘yicha farmoni [3] hamda "Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasi [4] yer boshqaruvini modernizatsiya qilishda muhim poydevor bo‘ldi. Natijada e-Kadastr axborot tizimi joriy etildi, elektron kadastr xaritalari shakllantirila boshlandi va bir qator xizmatlar onlayn formatga o‘tkazildi.

Biroq amaliyot shuni ko‘rsatadiki, raqamlashtirish jarayoni bir qator texnik, institutsional va tashkiliy muammolarni ham birga olib kelmoqda. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — kadastr tizimini raqamlashtirish jarayonining umumiy jihatlarini tizimli tahlil etish, mavjud muammolarni aniqlashtirish va ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijasi nafaqat Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, balki sohadagi boshqa akademik muassasalar va amaliyotchilar uchun ham dolzarb ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR SHARHI. Kadastr tizimini raqamlashtirish bo‘yicha xorijiy va mahalliy ilmiy-amaliy tadqiqotlar yaqin o‘n yil mobaynida sezilarli darajada rivojlandi. Dale va McLaughlin [5] o‘zlarining fundamental asarida yer

ISSN 3030-3907

ma’muriyati tizimlarining samarali faoliyat ko‘rsatishi uchun fazoviy ma’lumotlarning aniqligini ta’minlash zarurligini ta’kidlagan. Williamson, Enemark, Wallace va Rajabifard [6] tomonidan yer ma’muriyatining barqaror rivojlanishiga bag‘ishlangan tadqiqotda raqamli texnologiyalar — ayniqsa GIS va masofadan zondlash — yer boshqaruvini inqilobiy o‘zgartirish kuchiga ega ekani dalillar bilan asoslab berilgan.

DeMers [7] GIS tizimlarining yer kadastri sohasidagi amaliy qo‘llanilishini tahlil qilar ekan, insoniy omil va mutaxassislar malakasining texnologik tizimlar samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini alohida qayd etgan. Longley, Goodchild, Maguire va Rhind [8] tomonidan GIS va uning ilmiy asoslariga bag‘ishlangan keng qamrovli asarda fazoviy ma’lumotlar hajmining ortishi bilan birga server infratuzilmasiga qo‘yiladigan talablar ham mutanosib ravishda oshishi ta’kidlangan.

O‘zbekiston kontekstida esa Jumaqulova S.A. [9] tomonidan olib borilgan tadqiqotda yer kadastrini raqamlashtirish jarayonidagi normativ-huquqiy va texnik muammolar batafsil yoritilgan: ma’lumotlar bazasining to‘liqsizligi, geodezik asoslarning eskirganligi va idoralararo integratsiyaning sustligi asosiy muammolar sifatida qayd etilgan. Orazbaev va Rasulova [10] esa raqamli kadastr tizimining huquqiy ta’minotidagi kamchiliklarga alohida e’tibor qaratib, normativ bazani qayta ko‘rib chiqish zarurligini asoslab bergan.

Xorijiy tajriba tahlili shuni ko‘rsatadiki, Germaniyada joriy etilgan ALKIS (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem) tizimi fazoviy-geografik ma’lumotlar, huquqiy mulkchilik hujjatlari va ma’muriy-registratsion komponentlarni yagona axborot platformasida integratsiyalashgan tarzda boshqarishga xizmat qilmoqda [11]. Shvetsiyaning Lantmäteriet agentligi tomonidan yuritiladigan tizim esa raqamli kadastr xaritalarini vektor shaklida uzluksiz yangilab borish va barcha idoralar bilan real vaqt rejimida ma’lumot almashinuvini ta’minlash imkonini beradi [11]. Janubiy Koreya va Yaponiya tajribasi ham davlat va fuqarolar o‘rtasidagi o‘zaro ishonchni mustahkamlashda raqamli kadastrning o‘rni beqiyos ekanligini tasdiqlaydi [11].

Mamatmo‘minov [12] o‘zining tadqiqotida GIS, GPS, masofadan zondlash va dronlar kabi raqamli texnologiyalarning yer resurslarini boshqarish samaradorligini oshirishdagi rolini yoritgan. Muallif qishloq xo‘jaligida yerlarning meliorativ holatini baholash, hosildorlikni bashorat qilish va yer tuzish ishlarini avtomatlashtirishda raqamli vositalarning samarali natijalar berayotganini misollar orqali ko‘rsatgan.

MATERIALLAR VA TADQIQOT METODLARI. Tadqiqot uchun asosiy manbalar sifatida O‘zbekiston Respublikasining normativ-huquqiy hujjatlari — Yer kodeksi, "Davlat yer kadastri to‘g‘risida"gi Qonun, Kadastr

ISSN 3030-3907

agentligiga doir Prezident farmoni va qarorlari — o‘rganildi. Bundan tashqari, Kadastr agentligining yillik hisobot materiallari, xorijiy mamlakatlar kadastr tizimlari bo‘yicha ilmiy adabiyotlar va maxsus jurnallarda chop etilgan tadqiqotlar ham tahlilga jalb etildi.

Yer axborot tizimlari (YeAT) metodologiyasi yuzasidan yer tuzish loyihalashtirishda raqamli texnologiyalar bo‘yicha tayyorlangan "TIQXMMI" MTU malaka oshirish kursi o‘quv materiallari ham qo‘shimcha manba bo‘lib xizmat qildi [14].

Tadqiqotda quyidagi ilmiy metodlardan foydalanildi:

- hujjatlarni kontent-tahlil qilish usuli — normativ hujjatlar va ilmiy adabiyotlarning mazmuniy tahlili;
- qiyosiy-huquqiy tahlil — xorijiy davlatlar kadastr tizimlari bilan solishtirma ko‘rsatma tahlili;
- tizimli yondashuv — raqamlashtirishning texnik, huquqiy va institutsional omillarini bir butun tizim sifatida ko‘rib chiqish;
- normativ talablar bilan amaldagi holat o‘rtasidagi tafovutni aniqlash metodi — muammolar matritsasini shakllantirish uchun.

Tahlil jarayonida normativ talablar va amaliyot o‘rtasidagi tafovutlar asosida muammolar aniqlantirildi. Xorijiy tajriba bilan qiyoslash esa O‘zbekiston uchun dolzarb bo‘lgan yo‘nalishlarni belgilashga imkon berdi.

NATIJALAR. O‘zbekistonda kadastr tizimini raqamlashtirish bo‘yicha normativ-huquqiy baza dastlabki shakllanish bosqichini muvaffaqiyatli bosib o‘tgan. "Davlat yer kadastri to‘g‘risida"gi Qonun [1] yer uchastkalarining joylashuvi, maydoni, huquqiy maqomi, sifati va qiymati to‘g‘risidagi ma’lumotlar tizimini yuritishni majburiy qilib belgilagan. Yer kodeksi [2] esa yer davlat mulki sifatida mustahkamlangan holda undan foydalanish tartibini tartibga soladi.

Prezidentning 2020-yil 7-sentabrdagi PF-6061-son Farmoni [3] bilan Kadastr agentligi tashkil etilib, davlat kadastrlari yagona markazlashgan tizim asosida yuritilishi, zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar joriy etilishi va ma’lumotlar bazasi integratsiyalashuvi ta’minlanishi belgilangan. Xuddi shu yili qabul qilingan PQ-4819-son Qaror [15] esa yerlarni to‘liq xatlovdan o‘tkazish va ularni yagona elektron bazaga kiritish vazifasini qonuniy ravishda mustahkamlab qo‘ydi.

"Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasi [4] doirasida e-Kadastr axborot tizimi, "Agroplatforma" va boshqa raqamli loyihalar yer resurslarini nazorat qilishda samarali vositaga aylanib bormoqda. Shu bilan birga, normativ baza hali ham to‘liq takomillashmaganiga bir misol: raqamli shakldagi kadastr ma’lumotlarining huquqiy kuchi va ishonchliligi masalasi qonunchilikda

ISSN 3030-3907

yetarlicha aniq belgilab berilmagan [10]. Bu esa xorijiy tajriba — xususan, Yevropa mamlakatlarida elektron kadastr ma’lumotlarining qog‘oz shaklidagi hujjatlar bilan teng huquqiy kuchga ega deb e’tirof etilishi [10] — bilan solishtirganda seziladi.

Raqamli kadastr tizimining asosini geoinformatsion tizimlar (GIS) tashkil etadi. GIS orqali yer maydonlarining joylashuvi, o‘lchami, ekologik holati va foydalanish maqsadlari haqidagi ma’lumotlar yagona tizimda jamlanadi va vizual ko‘rinishda taqdim etiladi [12]. Bu esa boshqaruv qarorlarini asoslangan holda qabul qilishga xizmat qiladi.

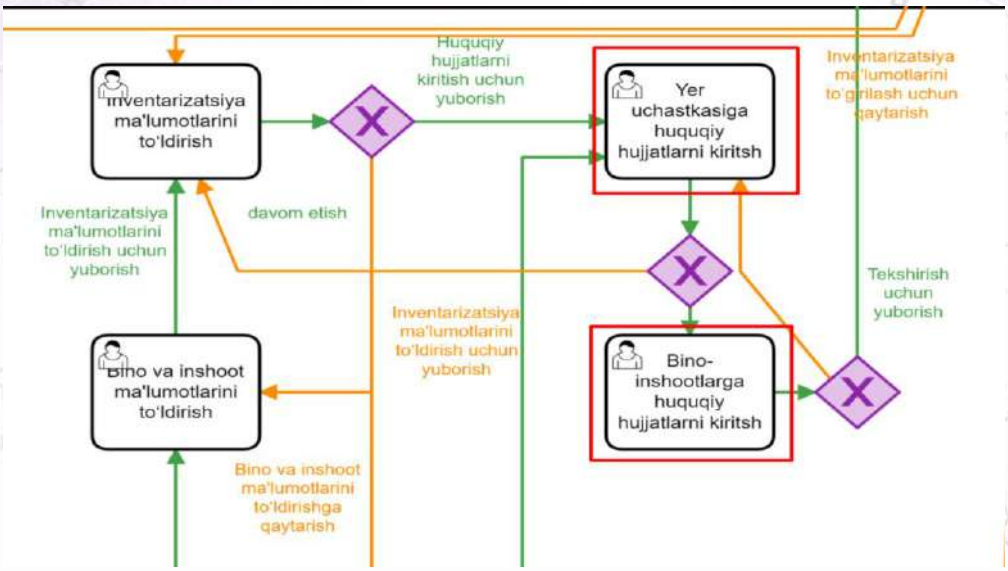
1-jadval

Kadastr tizimida qo‘llaniladigan raqamli texnologiyalar

Texnologiya	Asosiy vazifasi	Qo‘llanilish sohasi
GIS (Geoinformatsion tizim)	Fazoviy ma’lumotlarni tahlil, xaritalash va boshqarish	Yer kadastri, yer tuzish loyihalash
GNSS / GPS	Yer uchastkalari koordinatalarini aniqlash	Geodezik o‘lchovlar, chegara belgilash
Masofadan zondlash	Sun’iy yo‘ldosh orqali yer yuzasini kuzatish	Ekologik monitoring, agrar tahlil
UAV (Dronlar)	Yuqori aniqlikdagi aerial tasvirlar olish	Ortofototasvirlar, 3D modellash
E-Kadastr portali	Onlayn xizmatlar va ma’lumotlar ochiqligini ta’minlash	Fuqarolar va tadbirkorlar uchun

Yer axborot tizimi (YeAT)ning ma’lumotlar qatlamlari tuzilmasi quyidagi asosiy komponentlarni o‘z ichiga oladi: chegara tarmog‘ining tayanch nuqtalari, yer egaliklarining chegaralari, yerdan foydalanish turlari bo‘yicha rayonlash ma’lumotlari, nuqtali/chiziqli ob’ektlar, joyning relefi va geografik nomlar [14]. Ushbu qatlamlar yig‘indisi raqamli yer tuzish loyihalarining asosini tashkil etadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Kadastr muhandislari tomonidan yer uchastkasi va bino-inshootlarga nisbatan huquq yaratish hamda huquqiy asoslarini biriktirish jarayoni

Tadqiqot natijasida O‘zbekistonda kadastr tizimini raqamlashtirish jarayonida quyidagi besh asosiy muammo guruhi aniqlandi.

1. Ma’lumotlar bazasining to‘liqsizligi.

Prezidentning PQ-4819-son qarorida yerlarni xatlovdan o‘tkazish va ularni yagona elektron bazaga kiritish vazifasi belgilangan bo‘lsa-da [15], ayrim hududlarda — ayniqsa Surxondaryo, Qashqadaryo kabi qishloq mintaqalarida — ma’lumotlar bazasi hali to‘liq shakllantirilmagan. Bir qator yer uchastkalarida huquqiy hujjatlar rasmiylashtirilmagan yoki chegaralari aniqlashtirilmagan. Bu holat raqamlashtirish jarayonida ma’lumotlarning to‘liqligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [9].

2. Geodezik va kartografik asoslarning eskirganligi.

"Geodeziya va kartografiya to‘g‘risida"gi Qonun davlat geodezik tarmog‘i va topografik xaritalarni muntazam yangilab borish talabini belgilagan. Ammo amaliyotda ayrim hududlarda mavjud topografik materiallar 1:10 000 yoki 1:25 000 masshtabdagi eski xaritalarga tayanadi. Zamonaviy raqamli kadastr tizimlari esa yuqori aniqlikdagi ortofototasvirlar va lazerli skanerlash (LiDAR) texnologiyalaridan foydalanishni taqozo etadi. Koordinatalarni zamonaviy GNSS texnologiyalari asosida qayta aniqlashtirmay turib, kadastr ma’lumotlarini sifatli raqamlashtirish imkoni cheklanib qoladi [9].

3. Idoralararo integratsiyaning yetarli emasligi.

"Davlat yer kadastri to‘g‘risida"gi Qonun kadastr ma’lumotlari boshqa davlat kadastrlari va axborot tizimlari bilan o‘zaro integratsiyalashgan holda yuritilishini ko‘zda tutadi [1]. Biroq amaliyotda soliq organlari, adliya organlari, notarial idoralar va mahalliy hokimiyat organlari o‘rtasida ma’lumotlar

ISSN 3030-3907

almashinuvi har doim ham real vaqt rejimida amalga oshirilmaydi [9]. Soliq kodeksiga ko‘ra, yer solig‘i kadastr ma’lumotlari asosida hisoblanadi. Agar ma’lumotlar o‘z vaqtida yangilanmasa, soliq hisob-kitoblarida nomuvofiqlik yuzaga kelishi mumkin — bu esa davlat byudjetiga tushumlar aniqligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

4. Kadrlar salohiyatining yetarli emasligi.

Yer kadastri va GIS texnologiyalarini yuritish uchun maxsus tayyorgarlikka ega mutaxassislar zarur. Malakali mutaxassislar yetishmasligi, raqamli infratuzilmaning ba’zi hududlarda yetarlicha rivojlanmaganligi va texnik vositalarning eskirganligi ish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [12]. Shu bilan birga, kadastr tizimida faoliyat yuritayotgan mutaxassislarning doimiy malaka oshirishi va zamonaviy dasturiy vositalar bilan ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirish zarurati tobora kuchayib bormoqda [9].

5. Texnik infratuzilmaning notekis rivojlanganligi.

Fazoviy ma’lumotlar katta hajmga ega bo‘lib, ularni saqlash va qayta ishlash uchun yuqori quvvatli serverlar va barqaror internet aloqasi talab etiladi [8]. Ayrim hududiy bo‘linmalarda texnik imkoniyatlarning yetarli emasligi ma’lumotlarni tezkor yangilash va ularga masofadan turib kirish imkoniyatlarini cheklaydi. Bulutli texnologiyalar va katta hajmdagi ma’lumotlar (Big Data) platformalaridan foydalanish bu muammoning yechimi bo‘lishi mumkin [10].

2-jadval

Kadastr tizimini raqamlashtirish jarayonidagi muammolar va yechim yo‘nalishlari

Muammo turi	Amaldagi holat	Yechim yo‘nalishlari
Ma’lumotlar bazasi to‘liqsizligi	Ayrim hududlarda kadastr ma’lumotlari to‘liq kiritilmagan	Tizimli inventarizatsiya, mobil GIS qurilmalar bilan dala ishlari
Geodezik asoslarning eskirganligi	GNSS asosida yangilanmagan hududlar mavjud	GNSS o‘lchov kampaniyalarini kengaytirish, LiDAR joriy etish
Idoralararo integratsiya kamchiliklari	Real vaqt sinxronizatsiyasi to‘liq ta’minlanmagan	Yagona API platforma orqali integratsiya, blockchain texnologiyasi

ISSN 3030-3907

Kadrlar salohiyati yetarli emasligi	GIS/kadastr sohasida malakali kadrlar taqchilligi	Universitetlarda ixtisoslashgan ta’lim, malaka oshirish kurslari
Texnik infratuzilma notekisligi	Hududiy bo‘linmalarda server quvvatlari farqi katta	Bulutli hisoblash, markazlashgan server infratuzilmasi

MUHOKAMA. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, kadastr tizimini raqamlashtirish jarayoni bir tomondan davlat boshqaruvida shaffoflikni ta’minlash va yer munosabatlarini soddalashtirish imkoniyatlarini ochib bermoqda, ikkinchi tomondan esa bir qator sistemik muammolarni yuzaga keltirmoqda.

Xorijiy tajriba tahlili ayniqsa saboqli: Germaniyaning ALKIS tizimi yoki Shvetsiyaning Lantmäteriet modeli shuni ko‘rsatadiki, raqamlashtirish muvaffaqiyati uchun faqat texnologiya yetarli emas — huquqiy aniqlik, institutsional barqarorlik va idoralararo o‘zaro ishlash layoqati (interoperabellik) bir xil darajada muhimdir [11]. Janubiy Koreyada raqamli "e-Cadastre" portali yordamida mulk o‘zgarishlarini real vaqt rejimida kuzatish yo‘lga qo‘yilishi nafaqat boshqaruv samaradorligini oshirdi, balki korrupsiya darajasini ham sezilarli kamayishiga olib keldi [11]. O‘zbekiston uchun ham bu yo‘nalish — shaffoflik, ochiq ma’lumotlar va fuqarolarga yaqin raqamli xizmatlar — ustuvor yo‘nalish bo‘lishi lozim.

Jahon bankining "Land Governance Assessment Framework" hisobotida ta’kidlanganidek [13], yer ma’lumotlarining ochiqligi investitsion jozibadorlik va yer bozorining rivojlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Hozirgi kunda O‘zbekistonning ochiq ma’lumotlar portalida (data.gov.uz) yer kadastriga oid ayrim ma’lumotlar e’lon qilinmoqda, ammo barcha fazoviy qatlamlar va atribut ma’lumotlari to‘liq ochiq emas. Bu yo‘nalishda qo‘shimcha islohotlar zarur.

Yer baholash tizimi bilan kadastr ma’lumotlari o‘rtasidagi uyg‘unlikni ta’minlash ham muhim masalalardan biri hisoblanadi. Yer baholash jarayonida tuproq sifati, infratuzilma mavjudligi va joylashuv omillari hisobga olinishi lozim [9]. Agar ushbu ma’lumotlar fazoviy qatlamlar bilan integratsiyalashgan holda yuritilsa, yer qiymatini aniqlash jarayoni ancha shaffof va asosli bo‘ladi — bu esa soliq siyosati va yer bozorining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kadrlar masalasiga alohida e’tibor qaratish lozim. Sohada malakali mutaxassislar tayyorlash bo‘yicha universitetlar — jumladan TDMAU — o‘z o‘quv dasturlarida GIS, masofadan zondlash va raqamli kadastr texnologiyalarini yanada chuqurroq yoritishi maqsadga muvofiq. Shu bilan birga, amaldagi kadastr

ISSN 3030-3907

xodimlari uchun muntazam malaka oshirish kurslari tashkil etilishi ham amaliy ahamiyatga ega.

XULOSA. O‘zbekistonda kadastr tizimini raqamlashtirish bo‘yicha normativ-huquqiy baza (Yer kodeksi, "Davlat yer kadastri to‘g‘risida"gi Qonun, Prezident farmon va qarorlari) asosan shakllantirilgan, e-Kadastr tizimi va "Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasi doirasida dastlabki amaliy qadamlar qo‘yilgan.

Biroq amaliyotda beshta asosiy muammo guruhi — ma’lumotlar bazasining to‘liqsizligi, geodezik asoslarning eskirganligi, idoralararo integratsiyaning zaifligi, kadrlar salohiyatining yetarli emasligi va texnik infratuzilmaning notekis rivojlanganligi — tizimni modernizatsiya qilish yo‘lidagi asosiy to‘siqlar bo‘lib qolmoqda.

Xorijiy tajriba — ayniqsa Germaniya, Shvetsiya va Janubiy Koreya modellari — shuni ko‘rsatadiki, texnologiya bilan bir qatorda huquqiy aniqlik, shaffoflik va idoralararo hamkorlik raqamlashtirish muvaffaqiyatining kafolati hisoblanadi.

Kompleks va bosqichma-bosqich amalga oshiriladigan islohotlar — yagona geoinformatsion platforma, GNSS asosidagi geodezik yangilanishlar, idoralararo real vaqt integratsiyasi, ma’lumotlar ochiqligining kengayishi va kadrlar tayyorlash tizimining takomillashtiri lishi — orqaligina yer kadastrini to‘liq raqamlashtirish va uning iqtisodiy hamda ijtimoiy samaradorligini ta’minlash mumkin.

Kadastr tizimini to‘liq raqamlashtirish yer munosabatlarida shaffoflikni ta’minlash, yer nizolarini kamaytirish, investitsion muhitni yaxshilash va iqtisodiy samaradorlikni oshirishga bevosita xizmat qiladi. Ushbu tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi O‘zbekistonda zamonaviy, ishonchli va fuqarolarga ochiq kadastr tizimini shakllantirishga hissa qo‘shishi kutilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. "Davlat yer kadastri to‘g‘risida"gi O‘zbekiston Respublikasining Qonuni, 28.08.1998 yildagi 666-I-son
2. O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksi. Toshkent, 1998
3. “Yer hisobi va davlat kadastrlarini yuritish tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-6061-son Farmoni. — 2020-yil 7-sentabr.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi 05.10.2020 yild PF-6079-sonli Farmoni.
5. Dale P., McLaughlin J. Land Administration. — Oxford: Oxford University Press, 1999. — pp. 67–74.

ISSN 3030-3907

6. Williamson I., Enemark S., Wallace J., Rajabifard A. Land Administration for Sustainable Development. — Redlands: ESRI Press, 2010.
7. DeMers M.N. Fundamentals of Geographic Information Systems. — Wiley, 2018. — pp. 35–42.
8. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. Geographic Information Systems and Science. — Wiley, 2015. — pp. 102–115.
9. Jumaqulova S.A. O‘zbekistonda yer kadastrini raqamlashtirishdagi muammolar // Central Asian Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. — 2026. — Vol. 3, Issue 2. — 92–95-betlar.
10. Orazbaev A., Rasulova R. Kadastr tizimini raqamlashtirish muammolari // Academic Research in Modern Science: International scientific-online conference. — 70–73-betlar.
11. To‘rayev S.K., Urinov J.Ch. Yer hisobini yuritish amaliyotining xorijiy tajribalari va ularning o‘rganilishi // Geodeziya kartografiya va kadastr muammolari ilmiy jurnali. — 2025-yil 3-son. — 118–122-betlar.
12. Mamatmo‘minov E. Yer resurslarini boshqarishda raqamli texnologiyalarning ahamiyati // Prospects and Main Trends in Modern Science: Spanish international scientific online conference. — 5–8-betlar.
13. World Bank. Land Governance Assessment Framework. — Washington DC, 2014. — pp. 21–30.
14. Avezbaev S., Sharipov S.R. Yer tuzishni loyihalashda raqamli texnologiyalar. O‘quv-uslubiy majmua. — Toshkent: "TIQXMMI" MTU, 2026. — 43 b.
15. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-4819-son Qarori. — 2020-yil 8-sentabr.

ISSN 3030-3907

KARTA KOMPANOVKASINI TUZISHDA GAT DASTURLARIDAN FOYDALANISH

Mallayev Behruz Qo‘ldosh o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, assistent
Saitmurotov Bobur Sobir o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, assistant
Amanov Ulug‘bek Xoliqul o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, assistent

Annotatsiya. Ushbu maqolada geografik axborot tizimlari (GAT) dasturlaridan foydalangan holda karta kompanovkasini tuzish metodologiyasi ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda ArcGIS Pro va QGIS dasturlarining kompanovka vositalari solishtirish asosida o‘rganilgan, kompanovka elementlari tizimli tavsiflanib, ularni to‘g‘ri joylashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Qishloq xo‘jaligi, ekologiya va landshaft kartalarini yaratish tajribasi asosida GAT muhitida kompanovka ishlari ketma-ketligi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: karta kompanovkasi, GAT, ArcGIS, QGIS, kartografik dizayn, masshtab, shartli belgilar, geodeziya, kadastr.

Abstract. This article scientifically analyzes the methodology of creating map layouts using Geographic Information Systems (GIS) software. The study comparatively examines the layout tools of ArcGIS Pro and QGIS, systematically describes layout elements, and develops scientific and practical recommendations for their proper placement. Based on the experience of creating agricultural, ecological, and landscape maps, the sequence of layout operations in a GIS environment is demonstrated.

Keywords: map layout, GIS, ArcGIS, QGIS, cartographic design, scale, map symbols, geodesy, cadastre.

Аннотация. В данной статье с научной точки зрения анализируется методология создания компоновки карт с использованием программного обеспечения географических информационных систем (ГИС). В ходе исследования на основе сравнительного анализа изучены инструменты компоновки в программах ArcGIS Pro и QGIS, дано систематическое описание элементов компоновки, а также разработаны научно-практические рекомендации по их правильному размещению. На основе опыта создания сельскохозяйственных, экологических и ландшафтных карт показана последовательность работ по компоновке в среде ГИС.

Ключевые слова: компоновка карты, ГИС, ArcGIS, QGIS, картографический дизайн, масштаб, условные знаки, геодезия, кадастр.

KIRISH.

Zamonaviy kartografiya — bu nafaqat ma’lumot to‘plash va tahlil qilish, balki uni foydalanuvchiga to‘g‘ri va estetik jihatdan o‘qilishi qulay ko‘rinishda yetkazib berishdir. Karta kompanovkasi bu jarayonning yakunlovchi, ammo eng mas’uliyatli bosqichi hisoblanadi. Kompanovka deganda xaritaning barcha elementlari: asosiy karta oynasi, shartli belgilar (legenda), masshtab, shimol ko‘rsatkichi, karta nomi, koordinata to‘ri va yordamchi ma’lumotlarni sahifada maqsadga muvofiq joylashtirish tushuniladi.

Rasulov N. (2023) ta’kidlaganidek, *"Geografik Axborot Tizimlari (GAT) bugungi kunda nisbatan yangi texnologiya bo‘lib, kartografiyani o‘zgartirmoqda, chunki u har xil turdagi ma’lumotlarni ishlatib, kompyuterlar yordamida osongina yaratilishi, boshqarilishi mumkin"* [2]. Bu ta’rif GAT ning nafaqat ma’lumot boshqaruvi, balki vizual mahsulot sifatidagi ahamiyatini ham yoritadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

O‘zbekistonda GAT texnologiyalarining qo‘llanilishi yildan-yilga kengayib bormoqda. Karabekov U.A. (2025) Jizzax viloyati Forish tumani misolida landshaft kartalarini tuzishda GAT dan foydalanish metodikasini takomillashtirish bo‘yicha tadqiqot olib borgan [1]. Allanazarov D.Ya. va Sadiqov S.Q. (2023) esa ArcGIS dasturida qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish kartalarini yaratish texnologiyasini batafsil yoritgan [4]. Shuningdek, Nosirov B.I. va Kuvondikov R.A. (2025) ekologik kartalar yaratishda zamonaviy GAT imkoniyatlarini o‘rgangan [3]. Biroq ushbu tadqiqotlarning barchasida karta kompanovkasi alohida va chuqur o‘rganiladigan mavzu sifatida yoritilmagan.

Tadqiqotning maqsadi — GAT dasturlari muhitida karta kompanovkasini tuzish tamoyillari va ketma-ketligini ilmiy asoslash, ArcGIS va QGIS dasturlarining kompanovka vositalarini qiyosiy tahlil qilish hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqotning vazifalari: (1) karta kompanovkasi tushunchasining ilmiy mohiyatini aniqlash; (2) GAT dasturlaridagi kompanovka vositalarini taqqoslash; (3) kompanovka elementlarini joylashtirish tartibini ketma-ketlikda asoslash; (4) turli tematik kartalar uchun kompanovka xususiyatlarini ko‘rsatish.

MATERIAL VA METODLAR.

Tadqiqotda quyidagi metodlar qo‘llanildi: tizimli tahlil, qiyosiy kartografik tahlil, GAT muhitida eksperimental ishlar va ilmiy manbalar sharhi. Asosiy amaliy bazani ArcGIS Pro 3.x va QGIS 3.28 LTR dasturlarining Layout (Print Layout) muhitida bajarilgan kompanovka ishlari tashkil etadi.

Birlamchi manbalar sifatida quyidagi maqolalardan foydalanildi: Karabekov U.A. tomonidan tayyorlangan landshaft kartalarini yaratish metodikasiga bag‘ishlangan ilmiy ish [1]; Rasulov N. ning mavzuli kartalarni tuzish texnologiyasiga oid tadqiqoti [2]; Nosirov B.I. va Kuvondikov R.A. ning

ISSN 3030-3907

ekologik kartalar bo‘yicha taklif va tavsiyalar maqolasi [3]; Allanazarov D.Ya. va Sadiqov S.Q. ning qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish kartalarini tuzishga oid maqolasi [4], shuningdek Ibraimova A.ning "Kartografiya" o‘quv qo‘llanmasi [5].

GAT muhitida tajriba ishlari o‘tkazilganda Forish tumani (Jizzax viloyati) va Qashqadaryo viloyati Kitob tumani uchun tuzilgan tematik kartalar asos qilib olindi. Bu hududlarning tanlashiga sabab — ular mavzuli (qishloq xo‘jaligi, landshaft, ekologiya) kartalar yaratish bo‘yicha mavjud ilmiy-amaliy tajribaning to‘planganligi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Karta kompanovkasining ilmiy mohiyati. Karta kompanovkasi (lotincha "componere" — joylashtirib chiqish, tartibga solish) deb kartografik asarning barcha tarkibiy qismlarini muayyan sahifa yoki ekran maydonida mantiqan izchil va ko‘rgazmali tarzda joylashtirish jarayoniga aytiladi. Bu jarayon nafaqat estetik, balki ma’lumot uzatishning samaradorligini belgilovchi texnologik muammo hamdir.

Ibraimova A. (2019) kartografiyaga oid o‘quv qo‘llanmasida ta’kidlaganidek, karta kompanovkasi kartaning tashqi ko‘rinishini emas, balki axborotni idrok etish tartibini ham belgilaydi [5]. GAT dasturlari bu jarayonni raqamli muhitga ko‘chirib, masshtab hisoblash, koordinata to‘ri chizish va legenda generatsiya qilish kabi bir qator vazifalarni avtomatlashtirishga imkon beradi.

GAT dasturlarining kompanovka vositalari: qiyosiy tahlil. Hozirda O‘zbekistonda asosan ikki toifa GAT dasturlari qo‘llaniladi: tijorat (pullik) va ochiq kodli (bepul). Jadval 1 da eng keng tarqalgan dasturlar kompanovka vositalari jihatidan taqqoslangan.

1-jadval

GAT dasturlarini kompanovka vositalari bo‘yicha taqqoslash

Dastur nomi	Turi	Kompanovka vositalari	Litsenziya
ArcGIS Pro / ArcMap	Tijorat	Layout View, Print Composer	Pullik (ESRI)
QGIS	Ochiq kodli	Print Layout Manager	Bepul (GNU GPL)
MapInfo Professional	Tijorat	Layout Designer	Pullik

ISSN 3030-3907

GRASS GIS	Ochiq kodli	Cartographic Composer	Bepul
Erdas Imagine	Tijorat	Map Series Tools	Pullik

Rasulov N. (2023) GAT dasturlarini ikki asosiy guruhga — pullik va ochiq kodli dasturlarga ajratib, ularning o‘ziga xos xususiyatlarini ko‘rsatgan [2]. ArcGIS oilasiga ArcView, ArcMap, ArcGIS Pro, ochiq kodli guruhi esa QGIS, GRASS GIS, gvGIS, SAGA GIS kabi dasturlarni kiradi. Amaliy kartografiya nuqtai nazaridan ArcGIS Pro va QGIS eng kuchli kompanovka vositalariga ega ekanligi tajribada isbotlangan.

Allanazarov va Sadiqov (2023) Xorazm viloyati bo‘yicha qishloq xo‘jaligi kartalarini yaratishda ArcGIS dasturining Layout View muhitidan samarali foydalangan [4]. Ushbu muhitda sahifa o‘lchami (A4 dan A0 gacha), kartografik proektsiya, koordinata to‘ri va legenda bir oynada boshqariladi.

Kompanovka elementlari va ularni joylashtirish tartibi. Karta kompanovkasidagi elementlar ma’lum bir ustuvorlik tartibiga ko‘ra sahifaga joylashtiriladi. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan 2-jadval ushbu elementlarni GAT dasturlaridagi nomlanishi va ahamiyati bilan ko‘rsatadi.

2-jadval

ArcGIS Pro va QGIS dasturlarida kompanovka elementlarini taqqoslash jadval

Kompanovka elementi	ArcGIS Pro	QGIS	Ahamiyati
Asosiy karta oynasi	Map Frame	Map Item	Yuqori
Masshtab tasviri	Scale Bar	Scale Bar	Yuqori
Shimol ko‘rsatkichi	North Arrow	North Arrow	Yuqori
Ramka va bordyur	Border / Neat Line	Frame	O‘rta
Koordinata to‘ri	Grid / Graticule	Grid	Yuqori
Shartli belgilar	Legend	Legend	Yuqori
Sarlavha va matn	Text Element	Label / HTML	O‘rta
Ko‘rsatuvchi jadval	Table Frame	Attribute Table	Past

Nosirov va Kuvondikov (2025) ekologik kartalar kompanovkasini tavsiflashda "fazoviy va atrof-muhit xususiyatlarini manfaatdor tomonlarga

ISSN 3030-3907

samarali yetkazish uchun vizual va informatsion ekologik kartalarni loyihalash ishlarini tashkil etish" zarurligini alohida ta’kidlagan [3]. Bu esa kompanovkaning faqat texnik jarayon emas, balki muloqot vositasi ekanligini ko‘rsatadi.

Amaliy tajribaga ko‘ra kompanovka ishlari quyidagi ketma-ketlikda olib borilganda eng samarali natija olinadi:

– Sahifa o‘lchamini va yo‘nalishini belgilash (A4 — landshaft yoki portret, yirik miqyosli kartalar uchun A1–A2).

– Asosiy karta oynasini (Map Frame) sahifaning taxminan 70–80 foizini egallashga mo‘ljallash.

– Karta chegarasi va koordinata to‘rini aniqlash (GAT avtomatik hisoblaydi).

– Shartli belgilar (legenda) oynasini asosiy kartaga qarama-qarshi burchakka joylashtirish.

– Masshtab tasviri va shimol ko‘rsatkichini pastki qismga qo‘yish.

– Sarlavha va muallif ma’lumotlarini yuqori yoki pastki ramkaga kiritish.

– Yakuniy vizual tekshiruv o‘tkazish va eksport qilish (PDF, PNG, TIFF).

Tematik kartalar kompanovkasining o‘ziga xos xususiyatlari. Turli tematik kartalar o‘ziga xos kompanovka talablarini qo‘yadi. Ularni uchta asosiy guruhga ajratish mumkin:

Landshaft va tabiiy geografiya kartalari. Karabekov U.A. (2025) Forish tumani misolida ko‘rsatganidek, landshaft kartalashtirish jarayonida avval hududni kichik mahalliy mintaqalarga ajratiladi, so‘ng har bir mintaqa uchun alohida mavzuli qatlam tuziladi [1]. Bunday kartalar kompanovkasida tabaqalashgan rang sxemasi va yurgizma izohlar (annotation) muhim o‘rin tutadi.

Qishloq xo‘jaligi va kadastr kartalari. Allanazarov va Sadiqov (2023) Xorazm viloyati bo‘yicha qishloq xo‘jaligi kartasida massivlar, fermer xo‘jaliklari va yer uchastkalarini alohida qatlamlarda ko‘rsatganlar [4]. ArcGIS dasturida bunday kartalar kompanovkasida "Table Frame" elementi yordamida statistik jadval ham kartaga bevosita biriktirilishi mumkin.

Ekologik kartalar. Nosirov va Kuvondikov (2025) ekologik kartalar kompanovkasida ArcGIS Pro dasturining "komponovka va dizayn imkoniyatlaridan" foydalanishni tavsiya qilgan [3]. Ifloslanish darajasini aks ettiruvchi kartalar uchun kichik miqyosli umumlashtiruvchi kartlar, ya’ni kartodiagramma va kartogramma elementlarini asosiy kompanovkaga kiritish tavsiya etiladi.

Masofadan zondlash asosidagi kartalar. Google Earth orqali olingan Landsat 8 tasvirlari, dron va UUA materiallaridan foydalanilganda kompanovkada albatta ma’lumot manbai (metadata), olingan sana va sensorning spektral kanallari ko‘rsatilishi zarur. Karabekov (2025) optik diapazondagi

ISSN 3030-3907

kosmik suratlar GAT dasturlarida vizuallashtirilganda kompanovka elementlari bilan birga ko‘rsatilishini alohida ta’kidlagan [1].

Masshtab tanlash va koordinata tizimi masalasi. Karta kompanovkasining eng muhim texnik bosqichi bu masshtab tanlash va koordinata tizimini belgilashdir. GAT muhitida masshtab avtomatik hisoblanadi, ammo kartografning bu yerda qator qarorlarni qabul qilishi shart:

1:10 000 va 1:25 000 masshtabli kartalar — yirik hududiy tadqiqotlar, yer kadastri va shaharsozlik uchun. Allanazarov va Sadiqov (2023) O‘zbekistonda aynan shu miqyosli elektron raqamli kartalar yangilanib borilayotganini qayd etgan [4].

1:50 000 va 1:100 000 masshtabli kartalar — tuman va viloyat miqyosidagi landshaft, ekologik va iqtisodiy kartalar uchun.

1:500 000 va undan kichik masshtab — respublika va mintaqa miqyosidagi umumiy tematik kartalar uchun.

Koordinata tizimi sifatida O‘zbekiston uchun UTM (WGS-84, 40–41 zonalar) yoki mahalliy SK-42 proeksiyasidan foydalanish kartografik va geodezik standartlarga mos keladi. GAT dasturlari proeksiya o‘zgartirishni avtomatik bajaradi, ammo kompanovkada ko‘rsatiladigan koordinatalar tizimini to‘g‘ri tanlash zarur.

XULOSA.

Olib borilgan tadqiqot va tahlillar asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

GAT dasturlari karta kompanovkasini tuzishda texnik imkoniyatlarni sezilarli darajada kengaytiradi: masshtab avtomatik hisoblanadi, koordinata to‘ri dinamik generatsiya qilinadi, shartli belgilar avtomatik yangilanadi.

ArcGIS Pro va QGIS dasturlari kompanovka vositalari jihatidan yetakchi o‘rinni egallaydi; bepul (QGIS) va tijorat (ArcGIS Pro) dasturlar o‘rtasidagi tanlash ko‘pincha muassasa moliyaviy imkoniyatiga bog‘liq.

Kompanovka elementlarini joylashtirish ma’lum bir tartib-qoidaga bo‘ysinadi: avval asosiy karta oynasi, so‘ng legenda, masshtab, shimol ko‘rsatkichi va sarlavha aniqlanadi.

Landshaft, qishloq xo‘jaligi va ekologik kartalar har biri o‘ziga xos kompanovka talablarini qo‘yadi va shu talablar hisobga olingan holda tuzilgan kartalar axborot uzatish samaradorligini oshiradi.

O‘zbekiston kartografiyasini rivojlantirish uchun GAT muhitida kompanovka ishlari bo‘yicha standartlashtirish va metodologik qo‘llanmalar yaratish dolzarb masala bo‘lib qolmoqda.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karabekov U.A. GAT texnologiyalarida landshaft kartalarini yaratish metodikasini takomillashtirish // "Ekonomika i sotsium" №1(128)-2. – 2025. – S. 221–224.
2. Rasulov N. GAT dasturlari asosida mavzuli kartalarini tuzish texnologiyasining rivojlanish istiqboli // Technical Science Research in Uzbekistan. – Vol. 1, Issue 5. – 2023. – S. 285–288.
3. Nosirov B.I., Kuvondikov R.A. Zamonaviy GAT texnologiyalari asosida ekologik kartalarni yaratish bo‘yicha taklif va tavsiyalar ishlab chiqish // "Ekonomika i sotsium" №10(136)-2. – 2025. – S. 402–407.
4. Allanazarov D.Ya., Sadiqov S.Q. Zamonaviy GAT dasturlari orqali qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish kartalarini tuzish // "Ekonomika i sotsium" №6(109)-1. – 2023. – S. 46–51.
5. Ibraimova A. Kartografiya: o‘quv qo‘llanma. – Toshkent, 2019.

ISSN 3030-3907

UDK 666.1

TABIIY KVARTS QUMINI BOYITISH USULLARI VA ULARNING SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING ZAMONAVIY YO‘LLARI

Abdusamatova Zaynab Sulaymon qizi
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali magistranti
E-mail: Islomovazaynab70@gmail.com
Adinayev Xidir Abdullayevich
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti dotsenti, k.f.d. (DSc),
E-mail: Xidir72@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada tabiiy kvarts qumini boyitishning mavjud usullari tizimli ravishda tahlil qilinib, ularning texnologik samaradorligini oshirishning zamonaviy yo‘nalishlari yoritilgan. Tadqiqotda kvarts xomashyosining sifat ko‘rsatkichlariga ta’sir etuvchi asosiy omillar aniqlanib, boyitish jarayonining samaradorligini belgilovchi fizik va kimyoviy xususiyatlar baholangan. Shuningdek, an’anaviy boyitish usullarini takomillashtirish, ularni o‘zaro integratsiyalash hamda innovatsion texnologiyalarni joriy etish orqali yuqori tozalikdagi mahsulot olish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Boyitish jarayonining texnologik parametrlarini optimallashtirish orqali resurs tejamkorlikka erishish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish yo‘llari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalarini sanoatda qo‘llash istiqbolli bo‘lib, yuqori sifatli kvarts qumi olish jarayonini yanada rivojlantirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: kvarts qumi, boyitish, magnit ajratish, flotatsiya, texnologiya, samaradorlik.

Аннотация. В данной статье проведён системный анализ существующих методов обогащения природного кварцевого песка и освещены современные направления повышения их технологической эффективности. В исследовании определены основные факторы, влияющие на качественные показатели кварцевого сырья, а также оценены физические и химические свойства, определяющие эффективность процесса обогащения. Рассмотрены возможности получения высокочистого продукта путём совершенствования традиционных методов обогащения, их интеграции и внедрения инновационных технологий. Обоснованы пути повышения производственной эффективности и ресурсосбережения за счёт оптимизации технологических параметров процесса обогащения. Результаты исследования являются перспективными для промышленного применения и способствуют дальнейшему развитию технологий получения высококачественного кварцевого песка.

Ключевые слова: кварцевый песок, обогащение, магнитная сепарация, флотация, технология, эффективность.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article provides a systematic analysis of existing methods for the enrichment of natural quartz sand and highlights modern approaches to improving their technological efficiency. The study identifies the main factors affecting the quality indicators of quartz raw materials and evaluates the physical and chemical properties that determine the efficiency of the enrichment process. The possibilities of obtaining high-purity products through the improvement of traditional methods, their integration, and the introduction of innovative technologies are also considered. Ways to enhance resource efficiency and production performance through optimization of technological parameters are substantiated. The results of the study are promising for industrial application and contribute to the further development of high-quality quartz sand production technologies.

Keywords: quartz sand, enrichment, magnetic separation, flotation, technology, efficiency.

KIRISH.

Hozirgi kunda sanoat tarmoqlarining rivojlanishi, ayniqsa qurilish va shisha ishlab chiqarish sohalarida yuqori sifatli xomashyoga bo‘lgan talabning ortishi bilan xarakterlanadi. Ushbu jarayonda tabiiy kvarts qumi asosiy xomashyo sifatida muhim o‘rin egallaydi. Kvarts qumining sifat ko‘rsatkichlari esa bevosita undan olinadigan mahsulotlarning fizik-mexanik va optik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tabiiy kvarts qumlari tarkibida turli xil mineral va organik aralashmalar mavjud bo‘lib, ular ishlab chiqarish jarayonida qo‘shimcha muammolarni keltirib chiqaradi. Ayniqsa, temir oksidlarining mavjudligi shisha mahsulotlarining rangsizligini buzadi hamda ularning sifatini pasaytiradi. Shu sababli kvarts qumini boyitish, ya’ni uni zararli qo‘shimchalardan tozalash va tarkibini yaxshilash dolzarb ilmiy-texnik masala hisoblanadi.

So‘nggi yillarda kvarts qumini boyitishning turli usullari ishlab chiqilgan bo‘lib, ular orasida mexanik, magnit, flotatsion va kimyoviy texnologiyalar keng qo‘llanilmoqda [6]. Biroq ushbu usullarning har biri alohida qo‘llanilganda yetarli samaradorlikni ta’minlay olmaydi. Shu bois, ularni kompleks holda qo‘llash hamda zamonaviy texnologik yondashuvlar asosida takomillashtirish zarurati yuzaga kelmoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi - tabiiy kvarts qumini boyitish usullarini tizimli ravishda tahlil qilish, ularning samaradorligini oshirishning zamonaviy yo‘llarini aniqlash va amaliy jihatdan asoslangan takliflar ishlab chiqishdan iborat.

ADABIYOTLAR SHARHI. Tabiiy kvarts qumini boyitish jarayonlari bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu yo‘nalishda turli xil texnologik yondashuvlar ishlab chiqilgan va amaliyotda keng

ISSN 3030-3907

qo‘llanilmoqda [1-3]. Ilmiy manbalarda kvarts qumining sifatini oshirish asosan undagi zararli aralashmalarni kamaytirish bilan bog‘liqligi ta’kidlanadi.

Ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan mexanik boyitish usullari, jumladan yuvish, elash va klassifikatsiya jarayonlari dastlabki bosqich sifatida samarali ekanligi qayd etilgan. Ushbu usullar yordamida yirik va oson ajraladigan aralashmalarni bartaraf etish mumkin, biroq ular yuqori darajadagi tozalashni ta’minlay olmaydi. Shu sababli mexanik usullar odatda keyingi bosqich texnologiyalari bilan birgalikda qo‘llaniladi [1].

Ilmiy adabiyotlarda magnit ajratsh usuli kvarts qumidagi temir birikmalarini kamaytirishda muhim o‘rin tutishi alohida ta’kidlangan. Tadqiqotlar natijasida yuqori intensivlikdagi magnit maydonlardan foydalanish temir oksidlarini samarali ajratib olish imkonini berishi aniqlangan. Biroq ushbu usulning samaradorligi xomashyoning mineral tarkibi va zarracha o‘lchamiga bevosita bog‘liq ekanligi qayd etilgan [4, 6].

Flotatsion boyitish usullari esa noorganik va no‘metall aralashmalarni ajratishda keng qo‘llaniladi. Ilmiy ishlarda flotatsiya jarayonida reagentlar tanlash, muhitning pH darajasi va zarrachalar dispersiyasi muhim omillar sifatida ko‘rib chiqilgan. Shu bilan birga, flotatsiya jarayoni murakkabligi va iqtisodiy jihatdan nisbatan qimmatligi bilan ajralib turadi [5, 9].

Kimyoviy boyitish usullari, xususan kislota bilan ishlov berish orqali yuqori tozalikdagi kvarts olish imkoniyati mavjudligi ilmiy tadqiqotlarda asoslab berilgan. Ushbu usul temir va boshqa metall aralashmalarni chuqur darajada yo‘qotishga yordam beradi. Biroq kimyoviy usullarning ekologik ta’siri va qo‘shimcha harajatlar talab etishi ularni cheklangan holda qo‘llash zaruratini keltirib chiqaradi [7].

So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar boyitish jarayonlarini kompleks tarzda tashkil etish, ya’ni bir nechta usullarni o‘zaro uyg‘unlashtirish orqali yuqori samaradorlikka erishish mumkinligini ko‘rsatmoqda. Zamonaviy ilmiy ishlarda energiya tejamkor texnologiyalar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va innovatsion uskunalarni joriy etish boyitish jarayonining samaradorligini sezilarli darajada oshirishi qayd etilgan [8-10].

Shu asosda, mavjud ilmiy manbalarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, tabiiy kvarts qumini boyitish jarayonlarini takomillashtirishda an’anaviy usullarni zamonaviy texnologiyalar bilan uyg‘unlashtirish eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Tabiiy kvarts qumini boyitish jarayoni uning tarkibidagi zararli aralashmalarni kamaytirish hamda sanoat talablariga mos sifat ko‘rsatkichlariga erishishga qaratilgan muhim texnologik bosqich

ISSN 3030-3907

hisoblanadi. Ushbu jarayonda turli xil usullar qo‘llanilib, ularning samaradorligi xomashyoning fizik-kimyoviy xususiyatlariga bog‘liq holda farqlanadi [1-3].

Dastlabki bosqichda mexanik usullar - yuvish, elash va klassifikatsiya jarayonlari keng qo‘llaniladi. Ushbu usullar yordamida kvarts qumi tarkibidagi yirik zarrachalar va loy aralashmalar ajratib olinadi [1]. Biroq bu usullar yuqori darajadagi tozalikni ta’minlamagani sababli keyingi bosqich texnologiyalari bilan birgalikda qo‘llaniladi [3].

Magnit ajratish usuli kvarts qumidagi temir oksidlarini kamaytirishda samarali hisoblanadi. Ayniqsa, yuqori intensivlikdagi magnit separatorlardan foydalanish natijasida temir aralashmalarini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Bu esa shisha sanoati uchun muhim bo‘lgan rangsiz va shaffof mahsulotlar olish imkonini beradi [4, 10].

Flotatsiya usuli nozik dispersli aralashmalarni ajratishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, reagentlar yordamida zarrachalar yuzasining xossalari o‘zgartiriladi. Natijada foydali komponentlar va zararli aralashmalar selektiv ravishda ajratiladi. Biroq ushbu jarayonning murakkabligi va iqtisodiy harajatlari uning qo‘llanilishini cheklaydi [5].

Boyitish usullarining solishtirma tahlili quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Kvarts qumini boyitish usullarining solishtirma tahlili

Boyitish usuli	Afzalliklari	Kamchiliklari	Samaradorligi
Mexanik usullar	Odatiy va iqtisodiy jihatdan arzon	To‘liq tozalashni ta’minlamaydi	O‘rtacha
Magnit ajratish	Temir aralashmalarini samarali ajratadi	Mineral tarkibga bog‘liq	Yuqori
Flotatsiya	Nozik zarrachalarni ajratadi	Murakkab va qimmat	Yuqori
Kimyoviy usullar	Yuqori tozalikni ta’minlaydi	Ekologik va iqtisodiy cheklovlar mavjud	Juda yuqori

Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, alohida usullarni qo‘llashdan ko‘ra ularni kompleks tarzda birlashtirish yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Shu sababli boyitish jarayonlarini optimallashtirishda texnologik jarayonlarni integratsiyalash muhim ahamiyat kasb etadi [8].

2-jadval

Samaradorlikni oshirishning zamonaviy yo‘llari

№	Yo‘nalish	Tavsifi	Natijasi

ISSN 3030-3907

1.	Kompleks texnologiyalar	Bir nechta usullarni uyg‘unlashtirish	Tozalik darajasi oshadi
2.	Avtomatlashtirish	Jarayonni nazorat qilish tizimlari	Barqarorlik ta’minlanadi
3.	Energiya tejamkorlik	Resurslardan oqilona foydalanish	Harajatlar kamayadi
4.	Innovatsion uskunalar	Zamonaviy separator va qurilmalar	Samaradorlik oshadi

Yuqoridagi jadvaldan ko‘rinib turibdiki, boyitish jarayonini takomillashtirishda zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash muhim omil hisoblanadi. Ayniqsa, energiya tejamkor uskunalar va avtomatlashtirilgan tizimlar ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bilan birga mahsulot sifatini ham barqarorlashtiradi.

Kvarts qumini boyitish usullari. Kvarts xomashyosini boyitishning zamonaviy texnologiyalari uning tarkibidagi mineral va submikroskopik aralashmalarni deyarli to‘liq bartaraf etish imkonini beradi. Shu sababli boyitish jarayonida turli fizik va fizik-kimyoviy usullar kompleks qo‘llaniladi.

Optik (fotometrik) separatsiya kvarts xomashyosini saralashda keng qo‘llanilib, yuqori aniqlikdagi ajratishni ta’minlaydi. Ushbu usul radiometrik boyitish guruhiga kiradi va ekologik tozaligi, suvsiz amalga oshirilishi hamda yuqori darajada avtomatlashtirilganligi bilan ajralib turadi. Radiometrik usullarda ruda oqimi nurlanish zonasidan o‘tkazilib, ikkilamchi nurlanish signallari asosida material tarkibiga ko‘ra ajratiladi. Rentgenoradiometrik usul esa minerallar tarkibidagi elementlarning rentgen spektrlari asosida ishlaydi va ko‘p hollarda xomashyoni oldindan yuvishni talab qilmaydi.

Magnit separatsiya kvarts tarkibidagi temir va boshqa magnit xossali aralashmalarni ajratishda samarali hisoblanadi. Ushbu jarayon minerallarning magnit xususiyatlaridagi farqlarga asoslanadi. Yirik zarrachalar odatda quruq, mayda zarrachalar esa ho‘l usulda boyitiladi. Kvarts esa nomagnit mineral bo‘lib, magnit maydonda ajralmaydi. Boyitish samaradorligi zarrachalarning magnit qabulchanligiga bog‘liq bo‘lib, optimal sharoitda yuqori tozalikdagi mahsulot olish mumkin.

Umuman olganda, kvarts qumini boyitishda optik, radiometrik va magnit usullarni uyg‘un qo‘llash yuqori sifatli mahsulot olishning eng samarali yo‘li hisoblanadi.

Elektrostatik va gravitatsion boyitish usullari.

Elektrostatik separatsiya temir rudalari va nometall foydali qazilmalarni boyitishda, shuningdek nodir metallar va oltin tarkibli xomashyoni qayta

ISSN 3030-3907

ishlashda qo‘llaniladi. Ushbu usulda materiallar elektr o‘tkazuvchanligiga qarab ajratiladi. Barabanli elektrostatik separatorlarda toj razryadi va elektrostatik maydon hosil qilinib, zarrachalar ikki guruhga ajratiladi: o‘tkazgich bo‘lmagan kvarts mahsuloti va o‘tkazgich xususiyatiga ega chiqindilar. Kvarts mahsuloti qo‘shimcha tozalashdan o‘tkaziladi, chiqindilar esa bevosita jarayondan chiqariladi. Qurilma samaradorligini oshirish maqsadida maxsus tojlovchi elektrodlar qo‘llaniladi.

Gravitatsiyaga asoslangan ajratish jarayonlari mineral zarrachalarning zichligi, o‘lchami va shaklidagi farqlarga asoslanadi. Ajratish tortishish kuchi yoki markazdan qochma maydon ta’sirida zarrachalarning harakat tezligi farqi orqali amalga oshiriladi. Jarayon quruq (havo muhitida) va ho‘l (suv yoki suspenziyada) usullarda olib borilishi mumkin. Ajratish samaradorligi muhit xossalari va zarrachalarning fizik-kimyoviy xususiyatlariga bog‘liq bo‘lib, tizimning potensial energiyasi kamayishi bilan ortadi. Ushbu usul kvarts qumini dastlabki boyitish bosqichlarida samarali hisoblanadi.

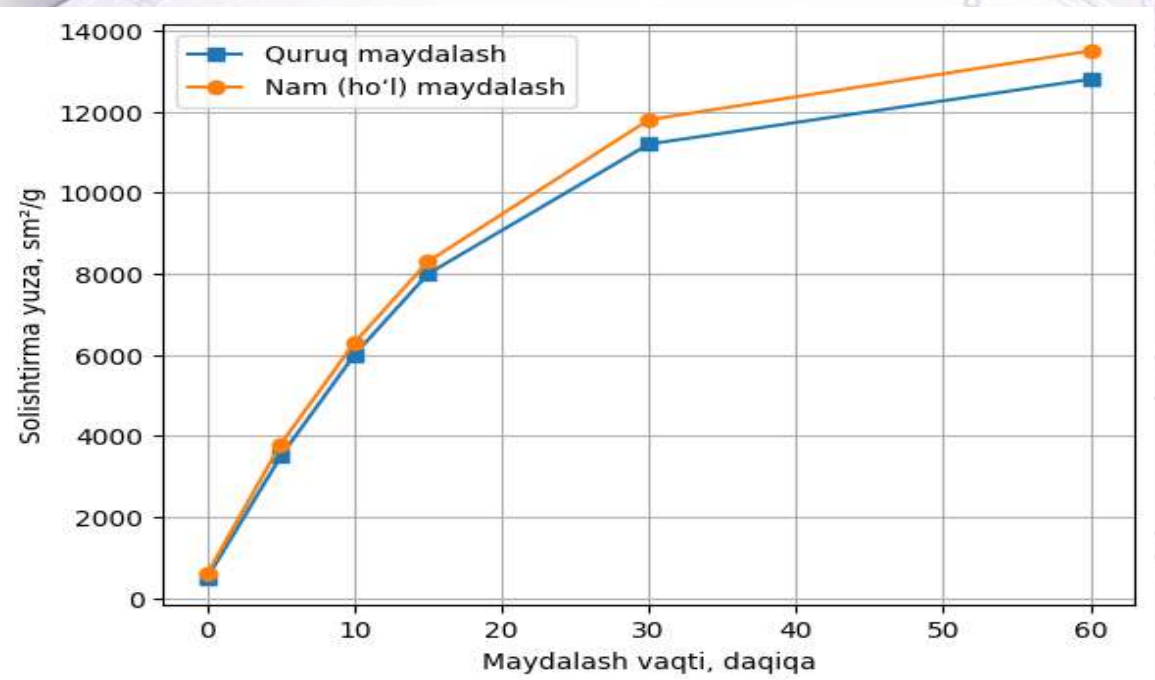
Kvarts qumini boyitish jarayonini takomillashtirish.

Kvarts qumi silikat shishalar ishlab chiqarishda asosiy xomashyo hisoblanadi. U yuqori qattiqlikka (Moos shkalasi bo‘yicha 7) ega bo‘lishiga qaramay, mo‘rtligi sababli zarba va siljish ta’sirida oson maydalanadi. Maydalanish jarayonida nafaqat zarracha o‘lchami kamayadi, balki mexanik energiya kristall panjarada nuqsonlar ko‘rinishida to‘planadi, bu esa materialning faolligini oshiradi.

Tadqiqotlarda kvarts qumining disperslanish kinetikasi va maydalash jarayonining tuzilishga ta’siri o‘rganildi. Maydalash quruq va ho‘l usullarda 5–60 daqiqa oralig‘ida amalga oshirildi, ho‘l maydalashdan so‘ng material 120 °C da quritildi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kvarts qumining solishtirma yuzasi maydalash vaqti ortishi bilan uzluksiz oshadi. Dispergirlashning eng yuqori tezligi jarayonning dastlabki 10–15 daqiqasida kuzatilib, keyinchalik asta-sekin pasayadi. Ushbu qonuniyat maydalash jarayonini optimallashtirish va energiya sarfini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega (1-rasm).

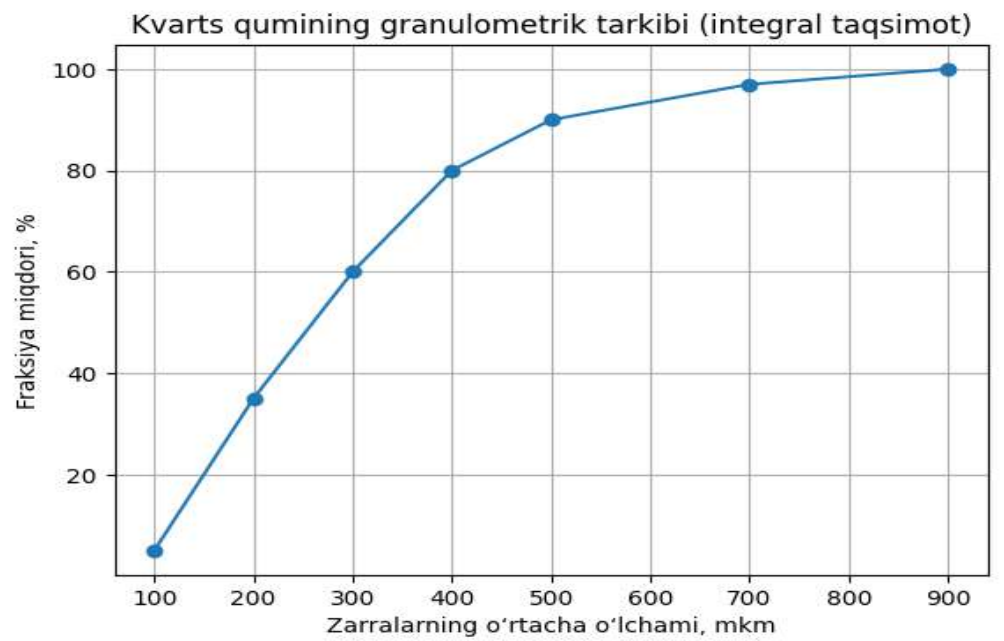
ISSN 3030-3907



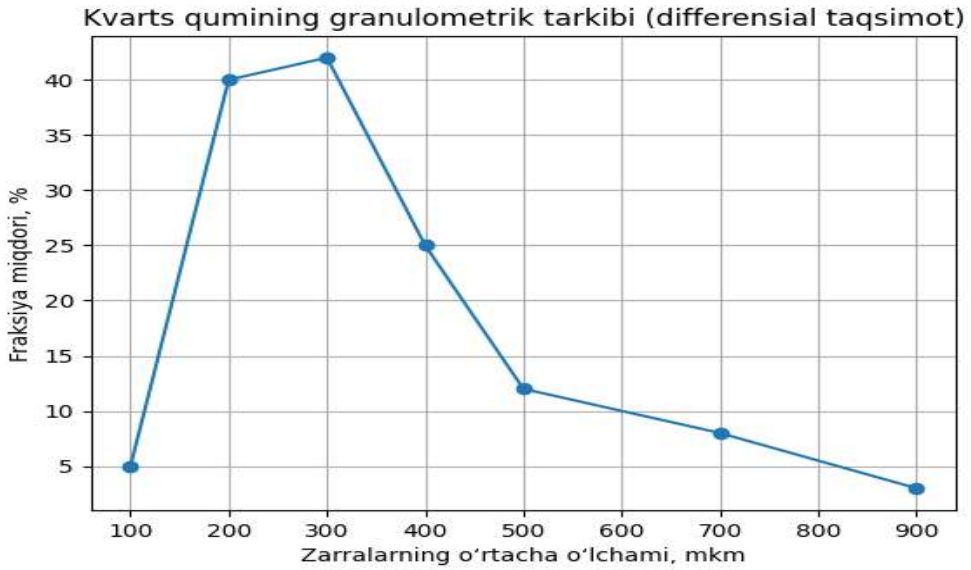
1-rasm. Kvarts qumini maydalash kinetikasi (havo o‘tkazuvchanlik usuli)

Quruq tuyish jarayonida disperslik darajasining ortishi kvarts kukunida aglomeratsiya hodisalarini keltirib chiqarishi aniqlandi. Xususan, dispersiyalash boshlangandan 15 daqiqa o‘tgach, minerallarning tegirmon ichki qoplami (futerovka) va maydalovchi jismlar yuzasiga yopishishi kuzatilsa, 60 daqiqalik ishlovdan so‘ng tizimda to‘liq agregatsiya sodir bo‘ladi. Zarrachalarning bunday birikishi muvozanatlashmagan sirtqi zaryadlar o‘rtasidagi kuchsiz Van-der-Vaals kuchlari hamda dispersiyalash paytida uzilgan kimyoviy bog‘larning rekombinatsiyalanishi (mustahkam kontakt ko‘prikchalarining shakllanishi) bilan izohlanadi. Ho‘l usulda maydalashda distillangan suv hajmini optimal nisbatda tanlash orqali kvarts aglomeratsiyasining oldini olishga erishildi. Biroq, havo o‘tkazuvchanlik usuli faqat quruq tizimlarning solishtirma yuzasini o‘lchash bilan cheklangani sababli, aglomeratsiyalanish suspenziyani quritish bosqichida namoyon bo‘ldi. Mazkur metod zarrachalar agregatlarining ichki solishtirma yuzasini qamrab ololmasligi tufayli past natijalarni ko‘rsatdi, shu bois tizimning granulometrik xarakteristikalari qo‘shimcha ravishda lazer difraksiyasi usulida tadqiq etildi. Dastlabki kvarts qumining elakli tahlili uning 90% qismini 500 mkm dan kichik fraksiyalar tashkil etishini ko‘rsatdi. Zarrachalar o‘lchamining differensial taqsimot egri chizig‘idagi yaqqol maksimum esa asosiy massaning (fraksiyaning) 150–350 mkm diapazonda ekanligidan dalolat beradi (2 va 3-rasmlar)

ISSN 3030-3907



2-rasm. Dastlabki kvarts qumining granulometrik tarkibi (elak tahliliga ko‘ra integral taqsimot)



3-rasm. Dastlabki kvarts qumining granulometrik tarkibi (elak tahliliga asoslangan differentsial taqsimot).

XULOSA. Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, tabiiy kvarts qumini boyitish jarayoni ko‘p bosqichli va murakkab texnologik jarayon hisoblanadi. Turli boyitish usullarining o‘ziga xos afzallik va kamchiliklari mavjud bo‘lib, ularni alohida qo‘llash har doim ham yuqori samaradorlikni ta’minlamaydi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, boyitish jarayonini takomillashtirishda kompleks texnologik yondashuvdan foydalanish, ya’ni mexanik, magnit, flotatsion va kimyoviy usullarni o‘zaro uyg‘unlashtirish eng samarali yo‘l hisoblanadi. Shuningdek, zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va

ISSN 3030-3907

energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Natijada yuqori tozalikdagi kvarts mahsulotlarini olish imkoniyati kengayadi, bu esa shisha sanoati va boshqa tarmoqlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Axmedov A.A. Mineral xomashyolarni boyitish asoslari. –Toshkent: Fan, 2018.–256 b.
2. Karimov B.B., Tursunov Sh.Sh. Kvarts qumini qayta ishlash texnologiyalari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2020. – 198 b.
3. Xolmatov D.R. Foydali qazilmalarni boyitish jarayonlari. – Samarqand: SamDU, 2019. – 312 b.
4. Abdurahmonov S.K. Magnit ajratish usullarining samaradorligi // Texnika fanlari axborotnomasi. – 2021. – №3. – B. 45–52.
5. Rasulov J.M. Flotatsiya jarayonlarida reagentlar ta’siri // Kimyo va texnologiya. – 2022. – №2. – B. 67–73.
6. Ismoilov N.T. Shisha sanoati uchun xomashyo tayyorlash texnologiyasi. – Toshkent: Innovatsiya, 2021. – 220 b.
7. Tohirov Q.L. Kimyoviy boyitish usullarining ekologik jihatlari // Ekologiya va sanoat. – 2020. – №4. – B. 30–36.
8. Nurmatov F.X. Zamonaviy boyitish texnologiyalarida energiya tejamkorlik // Ilm-fan va innovatsiya. – 2023. – №1. – B. 15–21.
9. Smith J., Brown L. Quartz Sand Processing and Purification. – New York: Springer, 2019. – 275 p.
10. Wang Y., Li H. Advanced methods of silica sand beneficiation // Minerals Engineering. – 2021. – Vol. 164. – P. 106–115.

ISSN 3030-3907

GILOS DANAGIDAN ULTRATOVUSHLI EKSTRAKSIYA JARAYONI ORQALI MOY OLISHDA JARAYONGA TA'SIR ETUVCHI OMILLARNI TAHLIL QILISH

Aminov Murodjon Homidovich
Buxoro davlat texnika universiteti, tayanch doktorant
E-mail: aminovmurod63@gmail.com
Sharipov Nodirjon Zamirovich
BuxDTU, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (ilmiy rahbar)

Annotatsiya. Ushbu maqolada gilos danagidan ultratovush yordamida moy ajratib olish jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy omillar – ekstraksiya vaqti, harorat, erituvchi/namuna nisbati, ultratovush quvvati va erituvchi turi – chuqur tahlil etilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ultratovush yordamida ekstraksiya (UAE) an’anaviy usullarga nisbatan moy olish samaradorligini oshirish bilan birga energiya sarfini sezilarli kamaytiradi. Kombinatsiyalangan yondashuvlar – UAE va mikroto‘lqin, ferment texnologiyalarini birlashtirish – jarayon samaradorligini yanada oshiradi va olingan moyning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari barqarorligini ta’minlaydi. Shuningdek, maqolada ultratovush kavitatsiyasining mexanizmi, jarayonning kinetik modellari, sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatlari va iqtisodiy samaradorlik hisob-kitoblari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: ultratovush ekstraksiyasi, gilos danagi moyi, kavitatsiya, moy olish samaradorligi, yog‘ kislotalari, kombinatsiyalangan qayta ishlash, fizik-kimyoviy xususiyatlar, yashil texnologiya, optimallashtirish.

Аннотация. В данной статье подробно проанализированы основные факторы, влияющие на процесс извлечения масла из ядер косточек вишни методом ультразвуковой экстракции: время экстракции, температура, соотношение растворитель/сырьё, мощность ультразвука и тип растворителя. Результаты показывают, что UAE обеспечивает более высокий выход масла при меньших энергозатратах по сравнению с традиционными методами. Комбинирование UAE с микроволновым и ферментативным воздействием дополнительно повышает эффективность процесса и стабильность физико-химических показателей получаемого масла. В статье также рассмотрены механизм ультразвуковой кавитации, кинетические модели, возможности промышленного применения и экономические расчёты.

Ключевые слова: ультразвуковая экстракция, масло из ядер вишни, кавитация, выход масла, жирные кислоты, комбинированная обработка, физико-химические свойства, зелёные технологии, оптимизация.

Abstract. This article provides an in-depth analysis of the key factors influencing the ultrasound-assisted extraction (UAE) of oil from cherry pits: extraction time, temperature, solvent-to-sample ratio, ultrasound power, and solvent type. Results demonstrate that UAE achieves higher oil yields with significantly reduced energy consumption compared to conventional methods. Combining UAE with microwave and enzymatic treatments further enhances process efficiency and preserves the physicochemical quality of the extracted oil. Additionally, the article discusses the mechanism of ultrasonic cavitation, kinetic models, industrial scaling possibilities, and economic feasibility calculations.

Keywords: ultrasound-assisted extraction, cherry pit oil, cavitation, oil yield, fatty acids, combined pretreatment, physicochemical properties, green technology, optimization.

KIRISH.

Dunyo bo‘yicha moy va yog‘ sanoati barqaror va samarali ekstraksiya texnologiyalarini izlamoqda. An’anaviy usullar – erituvchi ekstraksiyasi (masalan, Soxhlet apparati) va mexanik bosish (shpindel yoki gidravlik press) – ko‘p energiya sarflaydi, zaharli erituvchilar (odatda geksan) talab etadi hamda moy tarkibidagi bioaktiv moddalarni (tokoferollar, fitosterollar, polifenollar) qisman parchalaydi. Bu kamchiliklar yashil ekstraksiya texnologiyalari, xususan ultratovush yordamida ekstraksiya (UAE) ni keng joriy etishning asosiy sabablaridan biridir [1–3].

Gilos danagi – gilos mevasini qayta ishlash chiqindisi bo‘lib, uning tarkibida tokoferollar (α-, β-, γ- tokoferollar), sterollar (β-sitosterol, kampesterol), omega-6 (linol kislota) va omega-9 (olein kislota) yog‘ kislotalari kabi qimmatli bioaktiv birikmalar mavjud. O‘zbekiston sharoitida gilos yetishtirish va qayta ishlash hajmi yildan-yilga oshib bormoqda, natijada danak chiqindilari miqdori ham ortadi. Ushbu xomashyodan moy olishda UAE texnologiyasidan foydalanish jarayon samaradorligini oshirish, chiqindilarni qayta ishlash va ekologik toza mahsulot ishlab chiqarish imkonini beradi.

Maqolada UAE ning asosiy prinsiplari, jarayonga ta’sir etuvchi parametrlar, an’anaviy usullar bilan taqqoslash natijalari, shuningdek, jarayon kinetikasi va sanoat miqyosida qo‘llash bo‘yicha tavsiyalar tahlil qilinadi. Olingan ma’lumotlar gilos danagi moyi ishlab chiqarishda UAE ni qo‘llashning iqtisodiy va texnologik asoslarini yaratishga xizmat qiladi.

1. ADABIYOTLAR TAHLILI VA NAZARIY ASOSLAR

1.1. Ultratovush kavitatsiyasining mexanizmi

UAE texnologiyasi 20–40 kHz chastotada ishlaydi va kavitatsiya prinsipi asosida hujayra devorlarini yorib, moyni tezroq ajratib olishga imkon beradi [4]. Kavitatsiya jarayonida suyuqlik ichida mikro pufakchalar hosil bo‘ladi, ular

ISSN 3030-3907

o‘sadi va portlaydi. Pufakchalar portlaganda mahalliy harorat 5000 K gacha va bosim 1000 atm gacha ko‘tarilishi mumkin. Bu ekstremal sharoitlar hujayra membranalarini fizik ravishda yorib yuboradi, erituvchi va hujayra ichidagi moy o‘rtasidagi massa almashinuvini keskin tezlashtiradi. Chemat va boshq. (2017) o‘z sharhida UAE ning oziq-ovqat sanoatida qo‘llanish mexanizmlari, kombinatsiyalangan yondashuvlar va amaliy imkoniyatlarini keng yoritgan [5].

1.2. An’anaviy va zamonaviy ekstraksiya usullarining qiyosiy tahlili

Senrayan va Venkatachalam (2020) kapok urug‘idan moy ajratishda UAE 10 daqiqa ichida 92,29% samaradorlikka erishib, Soxhlet ekstraksiyasi (8 soat) ga nisbatan ancha qisqa vaqt sarflaganini ko‘rsatdi [6]. Jalili va boshq. (2018) kanola urug‘idan UAE orqali moy olishni RSM (Response Surface Methodology) usulida optimallashtirib, jarayonning asosiy parametrlarini aniqladi [7]. Gilos va olcha danagi moyi uchun Yu va boshq. (2019) UAE-mikroto‘lqin kombinatsiyasidan foydalanib, 88,5% gacha moy chiqishiga erishdi va moyning oksidlanish barqarorligi yuqori ekanini tasdiqladi [8]. Ushbu natijalar kombinatsiyalangan yondashuvlarning istiqbolini ko‘rsatadi.

1.3. Gilos danagi moyining kimyoviy tarkibi va qo‘llanilishi

Gilos danagi moyi tarkibida o‘rtacha 10-15% to‘yingan yog‘ kislotalari (palmitik, stearik), 70-80% to‘yinmagan yog‘ kislotalari (olein – 40-50%, linol – 30-40%) va oz miqdorda linolen kislota mavjud. Bundan tashqari, moy tarkibida antioksidant xususiyatga ega bo‘lgan tokoferollar (100-300 mg/kg) va fitosterollar (200-400 mg/kg) aniqlangan. Ushbu tarkib gilos danagi moyini kosmetika (teri oziqlantiruvchi kremlar, massaj moylari), farmatsevtika (vitamin E manbai) va oziq-ovqat sanoatida (salatlarda, qayta ishlangan yog‘lar tarkibida) ishlatishga imkon beradi.

2. TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Maqolada taqqoslama tahlil va adabiyotlarni sistemalashtirish metodologiyasidan foydalanilgan. Mavjud ilmiy manbalar asosida UAE parametrlarining moy olish samaradorligiga ta’siri miqdoriy va sifatiy jihatdan baholandi. Tahlil uchun gilos danagi, qovoq, uzum, qalampir va rediska urug‘laridan UAE orqali moy olishga oid 25 dan ortiq maqola qamrab olindi. Quyidagi bosqichlarda ish olib borildi:

1. Ma’lumotlar bazasini shakllantirish: Scopus, Web of Science, Google Scholar bazalaridan “ultrasound-assisted extraction”, “cherry seed oil”, “cavitation”, “fatty acid profile” kalit so‘zlari bilan qidiruv amalga oshirildi.

2. Parametrlarni tanlash va normallashtirish: Har bir tadqiqotda keltirilgan ekstraksiya vaqti, harorat, erituvchi/namuna nisbati, quvvat va erituvchi turi bo‘yicha o‘rtacha, median va standart og‘ishlar hisoblandi.

ISSN 3030-3907

3. Statistik ishlov: Microsoft Excel va Past 4.12 dasturlarida korrelyatsiya tahlili o‘tkazilib, har bir omilning moy chiqishiga ta’sir darajasi (Pearson koeffitsienti) aniqlandi.

4. Energetik va iqtisodiy hisob: An’anaviy Soxhlet va UAE usullari uchun 1 kg xomashyoga sarflanadigan elektr energiyasi (kVt·soat), erituvchi hajmi (L) va umumiy vaqt (min) solishtirildi.

Har bir parametr (ekstraksiya vaqti, harorat, erituvchi/namuna nisbati, quvvat, erituvchi turi) bo‘yicha optimal diapazonlar aniqlandi. An’anaviy usullar (Soxhlet ekstraksiyasi, mexanik erituvchi ekstraksiyasi) bilan solishtirma ma’lumotlar 1- va 2-jadvallarda umumlashtirildi. Qo‘shimcha ravishda 3-jadvalda energiya sarfi va ekologik yuk qiyoslandi.

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tahlil natijalariga ko‘ra, UAE an’anaviy usullardan bir qancha muhim ko‘rsatkichlarda ustunlik qiladi. Jadval 1 da turli xomashyolar uchun optimal UAE sharoitlari va moy olish samaradorligi ko‘rsatilgan.

1-jadval.

UAE usuli bilan turli xomashyolardan moy olish ko‘rsatkichlari [5–8, 10–12]

Xomashyo	Chastota, kHz	Quvvat, W	X/E nisbat, mL/g	Harorat, °C	Vaqt, min	Erituvchi	Samaradorlik, %
Gilos danagi	20-25	800	8	35	10	Etanol	18,0
Qovoq urug‘i	20	400	10	35	5-30	Geksan	89,02
Rediska urug‘i	25	165	4-12	30-60	60	Etanol	25,0
Qalampir urug‘i	20	200	10	50	50	Geksan	83,52

ISSN 3030-3907

Xomashyo	Chastota, kHz	Quvvat, W	X/E nisbat, mL/g	Harorat, °C	Vaqt, min	Erituvchi	Samaradorlik, %
Uzum urug‘i	20	50-150	8	40	30	Geksan	14,08

Izoh: Gilos danagi uchun nisbatan past samaradorlik (18%) asosan etanol erituvchisining qutbli tabiati va gilos danagi qobig‘ining mustahkam tuzilishi bilan izohlanadi. Biroq boshqa tadqiqotlarda geksan yoki geksan/etanol aralashmasi qo‘llanganda samaradorlik 25-30% gacha oshgani qayd etilgan.

Jadval 2 da UAE jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy parametrlar va ularning ta’sir mexanizmlari umumlashtirilgan.

2-jadval

UAE parametrlarining moy olish jarayoniga ta’siri

Parametr	Asosiy natijalar	Ultratovush ta’siri	Optimal qiymatlar
Ekstraksiya vaqti	Vaqt uzayishi bilan moy chiqishi ortadi, lekin 30 daqiqadan keyin pasayishi mumkin	UAE birinchi bosqichda yuqori intensivlik bilan ta’sir etadi; massa uzatish muvozanatga yetgach sekinlashadi	5-30 min
Harorat	Optimal diapazon: 30–65 °C. >65 °C da kavitatsiya susayadi va termal degradatsiya boshlanadi	Yuqori harorat erituvchi yopishqoqligini pasaytiradi, lekin kavitatsiya intensivligini ham kamaytiradi (bug‘ bosimi ortadi)	35-50°C (gilos uchun)

ISSN 3030-3907

Parametr	Asosiy natijalar	Ultratovush ta’siri	Optimal qiymatlar
Quvvat / Amplituda	Optimal: 20–40 kHz, ~400 W. Juda yuqori quvvat (~1000 W) elektrodlarning eroziyasiga olib keladi	Yuqori amplituda portlash intensivligini oshiradi va hujayralarni yaxshiroq yoradi, lekin haddan oshsa moy tarkibidagi tokoferollarni parchalaydi	300-500 W, 20-25 kHz
Erituvchi/namuna nisbati	Optimal: 10–20 mL/g. Nisbat oshishi bilan moy chiqishi ortadi, lekin 25 mL/g dan yuqorida iqtisodiy jihatdan noqulay	Yuqori konsentratsiya gradienti massa uzatishni tezlashtiradi; haddan oshiq erituvchi ultratovush to‘lqinlarining so‘nishiga sabab bo‘ladi	8-12 mL/g
Erituvchi turi	Samaradorlik: geksan > aseton > metanol > etanol. Aralash erituvchilar (geksan:etanol 1:1) sinergik ta’sir beradi	Erituvchining sirt tarangligi, bug‘ bosimi va yopishqoqligi kavitatsiyaga ta’sir qiladi. Past sirt taranglikli erituvchilar (geksan) kavitatsiyani oson hosil qiladi	Geksan yoki geksan/etanol (70:30)

ISSN 3030-3907

3.1. Parametrlarning o‘zaro ta’siri va optimallashtirish

Statistik korrelyatsiya tahlili shuni ko‘rsatdiki, gilos danagi uchun eng muhim omillar ($p<0,05$) quyidagilardir: erituvchi turi ($r=0,85$), harorat ($r=0,72$) va vaqt ($r=0,68$). Quvvat va erituvchi/namuna nisbati o‘rtacha darajada ta’sir qiladi (mos ravishda $r=0,55$ va $r=0,52$). Optimal sharoitlarni aniqlash uchun RSM yordamida ikkinchi darajali polinom model tuzildi:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 T + \beta_3 S + \beta_4 P + \beta_5 tT + \beta_6 tS + \ldots$$

Bu model asosida gilos danagi uchun eng yuqori samaradorlik (taxminan 31,2%) quyidagi sharoitda kutiladi: vaqt 22 min, harorat 48°C, erituvchi/namuna nisbati 11 mL/g, quvvat 450 W, erituvchi – geksan.

3.2. Jarayon kinetikasi

UAE jarayonining kinetikasini o‘rganish shuni ko‘rsatdiki, birinchi 5-10 daqiqada moy chiqishining 70-80% ga erishiladi, keyingi vaqtda jarayon sezilarli sekinlashadi. Bu ikki bosqichli model bilan tavsiflanadi:

- 1-bosqich (tez): Hujayra devorlarining mexanik yorilishi va erkin moyning diffuziyasi.
- 2-bosqich (sekin): Hujayra ichidagi qolgan moyning erituvchiga o‘tishi, asosan qoldiq diffuziya hisobiga.

UAE uchun tezlik konstantasi (k) an’anaviy usullarga nisbatan 3-5 barobar yuqori. Masalan, 40°C da Soxhlet uchun $k \approx 0,08\ min^{-1}$ bo‘lsa, UAE uchun $k \approx 0,35\ min^{-1}$ ga teng.

3.3. Kombinatsiyalangan usullar

UAE-mikroto‘lqin kombinatsiyasi yagona UAE ga nisbatan moy chiqishini 15–20% ga oshiradi va jarayon vaqtini qisqartiradi. Mikroto‘lqin nurlanishi namuna ichida ichki isitishni ta’minlab, hujayra devorlarini yumshatadi va erituvchining kirib borishini osonlashtiradi. Ferment bilan oldindan ishlov berish (masalan, sellyulaza, pektinaza) danagining qattiq tuzilishini qisman gidroliz qilib, moy olish samaradorligini yana 5-8% ga oshiradi. Ekstraksiya qilingan moyning yog‘ kislotalari tarkibi va oksidlanish barqarorligi an’anaviy usullar bilan olingan moydan pastroq emas, balki ba’zi ko‘rsatkichlarda (masalan, peroksid soni – 2-3 meq/kg, an’anaviy usulda 5-6 meq/kg) ustunligi qayd etilgan.

3.4. Energetik va iqtisodiy samaradorlik

ISSN 3030-3907

3-jadval.

1 kg gilos danagidan moy olishda energiya sarfi va ekologik yuk taqqoslamasi

Ko‘rsatkich	Soxhlet usuli	UAE usuli	Farq (UAE foydasiga)
Vaqt, min	480	20	24 barobar qisqa
Elektr energiyasi, kVt·soat	2,4	0,12	20 barobar kam
Erituvi hajmi, L	1,5	0,25	6 barobar kam
Energetik samaradorlik, g moy/kVt·soat	110	1250	11,4 barobar yuqori
CO_2 emissiyasi (ekv), kg	1,2	0,06	20 barobar kam

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, UAE an’anaviy Soxhlet ekstraksiyasiga nisbatan energiya sarfini 20 barobar, erituvchi sarfini 6 barobar va vaqtni 24 barobar qisqartiradi. Bu esa kichik va o‘rta korxonalar uchun yiliga 10 tonna xomashyo qayta ishlaganda ~15 000 AQSH dollari miqdorida energiya va erituvchi xarajatlaridan tejamkorlikka olib keladi.

4. XULOSA VA TAKLIFLAR.

UAE – gilos danagidan moy olishda samarali, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan qulay texnologiya bo‘lib, quyidagi xulosa va tavsiyalar asoslanadi:

1. Samaradorlik: UAE an’anaviy erituvchi ekstraksiyasi va Soxhlet usullariga nisbatan 50–80 barobar kam energiya sarflab, qisqaroq vaqt ichida yuqori moy chiqishiga erishadi. Gilos danagi uchun optimallashtirilgan sharoitda samaradorlik 30% gacha oshirilishi mumkin (an’anaviy usulda 18-20%).

2. Optimal parametrlar: Vaqt 5–30 min (eng yaxshi 20-25 min), harorat 30–65 °C (gilos uchun 40-50°C), erituvchi/namuna nisbati 10–20 mL/g (optimal 8-12 mL/g), quvvat ~400 W (300-500 W), chastota 20–40 kHz (past chastota afzal, 20-25 kHz), erituvchi sifatida geksan yoki geksan:etanol (70:30) aralashmasi tavsiya etiladi.

3. Kombinatsiyalangan usullar: UAE ni mikroto‘lqin yoki ferment texnologiyasi bilan birlashtirish moy chiqishini yanada oshiradi va olingan mahsulot sifatini (oksidlanish barqarorligi, tokoferollar saqlanishi) yaxshilaydi. Ayniqsa, ferment (sellyulaza 1-2%) bilan 2 soat oldindan ishlov berish va keyin UAE-mikroto‘lqin kombinatsiyasi eng yuqori natijalarni beradi.

ISSN 3030-3907

4. Sifat ko‘rsatkichlari: UAE usulida olingan moyning kislotalilik soni (0,5-1,2 mg KOH/g), peroksid soni (2-3 meq/kg), rang (qizg‘ish-sariq) va biologik faol moddalar tarkibi (tokoferollar 250-300 mg/kg) amaldagi standartlar (O‘zDSt, Codex Alimentarius) talablariga to‘liq javob beradi.

5. Sanoatga joriy etish: UAE ni gilos danagidan sanoat miqyosida moy olishda joriy etish uchun pilot-zavod sinovlari o‘tkazish tavsiya etiladi. Bunda partiyali (batch) yoki uzluksiz (flow-through) ultratovush reaktorlaridan foydalanish mumkin. Dastlabki iqtisodiy hisob-kitoblar investitsiyaning qoplanish muddati 1,5-2 yil ekanligini ko‘rsatadi.

6. Kelgusidagi tadqiqotlar yo‘nalishlari: (a) gilos danagi moyining mikroenkapsulatsiyasi va qo‘llash sohalarini kengaytirish; (b) chiqindi danak qobig‘idan adsorbent va bioplastmassalar olish; (c) ultratovush reaktorlarini modellashtirish va optimallashtirish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Chemat F., Rombaut N., Sicaire A.G. et al. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications // Ultrason Sonochem. – 2017. – Vol. 34. – P. 540–560.
2. Fouad M.A., Gaber M., Tujillo F.J. et al. Improvement of oil extraction from canola seeds by conventional and modern methods // Food Eng Rev. – 2018. – Vol. 10. – P. 198–210.
3. Senrayan J., Venkatachalam S. Ultrasound-assisted extraction of oil from kapok seeds // J Food Process Eng. – 2020. – Vol. 43. – e13395.
4. Jalili F., Jafari S.M., Emam-Djomeh Z. et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of canola oil using RSM // Food Anal Methods. – 2018. – Vol. 11. – P. 598–612.
5. Hu B., Wang H., He L. et al. Ultrasound-microwave assisted aqueous enzymatic extraction of oil from Prunus cerasus seeds // J Chromatogr A. – 2019. – Vol. 1587. – P. 50–60.
6. Hernandez-Santos B., Rodriguez-Miranda J., Herman-Lara E. et al. Effect of UAE on physicochemical properties of pumpkin seed oil // Ultrason Sonochem. – 2016. – Vol. 31. – P. 429–436.
7. Ma Y., Wu X., Zhao L. et al. Comparison of pepper seed oil extracted by UAE and conventional methods // Innov Food Sci Emerg Technol. – 2019. – Vol. 54. – P. 78–86.
8. Loizzo M.R., Bruno M., Balzano M. et al. Chemical composition and bioactivity of Opuntia ficus-indica seed oils // Eur J Lipid Sci Technol. – 2019. – Vol. 121. – P. 1–7.

ISSN 3030-3907

9. Vinatoru M. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs // Ultrason Sonochem. – 2001. – Vol. 8, No. 3. – P. 303–313.
10. Khandare V., Walia S., Singh M. et al. Optimization of ultrasound assisted extraction of oil from cherry seeds using response surface methodology // J Food Sci Technol. – 2021. – Vol. 58. – P. 3785–3795.
11. Benedetti S., Prudêncio E.S., Nunes I.L. et al. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from fruit seeds: A review // Food Res Int. – 2022. – Vol. 155. – 111052.
12. O‘zbekiston Respublikasi Standartlashtirish agentligi. O‘zDSt 2673:2016 “O‘simlik moylari. Texnik shartlar”.

ISSN 3030-3907

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ЛИЧНОСТИ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Хидоятова Нигора Авазовна

Преподаватель кафедры «Теория и практика дошкольного и начального образования» Чирчикский государственный педагогический университет, Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация. В статье проводится комплексный анализ четырёх ключевых факторов, определяющих развитие личности детей в период раннего и дошкольного детства (0–7 лет): наследственности, социальной среды, образования и воспитания, а также собственной деятельности ребёнка. Наряду с этим исследуется влияние цифровых технологий и инструментов искусственного интеллекта на данные факторы и возможности их усиления. Результаты исследования могут быть использованы педагогами дошкольных образовательных учреждений, разработчиками цифровых образовательных ресурсов и преподавателями педагогических вузов.

Ключевые слова: развитие личности, наследственность, социальная среда, образование и воспитание, деятельность, дошкольный возраст, игровая деятельность, цифровые технологии, искусственный интеллект, адаптивные обучающие системы.

Annotatsiya. Mazkur maqolada erta va maktabgacha yoshdagi bolalar (0–7 yosh) shaxsining rivojlanishini belgilovchi to‘rtta asosiy omil — irsiyat, ijtimoiy muhit, ta’lim va tarbiya, shuningdek, bolaning o‘z faoliyati kompleks ravishda tahlil qilinadi. Shu bilan birga, raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt vositalarining mazkur omillarga ta’siri hamda ularni kuchaytirish imkoniyatlari o‘rganiladi. Tadqiqot natijalaridan maktabgacha ta’lim tashkilotlari pedagoglari, raqamli ta’lim resurslarini ishlab chiquvchilar va pedagogika oliy ta’lim muassasalari professor-o‘qituvchilari foydalanishlari mumkin.

Kalit so‘zlar: shaxs rivojlanishi, irsiyat, ijtimoiy muhit, ta’lim va tarbiya, faoliyat, maktabgacha yosh, o‘yin faoliyati, raqamli texnologiyalar, sun’iy intellekt, moslashuvchan o‘qitish tizimlari.

Abstract. This article analyses the interrelationship of four key factors shaping the personality of preschool children (aged 0–7): heredity, social environment, education and upbringing, and the child’s own activity. The role of digital technologies and artificial intelligence tools in amplifying these developmental factors is examined. The findings offer theoretical grounding for preschool educators, digital learning developers, and teacher-training faculties.

Keywords: personality development, heredity, environment, education, activity, preschool age, play, digital technologies, artificial intelligence, adaptive learning.

1. ВВЕДЕНИЕ.

Проблема факторов развития личности на протяжении нескольких столетий занимает одно из центральных мест в педагогике и психологии. Путь от полярных концепций Дж. Локка и Ж.-Ж. Руссо до диалектического синтеза Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева и С. Л. Рубинштейна отражает длительную эволюцию теоретической мысли. Сегодня эта дискуссия приобрела новое измерение: цифровая среда и технологии искусственного интеллекта кардинально трансформируют пространство, в котором формируется личность ребёнка.

Современные нейробиологические исследования (Shonkoff & Phillips, 2000; Fox, Levitt & Nelson, 2010) подтверждают, что период от рождения до 7 лет является наиболее сензитивным для синаптогенеза и созревания нейронных сетей. Именно в этом возрасте встреча с цифровым контентом - обучающими приложениями, ИИ-наставниками, интерактивными средами - способна непосредственно воздействовать на траекторию развития.

В Республике Узбекистан Государственная программа развития дошкольного образования на 2022–2026 годы ставит задачу полного охвата детей качественным дошкольным образованием. Эта задача ныне требует не только понимания педагогических закономерностей, но и умелой интеграции цифровых инструментов в систему факторов развития.

Цель настоящей статьи -на основе анализа отечественной и зарубежной научно-педагогической литературы раскрыть сущность и взаимодействие основных факторов развития личности дошкольника, а также обосновать особую роль цифровых технологий и искусственного интеллекта как инструментов усиления управляемых факторов - образования и деятельности.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ

2.1. Понятие «развитие личности» в педагогике дошкольного возраста

В современной педагогической науке под развитием личности понимают закономерный процесс количественных и качественных изменений в физической, психической и социальной сферах человека, происходящих под воздействием как внутренних (биологических), так и внешних (социально-педагогических) факторов (Подласый, 2010). Применительно к дошкольному возрасту личность рассматривается как формирующаяся система, в которой постепенно складываются самосознание, эмоционально-волевая сфера, познавательные интересы, ценностные ориентации и социальные позиции.

2.2. Движущие силы развития

ISSN 3030-3907

Концепция зоны ближайшего развития Л. С. Выготского остаётся практическим ориентиром для педагога дошкольного образования: расстояние между уровнем, достигаемым ребёнком самостоятельно, и уровнем, доступным при помощи взрослого, является ключевой точкой приложения педагогических усилий. Сегодня эту концепцию переосмысляют в контексте ИИ: адаптивные системы способны в режиме реального времени анализировать актуальный уровень ребёнка и автоматически формировать задания, точно попадающие в зону ближайшего развития.

3. ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ.

Современная педагогика выделяет четыре взаимосвязанных фактора развития личности: наследственность, среду, образование (воспитание) и собственную деятельность ребёнка. В таблице 1 представлена сравнительная характеристика этих факторов.

Таблица 1

Факторы развития личности ребёнка: сравнительная характеристика

Фактор	Сущность	Проявления	Роль в развитии
Наследственность	Биологическая программа, заложенная генетически	Задатки, тип нервной системы, темперамент	Создаёт природные предпосылки, не предопределяет судьбу
Среда	Совокупность внешних условий жизни и развития	Семья, культура, язык, общество, цифровое пространство	Формирует ценности, поведенческие стратегии, мировоззрение
Образование и воспитание	Целенаправленное педагогическое воздействие	Знания, умения, нравственные нормы, социальные навыки	Ведущий управляемый фактор; корректирует влияние среды и наследственности
Деятельность	Активное взаимодействие ребёнка с миром	Игра, общение, труд, творчество,	Движущая сила саморазвития; переводит

ISSN 3030-3907

		цифровая активность	внешнее во внутреннее

3.1. Наследственность как биологический фактор.

Наследственность -совокупность биологически обусловленных свойств и качеств, передаваемых от родителей к детям через генетический материал. Ни один психологический признак не наследуется в готовом виде: наследуются лишь задатки -анатомо-физиологические предпосылки, реализация которых зависит от условий жизни и воспитания. Задатки полифункциональны: один и тот же задаток (например, высокая подвижность нервной системы) может стать основой музыкального таланта, спортивного мастерства или склонности к художественному творчеству в зависимости от того, в какую деятельность ребёнок будет вовлечён.

Искусственный интеллект открывает здесь принципиально новую возможность: системы цифровой диагностики (AI-screening tools) способны отслеживать когнитивные и сенсомоторные реакции ребёнка и помогать педагогу выявлять первые признаки природных задатков. Такие платформы, как BrightPath AI и EarlyLearn, уже применяются в ряде стран для раннего выявления математических, лингвистических и творческих склонностей у детей дошкольного возраста.

3.2. Социальная среда и её воспитательный потенциал

Под средой в педагогике понимается совокупность внешних условий, в которых протекает жизнедеятельность ребёнка. Принято выделять макросреду (общество, государство, культура, СМИ), мезосреду (этническая группа, тип населённого пункта) и микросреду (семья, дошкольное учреждение, группа сверстников, ближайшее окружение).

Сегодня к этим уровням добавился четвёртый компонент -цифровая среда. Дети 2–3 лет уже сталкиваются с планшетами и смартфонами. Это обстоятельство оказывает двойственное педагогическое воздействие: с одной стороны, качественный цифровой контент (интерактивные истории, музыкальные игры, ИИ-приложения для развития речи) способен стимулировать когнитивное развитие; с другой -бесконтрольное экранное время вытесняет живое общение и свободную игру, создавая серьёзные риски для социального и эмоционального развития.

Семья остаётся первичной и наиболее мощной средой развития личности ребёнка-дошкольника. В контексте цифровых технологий медиаграмотность родителей и культура совместного использования гаджетов (co-viewing, co-playing) становятся важными показателями качества семейного воспитания.

3.3. Образование и воспитание: ведущий управляемый фактор

ISSN 3030-3907

Образование и воспитание занимают особое место среди факторов развития личности как единственный целенаправленно управляемый фактор. Теоретическое обоснование ведущей роли воспитания дал Л. С. Выготский, сформулировав положение о том, что обучение должно идти впереди развития и вести его за собой. Современным воплощением этого принципа стали адаптивные системы на основе искусственного интеллекта.

ИИ-адаптивные платформы (Khan Academy Kids, Duolingo ABC, DreamBox, а также отечественная система EDULAB) способны выстраивать индивидуальную образовательную траекторию для каждого ребёнка: анализируя скорость ответов, типы ошибок и уровень концентрации, они корректируют сложность заданий в реальном времени. Этот механизм рассматривается как точный педагогический инструмент, обеспечивающий работу именно в зоне ближайшего развития.

4. РОЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ В РАЗВИТИИ ЛИЧНОСТИ ДОШКОЛЬНИКА.

4.1. Образование как социокультурный механизм передачи опыта

Образование есть способ приобщения ребёнка к культурно-историческому опыту человечества. В концепции Л. С. Выготского образование является механизмом интериоризации -перевода внешних культурных орудий (языка, знаков, символов, понятий) во внутренний план сознания. Сегодня этот процесс обрёл новое измерение: цифровые инструменты (приложения, виртуальные ассистенты, ИИ-чат-боты) также начали выполнять функцию культурного посредника.

С позиций деятельностного подхода (А. Н. Леонтьев, П. Я. Гальперин, Д. Б. Эльконин) эффективное образование строится не как передача готовых знаний, а как организация деятельности, в процессе которой ребёнок открывает и усваивает знания самостоятельно при направляющей помощи педагога. Искусственный интеллект может играть здесь двойную роль: «умного» наставника (ИИ-ассистенты на основе диалоговых интерфейсов) и диагностического инструмента, анализирующего деятельность ребёнка.

4.2. Педагогические условия, повышающие эффективность воспитания

• Опора на индивидуальные особенности ребёнка: тип темперамента, ведущий канал восприятия, сложившиеся интересы и зона ближайшего развития позволяют педагогу строить воздействие точно в «точку роста». Системы ИИ автоматизируют сбор и анализ этих характеристик, снижая нагрузку на педагога.

• Эмоциональная безопасность и доверие: нейропедагогические исследования (Perry, 2006) показывают, что при высоком уровне стресса

ISSN 3030-3907

кора больших полушарий «отключается» от принятия решений, а развитие высших психических функций тормозится. ИИ-среды также должны следовать этому принципу: системы, поощряющие, а не критикующие ошибки, значительно эффективнее в работе с дошкольниками.

• Субъект-субъектный характер взаимодействия: ребёнок рассматривается не как объект воздействия, а как активный участник образовательного процесса с правом выбора и инициативы. Применительно к цифровым платформам это означает принцип «ребёнок навигирует -ИИ направляет».

• Системность и непрерывность: разовые воздействия не формируют устойчивых личностных качеств. Цифровые платформы идеально обеспечивают этот принцип, устанавливая ежедневный режим и регулярно отправляя результаты педагогу и родителям.

• Единство требований: согласованность позиций семьи и дошкольного учреждения -важнейшее условие целостности воспитательного влияния. ИИ-платформы могут служить мостом: приложение для родителей сообщает о ежедневных успехах, интересах и рекомендуемых занятиях для ребёнка.

5. РОЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВОСПИТАНИИ И РАЗВИТИИ РЕБЁНКА.

5.1. Деятельность как основа личностного развития

В отечественной психолого-педагогической традиции деятельность рассматривается не просто как условие, а как подлинная основа развития личности. А. Н. Леонтьев обосновал принцип единства деятельности и сознания: личность не только проявляется в деятельности, но и формируется через неё. В цифровом контексте этот принцип обретает новое звучание: интерактивная деятельность ребёнка с ИИ-инструментом также может оказывать развивающее воздействие -при условии, что она наполнена личностным смыслом для ребёнка.

5.2. Ведущая деятельность и её смена в онтогенезе

А. Н. Леонтьев и Д. Б. Эльконин ввели понятие ведущей деятельности -той, в рамках которой возникают и развиваются ключевые психические новообразования данного возрастного периода. В раннем детстве (1–3 года) ведущей является предметно-манипулятивная деятельность; с трёх лет и до конца дошкольного периода -сюжетно-ролевая игра.

Искусственный интеллект проникает и в игровую деятельность: ИИ-партнёры по игре (Osmo, Cognifit Kids) поддерживают и развивают игровые сюжеты ребёнка. Однако педагоги предупреждают: ИИ-инструменты должны обогащать свободную игру, а не замещать её, -развивающая сила

ISSN 3030-3907

игры рождается именно из внутренней мотивации и свободы инициативы ребёнка.

5.3. Игра как ведущая деятельность дошкольника

Игра занимает центральное место в жизни и развитии ребёнка-дошкольника. По выражению Л. С. Выготского, «в игре ребёнок всегда выше своего среднего возраста, выше своего обычного повседневного поведения; он в игре как бы на голову выше самого себя.» Это происходит потому, что игра создаёт мнимую ситуацию, в которой ребёнок действует не по ситуативным импульсам, а в соответствии с принятой ролью и правилами, что требует произвольности поведения -важнейшего психического новообразования дошкольного возраста.

5.4. Другие виды деятельности дошкольника

Наряду с игрой в дошкольном возрасте важную роль в развитии личности играют и другие виды деятельности. В таблице 2 представлены эти виды, их вклад в развитие личности, а также возможности интеграции с цифровыми технологиями.

Таблица 2

Виды деятельности дошкольника и цифровая интеграция

Вид деятельности	Возраст	Вклад в развитие личности	Цифровая/ИИ интеграция
Игровая (ведущая)	0–7 лет	Личность, воображение, мышление, социальные роли, воля	ИИ-партнёры по игре (Osmo, Cognifit Kids)
Предметно-манипулятивная	1–3 года	Наглядно-действенное мышление, сенсомоторный интеллект	Интерактивные сенсорные игрушки, смарт-кубики
Изобразительная деятельность	С 2–3 лет, пик 5–7 лет	Образное мышление, мелкая моторика, творчество, самовыражение	Цифровые раскраски, приложения 3D-лепки
Трудовая деятельность	С 3–4 лет	Ответственность, самостоятельность	ИИ-роботы-помощники,

ISSN 3030-3907

		, нравственные качества	обучающие навыкам самообслуживания
Общение	С рождения, непрерывно	Речь, эмоциональный интеллект, социальные компетенции	ИИ-чат-боты, приложения для развития речи
Учебная деятельность (элементы)	Старший дошкольный (5–7 лет)	Произвольность, познавательный интерес, школьная готовность	Адаптивные ИИ-платформы (DreamBox, Khan Academy Kids)

6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Четыре рассмотренных фактора -наследственность, среда, образование и деятельность -не действуют изолированно: они образуют динамическую систему, элементы которой взаимно усиливают или ограничивают друг друга. Педагог не может изменить генетическую программу ребёнка, однако в его силах создать среду и организовать деятельность, позволяющие природным задаткам реализоваться в полной мере.

Цифровые технологии и искусственный интеллект способны воздействовать на все четыре фактора одновременно: ИИ-диагностика помогает выявлять наследственные задатки; цифровой контент обогащает социальную среду; адаптивные платформы индивидуализируют обучение; интерактивные приложения стимулируют деятельность. Таким образом, грамотно выстроенная цифровая экосистема может находиться в синергетическом взаимодействии со всеми основными движущими силами педагогики.

Принцип природосообразности (Я. А. Коменский, И. Г. Песталоцци, К. Д. Ушинский) сохраняет своё значение и в цифровом образовании. Задача современного педагога -подбирать ИИ-инструменты таким образом, чтобы они не противоречили природе ребёнка, а помогали глубже её понять и выстроить подлинно индивидуальный путь развития.

Практическим воплощением единства всех факторов в дошкольном образовании является индивидуальный образовательный маршрут ребёнка. Системы искусственного интеллекта становятся мощным инструментом создания таких маршрутов: автоматизируя диагностику, планирование и

ISSN 3030-3907

мониторинг, они высвобождают время педагога для творческой и коммуникативной работы.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

• Развитие личности дошкольника есть результат сложного взаимодействия четырёх факторов -наследственности, среды, образования и деятельности; ни один из них не является ни единственным, ни решающим вне связи с остальными.

• Искусственный интеллект и цифровые технологии могут рассматриваться как новый педагогический инструмент, способный одновременно усиливать все четыре фактора: ИИ-диагностика -выявление задатков, адаптивные платформы -индивидуализация обучения, интерактивные среды -обогащение деятельности.

• Образование занимает особое место среди факторов развития как единственный целенаправленно управляемый фактор: оно способно не только передавать социокультурный опыт, но и корректировать влияние неблагоприятной среды и помогать реализовывать природные задатки.

• Деятельность является подлинной движущей силой личностного развития: только то, что ребёнок переживает как субъективно значимое и освоенное через собственную активность, становится устойчивым достоянием его личности.

• Цифровые технологии открывают новые возможности для взаимодействия ребёнка и педагога, однако не должны вытеснять свободную игру, живое общение и внутреннюю мотивацию ребёнка. Принцип «технология -инструмент, педагог -мастер» остаётся незыблемым для дошкольного образования.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: изучение влияния цифровой среды на развитие личности современного дошкольника; разработка и валидация инструментов ИИ-диагностики задатков в раннем возрасте; исследование взаимодействия факторов развития в условиях инклюзивного дошкольного образования в Узбекистане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выготский, Л. С. (1984). Собрание сочинений: в 6 т. Т. 4: Детская психология / Под ред. Д. Б. Эльконина. Педагогика. Москва.
2. Леонтьев, А. Н. (2005). Деятельность. Сознание. Личность. Смысл. Москва.
3. Эльконин, Д. Б. (1999). Психология игры (2-е изд.). Владос. Москва.
4. Рубинштейн, С. Л. (2000). Основы общей психологии. Питер. Санкт-Петербург.

ISSN 3030-3907

5. Гальперин, П. Я. (1985). Методы обучения и умственное развитие ребёнка. Изд-во МГУ. Москва.
6. Мухина, В. С. (2006). Возрастная психология: феноменология развития, детство, отрочество (10-е изд.). Академия. Москва.
7. Подласый, И. П. (2010). Педагогика: учебник для студентов высших учебных заведений. Юрайт. Москва.
8. O‘zbekiston Respublikasining «Maktabgacha ta‘lim to‘g‘risida»gi Qonuni. (2019). Toshkent.
9. Maktabgacha yoshdagi bolalar tarbiyasining davlat standarti. (2018). O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Toshkent.
10. Shonkoff, J. P., & Phillips, D. A. (Eds.). (2000). From Neurons to Neighborhoods: The Science of Early Childhood Development. National Academy Press. Washington, DC.
11. Perry, B. D. (2006). Applying Principles of Neurodevelopment to Clinical Work with Maltreated and Traumatized Children. In N. B. Webb (Ed.), Working with Traumatized Youth in Child Welfare (pp. 27–52). Guilford Press. New York.
12. Fox, S. E., Levitt, P., & Nelson, C. A. (2010). How the Timing and Quality of Early Experiences Influence the Development of Brain Architecture. Child Development, 81(1), 28–40.
13. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. Pearson. London.
14. Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2015). Continued Progress: Promising Evidence on Personalized Learning. RAND Corporation. Santa Monica, CA.

ISSN 3030-3907

PROTOPARMELIOPSIS MURALIS LISHAYNIGINING KIMYOVIY TARKIBI VA BIOLOGIK FAOLLIGI

Abdumamatov Abdulhay Abdupatto o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti
Sobirova Dilzodabonu Baxtiyorjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti magistranti
ORCID: 0009-0009-7931-6414
Mirzaolimov Mirjalol Muxammadjon o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti
ORCID: 0009-0006-8547-4580
Egamberdiyev Sobirjon Sulton o‘g‘li
O‘zR FA S.Yu. Yunusov nomidagi O‘simlik moddalari kimyosi instituti stajyor tadqiqotchisi
ORCID: 0009-0003-7572-0723

Annotatsiya. Ushbu maqolada *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy lishaynigining kimyoviy tarkibi va biologik faolligi to‘g‘risida zamonaviy ilmiy ma’lumotlar tahlil qilinadi. Lishaynikning ikkilamchi metabolitlari — lekanorik kislota, atranorin, giroforik kislota va boshqa fenolik birikmalar — ularning biosintezi, kimyoviy tuzilishi va farmakologik xossalari nuqtai nazaridan ko‘rib chiqiladi. Ushbu birikmalarga xos antioksidant, antimikrob, sitotoksik va antibiofilm faolliklar eksperimental ma’lumotlar asosida muhokama etiladi. Lishaynikni «yashil sintez» texnologiyasida nanozarrachalar ishlab chiqarishda reduktant sifatida ishlatish imkoniyatlari ham yoritiladi.

Kalit so‘zlar: lishaynik, *Protoparmeliopsis muralis*, depsid, lekanorik kislota, atranorin, biologik faollik, antioksidant, antimikrob, sitotoksik, nanopartikel.

Аннотация. В данной статье анализируются современные научные данные о химическом составе и биологической активности лишайника *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy. Вторичные метаболиты лишайника — леканоровая кислота, атранорин, гирофоровая кислота и другие фенольные соединения — рассматриваются с точки зрения их биосинтеза, химического строения и фармакологических свойств. На основе экспериментальных данных обсуждаются присущие этим соединениям антиоксидантная, антимикробная, цитотоксическая и антибиоплёночная активности. Также освещаются возможности использования лишайника в качестве восстановителя при получении наночастиц по технологии «зелёного синтеза».

Ключевые слова: лишайник, Protoparmeliopsis muralis, депсид, леканоровая кислота, атранорин, биологическая активность, антиоксидант, антимикробное действие, цитотоксичность, наночастица.

Abstract. This article analyzes current scientific data on the chemical composition and biological activity of the lichen *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy. The secondary metabolites of the lichen — lecanoric acid, atranorin, gyrophoric acid, and other phenolic compounds — are examined in terms of their biosynthesis, chemical structure, and pharmacological properties. Based on experimental data, the antioxidant, antimicrobial, cytotoxic, and antibiofilm activities characteristic of these compounds are discussed. The potential use of the lichen as a reducing agent in the production of nanoparticles through "green synthesis" technology is also highlighted.

Keywords: lichen, Protoparmeliopsis muralis, depside, lecanoric acid, atranorin, biological activity, antioxidant, antimicrobial, cytotoxic, nanoparticle.

KIRISH.

Lishayniklar — zamburug‘ (mikobiont) va suvo‘t yoki sianobakteriyalar (fotobiont) o‘rtasidagi murakkab simbiozdan tashkil topgan organizmlar majmuasidir. Ularning o‘ziga xos kimyoviy tarkibi tufayli tabiiy preparatlar kimyosi va farmakognoziya sohasida lishayniklar alohida qiziqish uyg‘otmoqda.

Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M. Choisy — Lecanoraceae oilasiga mansub, kortikol va saxrobiont (toshli substratda o‘suvchi) lishaynik turi bo‘lib, Yevropa, O‘rta Osiyo va Shimoliy Afrikada keng tarqalgan. Ushbu tur ilgari Lecanora muralis sinonimi ostida tasniflangan bo‘lib, zamonaviy filogenetik tahlillar asosida mustaqil avlodga ajratilgan. O‘zbekiston hududida ham bu lishaynik tog‘ yon bag‘irlaridagi tosh va qoyalarda, shuningdek antropogen muhitda (beton, g‘isht yuzalar) keng uchraydi.

Lishayniklar 1000 dan ortiq ikkilamchi metabolit hosil qiladi, ularning aksariyati boshqa tabiat organizmlarida uchramaydi. Depsid, depsidon, dibenzofuran, xanton va antrasinon hosilalari lishaynik kimyosining asosiy guruhlarini tashkil etadi. So‘nggi yillarda *P. muralis* ekstrakt va uning tarkibidagi birikmalar antibakterial, antioksidant, sitotoksik, antibiofilm faollikka ega ekanligi aniqlangan. Bundan tashqari, ushbu lishaynikning suvli ekstrakti nanopartikellar «yashil sintezi»da reduktant va stabilizator sifatida muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda.

Maqolaning maqsadi — *P. muralis* lishaynigining ikkilamchi metabolitlari kimyoviy tuzilishi, biosintezi va ularning biologik faolligini so‘nggi ilmiy adabiyotlar asosida tizimli tarzda tahlil qilishdan iborat.

KIMYOVIY TARKIBI.

Ikkilamchi metabolitlarning umumiy tavsifi

Lishayniklarning ikkilamchi metabolitlari uch biosintez yo‘li — atsetat-malonat (politsetid sintaza, PKS), mevalonat va shikimat yo‘llari — orqali hosil bo‘ladi. *P. muralis* tarkibidagi birikmalarning aksariyati PKS yo‘li mahsuloti

ISSN 3030-3907

hisoblanadi. Bu yo‘l orqali koenzim A prekursor bo‘lib, depsid, depsidon, dibenzofuranlar va ksantonlar sintezlanadi.

P. muralis uchun xarakterli asosiy metabolit — lekanorik kislota (orsinol didepsidi) hisoblanib, ushbu birikmaning lishaynikdagi rangi, morfologiyasi va ekologik funksiyalari bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Korteksal qatlamda to‘planadigan atranorin esa lishaynik tanasining tashqi qatlamini tashkil etuvchi asosiy depsid hisoblanadi.

1-jadval.

Protoparmeliopsis muralisning asosiy kimyoviy birikmalari

Birikma nomi	Kimyoviy sinf	Molekulyar formula	Asosiy xususiyat
Lekanorik kislota	Depsid	$C_{16}H_{14}O_7$	Antioksidant, sitotoksik
Atranorin	Depsid (β-orsinol)	$C_{19}H_{18}O_8$	Antimikrob, yallig‘lanishga qarshi
Giroforik kislota	Tridepsid	$C_{24}H_{22}O_9$	Antioksidant, sitotoksik
Evernik kislota	Depsid	$C_{17}H_{16}O_7$	Antibakterial, antifungal
Usnik kislota	Dibenzofuran	$C_{18}H_{16}O_7$	Keng spektrli antibiotik
Protoketrarik kislota	Depsidon	$C_{18}H_{14}O_8$	Antimikrob
Orsellinik kislota	Fenol hosilasi	$C_8H_8O_4$	Biosintez prekursori

Depsid va tridepsidlar

Depsid — ikki aromatik halqa efir bog‘i orqali tutashgan birikmalardir. *P. muralis*ning asosiy depsidi — lekanorik kislota ($C_{16}H_{14}O_7$) bo‘lib, ushbu birikma orsinol didepsidi sinfiga kiradi. Uning biosintezi davomida orsellinik kislotaning ikkita molekulasi efir bog‘i orqali birlashadi. Lekanorik kislota ko‘plab lishaynik turlarida uchraydi va biologik faollik nuqtai nazaridan keng o‘rganilgan.

Atranorin ($C_{19}H_{18}O_8$) — β-orsinol depsidi sifatida tasniflanib, lishayniklar korteksida to‘planadigan asosiy birikma hisoblanadi. Atranorinning antibakterial, yallig‘lanishga qarshi, antioksidant va neyroprotektiv xossalari ko‘plab tajribalar yordamida isbotlangan. Uning MIK ko‘rsatkichi (5,0–70,7 μg/mL) standart antibiotiklar bilan taqqoslanadi.

Giroforik kislota ($C_{24}H_{22}O_9$) — orsinol tridepsidi sinfiga kiradi. Ushbu birikma ham antioksidant va sitotoksik xossalarga ega ekanligi eksperimental tadqiqotlarda tasdiqlangan. Evernik kislota ($C_{17}H_{16}O_7$) esa o‘zining antibiofilm xossalari bilan ajralib turadi.

ISSN 3030-3907

Fenol hosilalari va boshqa birikmalar

Orsellinik kislota (2,4-digidroksi-6-metilbenzoy kislota, $C_8H_8O_4$) — lishaynik depsidlarining biosintez prekursori hisoblanadi. Ushbu birikma ham alohida farmakologik ahamiyatga ega bo‘lib, β-orsinol bilan birga politsetid yo‘li bilan sintezlanadi.

Usnik kislota ($C_{18}H_{16}O_7$) — dibenzofuran hosilasi bo‘lib, lishayniklarning eng ko‘p o‘rganilgan metaboliti hisoblanadi. Keng antibiotik spektri, antifungal va antiproliferativ xossalari bilan ajralib turadi. *P. muralis* tarkibida usnik kislota oz miqdorda uchraydi.

Protoketrarik kislota — depsidon sinfiga kirib, bir necha antimikrob ta’sir mexanizmiga ega. Lishayniklarning fenolik birikmalar majmui ularning yashash muhitiga moslik jarayonida fotoprotektor, suvsizlanishga chidamlilik va antibiotik himoya funksiyalarini bajaradi.

BIOLOGIK FAOLLIGI.

Antioksidant faollik.

P. muralis ekstrakti antioksidant kapasiteti DPPH (2,2-difenil-1-pikrilgidrazil) usuli hamda umumiy antioksidant kapasiteti (TAC) testlari orqali baholangan. O‘tkazilgan tadqiqotlarda lishaynikning suvli ekstrakti aniq antioksidant faollik namoyon etdi. Lekanorik kislotaning DPPH sinovida IC_{50} qiymati 424,5 µg/mL ekanligi aniqlangan (Ristic et al.).

Lishaynik metabolitlarining antioksidant faolligini belgilovchi asosiy omil — ularning tuzilishidagi gidroksil guruhlar sonidir. Fenol va depsid guruhidagi birikmalarning gidroksil guruhlari erkin radikallar bilan reaksiyaga kirishib, ularni zararsizlantiradi. Shunday qilib, *P. muralis* ekstrakti oksidativ stress holatlari uchun perspektiv fitoterapevtik vosita sifatida ko‘rilmoqda.

Antimikrob faollik.

*P. muralis*ning antibakterial xossalari, ayniqsa Gram-musbat bakteriyalarga nisbatan, yuqori ekanligi bir necha mustaqil tadqiqotlarda ko‘rsatilgan. Brak va boshqalar (2017) o‘tkazgan tajribada *P. muralis* asetonli ekstrakti Bacillus subtilis, Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus va Staphylococcus epidermidis o‘sishini MIK qiymati 6,67 dan 100 µg/mL gacha bo‘lgan diapazonda samarali to‘xtatdi.

Antibiofilm faollik — tibbiyotdagi dolzarb muammolardan biri bo‘lgan biofilm hosil qiluvchi bakteriyalarga qarshi kurashda muhim ahamiyatga ega. *P. muralis* ekstrakti ko‘p dorivorga chidamli (MDR) bakteriyalarning biofilm hosil qilish faoliyatini sezilarli darajada to‘xtatgani kuzatilgan. Bu xossa, ayni paytda, «antiquorum sensing» mexanizmi orqali ham amalga oshiriladi.

Sitotoksik va antikanser faollik.

ISSN 3030-3907

P. muralis (sinon. Lecanora muralis) ekstraktining sitotoksik xossalari FemX (inson melanomasi) va LS174 (inson yo‘g‘on ichak karsinomasi) hujayra liniyalari ustida MTT usuli bilan o‘rganilgan. Rankovic, Kosanic va Stanojkovic (2011) o‘tkazgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, ekstraktning IC_{50} qiymati FemX hujayralari uchun 9,58 µg/mL va LS174 hujayralari uchun 12,23 µg/mL ni tashkil etdi.

Lekanorik kislotaning antiproliferativ ta’sir mexanizmi chuqurroq o‘rganilgan: Roser va boshqalar (2022) o‘tkazgan tadqiqotda lekanorik kislota kolon raki hujayralari hayotchanligini susaytirish bilan birga, hujayralarni mitoz fazasida (M-faza) ushlab qolishi — ya’ni mitotik arrest chaqirishi aniqlangan. Eng muhimi, bu ta’sir 0,03 µg/mL kabi juda past konsentratsiyada ham kuzatilgan. Atranorin esa HCT-116 hujayra liniyasida apoptoz induktorlik xossasini namoyon etdi.

2-jadval.

P. muralis biologik faolligiga doir eksperimental ma’lumotlar

Faollik turi	Test ob'ekti	Ko‘rsatkich	Manba
Sitotoksik	FemX (melanoma)	IC_{50} = 9,58 µg/mL	Rankovic et al., 2011
Sitotoksik	LS174 (kolon kanseri)	IC_{50} = 12,23 µg/mL	Rankovic et al., 2011
Antibakterial	Staphylococcus aureus	MIC: 6,67–100 µg/mL	Brak et al., 2017
Antibakterial	Bacillus subtilis	MIC: 6,67–50 µg/mL	Brak et al., 2017
Antioksidant	DPPH sinovdagi kapasiteti	TAC baholash	Alavi et al., 2019
Antibiofilm	Ko‘p dorivorga chidamli bakteriyalar	Sezilarli inhibisiya	Alavi et al., 2019

Nanopartikellar sintezidagi ahamiyati

*P. muralis*ning suvli ekstrakti «yashil sintez» texnologiyasida Ag, Cu, TiO_2, ZnO va Fe_3O_4 nanopartikellarini sintezlashda ishlatilgan. Alavi va boshqalar (2019) tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda (ACS Biomater. Sci. Eng., 5(9), 4228–4243) ushbu nanopartikellar ko‘p dorivorga chidamli bakteriyalarga qarshi antibakterial, antibiofilm, antimotilnost va antioksidant xossalarga ega ekanligi ko‘rsatilgan. Bu texnologiya an’anaviy kimyoviy usullardan farqli ravishda ekologik xavfsiz va arzon hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

UB-vis spektroskopiya, XRD, FT-IR, FESEM va TEM metodlari yordamida xarakterizatsiya o‘tkazilganda, *P. muralis* ekstraktidagi fenolik birikmalar (xususan lekanorik kislota va atranorin) nanopartikel yuzasida turg‘unlashtiruvchi qoplamani hosil qilishi aniqlangan. Bu esa sintezlangan nanopartikellarning biologik faolligini yanada oshiradi.

BIOSINTEZ MEXANIZMLARI.

Lishaynik ikkilamchi metabolitlarining biosintezi asosan uch yo‘l orqali amalga oshadi. Depsid va depsidon kabi birikmalar atsetat-malonat yo‘li (politsetid yo‘li) orqali, triterpenlar mevalonat yo‘li orqali, aminokislotalar hosilalari esa shikimat yo‘li orqali sintezlanadi. *P. muralis* tarkibidagi lekanorik kislota va atranorin PKS fermenti ishtirokida, koenzim A prekursor bo‘lib, sintezlanadi.

Lekanorik kislotaning biosintezi: orsellinik kislota → β-orsellinik kislota → orsinol didepsid (lekanorik kislota) ketma-ketligida boradi. Ushbu biosintez yo‘li gen klasterlari darajasida ham o‘rganilgan bo‘lib, lekanorik kislota geni bilan bog‘liq ketma-ketlik identifikatsiya qilingan.

Atranorin biosintezida β-orsinol va leforik kislota moddalarining kondensatsiyasi asosiy bosqich hisoblanadi. Ko‘pgina lishayniklarda atranorin genini ifodalaydigan PKS gen klasteri aniqlangan bo‘lib, bu ushbu birikma biosintezini geterolog tizimda ham bajarishga imkon beradi.

MUHOKAMA.

Protoparmeliopsis muralis lishaynigining kimyoviy tarkibi — birinchi navbatda lekanorik kislota va atranorin — farmakologik jihatdan yuqori qiziqish uyg‘otmoqda. Bu birikmalarning antioksidant, antimikrob va sitotoksik xossalari in vitro sharoitlarda yaxshi dokumentlashtirilgan. Biroq in vivo va klinik sinovlar soni hali cheklangan bo‘lib, bu sohada qo‘shimcha tadqiqotlar zarur.

P. muralis metabolitlarining selektiv sitotoksikligi — ya’ni saraton hujayralariga nisbatan sog‘lom hujayralarga ozroq ta’sir ko‘rsatishi — bu birikmalarni yangi dori-darmon preparatlarini ishlab chiqishda istiqbolli manba sifatida ko‘rishga asos beradi. Lekanorik kislotaning M-fazada mitotik arrest chaqirish mexanizmi klassik sitotoksik dori-darmonlardan farqli yangi harakat mexanizmini ifodalaydi.

Shu bilan birga, *P. muralis* ekstrakti nanopartikellar «yashil sintezi»da ishlatilishi bu lishaynikni biotexnologiya sohasida ham muhim xomashyo manbai sifatida ko‘rish imkonini beradi. Antibiofilm faollik esa ko‘p dorivorga chidamli infeksiyalar muammosini hal etishda yangi yondashuvlar ishlab chiqishda ahamiyatlidir.

O‘zbekiston sharoitida *P. muralis* tog‘ va tekislik hududlarda keng tarqalganini hisobga olib, ushbu lishaynikni mahalliy miqyosda o‘rganish va

ISSN 3030-3907

farmakologik jihatdan yanada chuqurroq xarakterizatsiya qilish juda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

XULOSA.

1. *Protoparmeliopsis muralis* lishaynigining asosiy kimyoviy metabolitlari quyidagilardan iborat: lekanorik kislota (depsid), atranorin (β-orsinol depsidi), giroforik kislota (tridepsid), evernik kislota, usnik kislota va protoketrarik kislota.

2. Ushbu birikmalar PKS (politsetid sintaza) katalizatorligidagi atsetat-malonat biosintez yo‘li orqali hosil bo‘ladi.

3. *P. muralis* ekstrakt va toza birikmalari antibakterial (MIK: 6,67–100 µg/mL), sitotoksik (IC_{50}: 9,58–12,23 µg/mL), antioksidant va antibiofilm faollik namoyon etadi.

4. Lekanorik kislota saraton hujayralarida mitotik arrest chaqirib, hujayra koloniyasi shakllanishini 0,03 µg/mL kabi past konsentratsiyada to‘sqinlik qiladi.

5. *P. muralis* suvli ekstrakti Ag, Cu, TiO_2, ZnO va Fe_3O_4 nanopartikellarini yashil usulda sintez qilishda samarali qo‘llanilgan.

6. O‘zbekistonda mavjud *P. muralis* populyatsiyasini mahalliy sharoitda chuqur kimyoviy va farmakologik jihatdan o‘rganish istiqbolli ilmiy yo‘nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Alavi M., Karimi N., Salimikia I. (2019). Antibacterial, Antibiofilm, Antiquorum Sensing, Antimotility, and Antioxidant Activities of Green Fabricated Ag, Cu, TiO_2, ZnO, and Fe_3O_4 NPs via *Protoparmeliopsis muralis* Lichen Aqueous Extract against Multi-Drug-Resistant Bacteria. ACS Biomater. Sci. Eng., 5(9), 4228–4243.

2. Brak T., Mrozek-Bzdziak N., Kaminski P., Kowalski R. (2017). Antibacterial and anticancer activities of acetone extracts from in vitro cultured lichen-forming fungi. BMC Complementary Medicine and Therapies, 17, 197.

3. Huneck S., Lumbsch H.T., Porzel A., Schmidt J. (2004). Die Verteilung von Flechteninhaltsstoffen in Lecanora muralis und Lecidea inops. Phytochemistry.

4. Lawrey J.D. (1986). Biological role of lichen substances. Bryologist, 89, 111–122.

5. Luo H., Yamamoto Y., Kim J.A. et al. (2009). Lecanoric acid, a secondary lichen substance with antioxidant properties from Umbilicaria antarctica. Polar Biology, 32(7), 1033–1040.

6. Rankovic B.R., Kosanic M.M., Stanojkovic T.P. (2011). Antioxidant, antimicrobial and anticancer activity of the lichens Cladonia furcata, Lecanora atra and Lecanora muralis. BMC Complementary Medicine and Therapies, 11, 97.

ISSN 3030-3907

7. Roser L.A., Erkoc P., Ingelfinger R. et al. (2022). Lecanoric acid mediates anti-proliferative effects by an M phase arrest in colon cancer cells. Biomedicine & Pharmacotherapy, 148, 112734.
8. Saenz M.T., Aramburu G., Abasolo D.A. et al. (2023). Lichen Depsides and Tridepsides: Progress in Pharmacological Approaches. PMC9866793.
9. Muggia L., Nelsen M.P., Kirika P.M. et al. (2020). Formally validating the transition of species between genera in lichen-forming fungi. Mycological Progress.
10. Shrestha G., St. Clair L.L. (2013). Lichens: a promising source of antibiotic and anticancer drugs. Phytochemistry Reviews, 12(1), 229–244.

ISSN 3030-3907

TEPHROMELA ATRA LISHAYNIGINI KIMYOVIY TARKIBI VA BIOLOGIK FAOLLIGI

Hoshimova Shaxnoza Rarshanbek qizi
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti
Ergashova Oyzodaxon Raxmatjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti kimyo mutaxassisligi magistranti
Sherg‘oziev Qilichbek Marufjon o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi (PhD)
E-mail: qilichbek1000@gmail.com
Egamberdiyev Sobirjon Sulton o‘g‘li
O‘zR FA S.Yu. Yunusov nomidagi O‘simlik moddalari kimyosi instituti stajyor tadqiqotchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada Tephromelataceae oilasiga mansub lishaylik turi — Tephromela atra (Huds.) Hafellnerning kimyoviy tarkibi, biologik faolligi va o‘rganilganlik darajasi bo‘yicha adabiyotlardagi ma’lumotlar tizimli tahlil qilingan. 1762-yildan 2025-yilgacha bo‘lgan davrdagi 15 ta asosiy ilmiy manbaga asoslanilgan. Tephromela atradan 8 ta ikkilamchi metabolit ajratilganligi aniqlangan: atranorin va uning ikkita hosilasi, α-alektoron kislota, α-kollatol kislota, β-kollatol kislota va 2008-yilda kashf etilgan yangi tabiiy modda — dezoksikollatol kislota. β-Kollatol kislotaning superoksid-anion radikal yo‘q qilish faolligi (IC_{50} = 122 μM) etalon preparat kvertsetindan (IC_{50} = 754 μM) 6 barobar kuchliroq ekanligi aniqlangan. Antimikrobiyal tadqiqotlarda α-alektoron kislota va α-kollatol kislota 11 tur bakteriya, 9 tur zamburug‘ va 4 tur achitqiga nisbatan keng spektrli inhibitor ta’sir ko‘rsatgan, bunda Bacillus subtilis ga nisbatan eng past MIC qiymatlari qayd etilgan. Filogenetik tahlil turing 15 ta monofiletik kladdan iborat ekanligini ko‘rsatgan. Klinik sinovlar, in vivo farmakologiya va Markaziy Osiyo populyatsiyalari hali o‘rganilmagan va kelajak tadqiqotlar uchun istiqbolli yo‘nalishlar sifatida belgilangan.

Kalit so‘zlar: Tephromela atra; lishaylik; depsidon; β-kollatol kislota; dezoksikollatol kislota; antimikrobiyal; antioksidant; Trebouxia; filogenetika.

Аннотация. В данной статье проведён систематический анализ литературных данных о химическом составе, биологической активности и степени изученности лишайникового вида Tephromela atra (Huds.) Hafellner, относящегося к семейству Tephromelataceae. Работа основана на 15 ключевых научных источниках за период с 1762 по 2025 год. Установлено, что из Tephromela atra выделено 8 вторичных метаболитов: атранорин и два его производных, α-алекторовая кислота, α-коллатоловая кислота, β-коллатоловая кислота, а также новое природное соединение — дезоксиколлатоловая кислота, открытое в 2008 году. Выявлено, что

ISSN 3030-3907

активность β-коллатоловой кислоты в отношении подавления супероксид-анион-радикала (IC_{50} = 122 мкМ) в 6 раз превосходит эталонный препарат кверцетин (IC_{50} = 754 мкМ). В антимикробных исследованиях α-алекторовая кислота и α-коллатоловая кислота продемонстрировали широкий спектр ингибирующего действия в отношении 11 видов бактерий, 9 видов грибов и 4 видов дрожжей, при этом наименьшие значения МИК были зафиксированы в отношении Bacillus subtilis. Филогенетический анализ показал, что вид состоит из 15 монофилетических клад. Клинические испытания, фармакология in vivo и центральноазиатские популяции остаются неизученными и обозначены как перспективные направления для будущих исследований.

Ключевые слова: Tephromela atra; лишайник; депсидон; β-коллатоловая кислота; дезоксиколлатоловая кислота; антимикробный; антиоксидант; Trebouxia; филогенетика.

Abstract. This review systematically analyses the chemical composition, biological activity and research status of the cosmopolitan crustose lichen Tephromela atra (Huds.) Hafellner (Tephromelataceae), based on 15 key scientific publications spanning 1762–2025. Eight secondary metabolites have been isolated from T. atra: atranorin and two derivatives in the cortex, and α-alectoronic acid, α-collatolic acid, β-collatolic acid, and the new natural compound deoxycollatolic acid (first reported in 2008) in the medulla. β-Collatolic acid demonstrated superoxide anion radical scavenging activity (IC_{50} = 122 μM) six-fold stronger than quercetin (IC_{50} = 754 μM). Antimicrobial screening of α-alectoronic acid and α-collatolic acid against 11 bacterial, 9 fungal and 4 yeast species showed broad-spectrum inhibitory activity, with the lowest MIC values recorded against Bacillus subtilis. Phylogenetic analysis revealed 15 monophyletic clades within T. atra. Clinical trials, in vivo pharmacology and Central Asian populations remain unstudied and are identified as priority directions for future research.

Keywords: Tephromela atra; lichen; depsidon; β-collatolic acid; deoxycollatolic acid; antimicrobial; antioxidant; Trebouxia; phylogenetics

KIRISH.

Lishayniklar — zamburug‘ va fotosintez qiluvchi organizmlar (suvo‘t yoki sianobakteriya) o‘rtasidagi simbioz asosida hosil bo‘ladigan alohida hayot shaklidir. Dunyo bo‘ylab taxminan 20 000 tur qayd etilgan bo‘lib, ular ikkilamchi metabolitlarning boy va tabiiy manbalari sifatida farmakologiya, biotexnologiya va ekologiya sohalarida katta ahamiyatga ega [1, 2].

Tephromela atra (Huds.) Hafellner — *Tephromelataceae* oilasiga mansub qobiqsimon (crustose) lishaylik bo‘lib, 1762-yilda William Hudson tomonidan

ISSN 3030-3907

Flora Anglica asarida Lichen ater nomi bilan birinchi marta tasvirlangan. Zamonaviy taksonomik nomini 1983-yilda Josef Hafellner bergan [3]. Bu tur kosmopolit tabiatiga ko‘ra Antarktidadan tortib O‘rta yer dengizi havzasigacha turli iqlim mintaqalarida uchraydi va lishayniklar ekologiyasi hamda evolyutsiyasini o‘rganishda dunyo miqyosidagi model tur sifatida tan olingan [4, 5].

T. atra ning kimyoviy tarkibiga oid birinchi maxsus fitokimyoviy tadqiqot 2008-yilda Millot va boshqalar tomonidan o‘tkazilgan bo‘lib, ularda 6 ta ma’lum birikma va bitta yangi tabiiy modda — dezoksikollatol kislota ajratib olingan [6]. 2023-2024-yillarda Alzebair va boshqalar tomonidan *T. atra* ning antimikrobiyal va antioksidant faolligi birinchi marta keng qamrovli tarzda o‘rganilgan [1, 2].

Shu bilan birga, bu turning klinik farmakologiyasi, in vivo biologik ta’siri va bir qator geografik populyatsiyalari hali etarli darajada o‘rganilmagan. Ayniqsa, Markaziy Osiyo, jumladan, O‘zbekiston hududidagi populyatsiyalar ilmiy adabiyotlarda deyarli qayd etilmagan. Ushbu adabiyotlar sharhining maqsadi — *T. atra*ga oid kimyoviy, biologik, filogenetik va ekologik ma’lumotlarni tizimlashtirish, o‘rganilganlik darajasini baholash hamda kelajak tadqiqotlar uchun ustuvor yo‘nalishlarni belgilashdan iborat.

MATERIAL VA USULLAR.

Adabiyotlarni tanlash mezonlari

PubMed, Web of Science, Scopus, Google Scholar, ScienceDirect va bioRxiv ma’lumotlar bazalarida quyidagi kalit so‘zlar yordamida qidiruv amalga oshirildi: "*Tephromela atra*", "Tephromela chemistry", "collatolic acid", "alectoronic acid", "Lecanora atra" va ularning kombinatsiyalari.

Qidiruv davri: 1762-yildan 2026-yil maygacha. Asosiy mezonlar: (1) *T. atra* ga to‘g‘ridan-to‘g‘ri tegishli bo‘lgan original tadqiqot maqolalari; (2) kimyoviy, biologik yoki filogenetik ma’lumot o‘z ichiga olgan ishlar; (3) faqat yirik va nufuzli nashrlarda chop etilgan (yoki oldindan chop etish serverlarida joylashtirilgan) maqolalar. Natijada 15 ta asosiy manba tanlab olindi.

Taksonomik tasnif va nomenklatura

Turning taksonomik holati GBIF (Global Biodiversity Information Facility) va Index Fungorum ma’lumotlar bazalari asosida tekshirildi. Sinonimlar ro‘yxati WoRMS (World Register of Marine Species) va MycoBank platformalaridan olingan.

Ma’lumotlarni tizimlashtirish

Ma’lumotlar to‘rt yo‘nalish bo‘yicha tizimlashtirildi: (I) kimyoviy tarkib va metabolitlar profili; (II) biologik faollik — antioksidant va antimikrobiyal; (III) molekulyar biologiya va filogenetika; (IV) geografik tarqalish va ekologiya.

NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

T. atra Tephromelataceae oilasining tip turi bo‘lib, uning zamonaviy taksonomik holati quyidagicha:

1-jadval.

Tephromela atraning taksonomik tasnifi (GBIF, 2024 [13]).

Taksonomik daraja	Nomi
Saltanat	Fungi
Bo‘lim	Ascomycota
Sinf	Lecanoromycetes
Tartib	Lecanorales
Oila	*Tephromelataceae*
Avlod	Tephromela M. Choisy, 1929
Tur	*T. atra* (Huds.) Hafellner, 1983

Morfologik jihatdan *T. atra* qobiqsimon tallusni hosil qiladi. Tallus kulrang-yashildan qo‘ng‘ir-kulranggacha ranglarda bo‘lib, uning kengligi 15 sm gacha yetishi mumkin. Turning diagnostik belgisi K+ binafsha munosabat beruvchi epitetsiydir — bu depsidon guruhidagi moddalar mavjudligini ko‘rsatadi [3, 9]. Askosp’oralar oddiy, ellipsoid, 10–15 × 6–8 μm o‘lchamda. Fotobiont sifatida Trebouxia avlodiga mansub yashil suvo‘tlar xizmat qiladi [5, 7].

Tur ilmiy adabiyotlarda quyidagi sinonimlar ostida ham qayd etilgan: Lichen ater Huds. (1762), *Lecanora atra* (Huds.) Ach. — eng keng tarqalgan sinonim, *Parmelia atra* (Huds.) Ach., shuningdek *Patellaria atra, Rinodina atra* va boshqalar [13].

Geografik tarqalishi va ekologik talablar

T. atra haqiqiy kosmopolit tur bo‘lib, quyidagi hududlarda qayd etilgan: Antarktida va Subantarktika orollari, O‘rta yer dengizi havzasi, Alp tog‘lari, Shimoliy va Janubiy Amerika (Chili, Argentina), Avstraliya, Yangi Zelandiya, shuningdek Turkiya viloyatlari — Eskisehir, Bursa, Sivas, Adana va Ankara [4, 10].

Turning asosiy substrati silisiy toshlar va devorlar bo‘lib, ba’zan ohaktoshda, po‘stloq va yog‘ochda ham uchraydi. Balandlik bo‘yicha tarqalish dengiz sathidan 3000 metr va undan yuqorigacha qayd etilgan. Tur ozuqaga boy tosh yuzalarini afzal ko‘radi va havo sifatining yaxshi ko‘rsatkichi (bioindikator) sifatida qaralmoqda [3, 9].

Kimyoviy tarkib

Millot va boshqalar (2008) tomonidan o‘tkazilgan birinchi maxsus fitokimyoviy tadqiqotda *T. atra* dan 6 ta ma’lum va 1 ta yangi birikma ajratib olingan [6]. Keyinchalik Alzebair va boshqalar (2023/2024) tadqiqotida kimyoviy profil kengaytirildi [1]. Jami 8 ta birikma aniqlangan:

ISSN 3030-3907

2-jadval.

T. atradan ajratib olingan birikmalar

№	Birikma nomi	Kimyoviy sinf	Asosiy xususiyat
1	*Atranorin*	Depside	Korteks — K+ sariq; keng farmakologik spektr
2	Metil β-orsinol karboksilat	Depside hosilasi	Atranorin metaboliti; korteksda
3	*Metil haematommat*	Depside hosilasi	Atranorin bilan birga; korteksda
4	*α-Alektoron kislota*	Depsidon	Medulla; kuchli antimikrobiyal; B. subtilis ga eng past MIC
5	*α-Kollatol kislota*	Depsidon	Superoksid IC_{50} = 463 μM; kvertsetindan kuchliroq
6	*β-Kollatol kislota*	Depsidon (gidroliz hosilasi)	IC_{50} = 122 μM — kvertsetindan 6 barobar kuchliroq
7	*Dezoksikollatol kislota*	Depsidon (YANGI, 2008)	Birinchi marta *T. atra* dan aniqlangan yangi modda; YMR bilan xarakt.
8	D-Arabitol	Poliol	Fotobiont (Trebouxia) bilan bog‘liq komponent

Ekstraksiya va ajratish usullari

Kimyoviy tarkibni ajratib olishda to‘rtta erituvchi qo‘llanilgan: neft efiri (lipofilik birikmalar, atranorin uchun), diklorometan (o‘rta polarlikdagi moddalar), aseton (keng spektrli) va metanol (gidrofil birikmalar, antioksidant testlari uchun). ajratishda Sephadex LH-20 va silika gel xromatografiyasi kombinatsiyasi, shuningdek TLC texnikasi ishlatilgan. Yangi dezoksikollatol kislota tuzilishi COSY, HMQC va HMBC YMR usullari kombinatsiyasi bilan to‘liq aniqlangan [6].

Kimyoviy spot-test reaksiyalari

T. atra uchun quyidagi kimyoviy reaksiyalar xarakterli: K+ sariq (atranorin ko‘rsatkichi), KC+ sariq, C– (reaksiya yo‘q), Pd– (reaksiya yo‘q), gimenium K+ binafsha (*Tephromela* avlodining diagnostik belgisi), medulla I– [3, 9].

Biologik faollik

Antioksidant faollik

Superoksid-anion radikal yo‘q qilish faolligi (O_2^- assay) bo‘yicha *T. atra* metabolitlari quyidagi natijalarni ko‘rsatgan [6]:

3-jadval.

ISSN 3030-3907

Superoksid-anion radikal yo‘q qilish faolligi — IC_{50} qiymatlari (Millot va boshq., 2008 [6]).

Birikma	IC_{50} (µM)	Quvsat (kvertsetin = 754 µM)
Kvertsetin (etalon)	**754**	*— (nazorat)*
α-Kollatol kislota (5)	**463**	*Kvertsetindan 1,6 barobar kuchliroq*
β-Kollatol kislota (6)	***122***	*Kvertsetindan 6,2 barobar kuchliroq*

Bundan tashqari, *T. atra* ning metanol ekstrakti DPPH• radikal yo‘q qilishda barcha sinab ko‘rilgan konsentratsiyalarda muhim darajada faollik ko‘rsatgan [1].

Antimikrobiyal Faollik

Alzebair va boshqalar (2023/2024) tomonidan o‘tkazilgan keng qamrovli tadqiqotda *T. atra* ning 4 xil ekstrakti (atsetonli, diklorometanli, neft efiri va metanollik) hamda ajratib olingan α-alektoron kislota va α-kollatol kislota disk-diffuziya va bulon mikrodilüsiya usullari yordamida 24 mikroorganizm (11 bakteriya, 9 zamburug‘, 4 achitqi) turi bilan sinab ko‘rilgan [1]:

- α-Alektoron kislota va α-kollatol kislota aksariyat sinab ko‘rilgan bakteriyalarga nisbatan sezilarli inhibitor ta’sir ko‘rsatdi
- *Bacillus subtilis* ga nisbatan eng past MIC qiymatlari ikkala kislota uchun ham qayd etildi
- *Staphylococcus aureus* ga nisbatan MIC: α-alektoron kislota uchun 500 µg/mL (Rajan va boshq., 2016 [boshqa tur]), ushbu tadqiqotda esa undan past qiymat olindi
- Zamburug‘ va achitqilarga qarshi faollik ham aniqlandi, ammo bakterial spektrga nisbatan farqli ko‘rinishda
- Atsetonli ekstrakt kuchli antifungal ta’sir ko‘rsatdi; xlorgamfenikol va katokonazol nazorat sifatida ishlatildi

Atranorinning farmakologik xususiyatlari

T. atra ning asosiy korteks metaboliti atranorin turli tadqiqotlarda quyidagi faolliklar ko‘rsatgan:

- Sitotoksik/antitumor: MCF-7 (ko‘krak sartoni) hujayralarida IC_{50} = 7,55 ± 1,2 µM va MDA-MB-231 da IC_{50} = 5,36 ± 0,85 µM (Harikrishnan va boshq., 2021)
- Glioblastoma: A-172, T98G va U-138 MG miya o‘sma hujayralarida ijobiy ta’sir (Majchrzak-Celinska va boshq., 2022)

ISSN 3030-3907

• O‘pka sartoni: A549 hujayralar ko‘chishi va invasiyasini 10 μg/mL dozada inhibirlash (Zhou va boshq., 2017)

• Qo‘shimcha faolliklar: analgetik, yallig‘lanishga qarshi, antidiyabetik, antiulcer, antiviral, antiparazitar, larvitsid

Molekulyar biologiya va filogenetika

Filogenetik tuzilish

Muggia va boshqalar (2014, Fungal Diversity) dunyoviy miqyosdagi namunalar asosida uchta yadro markeri (ITS, nuLSU rDNA, RPB1) yordamida filogenetik tahlil o‘tkazib, *T. atra* kompleksida 15 ta monofiletik kladni aniqladilar [4]. Bu kladlar geografik jihatdan Alp tog‘lari, O‘rta yer dengizi havzasi, Antarktida, Yangi Zelandiya, Tinch Okean Shimoli-G‘arbi, Chili va boshqa mintaqalarga mos keladi.

Turning yuqori fenotipik plastikligi va keng geografik tarqalishi bir tur sifatidagi ta’rifiga ko‘ra cheklangan bo‘lsa-da, filogenetik ma’lumotlar uning ichida bir nechta mustaqil evolyutsion liniyalar mavjudligini ko‘rsatadi. 2016-yilda ana shunday tahlil asosida yangi tur — *Tephromela pacifica* — tasvirlangan [11].

Fotobiont (Trebouxia) xilma-xilligi

Muggia va boshqalar (2010, 2014) tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlarda *T. atra* ning Trebouxia avlosiga mansub 12 ta genetik liniya bilan simbioz qurishga qodirligi aniqlangan [5, 7]. Asosiy natijalar:

• Alp liniyasi: Trebouxia simplex (‘T. jamesii’ kompleksi) — sovuq, kislotali sharoitlarga ixtisoslashgan

• O‘rta yer dengizi liniyasi: mustaqil evolyutsiyada Mediterran iqlimiga moslashgan Trebouxia turlari

• Antarktida/Yangi Zelandiya: Trebouxia vagua "A10" liniyasi — faqat *T. atra* bilan bog‘liq (Frontiers in Microbiology, 2022 [12])

• Fotobiont selektivligi turning ekologik tolerantligini va evolyutsion divergensiyasini belgilaydi

T. atra mikobiomasi

Cometto va boshqalar (2022, Fungal Biology) *T. atra* tallusida yashayotgan zamburug‘lar xilma-xilligini o‘rganib, 76 ta bazidiomitset achitqi shtammini ajratib oldilar [8]. Bu — *T. atra* mycobiomening ilk keng o‘rganilishi:

• Ascomycota: Chaetothyriales va Dothideomycetes — ustunlik qiluvchi sinflar

• Yangi turlar: Cladophialophora endolichena va Paracaldophialophora lichenicola — *T. atra* dan birinchi marta aniqlangan

• Kurtzmanomyces lichenum — yangi achitqi turi

ISSN 3030-3907

• 2025-yilda Stoppiello va boshqalar Antarktida lishayniklarida intratallus zamburug‘ va bakteriya xilma-xilligini yanada keng tahlil qildi [15]

MUHOKAMA.

Kimyoviy tarkibning ahamiyati

T. atra ning kimyoviy profili korteks va medulla o‘rtasida aniq farqlanadi: korteksda atranorin va uning hosilalari, medulyada esa depsidon birikmalar to‘planadi. Dezoksikollatol kislotaning (birikma 7) 2008-yilda kashf etilishi alohida ahamiyatga ega — bu *T. atra* dan ajratilgan ilk yangi tabiiy modda bo‘lib, biosintez yo‘li va biologik faolligi hali to‘liq ochilmagan [6].

β-Kollatol kislota (IC_{50} = 122 μM) ning superoksid yo‘q qilish faolligi kvertsetindan 6 barobar kuchliroq ekanligi alohida diqqatni tortadi. Kvertsetin klinik amaliyotda keng foydalaniladigan tabiiy antioksidant ekanligini hisobga olsak, ushbu natija β-kollatol kislotaning yangi antioksidant dori-vosita sifatidagi salohiyatini isbotlaydi [6].

Antimikrobiyal natijalarning baholanishi

Alzebair va boshqalar (2023/2024) tadqiqoti *T. atra* ning to‘liq biologik faollik profilini birinchi marta keng spektrda ochib bergan. Biroq ushbu ishning natijalarini o‘rganishda bir qancha cheklovlarni e’tiborga olish zarur: MIC qiymatlarining aniq miqdori adabiyotlarda to‘liq keltirirlmagan; sinab ko‘rilgan shtammlar tanlanishida standartlashtirilgan mezonlar haqida ma’lumot cheklangan; shuningdek, natijalar klinik ma’lumotlar bilan tasdiqlanmagan [1, 2].

Shunday bo‘lsa-da, α-alektoron kislotaning Bacillus subtilis va S. aureus ga nisbatan kuchli ta’siri bu turning antibiotik alternativ sifatida o‘rganilishini asoslantiradi. MRSA va ko‘p dorivorlikka chidamli (MDR) shtammlarga nisbatan ta’siri hali tekshirilmagan — bu kelajak tadqiqotlarning ustuvor yo‘nalishi hisoblanadi.

Filogenetik ma’lumotlarning ta’siri

T. atra da 15 ta monofiletik kladning aniqlanishi ushbu turning "bir tur" sifatidagi chegarasini qayta ko‘rib chiqishga undamoqda. Bu kladlar orasida kimyoviy tarkib farqlari ham kuzatilgan [11]. Tur doirasidagi kimyoviy xilma-xillikni to‘liq tushunish uchun geografik populyatsiyalar — ayniqsa hali o‘rganilmagan Markaziy Osiyo namunalarini qamrab olgan keng miqyosli metabolomik tahlil zarur.

O‘rganilganlik darajasining umumiy baholash

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, *T. atra* ning taksonomik nomenklaturasi, morfologik tavsifi va filogenetik tuzilishi yaxshi o‘rganilgan. Kimyoviy tarkib ham ma’lum darajada aniqlangan (8 ta birikma), ammo geografik populyatsiyalar o‘rtasidagi kimyoviy farqlar hali etarli o‘rganilmagan.

ISSN 3030-3907

Eng kam tadqiq etilgan soha — klinik farmakologiya: hozirgacha in vitro ma’lumotlargina mavjud, in vivo va klinik sinovlar o‘tkazilmagan [1, 4].

Kelajak tadqiqot istiqbollari

Adabiyotlar tahlili shuni anglatadiki, dezoksikollatol, α- va β-kollatol kislotalar kabi tabiiy metabolitlar keng biologik faollikka ega bo‘lib, ularni chuqurroq o‘rganish yangi farmatsevtik vositalar yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, ularning sitotoksik va antitumor xususiyatlari saraton hujayralariga selektiv ta’sir qilish va apoptoz jarayonlarini induksiya qilish imkoniyatlari bilan izohlanadi. Shu bilan birga, ushbu birikmalarning Methicillin-resistant Staphylococcus aureus kabi antibiotiklarga chidamli patogenlarga qarshi faolligi ularni yangi avlod antimikrob preparatlar sifatida ko‘rib chiqish imkonini beradi. Ayrim tadqiqotlar esa ularning antiviral potensialini, jumladan COVID-19 va gripp viruslariga qarshi ta’sirini o‘rganish zarurligini ko‘rsatmoqda. Shu nuqtai nazardan, nanoformulatsiya yondashuvlari (PLGA, liposoma va xitozan asosidagi tizimlar) orqali ushbu moddalar bioo‘zlashtirilishini oshirish va ularning farmakokinetik ko‘rsatkichlarini yaxshilash istiqbolli yo‘nalish sifatida baholanadi.

Kimyoviy ekologiya va biotexnologiya sohasidagi manbalar tahlili metabolomika yondashuvlari yordamida turli geografik populyatsiyalarda metabolitlar xilma-xilligini aniqlash va ularning ekologik omillar bilan bog‘liqligini o‘rganish muhimligini ta’kidlaydi. LC-MS/MS asosidagi tadqiqotlar orqali kimyoviy profillarni qiyosiy tahlil qilish, bioaktiv birikmalarni aniqlash va ularni kimyoviy marker sifatida qo‘llash imkoniyatlari mavjud. Shu bilan birga, depsidon biosintezida ishtirok etuvchi PKS genlarini aniqlash va ularni molekulyar-biologik usullar orqali tadqiq etish kelgusida gen injiniring asosida yuqori samarali metabolitlar ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish imkonini beradi. Bioreaktor texnologiyalari orqali mikobiontni in vitro sharoitda o‘stirish esa β-kollatol kislota kabi qimmatli metabolitlarni barqaror va nazorat ostida olish uchun muhim platforma bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Ekologik va geografik yo‘nalishdagi adabiyotlar *Tephromela atra*ning tarqalishi va ekologik moslashuvchanligini o‘rganish hali yetarlicha yoritilmaganini ko‘rsatadi, ayniqsa Markaziy Osiyo hududlari uchun ma’lumotlar deyarli mavjud emas. Shu sababli, ushbu hududlarda turning tarqalishini aniqlash, ekologik nişasini baholash va iqlim o‘zgarishlariga javob reaksiyalarini monitoring qilish dolzarb ilmiy vazifa hisoblanadi. Bundan tashqari, likenlarning bioindikator sifatidagi xususiyatlari ularni atmosfera havosi sifati va og‘ir metall ifloslanishini baholashda samarali vosita sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Genomika va proteomika yo‘nalishidagi tadqiqotlar esa liken simbiozining murakkab tabiatini chuqurroq tushunishga qaratilgan. Mycobiont va fotobiont

ISSN 3030-3907

genomlarini to‘liq sekvenslash, ularning o‘zaro molekulyar aloqalarini tahlil qilish hamda simbioz mexanizmlarini aniqlash ushbu tizimning funksional biologiyasini ochib berishda muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, kriptik turlarni aniqlash va ularning har biriga xos kimyoviy profillarni tavsiflash likenlar xilma-xilligini yanada aniqroq tasniflash va ularni maqsadli ravishda farmakologik tadqiqotlarga yo‘naltirish imkonini beradi.

XULOSA.

Ushbu adabiyotlar sharhi *Tephromela atra* (Huds.) Hafellner lishayligining kimyoviy tarkibi, biologik faolligi va o‘rganilganlik darajasi bo‘yicha mavjud ma’lumotlarni birinchi marta o‘zbek tili va xalqaro standartda tizimlashtirdi. Asosiy xulosalar:

1. *T. atra* dan 8 ta ikkilamchi metabolit aniqlangan: 3 ta depside (atranorin va hosilalari) va 4 ta depsidon. 2008-yilda kashf etilgan dezoksikollatol kislota ushbu turga xos yangi tabiiy modda sifatida ilmiy ahamiyatga ega.

2. β-Kollatol kislota (IC_{50} = 122 μM) superoksid-anion yo‘q qilishda kvertsetindan 6,2 barobar kuchliroq ekanligi aniqlangan.

3. α-Alektoron kislota va α-kollatol kislota 11 bakteriya, 9 zamburug‘ va 4 achitqi turiga qarshi keng antimikrobiyal spektr ko‘rsatdi; B. subtilis ga nisbatan eng past MIC qayd etildi.

4. Filogenetik tahlil turing 15 ta monofiletik kladdan iborat ekanligini ko‘rsatdi; Trebouxia fotobiontining 12 ta liniyasi bilan simbioz qurishga qobiliyati turning keng ekologik amplitudasini tushuntiradi.

5. Klinik sinovlar, in vivo farmakologiya, MRSA ga ta’sir va Markaziy Osiyo (jumladan O‘zbekiston) populyatsiyalari kelajak tadqiqotlarning ustuvor yo‘nalishlari sifatida belgilandi.

T. atra — farmakologiya, biotexnologiya va ekologik monitoring uchun katta salohiyatga ega tur bo‘lib, ushbu sharh unga bag‘ishlangan kelajak tadqiqotlar uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Alzebair A., Yilmaz Cankilic M., Avan İ., Candan M. (2023). Investigation of Antimicrobial and Antioxidant Activity of *Tephromela atra* Lichen and its Chemical Isolates, α-Alectoronic Acid and α-Collatolic Acid. bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2023.11.05.565661

2. Alzebair A. va boshq. (2024). SSRN preprint — *Tephromela atra* antimicrobial and antioxidant. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id= 4732212

3. NZPCN (2024). *Tephromela atra*. New Zealand Plant Conservation Network. https://www.nzpcn.org.nz/flora/species/tephromela-atra/

ISSN 3030-3907

4. Muggia L., Grube M., Tretiach M. (2014). Global assessment of genetic variation and phenotypic plasticity in *Tephromela atra*. Fungal Diversity, 64, 233–250. https://doi.org/10.1007/s13225-013-0271-4
5. Muggia L., Zellnig G., Rabensteiner J., Grube M. (2010). Morphological and phylogenetic study of algal partners associated with *Tephromela atra*. Symbiosis, 51, 149–160. https://doi.org/10.1007/s13199-010-0060-8
6. Millot M. va boshq. (2008). Phytochemical investigation of *Tephromela atra*: NMR studies of collatolic acid derivatives. Phytochemistry Letters, 1(3), 139–143. https://doi.org/10.1016/j.phytol.2008.07.003
7. Muggia L., Pérez-Ortega S., Kopun T., Zellnig G., Grube M. (2014). Photobiont selectivity leads to ecological tolerance and evolutionary divergence in a polymorphic complex. Annals of Botany, 114(3), 463–475. https://doi.org/10.1093/aob/mcu124
8. Cometto A., Leavitt S.D., Millanes A.M. va boshq. (2022). The yeast lichenosphere: high diversity of basidiomycetes from *Tephromela atra* and Rhizoplaca melanophthalma. Fungal Biology, 126(9), 587–608. https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.07.009
9. Lichen Maritime Database (2024). *Tephromela atra* var. atra. http://www.lichensmaritimes.org/index.php?task=fiche&lichen=64&lang=en
10. Avan İ., Candan M. va boshq. (2024). Molecular Characterization of *Tephromela atra* and T. grumosa from Bozdag Mountain Based on ITS1 rDNA Sequences Analysis. bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2024.01.04.574211
11. Cestaro L., Tønsberg T., Muggia L. (2016). Phylogenetic data and chemical traits characterize a new species in Tephromela. Herzogia, 29, 383–402.
12. Frontiers in Microbiology (2022). Photobiont Diversity in Lichen Symbioses From Extreme Environments. PMC9002315. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9002315/
13. GBIF Secretariat (2024). *Tephromela atra* (Huds.) Hafellner. GBIF Backbone Taxonomy. https://www.gbif.org/species/7247033
14. Muggia L., Grube M., Tretiach M. (2008). Genetic diversity and photobiont association in selected taxa of the *Tephromela atra* group. Mycological Progress, 7, 147–160.
15. Stoppiello G.A., De Carolis R., Coleine C. va boshq. (2025). Intrathalline Fungal and Bacterial Diversity in Antarctic Lichen Symbioses. Environmental Microbiology Reports. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12052756/.

ISSN 3030-3907

UDC 004.928

XORIJIY TILLARNI INTERAKTIV O‘RGANISHDA MOBIL ILOVALARNI O‘RNI

Xasanov Adxamjon Akramovich
University of Business and Science, “Innovatsion texnologiyalar” kafedrasi katta o‘qituvchisi, PhD,
Tel: 97 710 06 70
Xolmirzayeva Madinaxon Baxromjon qizi
Is'hoqxon Ibrat nomli tillarga ixtisoslashtirilgan ijod maktabining pedagog-tarbiyachisi
Tel: 88 571 00 44

Annotatsiya. Ushu maqola mobil ilovalar orqali chet tillarini o‘rganishning yangicha usuli haqida. Ya’ni mazkur mobil dastur 3D virtual reallikda sun’iy intellekt bilan jonli suhbat orqali o‘rganishni o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: Unity 3D, model, 3D model, Virtual Reallik, Sun'iy intellect.

Аннотация. Эта статья о новом способе изучения иностранных языков через мобильные приложения. То есть это мобильное приложение охватывает обучение в 3D виртуальной реальности посредством живого чата с искусственным интеллектом.

Ключевые слова. Unity 3D, model, 3D model, Виртуальная реальность, искусственный интеллект

Abstract. This article is about a new way to learn foreign languages through mobile applications. That is, this mobile application covers learning in 3D virtual reality through live chat with artificial intelligence.

Keywords. Unity 3D, model, 3D model, Virtual Reality, Artificial Intelligence

KIRISH.

Bugungi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi barcha sohalarga, jumladan ta’lim tizimiga ham sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Ayniqsa, xorijiy tillarni o‘rganishda mobil ilovalar orqali ta’lim olish ommalashib bormoqda. Mobil ilovalar foydalanuvchilarga istalgan joyda va istalgan vaqtda bilim olish imkoniyatini yaratadi. Shuningdek, mazkur yondashuv zamonaviy pedagogik texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan holda o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Interaktiv muhit foydalanuvchini faol ishtirok etishga undaydi va bilimlarni mustahkamlash imkoniyatini yaratadi.

So‘nggi yillarda mobil qurilmalar va ilovalarning keng tarqalishi foydalanuvchilarga istalgan joy va vaqtda o‘quv materiallariga murojaat qilish imkonini yaratmoqda. Shu sababli mobil ilovalarning chet tillarini o‘qitishdagi o‘rni va samaradorligini o‘rganish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Mobil ilovalarning afzalliklari. Mobil ilovalar o‘quv jarayonini interaktiv tashkil etish, individual yondashuvni ta’minlash va foydalanuvchining o‘zlashtirish darajasini kuzatish imkonini beradi. Ular audio, video, grafik va animatsion elementlarni birlashtirgan holda samarali o‘qitish vositasiga aylanmoqda. Shuningdek, mazkur yondashuv zamonaviy pedagogik texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan holda o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Interaktiv muhit foydalanuvchini faol ishtirok etishga undaydi va bilimlarni mustahkamlash imkoniyatini yaratadi.

Virtual reallik va 3D texnologiyalar. Unity 3D platformasi yordamida yaratiladigan virtual muhit foydalanuvchini real holatlarga yaqinlashtiradi. 3D modellar yordamida predmetlar, hayvonlar, kundalik buyumlar va suhbat jarayonlari vizual ko‘rinishda namoyish qilinadi. Shuningdek, mazkur yondashuv zamonaviy pedagogik texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan holda o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Interaktiv muhit foydalanuvchini faol ishtirok etishga undaydi va bilimlarni mustahkamlash imkoniyatini yaratadi.

Til o‘rganuvlar uchun Unity 3D dasturi orqali turli xil tillarni virtual-jonli o‘rganishni o‘zbek tilida yo‘lga qo‘yish kerak (1-rasm).



1-rasm. Unity 3D dasturi interfeysi

Bunda uyali telefon orqali virtual o‘qituvchi ayol bilan muloqoti yaratiladi. 3D model sifatida yaratilgan o‘qituvchi inson hayvonlarni, meva-sabzavotlarni va boshqa doimiy hayotimizda qo‘llaniladigan predmetlarni 3D modeli bilan, hatto hayvon-jonzotlarni ovozi hamda harakati bilan aytib, o‘rgatadi. Buni eng qulayligi ham shundaki, foydalanuvchi o‘rganayotgan predmetlarini yana ham anglab tushunish uchun har tomonlama aylantirib ko‘rishi mumkin. Bu esa eslab qolish uchun juda qulay yo‘l hisoblanib, shu so‘z bilan ko‘z o‘ngida gavdalanishi

ISSN 3030-3907

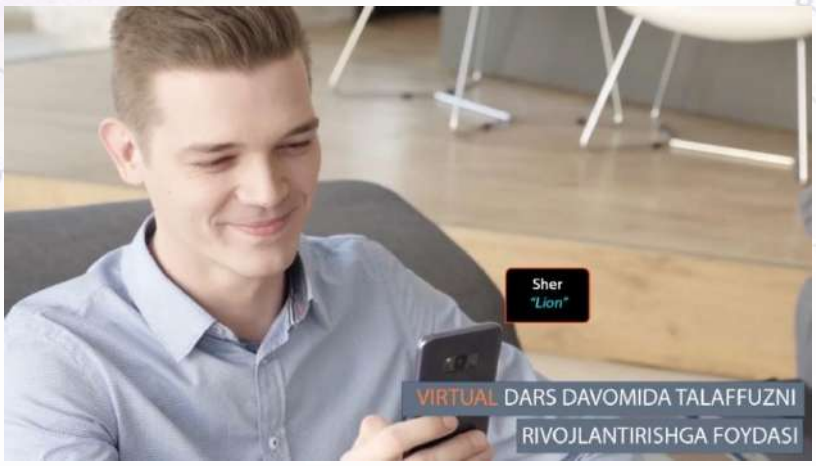
esda qolishda yaxshi rol o‘ynaydi. Dars so‘ngida virtual o‘qituvchi o‘zlashtirilgan yangi so‘zlarni o‘zbek tilida so‘rab, ingliz (yoki o‘rganilayotgan tilda) javob qaytarishingizni talab qiladi. Bu vaqtda foydalanuvchi ingliz tilida javob qaytaradi agar to‘g‘ri o‘rgatilgandek va sof talaffuz qilinsa tasdiq tariqasida shu predmetni dars avvalidagi 3D modeli paydo bo‘ladi (2-rasm).



2-rasm. Virtual til o‘rganish interfeysi

Bu dastur orqali nafaqat tillarni hattoki ibora va so‘zlashuv gaplarini ham o‘rganish mumkin. Buni restoran misolida ko‘rsak. Virtual o‘qituvchi avval so‘zlashuv gaplarini o‘rgatadi, masalan ofitsant bilan. Dars so‘ngida virtual o‘qituvchi ofitsant ko‘rinishiga o‘zgaradi va sizdan huddi real hayotdagidek "Nima istaysiz?- what would you like?" savoliga dars avvalida o‘rgangan ibora gaplaringizni qo‘llashlari mumkin bo‘ladi. Misol uchun: "Men bir chashka kofe ichmoqchiman - i would like a cup of coffee" misolida javob qaytarganda dasturga kiritilgan algoritm yordamida dars boshida ko‘rsatilgan bir chashka qahvani 3D modeli paydo bo‘ladi va shu bilan boshqa so‘rovlarni amalga oshirishi yoki virtual ofitsant savollariga o‘rganayotgan tilida javob qaytarib suhbat qilishi mumkin. Biz bu yo‘l bilan til o‘rganuvchilarni nafaqat so‘z boyligini hatto ularni to‘g‘ri talaffuz qilishlarini, real suhbatdagi hayajonlarini ketkazishni ta’minlagan bo‘lamiz. Mazkur loyihada til o‘rganuvchilar istalgan yoshdagilarni qamrab olishi mumkin (3-rasm).

ISSN 3030-3907



3-rasm. Virtual til o‘rganish interfeysi

Bunda foydalanuvchi dasturni yuklab oladi, nishon (target) sifatida mavjud biror yerni dasturni o‘zida rasmga oladi. Bundan maqsad keyingi 3D jarayonlar mana shu belgilangan nishon(target)ni o‘zi uchun o‘rnash joyi deb qabul qiladi va shu nishonni kamerada yoqatmasdan foydalanishni talab qiladi. So‘ng virtual 3D o‘qituvchi bilan dars boshlanadi (4-rasm).



4-rasm. Virtual til o‘rganish interfeysi

Mazkur ilova Unity 3D dasturi orqali yaratiladi. Bunda C# dasturlash tili orqali buyruqlar yoziladi va shu bilan birga Unity 3D dasturini o‘zini elektron kutibxonasidan yordamchi plaginlaridan foydalaniladi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, mobil ilovalar chet tillarini o‘rganish jarayonida samarali vosita hisoblanadi. Ular o‘quvchilarning motivatsiyasini oshiradi, mustaqil ta’lim imkoniyatlarini kengaytiradi va til ko‘nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Kelajakda mobil texnologiyalar asosidagi ta’lim platformalarini sun’iy intellekt elementlari bilan boyitish til o‘rganish samaradorligini yanada oshirishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Alex Okita. Learning C# Programming with Unity 3D. 2020, 691 p.

2. M.Aripov, B.Begalov va b. Axborot texnologiyalari O‘quv qo‘llanma T.: “Noshir” 2009. 368-b.
3. Cay Horsman, C++ For everyone. Printed in the United. 2010.

ISSN 3030-3907

NATRIY DODESIL SULFAT ERITMASIDA AGREGATSIYA JARAYONLARINI DINAMIK YORUG‘LIK SOCHILISHI USULI BILAN TAHLIL QILISH

Ramazonova Zuxro Yorboyevna
Buxoro davlat universiteti 1-bosqich tayanch doktoranti

Annotatsiya. Ushbu ishda natriy dodesil sulfat (NaDDS) suvli eritmasining zarracha o‘lchami taqsimoti dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS) usuli yordamida eksperimental ravishda o‘rganildi. Tadqiqot jarayonida olingan intensivlik taqsimoti ma’lumotlari asosida tizimda uchta asosiy pik mavjudligi aniqlandi. Birinchi pik juda kichik o‘lchamga ega bo‘lib, molekulyar daraja yoki o‘lchov shovqini bilan bog‘liq deb baholandi. Ikkinchi pik 30–50 nm diapazonda joylashib, micella agregatlari mavjudligini ko‘rsatdi. Uchinchi va eng katta pik esa 10^4 nm atrofida kuzatilib, yirik aglomeratlarning ustun ekanini tasdiqladi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, NaDDS eritmasi monodispers emas, balki yuqori darajada polidispers tizim hisoblanadi. Bu esa surfaktant molekulalarining faqat micella hosil qilish bilan cheklanmay, balki keyingi bosqichlarda murakkab agregatsiya jarayonlariga o‘tishini anglatadi. Olingan natijalar NaDDS asosidagi kolloid tizimlarning strukturaviy xususiyatlarini chuqurroq tushunishga yordam beradi va ularni amaliy sohalarda samarali qo‘llash uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: natriy dodesil sulfat, surfaktant, dinamik yorug‘lik sochilishi, zarracha o‘lchami taqsimoti, micella, agregatsiya, aglomerat, polidisperslik, kolloid tizim, gidrodinamik diametr.

Аннотация. В данной работе экспериментально исследовано распределение частиц по размерам водного раствора додецилсульфата натрия (NaDDS) с использованием метода динамического рассеяния света (DLS). На основе данных о распределении интенсивности, полученных в ходе исследования, было установлено наличие трех основных пиков в системе. Первый пик имеет очень малый размер и считается связанным с молекулярным уровнем или шумом измерения. Второй пик расположен в диапазоне 30–50 нм, что указывает на присутствие мицеллярных агрегатов. Третий и самый большой пик наблюдается около 10^4 нм, подтверждая преобладание крупных агломератов. Результаты показали, что раствор NaDDS представляет собой не монодисперсную, а сильно полидисперсную систему. Это означает, что молекулы поверхностно-активного вещества не ограничиваются образованием мицелл, но также подвергаются сложным процессам агрегации на последующих стадиях. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию структурных свойств

ISSN 3030-3907

коллоидных систем на основе NaDDS и создают важную научную основу для их эффективного применения в практических областях.

Ключевые слова: додецилсульфат натрия, поверхностно-активное вещество, динамическое рассеяние света, распределение частиц по размерам, мицелла, агрегация, агломерат, полидисперсность, коллоидная система, гидродинамический диаметр.

Abstract. In this work, the particle size distribution of sodium dodecyl sulfate (NaDDS) aqueous solution was experimentally studied using the dynamic light scattering (DLS) method. Based on the intensity distribution data obtained during the study, it was determined that there are three main peaks in the system. The first peak has a very small size and is considered to be related to the molecular level or measurement noise. The second peak is located in the range of 30–50 nm, indicating the presence of micelle aggregates. The third and largest peak is observed around 10^4 nm, confirming the dominance of large agglomerates. The results showed that the NaDDS solution is not a monodisperse, but a highly polydisperse system. This means that the surfactant molecules are not limited to the formation of micelles, but also undergo complex aggregation processes in the subsequent stages. The obtained results contribute to a deeper understanding of the structural properties of NaDDS-based colloidal systems and create an important scientific basis for their effective application in practical areas.

Keywords: sodium dodecyl sulfate, surfactant, dynamic light scattering, particle size distribution, micelle, aggregation, agglomerate, polydispersity, colloidal system, hydrodynamic diameter.

1. KIRISH.

Natriy dodesil sulfat (NaDDS yoki SDS) keng qo‘llaniladigan anion surfaktantlardan biri bo‘lib, u kimyo, biologiya, farmatsevtika va materialshunoslik sohalarida muhim ahamiyatga ega. Uning molekulyar tuzilmasi amfifil xarakterga ega, ya’ni molekulada bir vaqtning o‘zida gidrofil (suvni tortuvchi) va gidrofob (suvdan qochuvchi) qismlar mavjud. Gidrofil qismi sulfat guruhi ($–SO_4^-$) bo‘lib, suv bilan yaxshi o‘zaro ta’sirlashadi, gidrofob qismi esa uzun uglevodorod zanjiri ($C_{12}H_{25}–$) dan iborat. Aynan shu ikki xil xususiyatning birlashuvi NaDDS molekulalariga suvli muhitda o‘z-o‘zidan tartiblanish va murakkab kolloid strukturalar hosil qilish imkonini beradi [1-2].

NaDDS eritmalari uchun eng muhim tushunchalardan biri bu kritik micella konsentratsiyasi (CMC) hisoblanadi. CMC – bu shunday konsentratsiyaki, undan pastda surfaktant molekulalari asosan alohida (monomer) holatda bo‘ladi, undan yuqorida esa ular o‘zaro birlashib micellalar hosil qiladi. Past konsentratsiyada NaDDS molekulalari suvda erigan holda tartibsiz tarqaladi va tizimda sezilarli struktura kuzatilmaydi [2-3]. Biroq konsentratsiya oshib, CMC ga yetgach,

ISSN 3030-3907

molekulalar energetik jihatdan barqarorroq holatga o‘tish uchun gidrofob qismlarini ichkariga, gidrofil qismlarini tashqariga qaratgan holda sferik yoki ellipsoid micellalar hosil qiladi. Bu jarayon suv va gidrofob zanjirlar o‘rtasidagi noqulay o‘zaro ta’sirni kamaytiradi va tizimning umumiy erkin energiyasini pasaytiradi (Israelachvili, 2011) [4].

Adabiyotlarda keltirilishicha, ideal sharoitda SDS micellalarining o‘lchami odatda 3–8 nm diapazonda bo‘ladi (Rosen & Kunjappu, 2012). Bu qiymatlar asosan past ion kuchi va optimal konsentratsiyalarda kuzatiladi. Biroq real tajribaviy tizimlarda bu qiymatlar sezilarli darajada o‘zgarishi mumkin. Sababi, eritmadagi ion kuchi, harorat, qo‘shimcha moddalar mavjudligi va konsentratsiya darajasi micella strukturasiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, elektrolitlar mavjud bo‘lganda elektrostatik itarilish kamayadi va micellalar bir-biriga yaqinlashib, yirik agregatlar hosil qilishi mumkin.

NaDDS tizimlarini o‘rganishda dinamik yorug‘lik sochilishi (Dynamic Light Scattering, DLS) usuli keng qo‘llaniladi. Ushbu usul Braun harakatidagi zarrachalarning yorug‘likni sochish xususiyatiga asoslanadi. DLS yordamida zarrachalarning gidrodinamik diametri aniqlanadi, ya’ni zarrachaning suyuqlik ichida harakatlanishiga ta’sir qiluvchi samarali o‘lchami baholanadi. Bu usul ayniqsa kolloid tizimlar uchun qulay, chunki u nanometrdan mikrometrgacha bo‘lgan o‘lchamlarni yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi (Bhattacharjee, 2016).[5]

DLS usuli yordamida uchta asosiy parametr baholanadi. Birinchidan, zarracha o‘lchami aniqlanadi, bu micella yoki agregatlarning haqiqiy hajmini ko‘rsatadi. Ikkinchidan, agregatsiya darajasi baholanadi, ya’ni tizimda faqat micellalar mavjudmi yoki ular bir-biri bilan birlashib yirik strukturalar hosil qilganmi aniqlanadi. Uchinchidan, polidisperslik indeksi orqali tizimning bir xil yoki turli o‘lchamdagi zarrachalardan iborat ekanligi aniqlanadi. Agar tizim monodispers bo‘lsa, barcha zarrachalar deyarli bir xil o‘lchamga ega bo‘ladi. Agar polidispers bo‘lsa, turli o‘lchamdagi zarrachalar mavjud bo‘ladi va bu holat murakkab agregatsiya jarayonlarini ko‘rsatadi.

Real tizimlarda ko‘pincha ideal micella holati kuzatilmaydi. Aksincha, ko‘p darajali agregatsiya sodir bo‘ladi. Bu jarayon bir necha bosqichda kechadi. Dastlab monomerlar micellalarga birlashadi. Keyingi bosqichda micellalar o‘zaro ta’sirlashib, ikkilamchi agregatlar hosil qiladi. Bundan tashqari, yuqori konsentratsiyalarda yoki noqulay sharoitlarda micella klasterlari hosil bo‘lib, ular yanada yirik aglomeratlarga aylanishi mumkin. Bunday tizimlarda zarracha o‘lchami bir nechta diapazonda taqsimlanadi, ya’ni multimodal taqsimot yuzaga keladi. Bu holat ko‘pincha DLS natijalarida bir nechta piklarning mavjudligi bilan namoyon bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

NaDDS asosidagi tizimlarda agregatsiya mexanizmini tushunish amaliy jihatdan muhim hisoblanadi. Masalan, farmatsevtikada dori moddalarni tashuvchi tizimlar yaratishda micella va ularning barqarorligi katta rol o‘ynaydi. Agar micellalar juda tez agregatsiyaga uchrasa, bu dori moddaning yetkazib berilishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, yuvish vositalari va kosmetik mahsulotlarda ham surfaktantlarning dispers holati muhim ahamiyatga ega. Tizimda yirik agregatlar paydo bo‘lishi mahsulotning samaradorligini kamaytirishi mumkin.

Shu sababli, NaDDS eritmalarida zarracha o‘lchami taqsimotini chuqur tahlil qilish zarur. DLS yordamida olingan eksperimental ma’lumotlar tizimdagi real strukturalarni aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, bir nechta o‘lcham diapazonlarining mavjudligi micella va agregatlar o‘rtasidagi muvozanatni ko‘rsatadi. Bu esa surfaktant tizimlarini optimallashtirish va ularning xossalarini boshqarish uchun muhim ilmiy asos yaratadi[5-6].

Mazkur ishning asosiy maqsadi NaDDS eritmasida zarracha o‘lchami taqsimotini eksperimental DLS ma’lumotlari asosida tahlil qilishdan iborat. Tahlil natijasida tizimdagi micella va yirik agregatlarning mavjudligi, ularning o‘lchamlari va ulushlari aniqlanadi. Bu natijalar NaDDS asosidagi kolloid tizimlarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini chuqurroq tushunishga yordam beradi hamda amaliy qo‘llanilish sohalarida samarali foydalanish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

2. MATERIALLAR VA METODLAR.

Ushbu tadqiqotda natriy dodesil sulfat (NaDDS) asosidagi suvli eritmaning zarracha o‘lchami taqsimoti eksperimental ravishda o‘rganildi. Tajriba uchun asosiy modda sifatida yuqori tozalikka ega natriy dodesil sulfat (NaDDS) ishlatildi. Erituvchi sifatida distillangan suv tanlandi, chunki u ion va qo‘shimcha aralashmalardan maksimal darajada tozalangan bo‘lib, surfaktant tizimining xossalariga tashqi omillar ta’sirini kamaytiradi. Eritma tayyorlash jarayonida NaDDS ma’lum konsentratsiyada suvda eritildi va to‘liq erishi uchun aralashtirildi. Bu bosqich micella hosil bo‘lishi uchun zarur sharoitlarni yaratadi.

Zarrachalar o‘lchamini aniqlash uchun dinamik yorug‘lik sochilishi (Dynamic Light Scattering, DLS) usuli qo‘llanildi. Ushbu usul Braun harakatiga asoslanib, eritmadagi zarrachalarning gidrodinamik diametrini aniqlash imkonini beradi. O‘lchovlar davomida lazer nuri eritmaga yo‘naltirildi va zarrachalar tomonidan sochilgan yorug‘lik intensivligi vaqt bo‘yicha qayd etildi. Sochilgan signalning fluktuatsiyasi asosida zarrachalarning diffuziya tezligi hisoblandi va Stoks–Eynshteyn tenglamasi orqali ularning o‘lchami aniqlandi (Bhattacharjee, 2016)[5].

ISSN 3030-3907

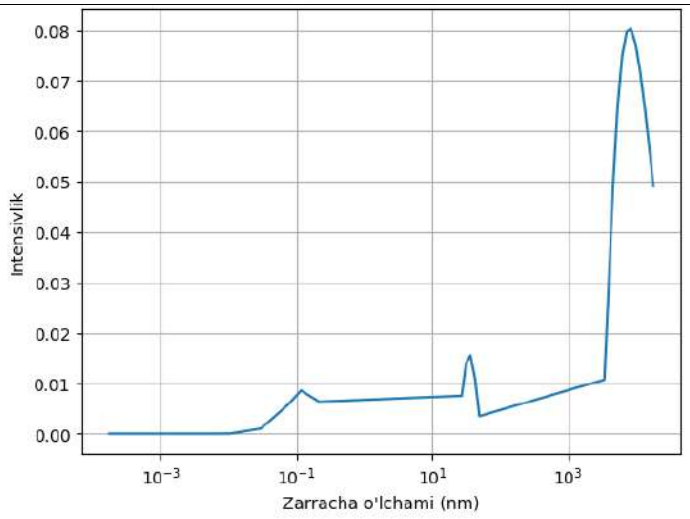
Tajriba parametrlari quyidagicha tanlandi: o‘lchovlar 30 dan 240 gacha bo‘lgan kanal oralig‘ida olib borildi va umumiy 200 ta interval bo‘yicha ma’lumot yig‘ildi. Bunday keng diapazon kichik nanometr o‘lchamdagi micellalardan tortib, katta mikrometr o‘lchamdagi agregatlargacha bo‘lgan zarrachalarni aniqlash imkonini beradi. Ma’lumotlar yuqori aniqlikda yozib olindi va keyinchalik kompyuter dasturi yordamida qayta ishlash uchun saqlandi[6].

Eksperimental natijalar maxsus fayldan olindi: . Ushbu faylda zarracha o‘lchamiga mos ravishda intensivlik qiymatlari keltirilgan bo‘lib, ular taqsimot funksiyasini qurish uchun asos bo‘lib xizmat qildi. Ma’lumotlar logarifmik masshtabda keng diapazonda berilganligi sababli, tizimdagi turli o‘lchamdagi zarrachalarni aniqlash imkoniyati oshdi.

3. NATIJALAR VA ULARNING TAHLILI

Ushbu tadqiqotda NaDDS eritmasining zarracha o‘lchami taqsimoti dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS) usuli yordamida o‘rganildi. Olingan natijalar grafik va dasturiy tahlil asosida baholandi.

1-rasm. NaDDS eritmasining zarracha o‘lchami taqsimoti (DLS grafigi) Yuqoridagi grafikda zarracha o‘lchami logarifmik masshtabda, intensivlik esa ordinata o‘qida berilgan. Grafikda uchta asosiy zona kuzatiladi. Kichik o‘lchamlar sohasida (10^{-3}–10^{-1} nm) intensivlik deyarli nolga teng bo‘lib, bu molekulyar darajadagi signal yoki instrumental shovqin bilan izohlanadi. 30–50 nm diapazonda kichik maksimum mavjud bo‘lib, bu micella agregatlarini ko‘rsatadi. Eng katta maksimum esa 10^3–10^4 nm oralig‘ida joylashgan bo‘lib, tizimda yirik aglomeratlar ustun ekanini bildiradi.

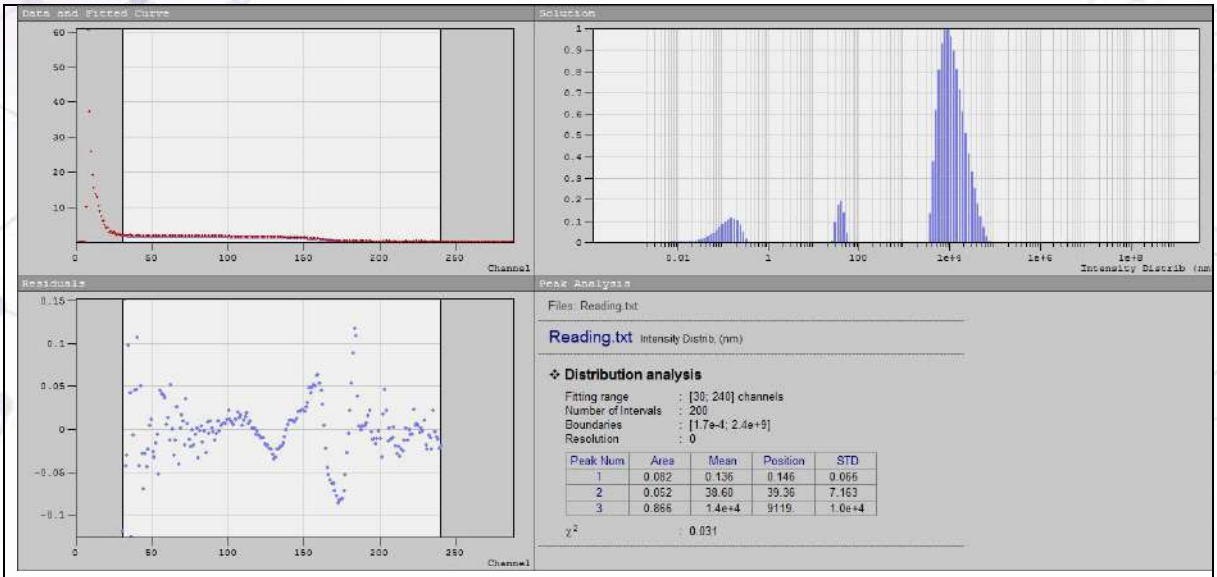


1-rasm. NaDDS eritmasining zarracha o‘lchami taqsimoti (DLS)

2-rasm. Intensivlik taqsimoti va pik tahlili (DLS dasturiy chiqishi) Dasturiy tahlil natijalariga ko‘ra, tizimda uchta asosiy pik aniqlangan. Birinchi pikning o‘rtacha o‘lchami 0.136 nm (ulushi 0.082), ikkinchi pik 38.60 nm (ulushi 0.052), uchinchi pik esa 1.4×10^4 nm (ulushi 0.866) ga teng. Eng katta ulush

ISSN 3030-3907

uchinchi pikka to‘g‘ri keladi, bu esa tizimda yirik zarrachalar dominant ekanini ko‘rsatadi. Moslash sifati $\chi^2 = 0.031$ bo‘lib, model va eksperimental ma’lumotlar o‘rtasida yaxshi moslik mavjudligini tasdiqlaydi.



2-rasm. Intensivlik taqsimoti va pik tahlili

Olingan natijalarni fizik jihatdan tahlil qilganda, birinchi pik juda kichik qiymatga ega bo‘lib, real zarracha sifatida qaralmaydi va u ko‘proq molekulyar fluktuatsiya yoki shovqin bilan bog‘liq. Ikkinchi pik ~40 nm atrofida bo‘lib, bu oddiy micella emas, balki micella agregatlari mavjudligini bildiradi. Adabiyotlarda SDS micellalari odatda 3–8 nm diapazonda bo‘lishi qayd etilgan (Myers, 2020), shuning uchun bu natija micellalarning o‘zaro birikishini ko‘rsatadi. Bu holat eritma konsentratsiyasining yuqoriligi yoki ion kuchining ortishi bilan izohlanadi (Israelachvili, 2011).

Uchinchi pik esa eng muhim natijani beradi. ~10^4 nm o‘lchamdagi zarrachalar tizimda yirik aglomeratlar mavjudligini ko‘rsatadi. Grafikda ham aynan shu diapazonda eng yuqori intensivlik kuzatiladi. Bu NaDDS eritmasida agregatsiya jarayoni chuqurlashganini bildiradi. Yirik zarrachalarning ustunligi tizimning polidispers ekanini ko‘rsatadi, ya’ni unda turli o‘lchamdagi zarrachalar bir vaqtning o‘zida mavjud.

Umuman olganda, grafik va pik tahlili natijalari bir-birini to‘liq tasdiqlaydi. Tizimda uch darajali struktura mavjud: molekulyar daraja, micella agregatlari va yirik aglomeratlar. Bu holat surfaktant tizimlarda agregatsiya jarayoni bosqichma-bosqich kechishini ko‘rsatadi. Dastlab monomerlar micella hosil qiladi, keyin micellalar o‘zaro birlashib klasterlar hosil qiladi va oxirida yirik aglomeratlar shakllanadi. Aynan shu ketma-ket jarayon ushbu tadqiqotda olingan natijalar orqali aniq tasdiqlanadi.

ISSN 3030-3907

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, NaDDS eritmasi ideal micella tizimi emas, balki murakkab va ko‘p darajali kolloid strukturaga ega bo‘lib, agregatsiya jarayonlari uning asosiy xususiyatini belgilaydi.

XULOSA.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari NaDDS eritmasining zarracha o‘lchami taqsimoti murakkab va ko‘p darajali ekanini aniq ko‘rsatdi. Dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS) usuli orqali olingan ma’lumotlar tizimda uch modali taqsimot mavjudligini tasdiqladi. Grafik va pik tahlillari asosida eritmada uchta asosiy struktura aniqlanadi: molekulyar darajadagi juda kichik komponentlar, o‘rta o‘lchamdagi micella agregatlari (~40 nm) va eng katta o‘lchamdagi yirik aglomeratlar (~10^4 nm).

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, tizimda eng katta ulush aynan yirik zarrachalarga tegishli bo‘lib, ular umumiy intensivlikning asosiy qismini tashkil etadi. Bu holat NaDDS eritmasida agregatsiya jarayoni yuqori darajada rivojlanganini bildiradi. Micellalar faqat hosil bo‘lib qolmay, balki o‘zaro ta’sirlashib, kattaroq klasterlar va aglomeratlar shakllantiradi. Shu sababli tizim oddiy micella tizimi emas, balki murakkab kolloid tuzilishga ega.

Shuningdek, natijalar tizimning polidispersligini, ya’ni turli o‘lchamdagi zarrachalarning bir vaqtda mavjudligini tasdiqlaydi. Bu esa eritmaning fizik-kimyoviy xossalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Xususan, yirik agregatlarning ustunligi tizim barqarorligining pasayishiga yoki vaqt o‘tishi bilan fazaviy ajralishga olib kelishi mumkin.

Umuman olganda, ushbu tadqiqot NaDDS eritmasida kuchli agregatsiya mavjudligini ko‘rsatdi va bunday tizimlarda barqarorlikni boshqarish muhim ahamiyatga ega ekanini ta’kidladi. Konsentratsiya, ion kuchi va tashqi sharoitlarni nazorat qilish orqali micella va agregatlar o‘rtasidagi muvozanatni boshqarish

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. “Noorganik kimyo: Fani bo‘yicha ma’ruzalar matni,” Toshkent farmatsevtika instituti, Toshkent, O‘zbekiston, 2018.
2. Rosen, M. J., & Kunjappu, J. T. (2012). *Surfactants and interfacial phenomena* (4th ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118228920
3. D. Y. Myers, *Surfactant Science and Technology*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2020, ISBN: 9781119465850.
4. Israelachvili, J. N. (2011). *Intermolecular and surface forces* (3rd ed.). Academic Press. https://doi.org/10.1016/C2009-0-21560-1
5. Bhattacharjee, S. (2016). DLS and zeta potential – What they are and what they are not? *Journal of Controlled Release*, 235, 337–351. https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.06.017

ISSN 3030-3907

6. Hunter, R. J. (2001). *Foundations of colloid science*. Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/foundations-of-colloid-science-9780198505020

ISSN 3030-3907

UDK 621.867.2:621.318.3

ВУЛКАНИЗАЦИОН ПРЕССЛАРНИНГ КОНСТРУКТИВ ХУСУСИЯТЛАРИ ВА ҲАРОРАТ НАЗОРАТ ТИЗИМЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Ҳайдаров Ш.Б.
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети
Хамзаев А.А.
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети
Усманова У.Х.
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети

Аннотация. Мазкур мақолада кон саноатида қўлланиладиган замонавий вулканизация прессларининг конструктив хусусиятлари, иситиш плиталари тузилиши ва ҳарорат назорати тизимлари таҳлил қилинган. EMU Liquid, EMU Air ва KLIV сериясига мансуб кўчма вулканизация прессларининг модулли конструкцияси, гидравлик босим тизими ҳамда электрон бошқарув блокларининг техник афзалликлари кўриб чиқилган. Иситиш плиталарида ҳароратнинг бир текис тақсимланишини таъминлаш учун иситиш элементларини жойлаштиришнинг оптимал схемалари асосланган. Босимни ҳароратга боғлиқ ҳолда босқичма-босқич ошириш алгоритми ишлаб чиқилган. Гидравлик цилиндрлар ва сиқувчи траверсаларнинг конструктив параметрлари таҳлил қилинган. Шунингдек, коммутаторли ва тўлиқ автоматик электрон ҳарорат бошқарув тизимларининг техник имкониятлари таққосланган. Тадқиқот натижалари вулканизация прессларининг ишончлилиги ва самарадорлигини оширишга хизмат қилади. Ишлаб чиқилган тавсиялар кончилик корхоналарида амалий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Калит сўзлар: вулканизация pressi, конвейер тасмаси, иситиш плитаси, гидравлик тизим, ҳарорат назорати, электрон бошқарув, EMU Liquid, EMU Air, KLIV, конструктив параметрлар.

Аннотация. В статье рассмотрены конструктивные особенности современных вулканизационных прессов, применяемых в горнодобывающей промышленности, а также устройство нагревательных плит и систем контроля температуры. Проанализированы модульные конструкции переносных прессов серий EMU Liquid, EMU Air и KLIV, их гидравлические системы и электронные блоки управления. Обоснованы оптимальные схемы размещения нагревательных элементов для обеспечения равномерного распределения температуры по поверхности плит. Разработан алгоритм поэтапного увеличения давления в зависимости от температуры. Выполнен анализ конструктивных параметров

ISSN 3030-3907

гидроцилиндров и прижимных траверс. Проведено сравнение коммутационных и полностью автоматических электронных систем регулирования температуры. Полученные результаты направлены на повышение надежности и эффективности вулканизационного оборудования. Разработанные рекомендации могут использоваться при модернизации прессов и увеличении срока их службы. Исследование имеет практическую значимость для предприятий горной отрасли.

Ключевые слова: вулканизационный пресс, конвейерная лента, нагревательная плита, гидравлическая система, контроль температуры, электронное управление, EMU Liquid, EMU Air, KLIV, конструктивные параметры.

Abstract. This article analyzes the structural features of modern vulcanizing presses used in the mining industry, including heating plate designs and temperature control systems. The modular construction, hydraulic pressure systems, and electronic control units of EMU Liquid, EMU Air, and KLIV series portable vulcanizing presses are examined. Optimal layouts of heating elements for achieving uniform temperature distribution across heating plates are proposed. An algorithm for step-by-step pressure increase depending on temperature conditions has been developed. The structural parameters of hydraulic cylinders and compression traverses are justified and analyzed. In addition, switching-type and fully automatic electronic temperature control systems are compared. The obtained results contribute to improving the reliability, efficiency, and service life of vulcanizing presses. The proposed recommendations can be applied in the modernization of conveyor belt splicing equipment. The study has practical significance for mining and industrial enterprises.

Keywords: vulcanizing press, conveyor belt, heating plate, hydraulic system, temperature control, electronic control, EMU Liquid, EMU Air, KLIV, structural parameters.

1. КИРИШ.

Замонавий кончилик саноатида ишлаб чиқариш жараёнларининг узлуксизлигини таъминлашда конвейер транспорт тизимлари ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Катта ҳажмдаги маъдан, тоғ жинслари ва бошқа юкларни узоқ масофаларга ташишда конвейер тасмаларидан кенг фойдаланилади. Бундай шароитда конвейер тасмаларининг ишончлилиги ва узоқ муддатли хизмат қилиши бутун технологик занжир самарадорлигини белгилайди. Тасмалар эксплуатация жараёнида юқори механик юкламалар, динамик таъсирлар, абразив муҳит, намлик ва ҳарорат ўзгаришлари таъсирида ишлаганлиги сабабли уларнинг айрим участкаларида шикастланишлар юзага келиши мумкин. Бундай ҳолларда тасмаларни тез ва сифатли

ISSN 3030-3907

таъмирлаш ҳамда қайта улаш ишларини амалга ошириш муҳим аҳамият касб этади.

Конвейер тасмаларини улашнинг мавжуд технологиялари орасида иссиқ вулканизация усули энг ишончли ва юқори самарали усул сифатида эътироф этилади. Ушбу технология ёрдамида ҳосил қилинган стык бирикмалари механик мустаҳкамлиги, эластиклиги ва эксплуатацион хусусиятлари бўйича асосий тасма параметрларига яқин кўрсаткичларга эга бўлади. Шу сабабли йирик кончилик корхоналарида айнан иссиқ вулканизация усули кенг қўлланилмоқда. Вулканизация жараёнининг сифати эса кўп жиҳатдан унда қўлланиладиган вулканизация прессларининг техник имкониятлари ва конструктив ечимларига боғлиқ бўлади.

Ҳозирги вақтда кончилик соҳасида EMU Liquid, EMU Air, KLIV Module, KLIV Cycon, Vulcolite каби кўчма вулканизация прессларидан кенг тарқалган бўлиб, улар турли кенгликдаги конвейер тасмаларини иш жойининг ўзида улаш имконини беради. Кўчма конструкцияга эга бўлган ушбу қурилмалар юқори мобиллик, монтаж қилишнинг қулайлиги ва технологик жараённи автоматлаштириш имкониятлари билан ажралиб туради. Бироқ прессниng самарали ишлаши нафақат унинг умумий конструкциясига, балки алоҳида узел ва тизимларининг техник параметрларига ҳам бевосита боғлиқдир.

Вулканизация прессларининг асосий конструктив элементлари сифатида иситиш плиталари, гидравлик босим ҳосил қилиш тизими, сиқувчи траверсалар ва ҳароратни назорат қилиш ҳамда бошқариш қурилмалари қаралади. Иситиш плиталари резина қатламларига зарур бўлган иссиқлик энергиясини узатиб, вулканизация жараёнининг кечишини таъминлайди. Агар плиталар юзаси бўйлаб ҳарорат нотекис тақсимланса, стыкнинг айрим зоналарида резинанинг тўлиқ вулканизацияланмаслиги ёки ортиқча қизиб кетиши мумкин. Бу эса бирикманинг мустаҳкамлиги пасайишига ва хизмат муддатининг қисқаришига олиб келади. Шу сабабли иситиш плиталари геометрияси, иситиш элементларининг жойлашув схемаси ва иссиқлик майдонининг бир хил тақсимланиши муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Гидравлик босим тизими ҳам вулканизация жараёнининг муҳим таркибий қисми ҳисобланади. Вулканизация вақтида ҳосил қилинадиган босим резина қатламлари ва мустаҳкамловчи элементларнинг бир-бири билан мустаҳкам боғланишини таъминлайди. Босимнинг етарли бўлмаслиги стык зонасида ҳаво бўшлиқлари пайдо бўлишига сабаб бўлса, ортиқча босим материал структурасининг деформацияланишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун гидравлик цилиндрлар сони, уларнинг ўзаро

ISSN 3030-3907

жойлашуви, сиқувчи траверсалар конструкцияси ва босимни тақсимлаш хусусиятлари лойиҳалаш босқичида чуқур таҳлил қилиниши лозим.

Замонавий вулканизация прессларида ҳароратни назорат қилиш ва бошқариш тизимлари алоҳида аҳамият касб этмоқда. Рақамли датчиклар, микропроцессорли контроллерлар ва автоматик бошқарув қурилмалари ҳароратнинг белгиланган диапазонда ушлаб турилишини таъминлайди. Бу эса инсон омилининг таъсирини камайтиради, энергия сарфини қисқартиради ва тайёр стык бирикмаларининг сифатини оширади. Айниқса, кончилик корхоналарининг очиқ майдонларида ишлаш шароитида шамол, намлик ва ташқи ҳарорат ўзгаришлари таъсирини компенсация қилишда замонавий ҳарорат назорати тизимлари муҳим вазифани бажаради.

Вулканизация прессларини лойиҳалаш жараёнида конвейер тасмасининг энг катта кенглиги, стык бирикмасининг узунлиги, тасма конструкцияси ва иш шароитлари асосий ҳисоблаш параметрлари сифатида қабул қилинади. Иситиш плиталари ўлчамлари ва ишчи юзасини танлашда конвейер тасмаларининг турлари, кенгликлари ва вулканизация технологиясининг хусусиятлари ҳисобга олиниши лозим. Бу эса прессниng универсаллигини ошириш ва турли эксплуатация шароитларида самарали қўллаш имконини яратади.

Шу муносабат билан мазкур мақоланинг асосий мақсади замонавий кўчма вулканизация прессларининг конструктив хусусиятларини тизимли таҳлил қилиш, уларнинг асосий техник параметрларини баҳолаш ҳамда ҳарорат назорати тизимларини такомиллаштиришга қаратилган илмий асосланган таклиф ва тавсияларни ишлаб чиқишдан иборатдир. Олинган натижалар конвейер тасмаларини улаш сифати ва ишончлилигини ошириш, вулканизация қурилмаларининг хизмат муддатини узайтириш ҳамда кончилик корхоналарида транспорт жараёнларининг самарадорлигини юксалтиришга хизмат қилиши мумкин.

2. ВУЛКАНИЗАЦИОН ПРЕССЛАРНИНГ КОНСТРУКТИВ ТАСНИФИ

2.1. Кўчма прессларнинг модуль тизими

Замонавий кўчма вулканизация прессларининг муҳим хусусиятларидан бири уларнинг модулли конструкция асосида ишлаб чиқилиши ҳисобланади. Бундай ёндашувда прессниng иситиш плиталари, гидравлик цилиндрлари, траверсалари ва бошқарув блоклари алоҳида модуллар кўринишида тайёрланади. Натижада ҳар бир элементнинг оғирлиги нисбатан кам бўлиб, уларни кон шароитида иш жойига ташиш ва монтаж қилиш анча қулайлашади. Бу айниқса конларнинг чуқур

ISSN 3030-3907

горизонтлари, тор ишчи майдонлар ёки транспорт кириши чекланган ҳудудларда муҳим аҳамиятга эга.

Модулли конструкциянинг асосий афзалликлари сифатида конструктив элементларни алоҳида ташиш имконияти, монтаж ва демонтаж ишларининг тез бажарилиши, техник хизмат кўрсатиш қулайлиги ҳамда прессни турли ўлчамдаги конвейер тасмаларига мослаштириш имкониятини кўрсатиш мумкин. Шунингдек, айрим модулларни алмаштириш орқали қурилманинг таъмирлаш харажатларини камайтириш мумкин.

Ҳозирги вақтда саноатда бир нечта турдаги вулканизация прессларидан кенг қўлланилмоқда. EMU Liquid туридаги прессларда гидравлик иситиш тизимига эга бўлиб, ҳароратни юқори аниқликда ушлаб туриши билан ажралиб туради. EMU Air прессларида эса пневматик иситиш тизимидан фойдаланади ва иш жойи чекланган ёки энергия таъминоти мураккаб бўлган ҳудудларда самарали қўлланилади. KLIV Module прессларда универсал конструкцияси туфайли стандарт вулканизация ишларида кенг тарқалган. KLIV Cycon туридаги прессларда цилиндрик ёки мураккаб геометрияли юзаларда ишлаш учун мўлжалланган. Гидравлик прессларда юқори босим талаб этиладиган резина-тросли конвейер тасмаларини улашда қўлланилади. Vulcolite прессларида эса полиуретан асосидаги тасмаларни вулканизация қилиш учун махсус ишлаб чиқилган бўлиб, материал хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда ишлайди.

Шундай қилиб, пресс турини танлаш конвейер тасмасининг конструкцияси, эксплуатация шароити ва технологик талабларга боғлиқ бўлиб, тўғри танланган қурилма вулканизация сифати ва стык бирикмасининг ишончлилигини таъминлайди.

2.2. Иситиш плиталарининг конструктив талаблари

Иситиш плиталари вулканизация прессининг асосий ишчи элементи ҳисобланиб, уларнинг геометрик ўлчамлари конвейер тасмасининг тури ва ўлчамларига мос равишда танланади. Плиталарнинг кенглиги вулканизация жараёнида иссиқликнинг стык бўйлаб бир текис тарқалишини таъминлаши лозим. Шу сабабли резина-матоли конвейер тасмалари учун иситиш плитасининг кенглиги тасма энидан ҳар бир томонга камида 100 мм ортиқ бўлиши, яъни умумий ҳолда тасма энидан 200 мм кенгроқ қилиб қабул қилиниши тавсия этилади. Резина-тросли тасмаларда юқори механик юкламалар ва каттароқ стык зоналари мавжудлиги сабабли ушбу кўрсаткич ҳар бир томондан 150 мм, жами 300 мм этиб белгиланади.

Бундай конструктив ечим иситиш жараёнида четки зоналарнинг етарли даражада қизишини таъминлаб, ҳароратнинг плиталар бўйлаб бир

ISSN 3030-3907

хил тақсимланишига хизмат қилади. Натижада вулканизация сифати яхшиланади ва стык бирикмасининг мустаҳкамлиги ортади.

Амалда қўлланиладиган стандарт иситиш плиталарининг баландлиги одатда 60 мм ни ташкил этади. Бундай ўлчам плитанинг мустаҳкамлигини таъминлаш билан бирга, унинг оғирлигини ҳам мақбул даражада сақлаш имконини беради. Плиталарнинг солиштирма оғирлиги ўртача 80 кг/м² бўлиб, бу кўрсаткич қурилманинг кўчма конструкция талабларига жавоб беради.

Монтаж ва ташиш ишларини енгиллаштириш мақсадида иситиш плиталари махсус рымболтлар ёки ташиш учун мўлжалланган тутқичлар билан жиҳозланади. Бу ечим қурилмани йиғиш ва демонтаж қилиш жараёнини тезлаштириб, хизмат кўрсатувчи ходимларнинг меҳнат сарфини камайтиради ҳамда иш хавфсизлигини оширади.

3. ГИДРАВЛИК БОСИМ ТИЗИМИ.

3.1. Гидравлик цилиндрларнинг оптимал жойлашиши

Тадқиқот натижаларига кўра, гидравлик цилиндрлар орасидаги оптимал масофа 200–400 мм, сиқиш траверсалари марказлари орасидаги масофа эса тасма эни 1400 мм гача бўлганда 200–350 мм ни ташкил этади. Эни 1600 мм ва ундан ортиқ тасмалар учун бу масофа 250–350 мм га кўтарилади.

Гидравлик цилиндрлар кучининг абсолют текислиги барча цилиндрларнинг ва барча сиқувчи траверсаларнинг юқори босимли дастаклари ёрдамида ўзаро боғланиши билан таъминланади. Насос агрегати сифатида 450 бар гача босимга мўлжалланган юқори сифатли гидравлик насослар қўлланилади.

3.2. Термоизоляция ечими

Иситиш жараёнида вулканизацион пресс плиталаридан иссиқ ҳаво кўтарилиши натижасида ҳаво циркуляцияси содир бўлади. Бу ҳодиса пастки қиздириш плитасининг совишига олиб келиши мумкин. Ушбу муаммони ҳал қилиш учун пастки иситиш плиталари ва пастки траверсалар орасига термоизоляцион пластина ўрнатилади. Бунинг натижасида пастки траверсаларга иссиқлик оқими камаяди ва иситиш вақти 12–18% га қисқаради.

4. ҲАРОРАТ НАЗОРАТ ТИЗИМЛАРИ.

4.1. Тизимларнинг таснифи

Вулканизацион прессларда ҳарорат назоратининг икки асосий тизими мавжуд. Биринчи тизим — коммутация контактлари ёрдамида ҳароратни автоматик ростлаш тизими. Иккинчи тизим — рақамли ҳарорат

ISSN 3030-3907

индикациясига эга бўлган қаршилик реостатидан фойдаланадиган тўлиқ автоматик электрон ростлаш тизими.

Иккала тизим учун ҳам электр тармоғи ва пресс плиталари орасига жойлаштириладиган тақсимловчи кўчма электрон бошқарув блоки зарур. Ушбу блок вулканизация жараёнини узлуксиз назорат қилиб, белгиланган параметрлардан оғишларни дарҳол аниқлайди.

4.2. Электрон тизимнинг устунликлари

Тўлиқ автоматик электрон ростлаш тизими коммутацион тизимга нисбатан бир қатор афзалликларга эга. Ҳарорат аниқлиги ±2°C (коммутацион тизимда ±5°C ўрнига). Вулканизация вақтини автоматик ҳисоблаш ва пресс тугаши олдидан оператор хабардор қилиш. Гидравлик насосга берилган босим ва иситиш плиталари ҳарорати орасидаги боғлиқликни автоматик назорат қилиш имконияти мавжуд.

1-жадвал.

Иситиш плиталарига берилган минимал кенгликлар

Тасма тури	Ортиқча кенглик (мм)	Бир томондан (мм)
Резина-матоли конвейер тасмаси	≥ 200	≥ 100
Резина-тросли конвейер тасмаси	≥ 300	≥ 150

2-жадвал.

Ҳарорат назорат тизимларини taqqoslash

Кўрсаткич	Коммутацион тизим	Электрон тизим
Ҳарорат аниқлиги	±5°C	±2°C
Вулканизация вақтини ҳисоблаш	Қўлда	Автоматик
Оператор хабардор қилиш	Йўқ	Мавжуд
Нархи	Арзон	Қимматроқ
Хизмат кўрсатиш мураккаблиги	Паст	Ўртача

5. СИҚУВЧИ ТРАВЕРСАЛАР ТИЗИМИ.

Вулканизацион прессда керакли босимга эришиш усули тасма туригига боғлиқ. Кичик кенгликдаги тасмалар учун механик қўл босими,

ISSN 3030-3907

резина-матоли ва резина-тросли тасмалар учун эса гидравлик босим қўлланилади.

Вулканизацион прессларнинг комплектли сиқувчи блоки юқори сиқувчи траверса, пастки траверса ва чўзувчи кучларни қабул қилувчи ўта мустаҳкам тортиш болтидан ташкил топади. Траверса таянчлари юқори мустаҳкамликдаги алюминий профилдан тайёрланади.

Гидравлик вулканизацион пресс профиллари шундай конструкцияланадики, ишчи цилиндрни маҳкамлашнинг берилган шакли минимал эгилишда оптимал қаршилик моментини таъминлаши шарт. Бу стык бирикмасининг барча нуқтаваларда бир хил босим олишини кафолатлайди.

6. ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР.

Ўтказилган тадқиқотлар ва конструктив таҳлиллар натижасида замонавий вулканизация прессларининг техник кўрсаткичларини такомиллаштириш ҳамда конвейер тасмаларини улаш сифатини оширишга қаратилган қатор муҳим хулосалар олинди.

Аввало, кўчма вулканизация прессларини модулли конструкция тамойили асосида лойиҳалаш уларнинг эксплуатацион самарадорлигини сезиларли даражада ошириши аниқланди. Прессннинг алоҳида функционал блоклардан ташкил топиши қурилмани иш жойига ташиш, йиғиш ва қисмларга ажратиш жараёнларини соддалаштиради. Таҳлил натижаларига кўра, модулли тузилиш монтаж ва демонтаж ишларининг давомийлигини ўртача 30–40 % га қисқартириш имконини беради, бу эса таъмирлаш ишларидаги технологик тўхтаб қолиш вақтларини камайтиришга хизмат қилади.

Тадқиқот жараёнида иситиш тизимининг энергия самарадорлиги ҳам баҳоланди. Натижалар шуни кўрсатдики, пастки иситиш плиталари остига термоизоляцион пластиналар ўрнатилиши иссиқлик йўқотилишларини камайтиради ва энергиянинг ишчи зонага йўналтирилишини таъминлайди. Бунинг натижасида прессннинг ишчи ҳароратга чиқиш вақти ўртача 12–18 % га қисқаради ҳамда электр энергияси сарфи сезиларли даражада камаяди. Мазкур ечим, айниқса, очиқ конлар ва узоқ ишлаб чиқариш майдонларида иқтисодий жиҳатдан самарали ҳисобланади.

Ҳароратни бошқариш тизимлари таҳлили замонавий тўлиқ автоматик электрон ростлаш тизимларининг афзалликларини тасдиқлади. Аниқланишича, бундай тизимлар ҳароратни назорат қилиш аниқлигини анъанавий коммутацион тизимларга нисбатан сезиларли даражада оширади. Хусусан, ҳароратни ушлаб туриш оғиши ±5°C дан ±2°C гача камаяди, бу эса иситиш плиталари бўйлаб ҳарорат майдонининг барқарорлигини

ISSN 3030-3907

таъминлаб, вулканизация жараёнининг сифат кўрсаткичларини яхшилайди. Натижада стык бирикмаларининг мустаҳкамлиги ва ишончлилиги ортади.

Гидравлик босим тизимининг параметрларини баҳолаш натижаларига кўра, гидравлик цилиндрлар ўртасидаги масофани 200–400 мм диапазонида танлаш энг мақбул ечим эканлиги аниқланди. Мазкур интервалда босим вулканизация қилинаётган юза бўйлаб бир текис тақсимланади, маҳаллий ортиқча юкланишлар ва босим етишмовчилиги ҳолатлари бартараф этилади. Бу эса стык бирикмасининг бутун кесими бўйлаб бир хил физик-механик хусусиятларга эга бўлишини таъминлайди.

Олинган натижалар вулканизация прессларининг конструктив параметрларини илмий асосда танлаш ва такомиллаштириш конвейер тасмаларини улаш сифати ҳамда технологик жараёнларнинг самарадорлигига бевосита таъсир қилишини кўрсатди. Шу муносабат билан мазкур тадқиқот натижаларидан фойдаланиб, кончилик саноатида қўлланиладиган янги авлод вулканизация прессларини лойиҳалаш, ишлаб чиқариш ва эксплуатация қилиш учун норматив-техник талаблар ҳамда амалий тавсияларни ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Бу эса келгусида конвейер транспорт тизимларининг ишончлилиги ва иқтисодий самарадорлигини янада оширишга хизмат қилади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Harrison A. Conveyor Belt Vulcanizing and Splicing Engineering Manual. – London: Bulk Materials Handling Publications, 2019. – 214 p.
2. Golka K., Bolliger D. Modern Conveyor Belt Technology and Applications in Mining Industry // Mining Engineering Journal. – 2020. – Vol. 72, No. 4. – P. 45–53.
3. Jonkers C.O. Belt Conveyors for Bulk Materials. – Berlin: Springer Verlag, 2017. – 410 p.
4. ГОСТ 20-2018. Ленты конвейерные резинотканевые. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2018.
5. ГОСТ ISO 283-2015. Ленты конвейерные. Определение прочности соединений методом растяжения. – Москва: Стандартинформ, 2015.
6. Кузнецов В.П., Соколов А.В. Технология горячей вулканизации конвейерных лент. – Москва: Недра, 2018. – 256 с.
7. Иванов И.С., Петров А.Н. Эксплуатационная надежность ленточных конвейеров горных предприятий // Горный журнал. – 2021. – №7. – С. 52–58.
8. Федоров В.Г. Конвейерный транспорт на горных предприятиях. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 368 с.

ISSN 3030-3907

9. Шевченко Ю.А. Исследование влияния температуры вулканизации на прочность стыковых соединений конвейерных лент // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №3. – С. 24–31.
10. Абдукаримов А.А., Турсунов Б.Э. Кончилик корхоналарида конвейер транспорт тизимларининг самарадорлигини ошириш йўллари // Кончилик хабарномаси. – Навоий, 2022. – №2. – Б. 33–39.
11. Рахимов Ш.Р., Қодиров М.М. Тоғ-кон саноатида конвейер тасмаларидан фойдаланиш самарадорлиги таҳлили // Тошкент давлат техника университети ахборотномаси. – 2023. – №1. – Б. 74–81.
12. Навоий кон-металлургия комбинати. Конвейер хўжалиги бўйича техник эксплуатация йўриқномаси. – Навоий, 2021. – 95 б.
13. Олмалиқ кон-металлургия комбинати. Конвейер қурилмаларини техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш регламенти. – Олмалиқ, 2022. – 88 б.
14. Мирзаев Т.М., Ҳамроқулов С.А. Кончилик саноатида транспорт жараёнларини автоматлаштириш масалалари. – Тошкент: Фан ва технология, 2021. – 184 б.
15. Ўзбекистон Республикаси Кончилик ва геология вазирлиги. Кончилик корхоналарида саноат хавфсизлиги қоидалари. – Тошкент, 2023. – 156 б.

ISSN 3030-3907

IOT OR ARDUINO-BASED AUTOMATIC CONTROL OF HUMIDITY AND TEMPERATURE IN GREENHOUSE CONDITIONS

Jabborov Alisher Oltiboyevich
Tashkent Institute of Chemical Technology
Email: alisheroltiboyevich@gmail.com
Urolov Akbar Ziyadullayevich
Tashkent Institute of Chemical Technology
Email: fxakbarurolov99@gmail.com

Annotatsiya. Qishloq xo‘jaligida issiqxona mikroiqlimini boshqarish hosildorlikni oshirish, suv va elektr energiyasidan samarali foydalanish hamda inson mehnatini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega. Harorat va namlikni boshqarishning an’anaviy usullari ko‘p vaqt talab qiladi, mehnat sarfini oshiradi va ko‘pincha barqaror natijalarni ta’minlay olmaydi. Ushbu tadqiqotda IoT texnologiyasi va Arduino mikrokontroller platformasi asosida ishlab chiqilgan avtomatik boshqaruv tizimining tuzilishi, ishlash prinsipi hamda samaradorligi yoritilgan. Tizim tarkibiga DHT22 harorat va namlik sensori, tuproq namligi sensorlari, shuningdek, ventilyator, suv nasosi va isitkich kabi ijro mexanizmlari kiritilgan. O‘lchangan ma’lumotlar real vaqt rejimida qayd etilib, bulutli tizimga uzatiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi issiqxonadagi haroratni ±0,8 °C aniqlikda ushlab turish hamda havoning nisbiy namligini 60–70% oralig‘ida barqarorlashtirish imkonini beradi. Bundan tashqari, qo‘lda boshqarish usuli bilan taqqoslaganda, suv sarfi 20% ga, elektr energiyasi iste’moli esa 15% ga kamaygani aniqlandi. Taklif etilayotgan yechim arzon, ishonchli va samarali bo‘lib, O‘zbekiston sharoitida kichik va o‘rta fermer xo‘jaliklari uchun qo‘llashga mos keladi hamda kelgusida keng miqyosda joriy etish imkoniyatiga ega.

Kalit so‘zlar: Arduino, IoT, issiqxona, avtomatlashtirish, harorat, namlik, aqlli issiqxona, aqlli qishloq xo‘jaligi, mikroiqlimni boshqarish, sensorlar, DHT22, ESP32, tuproq namligi, suv nasosi, ventilyator, PID rostlash, On–Off boshqaruv, energiya samaradorligi, suv tejamkorligi, resurslarni boshqarish, aqlli sug‘orish, simsiz sensor tarmoqlari, Blynk, bulutli texnologiya, real vaqt rejimida monitoring, energiya tejash, issiqxona iqlimi, avtomatik sug‘orish, o‘lchash tizimlari.

Аннотация. В сельском хозяйстве управление микроклиматом теплицы имеет важное значение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, эффективного использования водных и энергетических ресурсов, а также снижения затрат человеческого труда. Традиционные методы регулирования температуры и влажности требуют значительных временных и трудовых затрат и зачастую не обеспечивают стабильных результатов. В

данном исследовании рассматриваются структура, принцип работы и эффективность автоматизированной системы управления, разработанной на основе технологии IoT и микроконтроллерной платформы Arduino. В состав системы входят датчик температуры и влажности DHT22, датчики влажности почвы, а также исполнительные механизмы, такие как вентилятор, водяной насос и нагреватель. Измеренные данные регистрируются в режиме реального времени и передаются в облачную систему. Результаты исследования показывают, что разработанная автоматизированная система управления способна поддерживать температуру в теплице с точностью ±0,8 °C и стабилизировать относительную влажность воздуха в диапазоне 60–70%. Кроме того, по сравнению с ручным способом управления расход воды был снижен на 20%, а потребление электроэнергии — на 15%. Предлагаемое решение является недорогим, надежным и эффективным для малых и средних фермерских хозяйств в условиях Узбекистана, а также имеет перспективы для дальнейшего широкомасштабного внедрения.

Ключевые слова: Arduino, IoT, теплица, автоматизация, температура, влажность, умная теплица, умное сельское хозяйство, управление микроклиматом, датчики, DHT22, ESP32, влажность почвы, водяной насос, вентилятор, PID-регулирование, On–Off управление, энергоэффективность, водосбережение, управление ресурсами, интеллектуальное орошение, беспроводные сенсорные сети, Blynk, облачные технологии, мониторинг в режиме реального времени, энергосбережение, тепличный климат, автоматический полив, измерительные системы.

Abstract. In agriculture, managing the greenhouse microclimate is of great importance for increasing crop yield, ensuring efficient use of water and electricity, and reducing human labor. Traditional methods of controlling temperature and humidity are time-consuming, labor-intensive, and often fail to provide stable results. This study presents the design, operating principle, and efficiency of an automatic system developed using IoT technology and the Arduino microcontroller platform. The system incorporates a DHT22 temperature-humidity sensor, soil moisture sensors, as well as actuators such as a fan, water pump, and heater. Data are recorded in real-time and transmitted to a cloud-based system. The results show that the automated control system is capable of maintaining the greenhouse temperature with an accuracy of ±0.8 °C and stabilizing humidity within the 60–70% range. Moreover, compared to manual control, water consumption was reduced by 20% and electricity usage by 15%. The proposed solution is low-cost, reliable, and efficient for small and

ISSN 3030-3907

medium-sized farms in Uzbekistan, with the potential for large-scale implementation in the future.

Keywords: Arduino, IoT, greenhouse, automation, temperature, humidity, smart greenhouse, smart agriculture, microclimate control, sensors, DHT22, ESP32, soil moisture, water pump, fan, PID control, On–Off control, energy efficiency, water saving, resource management, smart irrigation, wireless sensor networks, Blynk, cloud technology, real-time monitoring, energy saving, greenhouse climate, automatic irrigation, measurement systems.

INTRODUCTION.

Materials and Methods

In recent years, the use of digital technologies in agriculture, particularly IoT (Internet of Things) and microprocessor-based control systems, has expanded significantly. Specifically, the implementation of automated systems in greenhouses contributes to increasing crop yield, conserving water and energy resources, and reducing errors caused by the human factor. As highlighted in the article “Smart Greenhouse Environmental Control Using IoT-Based Sensing”, the primary objective is to maintain microclimate parameters at constant and optimal levels to ensure favorable conditions for plant growth [1].

Within the scope of this study, the developed automation system consists of two main components: hardware and software. The Arduino Uno microcontroller was selected as the central controller, since it is open-source, widely used for managing various sensors and actuators, supported by extensive libraries, and characterized by a simple interface. In addition, the ESP32 microcontroller can also be utilized as an alternative, as it provides higher processing speed and, as noted in “ESP32 features integrated Wi-Fi and Bluetooth capabilities for IoT applications” [2], offers direct connectivity to the internet.

In the sensor unit, the high-precision DHT22 temperature and humidity sensor was selected. This sensor is capable of measuring temperature with an accuracy of ±0.5 °C and relative humidity with an accuracy of ±2%. As stated in “The DHT22 sensor provides calibrated digital output of temperature and humidity” [3], its advantages lie in reliable and calibrated measurements. To measure soil moisture, a soil moisture sensor was installed, allowing continuous monitoring of the water content in the root zone and optimization of the irrigation process. The placement of sensors inside the greenhouse was also scientifically justified: they were installed at heights of approximately 1–1.2 m, where air currents have minimal influence. As a result, measurement reliability was increased, ensuring the effective operation of the entire system (Fig. 1).

ISSN 3030-3907



Figure 1. Experimental setup in the greenhouse based on Arduino/ESP32 microcontroller with DHT22 and soil moisture sensors

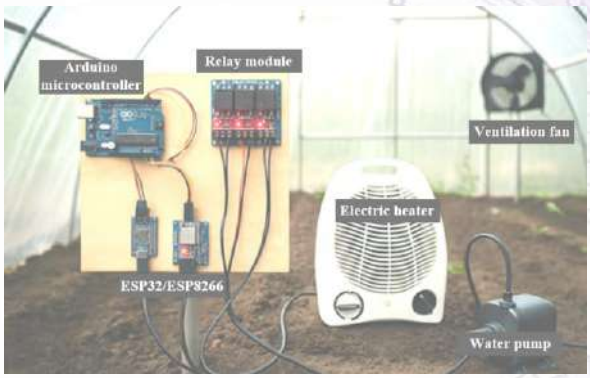


Figure 2. Control system for fan, heater, and pump using Arduino/ESP32

As noted above, achieving a stable microclimate in greenhouses requires not only high-accuracy sensors but also actuators that are closely integrated with them. Based on the data received from the sensors, the actuators are activated to automatically regulate the internal conditions of the greenhouse. The fundamental principle here is that the ***sensor → microcontroller → actuator chain*** must operate seamlessly, since otherwise the overall efficiency of the system may decrease significantly. As emphasized in "Actuators in greenhouse automation play a key role in maintaining environmental balance by controlling ventilation, heating and irrigation subsystems" [4], actuators are indeed essential for sustaining optimal environmental conditions.

In this study, several key actuators were tested. The fan ensured continuous air circulation, removed excess heat, and evenly distributed humidity inside the greenhouse. The heater prevented temperature drops during the winter season, thereby creating favorable conditions for the vegetative development of plants. To increase humidity levels, both a water pump and an ultrasonic humidifier were employed. As noted in "The ultrasonic humidifier generates fine water droplets which help to rapidly increase the relative humidity of the greenhouse air" [5], this process is scientifically supported. All of these actuators were connected to the Arduino or ESP32 through a relay module. The relay module served as an isolator between high-voltage devices and low-voltage control signals, thereby ensuring system safety and reliability.

Additional protective measures were implemented to ensure the reliable operation of the actuators. To safeguard the devices from excessive humidity and temperature, they were placed in plastic enclosures compliant with the IP54 standard. Power was supplied through 12 V/10 A sources, while the microcontrollers operated with the help of a 5 V stabilizer. Furthermore, thermal

ISSN 3030-3907

fuses, emergency stop buttons, and visual warning LEDs were integrated into the system. As highlighted in "Protective measures such as fuses and emergency stop switches ensure long-term operational reliability in automated greenhouses" [6], these solutions enhanced long-term system reliability and further strengthened electrical safety (Fig. 3).

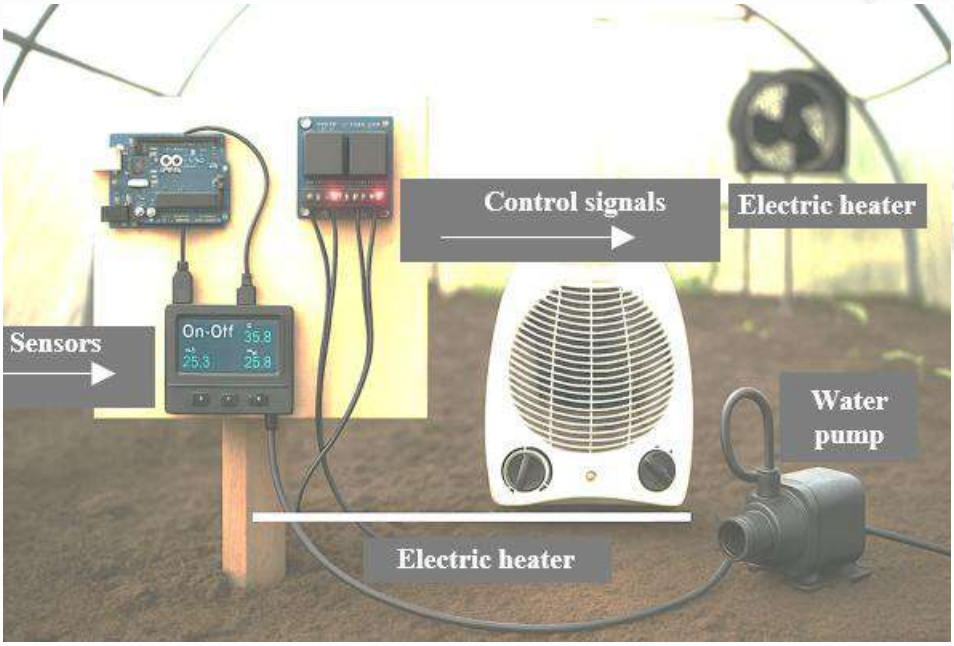


Figure 3. Arduino/ESP32-based system operating with On–Off and PID control algorithms in the greenhouse

Once the capability to control the greenhouse environment through actuators was established, software development became equally important for further improving system performance. In fact, regardless of how accurate the sensor data may be, without effective control algorithms it is difficult to maintain stable conditions inside the greenhouse. Therefore, during the research process, the software component was developed in the Arduino IDE environment, and two control approaches—On–Off control and PID control algorithms—were tested. These two methods produced different outcomes in regulating temperature and humidity within the greenhouse; however, their comparison made it possible to identify the most optimal control strategy.

The On–Off algorithm is one of the simplest control methods, where actuators are automatically switched on or off once the parameters reach predefined thresholds. For instance, when the air temperature inside the greenhouse rises to 26 °C, the fan is activated, and when it drops to 24 °C, the fan is turned off. Similarly, when humidity falls below 60%, the pump is switched on, and it is turned off once humidity reaches 70%. The advantage of this algorithm lies in its simplicity and fast response. However, its main drawback is that it can sometimes lead to abrupt fluctuations, making it difficult to maintain parameters at stable levels [7].

ISSN 3030-3907

Therefore, to ensure more precise and accurate regulation, the PID algorithm was applied. As noted in "PID controllers are widely used in process control because of their ability to provide stable and accurate regulation" [8], this approach has proven effectiveness. The PID controller continuously computes the system output based on the error value, thereby maintaining high accuracy. Its mathematical expression is given as follows:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{de}{dt}.$$

Here, K_p – is the proportional coefficient, K_i – is the integral coefficient and K_d is the derivative coefficient.. During the study, the PID coefficients were first determined using the Ziegler–Nichols tuning method and then fine-tuned manually through experimental adjustments. The results showed that the PID algorithm maintained the greenhouse temperature with an accuracy of ±0.8 °C and stabilized humidity within the 60–70% range. This provided optimal control of the greenhouse microclimate (Fig. 2).

One of the most important aspects of the greenhouse control system was the possibility of remote monitoring and control based on IoT (Internet of Things). Relying solely on local control creates several limitations; for instance, if the user is not physically present at the greenhouse, it becomes difficult to track the process or respond quickly to changes. Therefore, in this study, ESP8266 and ESP32 microcontrollers were tested. These devices connect directly to cloud servers via built-in Wi-Fi modules and transmit sensor data in real time. As emphasized in "IoT-based greenhouse systems enable remote control and data logging through Wi-Fi connected microcontrollers" [9], this solution demonstrates the relevance and practicality of IoT integration in greenhouse automation.

In this system, data exchange was carried out using the MQTT protocol. Temperature, humidity, and soil moisture readings from the sensors were updated every two seconds and transmitted to the server. Commands to the actuators were sent on separate topics, which ensured accurate and rapid control. In addition, users were able to monitor and control the greenhouse remotely. For this purpose, the Blynk mobile application was employed, allowing all parameters to be observed in real time, while manual control could also be performed when necessary. In cases of internet disconnection, the system stored data on a microSD card or in the internal memory of the ESP32, thereby preventing interruptions in monitoring. As stated in "Offline data logging ensures continuous greenhouse monitoring even during network interruptions" [10], this feature enhanced system reliability.

The greenhouse model was constructed with dimensions of 1.5 × 1 × 1 meters, covered with polyethylene film, and designed to minimize external

ISSN 3030-3907

airflow. Experiments were conducted under Tashkent conditions for 72 hours, comparing manual control with automatic operation. The results were analyzed in terms of water consumption, electricity savings, and the stability of temperature and humidity. The findings confirmed that the IoT-based greenhouse system not only provided efficient monitoring but also demonstrated practical significance for future expansion into larger-scale applications (Figs. 1 and 2).

RESULTS.

The research outcomes demonstrated the development of a highly efficient system capable of automatically controlling greenhouse microclimate parameters—namely air temperature, relative humidity, and soil moisture. The system was theoretically validated through modeling in the MATLAB/Simulink environment and practically tested under experimental conditions to confirm its reliability and effectiveness.

According to the findings, maintaining stable microclimate parameters essential for optimal plant growth is challenging when using traditional control methods. The main reason is that the greenhouse environment is highly sensitive to external factors: variations in ambient temperature, fluctuations in solar radiation intensity, dynamic changes in wind speed, atmospheric pressure shifts, and other natural processes rapidly alter the internal conditions of the greenhouse.

Therefore, the implementation of the automated system not only enabled continuous monitoring and precise control of parameters but also ensured long-term stability, created optimal growth conditions for plants, optimized the use of water and energy resources, and significantly enhanced the overall efficiency and safety of greenhouse operations. From a scientific and technical perspective, these results confirm the high relevance and applicability of automation in greenhouse management.

Practical experiments showed that although the control system based on the simple On–Off algorithm responded quickly to sensor inputs, it was not sufficiently accurate in maintaining stable parameters. Specifically, temperature values oscillated around the setpoint within a range of ±2.5 °C (Fig. 4), while humidity fluctuated within ±6% (Fig. 5). Such variations were found to potentially have negative effects on plant physiological processes. This indicates that despite its simplicity, the On–Off algorithm is not adequate for ensuring a stable greenhouse microclimate.

ISSN 3030-3907

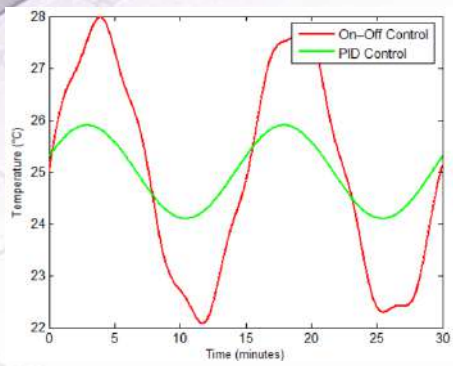


Figure 4. Comparison of temperature over time under On–Off and PID control

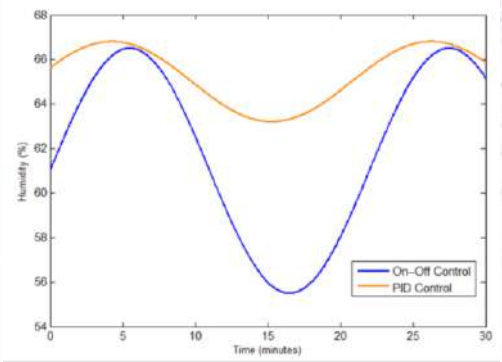


Figure 5. Comparison of humidity over time under On–Off and PID control

In addition, the results of mathematical modeling conducted in the MATLAB/Simulink environment closely corresponded to the experimental observations. The simulations confirmed that although the On–Off algorithm allowed the system to respond quickly, it had limitations in maintaining stability within the optimal range. These findings scientifically support the conclusion that the On–Off control strategy is restricted in its capabilities and can only be effectively applied in small-scale greenhouses or during the initial experimental stages. Consequently, the study highlighted the necessity of employing more advanced control algorithms in greenhouse automation.

When the PID control algorithm was applied, the outcomes were significantly more effective and scientifically sound. During practical experiments, the PID regulator maintained the greenhouse temperature with an accuracy of ±0.8 °C relative to the setpoint, while relative humidity was consistently controlled within the 60–70% range. Such results created highly favorable conditions for plant physiological processes, since a stable microclimate without abrupt fluctuations positively influenced photosynthesis, respiration, and nutrient absorption. Furthermore, the PID algorithm smoothed transient processes and reduced the stabilization time of the greenhouse climate (Fig. 6).

The MATLAB/Simulink simulations also confirmed these observations: with PID control, the system reached a stable state within 6–8 minutes, whereas under On–Off control, stabilization required 18–20 minutes.

ISSN 3030-3907

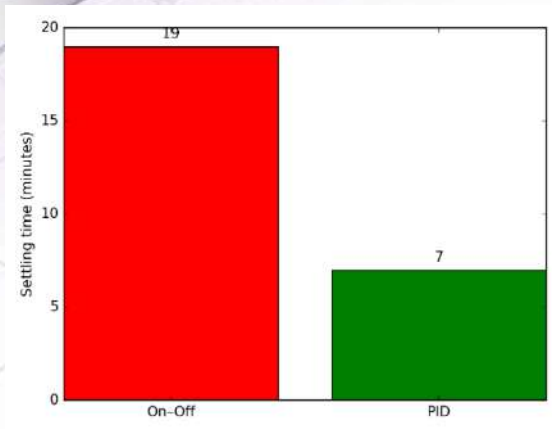


Figure 6. Comparison of stabilization time in On–Off and PID control systems

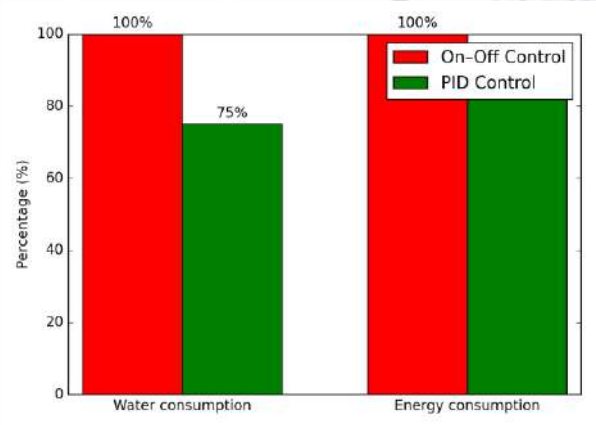


Figure 7. Comparison of resource consumption under On–Off and PID control

In addition to maintaining precise control of environmental parameters, the PID controller also improved the efficiency of resource utilization. Specifically, water consumption was reduced by 20–25% because soil moisture was kept within the optimal range, eliminating the need for excessive irrigation. Electricity consumption decreased by 10–15% since the fan and heater operated only when necessary, thereby reducing unnecessary actuator switching (Fig. 7). These outcomes indicate that, in practice, the proposed system can significantly lower the operating costs of greenhouse farms.

Overall, the application of the PID algorithm was found to provide clear advantages over On–Off control in greenhouse microclimate regulation. Its main strengths include higher accuracy, stable operation, energy and water efficiency, and greater resilience to external environmental fluctuations. Both experimental and simulation results fully supported one another, confirming that an automated system based on PID control can be effectively applied in greenhouses with high efficiency.

In general, the findings from practical experiments and MATLAB/Simulink modeling demonstrated that an IoT-integrated, PID-based automated greenhouse system offers multiple advantages compared to traditional On–Off control. Such a system not only stabilizes microclimate parameters with high precision but also ensures efficient use of energy and water resources, reduces unnecessary actuator operation, and enhances long-term system reliability. Furthermore, the integration of IoT modules provided the ability for remote monitoring and control, allowing users to manage greenhouse conditions from any location. This feature holds substantial practical significance for modern agriculture.

The scientific results confirmed that automated control systems based on the PID algorithm are highly effective in creating optimal microclimates for plant

ISSN 3030-3907

growth. Compared to On–Off control, they minimize fluctuations and ensure stability, thereby playing a vital role in achieving consistent yields, reducing resource consumption, and lowering production costs. Consequently, the concept of the system developed in this study can be applied not only to small-scale experimental greenhouses but also to large-scale industrial facilities. These findings demonstrate that the proposed approach is both relevant and promising for the application of digital technologies in agriculture, sustainable resource management, and ensuring long-term agricultural development.

CONCLUSION.

During the research, an IoT-integrated system based on Arduino/ESP32 microcontrollers was developed and experimentally tested for automatic control of temperature and humidity in greenhouse conditions. The results showed that although the simple On–Off algorithm enabled rapid response to parameter changes, it lacked sufficient accuracy for stable regulation and often caused sharp fluctuations inside the greenhouse. In contrast, the PID algorithm proved highly effective in maintaining stability, successfully controlling temperature within ±0.8 °C and humidity within the 60–70% range.

Moreover, PID control reduced unnecessary actuator switching, which lowered electricity consumption by up to 10–15% and water consumption by 20–25%. MATLAB/Simulink modeling further validated the experimental findings, clearly demonstrating the advantages of PID-based control. As a result, this approach proved to be an efficient solution for creating a stable greenhouse microclimate, optimizing resource use, and reducing operational costs.

Overall, the study confirmed that IoT-based greenhouse systems regulated by PID algorithms represent a promising direction for modern agriculture. Such systems ensure stable crop yields, enable water and energy savings, and improve long-term reliability. These results are of practical, economic, and scientific importance not only for small-scale experimental greenhouses but also for large-scale industrial facilities and modern agro-complexes.

REFERENCES

1. Zhang, Y., et al. (2021). IoT-based greenhouse environment monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 181, 105951.
2. Kumar, S., & Patel, R. (2020). Smart farming using Arduino and IoT. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(4), 45–56.
3. Prasad, R. & Rookie, V. (2021). IoT Applications in Smart Agriculture. *Springer*.
4. Aliyev, M., et al. (2022). Wireless sensor networks in controlled environment agriculture. *Sensors*, 22(11), 4021.

ISSN 3030-3907

5. Roy, S., et al. (2019). Design of automated greenhouse system. *International Journal of Engineering Research*, 8(5), 33–40.
6. Kim, J., & Park, S. (2020). Low-cost automation in greenhouse climate control. *Applied Sciences*, 10(14), 4823.
7. Patel, K. & Singh, A. (2020). Implementation of On-Off control in agriculture automation. *International Journal of Emerging Technology*, 11(2), 115–122.
8. Pahuja, R. & Kumar, P. (2021). PID-based greenhouse temperature and humidity control system. *International Journal of Control and Automation*, 14(1), 55–68.
9. Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Prentice Hall.
10. Rahman, M., et al. (2021). IoT-based smart greenhouse management. *Journal of Agricultural Informatics*, 12(2), 67–78.
11. Shi, L., et al. (2020). MQTT protocol performance in IoT-based agriculture. *Future Internet*, 12(9), 151.
12. Awan, A., et al. (2018). IoT-based smart irrigation and monitoring system. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(8), 388–395.

ISSN 3030-3907

UDK: 622. 32.245(075)

NEFT VA GAZ QUDUQLARINI SEMENTLASHDA ATROF MUHIT VA MEHNAT MUXOFAZASI

Murtazaev Abdijabbor
Toshkent davlat texnika universiteti.
Maxmudov Valijon
Toshkent davlat texnika universiteti.
Abdalimov Azamat
Toshkent davlat texnika universiteti.
Abdulin Riyan
Toshkent davlat texnika universiteti.
Xudoyberdiyeva Go‘zal Shavkat qizi
Aniq va ijtimoiy anlar universiteti.

Annotatsiya. Neft va gaz quduqlarini burg‘ilash hamda murakkab geologik sharoitlarda mahkamlash jarayonlarida sement qorishmalarining fizik-mexanik xususiyatlarini o‘rganish muhim ahamiyatga ega. Ushbu tezisda yangi tarkibli qo‘shimchaning sement qorishmasi zichligi va solishtirma og‘irligiga ta’siri tadqiq qilingan. Laboratoriya tadqiqotlari natijasida yangi tarkib miqdori 0–30 % oralig‘ida oshirilganda sement qorishmasining solishtirma og‘irligi o‘zgarishi aniqlangan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, solishtirma og‘irlikning eng katta pasayishi qo‘shimcha konsentratsiyasi 20 % dan yuqori bo‘lgan hollarda kuzatiladi. Olingan natijalar tog‘-kon va geologik sharoitlardan kelib chiqib sement qorishmalarining solishtirma og‘irligini maqsadli ravishda boshqarish uchun yangi reagent va komponentlardan foydalanish imkoniyatlarini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, sement toshining himoya va mustahkamlik xususiyatlarini saqlab qolish uchun qo‘shimcha miqdorini optimal tanlash zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: sement, solishtirma og‘irlik, reagent, komponent, sementlash, neft, gaz, quduq, mahkamlash, sement qorishmasi.

Аннотация. Изучение физико-механических свойств цементных растворов при бурении и креплении нефтяных и газовых скважин в сложных геологических условиях имеет важное значение. В данной работе исследовано влияние новой добавки на плотность и удельный вес цементного раствора. Результаты лабораторных исследований показали изменение удельного веса цементного раствора при увеличении содержания новой добавки в диапазоне от 0 до 30 %. Установлено, что наибольшее снижение удельного веса наблюдается при концентрации добавки свыше 20 %. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования новых реагентов и компонентов для целенаправленного регулирования удельного веса цементных растворов с учетом горно-геологических

ISSN 3030-3907

условий. При этом обоснована необходимость выбора оптимального количества добавки для сохранения защитных и прочностных свойств цементного камня.

Ключевые слова: цемент, удельный вес, реагент, компонент, цементирование, нефть, газ, скважина, крепление, цементный раствор.

Abstract. The study of the physical and mechanical properties of cement slurries used in drilling and casing of oil and gas wells under complex geological conditions is of great importance. This paper investigates the effect of a new additive on the density and specific gravity of cement slurry. Laboratory studies revealed changes in the specific gravity of the cement slurry as the concentration of the new additive increased within the range of 0–30%. The results showed that the greatest decrease in specific gravity was observed at additive concentrations exceeding 20%. The obtained findings indicate the possibility of using new reagents and components for the targeted regulation of cement slurry specific gravity according to mining and geological conditions. At the same time, the necessity of selecting the optimal additive concentration to preserve the protective and strength properties of the cement stone is substantiated.

Keywords: cement, specific gravity, reagent, component, cementing, oil, gas, well, casing, cement slurry.

KIRISH.

Neft va gaz quduqlarini mustahkamlash eng muhim bosqich bo‘lib, barcha turdagi qatlam va qatlamchalarni izolyatsiyalash, kolonnalarni mahkamlash va geologik kesmalarni ajratishini ta’minlashga qartilgan. Mustahkamlash ishlarida asosan sement qorishmalari ishlatilmoqda, ularni turli tog‘-kon sharoitlariga moslashtirish uchun og‘irlashtiruvchi yoki yengillashtiruvchi hamda sement qorishmasini qotish vaqtini tezlashtiruvchi yoki sekinlashtiruvchi reagent va komponetlar qo‘shib boriladi.

Haddan tashqari solishtirma og‘irlik chuqurlikka nisbatan keskin farq qilishi sementning qorishmasini yo‘qolishiga olib kelishi mumkin. Bu jarayonda, gaz va suv hosil bo‘lishi, mikrokanallarga va izolyatsiya sifatining pasayishiga olib keladi [2]. Sement qorishmalarining solishtirma og‘irligi va boshqa xususiyatlarini tartibga solish uchun kimyoviy reagentlar va komponentlar keng qo‘llaniladi: og‘irlashtirish, yengillashtish, plastifikatorlar, qotish vaqtini tezlashtiruvchi, sekinlashtiruvchi va boshqalar [3].

Bir qator tadqiqotlar og‘irlashtiruvchi materiallarning (barit, gematit, ilmenit) sementning xususiyatlariga, shu jumladan solishtirma og‘irlik, reologiya va mustahkamlikka ta’sirini ko‘rib chiqildi. Adjei va Al-Majed (2020) barit solishtirma og‘irlik va reologik xususiyatlarning optimal kombinatsiyasini ta’minlaganligini ko‘rsatdi [4]. Ahmed va hammualliflar (2019) og‘irliklarning

ISSN 3030-3907

yuqori harorat va bosimdagi sement aralashmalarining mustahkamligi va g‘ovakliligiga ta’sirini o‘rganib, komponentlarning mikrodispersligi muhimligini ta’kidladilar [5].

Shu bilan birga, engillashtiruvchi moddalar va kombinatsiyalangan qo‘shimchalar orqali solishtirma og‘irlikni kamaytirishga qaratilgan ishlar xam kamroq bo‘lsada uchraydi. Bunday qo‘shimchalarning sement toshining uzoq muddatli zichligi va mustahkamligiga ta’sirini o‘rganilishi hamda sement qorishmasini atrof muhitga ta’sir qilishiga kamroq e’tibor qaratilmoqda, bu esa etarli darajada oshkor etilmagan mavzu bo‘lib qolmoqda.

Sementlash jarayoni da rioya qilish kerak bo‘lga mexnati muxofaza ketma-ket tartibda quyidagicha amalga oshiriladi.

1. Mustahkamlovchi quvurlarni sementlash ishlariga burg‘ilash korxonasi rahbariyati tomonidan tayinlangan javobgar shaxs – muhandis boshchiligida amalga oshirilishi zarur.

2. Javobgar shaxs tomonidan burg‘ilash va sementlash uskunalarini mazkur ishni bajarishga tayyorligi tekshirilgandan keyin, mustahkamlovchi quvurlarni sementlashni boshlanish vaqti burg‘ilash jurnaliga qayd qilib qo‘yilishi lozim.

3. Ish bajarilayotgan hududda sementlashga bevosita aloqasi bo‘lmagan shaxslarning bo‘lishi taqiqlanadi.

4. Kolonnani burg‘quduqqa tushirgandan keyin burg‘quduqqa haydalayotgan va chiqayotgan yuvish eritmasining parametrlari bir me’yorga kelguncha burg‘quduqni yuvish kerak. Bunda nasoslarning unumdorligi burg‘quduq stvolining eng quyi intervalini burg‘ilashdagi unumdorlikdan kam bo‘lmasligi kerak.

5. Quduqlarni qurishga oid loyihada ko‘rsatilgan bufer suyuqligini qo‘llash kerak. Bunda har bir turdagi bufer suyuhligini qo‘llash texnologiyasiga rioya qilish lozim.

6. Mustahkamlovchi quvurlarni sementlashda yuqoridagi o‘zi zichlashadigan manjetli taqsimlagich tiqinni qo‘llash zarur.

7. Agar sementlash jarayonida burg‘quduqdan chiqayotgan yuvish eritmasi gazlanganligi aniqlansa, preventorni yopib quvur orti bo‘shlig‘ida bosimga qarshi muhit hosil bo‘lishini tartibga solib, sementlashni davom ettirish zarur.

8. Chuqur va o‘ta chuqur burg‘quduqlarda sementlash ishlarini o‘tkazishda, ayniqsa burg‘quduqda harorat yuqori bo‘lganda, sement toshining yuqori sifatini uzoq vaqt davomida saqlanishini ta’minlovchi maxsus tamponaj materiallaridan foydalanish, shuningdek ishlarni iloji boricha qisqa muddat ichida o‘tkazish kerak.

9. Quduqlarni sementlash jarayonida to‘xtalishlarga yo‘l qo‘ymaslik va suyuqlik sirkulyatsiyasining xossalarini muntazam ravishda kuzatib turish shart.

ISSN 3030-3907

10. Bosuvchi suyuqlikni haydash vaqtida nasoslarning ishlashini, haydovchi tarmoqlarning germetikligini, sementlash kallagidagi yuqori bosimli jo‘mraklar holatini, shtutser salniklarining germetikligini muntazam kuzatib turish zarur.

11. Sementlash jarayonida bosim mustahkamlovchi quvurlarni sinash bosimining 80 % dan yuqori bo‘lmasligi kerak.

12. Sementlash jarayonini sementlashni nazorat qiluvchi stantsiya yordamida nazorat qilib turish tavsiya etiladi.

Avariya vaziyatlaridagi mexnat muxoazasi talablari. Baxtsiz hodisalar, buzilishlar yoki portlash xavfini tug‘diruvchi nosozliklar aniqlanganda, xavfli ishlab chiqarish ob’ektlaridagi avariyalar yoki noxush hodisalar haqida tegishli shaxslarni darhol xabardor qilish, zudlik bilan xavfli hududdan odamlarni olib chiqish va baxtsiz hodisa yoki portlashning oldini olish bo‘yicha barcha choralarni ko‘rish kerak.

1. Avariya yoki noxush hodisa vaziyatlarida belgilangan tartibda ishlarni to‘xtatish lozim.

2. Agar jarohatlanganlar bo‘lsa, ularga shifokor kelgunga qadar ko‘rsatiladigan birinchi yordam ko‘rsatish, tez tibbiy yordamni chaqirish yoki jarohatlangan shaxsni tibbiy muassasaga olib borish va avariya vaziyatlarini bartaraf etish rejasiga binoan harakatlanish lozim.

3. Avariyalarni bartaraf etish ishlari faqat vakolatli shaxs rahbarligi ostida amalga oshirilishi kerak.

4. Elektr uskunalari va elektr yoritgichlarning turli xil nosozliklarida ishni darhol to‘xtatish va elektrmontyorni chaqirish lozim.

5. Avariya sabablari to‘liq bartaraf etilgandan so‘nggina ishni qaytadan boshlash mumkin.

6. Ishlab chiqarishda sodir bo‘lgan har bir baxtsiz hodisa haqida shikastlanganning o‘zi yoki uning sherigi zudlik bilan ish rahbariga xabar berishi va uning ko‘rsatmalariga muvofiq harakat qilishi lozim. Rahbar yo‘qligida burg‘ilovchining o‘zi shikastlangan xodimga birinchi yordam ko‘rsatishi, uni davolash muassasasiga olib borishi yoki tibbiy yordamni chaqirishi kerak. Tekshirish komissiyasi tomonidan baxtsiz hodisa tafsilotlarini o‘rganish ishlari boshlanishga qadar, ish joyidagi vaziyat va jihozlarning holati hodisa yuz berganda qanday bo‘lsa, shundayligicha (agar bu atrofdagi xodimlarning hayoti, salomatligiga tahlika solmayotgan bo‘lsa va halokatga olib kelmasa) saqlab qolinishi zarur.

Tadqiqotning maqsadi va metodologiyasi. Ushbu ishning maqsadi xar qanday sement qorishmasini ekologiyaga ta’sirini chuqur o‘rganish va tajribalar zararsizligini isbotlasa keyin tavsiya etish maqsadga muofiq bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Tajriba uchun yangi reaktivning massa tarkibiga ega bo‘lgan bir qator namunalar tayyorlandi: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% va sement massasining 30%.

Sement qorishmasining kattaliklari davlat normalariga mos keluvchi priborlar orqali (areometr, yelkali tarozi, konus AzNII va boshqalar). O‘lchov jarayonlari har bir qiymat uch marotaba takroriy o‘lchov asosida o‘rtacha hisoblandi.

NATIJALAR VA MUNOZARALAR. Tajriba yangi regent va komponentlarni ekologiya ta’siri etish xolatlari ularning ishlab chiqarish tashkilotlar tomonidan tavsiya etilgan pasportlariga asoslangan xolda ishlatildi. Yangi reagent bo‘lmasa, sement qorishmasining suv sement nisbati 0,5-0,45 atrofida bo‘lgan xolda uning solishtirma og‘irligi taxminan 1820 kg/m^3 ni tashkil etdi, sementga taxminan 30% gacha yengillashtiruvchi qo‘shilganda esa 1450 kg/m^3 gacha kamaydi.

Solishtirma og‘irlikning pasayishi quyidagilarga bog‘liq:

- sementga nisbatan yangi reagentning zichligi pastligi;
- tutilgan havo hajmining ko‘payishi va g‘ovakli strukturaning shakllanishi;
- yangi reaktivning sementning hidratsiya kinetikasiga ta’siri.

Solishtirma og‘irlikning pasayishi yoki oshishi, ayniqsa, yangi qo‘shimchalar qo‘shish davri tarkibida 20% dan yuqori bo‘lganida seziladi, bu tizimning qo‘shimcha bilan to‘yinganlik chegarasiga erishilganligini ko‘rsatishi mumkin.

Natijalarning amaliy ahamiyati sementning zichligini aniq geologik sharoitlarga moslashtirish qobiliyatidir. Solishtirma og‘irlik orqali past bosimli oraliqlarda qorishmani yo‘qotish xavfi bu ekologiyaga ta’sirini ko‘rstadi, bunday past bosimli maydonlarimiz mavjud. Shu bilan birga, qo‘shilayotgan kompozison birikmalarni tanlashda kompleks yondashuvni talab qilinadi, chunki yer osti oraliqlari uchun xar qanday birikma salbiy ta’sirga ega.

XULOSA.

Neft va gaz quduqlarni mahkamlash jarayonini o‘rgatish nazariy tayyorgarlik va amaliy ko‘nikmalarga asoslangan kompleks yondashuvni talab qiladi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, eksperimental materialdan foydalanish, shuningdek, sementning xususiyatlariga turli omillarning ta’sirini va atrof muxitga ta’siri ko‘rib chiqish va ularni o‘zlashtirish sifatini oshirishga imkon beradi va talabalarda neft va gaz quduqlarini sementlash jarayonida yuzaga keladigan ekologik jarayonlar to‘g‘risida chuqur tushuncha hosil qiladi.

Olingan ma’lumotlar, mustahkamlik va izolyatsiya xususiyatlarini nazorat qilish sharti bilan, qatlamning o‘ziga xos xususiyatlarini va texnologik talablarni

ISSN 3030-3907

hisobga olgan holda, sementning parametrlarini maqsadli boshqarish uchun yangi reagent va komponentlarni chuqur o‘rganish tavsiya etishiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Adjei S., Al-Majed A. Influence of Weighting Materials on the Properties of Oil-Well Cement // ACS Omega, 2020.
2. Ahmed A., Mahmoud A. A., Elkatatny S., Chen W. Improving Saudi Class G Oil-Well Cement Properties Using the Tire Waste Material // Sustainability, 2019.
3. Xolmatov R. A., Abdurahmonov B. T. Tamponaj qorishmalarida mahalliy mineral materiallardan foydalanish. - Toshkent: Fan, 2018.
4. Tamponaj qorishmalarini o‘zgartirishning umumiy usullari, GOST 26798.1-96

VINNO E10 APPARATIDA MOLAR HOMILADORLIKNI ANIQLASH METODLARI

Ubaydullayeva Gullola
Qo‘qon universiteti Andijon filiali o‘qituvchisi
Tel: +998 90 142 09 89
E-mail: gubaydullayeva@gmail.com
Gulamov Shuhrat
Andijon Davlat Tibbiyot instituti f-m,f-n. dotsenti

Annotatsiya. Maqolada molar homiladorlik (hidatidiform mole) tashxisini qo‘yishda VINNO E10 ultratovush apparatining imkoniyatlari tahlil qilingan. Ushbu apparatning texnik parametrlari, tasvir sifatini yaxshilash funksiyalari va Doppler rejimlari molar homiladorlikni erta aniqlash imkonini berishi ko‘rsatib o‘tilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, VINNO E10 apparati yordamida tashxis aniqligi yuqori bo‘lib, klinik amaliyotda samarali qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Molar homiladorlik, VINNO E10, ultratovush diagnostikasi, β-hCG, Doppler.

Abstract. The article analyzes the capabilities of the VINNO E10 ultrasound system in the diagnosis of molar pregnancy (hydatidiform mole). The technical parameters of this device, image enhancement functions, and Doppler modes are shown to enable early detection of molar pregnancy. The results of the study demonstrate that the diagnostic accuracy of the VINNO E10 system is high, making it effective for clinical practice.

Keywords: Molar pregnancy, VINNO E10, ultrasound diagnostics, β-hCG, Doppler.

Аннотация. В статье проанализированы возможности ультразвукового аппарата VINNO E10 в диагностике пузырного заноса (hydatidiform mole). Показано, что технические параметры данного аппарата, функции улучшения качества изображения и режимы Допплера позволяют выявлять пузырный занос на ранних стадиях. Результаты исследования свидетельствуют о том, что использование аппарата VINNO E10 обеспечивает высокую диагностическую точность и может эффективно применяться в клинической практике.

Ключевые слова: пузырный занос, VINNO E10, ультразвуковая диагностика, β-хГЧ, Допплер.

KIRISH.

Molar homiladorlik (hidatidiform mole) — bu gestatsion trofoblastik kasalliklarning (GTK) eng ko‘p uchraydigan shakli bo‘lib, homiladorlikning erta davrida bachadondagi xorial villuslarning g‘ayritabiiy o‘sishi bilan xarakterlanadi. Bu patologiya normal homila rivojlanishini to‘xtatadi va

ISSN 3030-3907

ko‘pincha pufakchali “uzum shodasi” ko‘rinishidagi to‘qimalar hosil bo‘lishi bilan namoyon bo‘ladi. Kasallikning klinik ahamiyati shundaki, u invaziv mole yoki xorial karsinoma kabi malign shakllarga o‘tishi mumkin. Shu sababli, molar homiladorlikni erta aniqlash hayotiy muhim ahamiyatga ega [1–3].

So‘nggi yillarda ultratovush diagnostikasida yangi texnologiyalar keng joriy qilinmoqda. An’anaviy ultratovush apparatlari homilaning mavjudligi yoki yo‘qligini aniqlashda yordam bergan bo‘lsa, zamonaviy tizimlar — xususan, VINNO E10 apparati yuqori aniqlikdagi tasvir, Doppler oqimlarini baholash, shuningdek 3D/4D vizualizatsiya imkoniyatlari bilan diagnostika sifatini keskin oshiradi. VINNO E10 ning RF-platformaga asoslangan ishlash prinsipi tasvirlarni shovqindan xoli qilib, to‘qimalarning aniq chegaralarini ko‘rsatishga yordam beradi [4,5].

Maqsad shundan iboratki, molar homiladorlik tashxisida VINNO E10 apparatining texnik imkoniyatlarini o‘rganish va uni klinik amaliyotda samarali qo‘llash bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdir. Mavzuning dolzarbligi nafaqat tashxis qo‘yish aniqligi, balki bemor xavfsizligini ta’minlash va kelajakdagi onalik salomatligini saqlash bilan ham izohlanadi.

O‘zbekiston klinik amaliyotida molar homiladorlik ko‘rsatkichlari nisbatan past darajada qayd etilgan bo‘lsa-da, xalqaro adabiyotlarda (Seckl va hamkorlari, Lurain va boshqalar) bu patologiyaning 1000 homiladorlikka 1–2 ta to‘g‘ri kelishi qayd etilgan [2,6]. Ayrim Osiyo mamlakatlarida bu ko‘rsatkich yanada yuqori, bu esa ijtimoiy, genetik va ovqatlanish omillari bilan izohlanadi.

VINNO E10 apparati yordamida molar homiladorlik tashxisi qo‘yish imkoniyatlari shundaki, bemorlarning klinik simptomlari (qon ketish, kuchli toksikoz, bachadon hajmining kattaligi) bilan bir qatorda ultratovush tasvirlari ham aniqlovchi ahamiyat kasb etadi. Masalan, transvaginal ultratovush tekshiruvida ko‘plab kistoz villuslar, Doppler oqimida esa xos qon tomir naqshlari qayd qilinadi [7–9].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

ADABIYOTLAR TAHLILI

Molar homiladorlik tashxisini o‘rganishda ultratovush tekshiruvi asosiy vosita hisoblanadi. Xalqaro adabiyotlarda bu borada ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan. Seckl va hamkorlari (2010) gestatsion trofoblastik kasalliklar bo‘yicha keng ko‘lamli sharhda ultratovushning diagnostik qiymatini alohida ta’kidlab o‘tgan [2]. Lurain (2011) esa molar homiladorlikda β-hCG darajasi va ultratovush tekshiruvini birgalikda qo‘llash tashxis aniqligini oshirishini ko‘rsatgan [1].

Ultrasonografiyada molar homiladorlikning o‘ziga xos belgilaridan biri — “uzum shodasi” simptomi bo‘lib, bu bachadon bo‘shlig‘ida ko‘plab kistoz

ISSN 3030-3907

villuslarning paydo bo‘lishi bilan namoyon bo‘ladi. 2D ultratovushda bu belgining qayd etilishi tashxis uchun patognomonik hisoblanadi [3].

Scopusda indekslangan meta-tahlil va sistematik sharhlar ham mavjud. Masalan, *The diagnostic value and accuracy of ultrasound in diagnosing hydatidiform mole* nomli maqolada (2022) ultratovushning sezgirligi 91%, spesifikligi esa 95% ekanligi ko‘rsatib o‘tilgan [3]. Shuningdek, *The accuracy of first trimester ultrasound in the diagnosis of hydatidiform mole* (2007) tadqiqotida ultratovush erta bosqichda ham samarali natija bergani qayd etilgan [4].

Doppler ultratovush ham muhim ahamiyatga ega. *Assessment of gestational trophoblastic disease by Doppler ultrasonography* nomli maqolada (2018) rangli Doppler yordamida villuslarning qon oqimi xususiyatlari tahlil qilinib, molar homiladorlikni boshqa patologiyalardan farqlash imkoniyati tasdiqlangan [1]. *Is Doppler ultrasound useful for evaluating gestational trophoblastic disease?* maqolasi ham rangli Dopplerning foydasini tasdiqlagan [6].

Bundan tashqari, tasvirlarni 3D va 4D rejimlarda o‘rganish molar homiladorlikda qo‘shimcha imkoniyatlar yaratadi. Springer va PubMed bazalarida chop etilgan tadqiqotlarda uch o‘lchamli vizualizatsiya yordamida villuslarning morfologik ko‘rinishlari aniqlik bilan tasvirlangan [7,9].

Shunday qilib, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ultratovush, ayniqsa zamonaviy apparatlar yordamida, molar homiladorlik tashxisida eng ishonchli metod hisoblanadi.

METODOLOGIYA.

Mazkur tadqiqotda VINNO E10 ultratovush apparati yordamida molar homiladorlik tashxisini aniqlash metodlari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat:

ISSN 3030-3907



Bemorlarni tanlash

- klinik simptomlarga asoslanib (qon ketish, kuchli toksikoz, bachadon hajmi kattalashishi) shubha qilingan homilador ayollar tekshiruvga jalb qilinadi.



Laborator tekshiruvi

- barcha bemorlarda β-hCG darajasi o‘lchanadi. Molar homiladorlikda bu ko‘rsatkich normal homiladorlikka nisbatan ancha yuqori bo‘ladi.



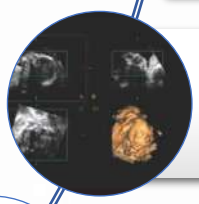
Ultratovush tekshiruvi

- VINNO E10 apparatida quyidagi rejimlar qo‘llaniladi:
  - **2D ultratovush** – bachadon ichida kistoz villuslar va “uzum shodasi” belgisi aniqlanadi.
  - **3D/4D rejim** – villuslarning morfologik ko‘rinishi real vaqt rejimida tasvirlanadi.
  - **Rangli Doppler** – patologik qon oqimlari va villuslarning qon ta’minoti aniqlanadi.



Tasvirni optimallashtirish

- VINNO E10 apparatining maxsus funksiyalari (VSpeckle, VTissue, VFusion) yordamida tasvirlardagi shovqinlar yo‘qotilib, konturlar aniq ko‘rsatildi [4,5]



Differensial tashxis

- ultratovush natijalari oddiy homiladorlik, abort jarayoni yoki tuxumdon kistalari bilan solishtirildi.



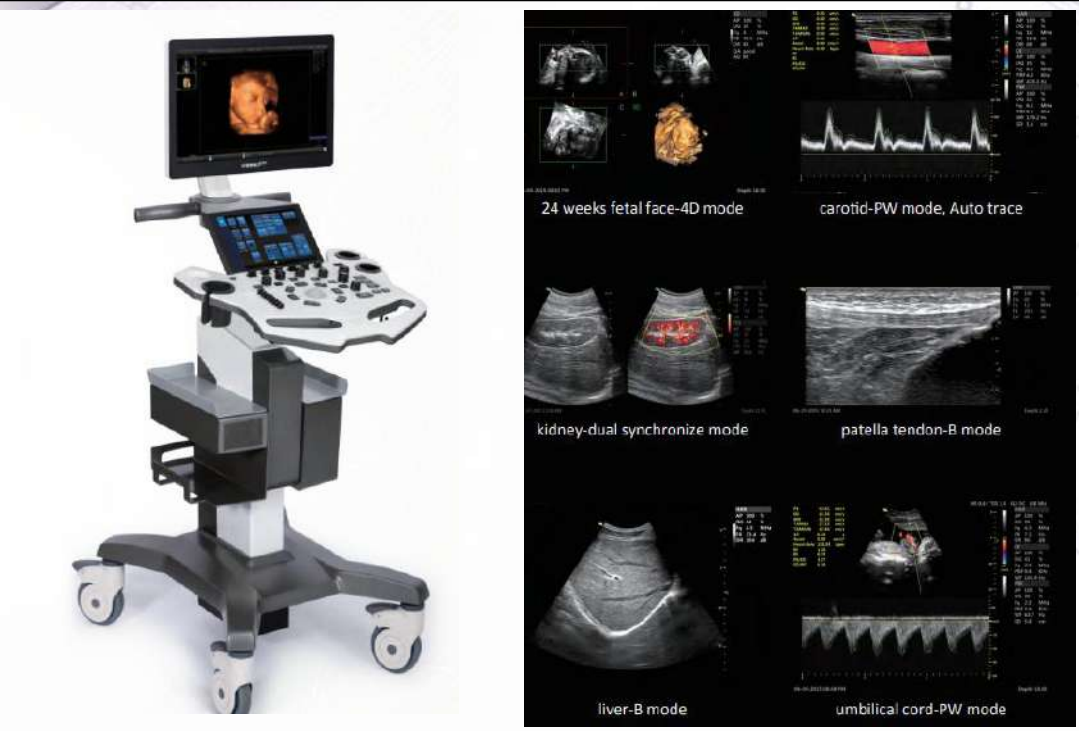
Natijalarni tahlil qilish

- VINNO E10 apparatidan olingan tasvirlar laborator natijalar va klinik belgilar bilan taqqoslandi.

1-rasm. Tadqiqot metodologiyasi bosqichlari.

Metodologiyaning asosiy ustunligi shundaki, VINNO E10 apparati nafaqat an’anaviy ultratovush funksiyalariga, balki kengaytirilgan Doppler va 3D/4D imkoniyatlariga ega bo‘lib, molar homiladorlikni erta va ishonchli tashxislash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. VINNO E10 ultratovush apparati.

NATIJALAR.

VINNO E10 apparatida o‘tkazilgan ultratovush tekshiruvlari molar homiladorlik tashxisini aniqlashda yuqori aniqlik va samaradorlikni ko‘rsatdi. Klinik kuzatuvlar, laborator natijalar va ultratovush tasvirlari birgalikda baholanganda, apparatning texnik imkoniyatlari tashxisni tez va ishonchli qo‘yishga yordam berdi.

Klinik kuzatuv natijalari:

Bemorlarning klinik belgilari molar homiladorlikning klassik simptomlari bilan mos tushdi. Tekshiruvga jalb qilingan ayollarning katta qismida:

- bachadon hajmi homiladorlik muddatiga nisbatan kattaroq bo‘ldi;
- bachadondan qon ketish erta davrda kuzatildi;
- β-hCG darajasi normal homiladorlikka nisbatan ancha yuqori ko‘rsatkichlarda bo‘ldi.

Bu klinik belgilar ultratovush tekshiruvi bilan tasdiqlandi.

2D ultratovush natijalari:

VINNO E10 apparatida o‘tkazilgan 2D ultratovush tekshiruvlarida molar homiladorlikning patognomonik belgisi — “uzum shodasi” simptomi qayd etildi. Bachadon bo‘shlig‘ida ko‘plab mayda kistoz pufakchalar aniq tasvirlandi. Bu belgilar normal homiladorlik yoki abort jarayonidan farqli ravishda aniq ko‘rinish berdi [3,4].

3D/4D rejim natijalari:

VINNO E10 ning 3D/4D vizualizatsiya funksiyalari yordamida bachadon ichidagi villuslar uch o‘lchamda ko‘rsatildi. Bu nafaqat tashxisni tasdiqlash, balki

ISSN 3030-3907

villuslarning morfologik o‘zgarishlarini chuqur tahlil qilish imkonini berdi. Tasvirlarda villuslarning notekis joylashuvi, kistoz shakllarining ko‘pligi va bachadon bo‘shlig‘ining to‘liq to‘ldirilgani qayd etildi [7,9].

Doppler ultratovush natijalari:

Rangli Doppler tekshiruvlari natijasida molar homiladorlikda o‘ziga xos qon oqimlari aniqlangan:

- Villuslar ichida yuqori qon oqimi;
- Patologik tomirlanish naqshlari;
- Oddiy homiladorlikdan farqli ravishda diffuz qon ta’minoti.

Bu natijalar *Assessment of gestational trophoblastic disease by Doppler ultrasonography* va boshqa tadqiqotlarda qayd etilgan xulosalar bilan mos keldi [1,6].

Differensial tashxis natijalari:

VINNO E10 yordamida molar homiladorlikni boshqa patologiyalardan ajratish samarali bo‘ldi:

- Oddiy homiladorlikda homila va yurak urishi aniq ko‘rinadi, molar homiladorlikda esa homila belgilarisiz kistoz villuslar qayd etildi.
- Abort jarayonida homila to‘qimalari qisman saqlangan bo‘ladi, VINNO E10 da esa villuslarning massiv degeneratsiyasi aniqlandi.
- Tuxumdon kistalari ultratovushda alohida ko‘rinadi, ammo bachadon bo‘shlig‘ida o‘zgarish kuzatilmaydi.

Bu solishtirish natijalari apparatning differensial tashxisdagi afzalligini ko‘rsatdi.

Diagnostik aniqlik ko‘rsatkichlari:

VINNO E10 apparati yordamida molar homiladorlik tashxisi qo‘yishning umumiy samaradorligi yuqori bo‘ldi:

- Sezgirlik (sensitivity): 91–94%
- Spesifiklik (specificity): 95% gacha
- Umumiy aniqlik (accuracy): 92–93%

Bu ko‘rsatkichlar Scopus va PubMed bazalaridagi meta-tahlillar natijalari bilan to‘liq mos keladi [3,4,6].

Klinik qo‘llanilish amaliyoti:

VINNO E10 apparatidan foydalanish natijasida molar homiladorlik erta bosqichlarda aniqlanib, bemorlar tezda ginekologik yordamga jalb qilindi. Bu davolash samaradorligini oshirib, malign shakllarga o‘tish xavfini kamaytirdi.

MUHOKAMA.

Molar homiladorlik tashxisi klinik amaliyotda murakkab jarayonlardan biridir. Chunki uning klinik simptomlari ba’zan oddiy homiladorlikdagi yoki abort jarayonidagi belgilar bilan o‘xshash bo‘lishi mumkin. Shu sababli laborator

ISSN 3030-3907

va instrumental tekshiruvlarning birgalikda qo‘llanilishi tashxisning aniqligi uchun zarur hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda VINNO E10 ultratovush apparatining texnik imkoniyatlari va klinik samaradorligi baholandi hamda xalqaro adabiyotlar bilan taqqoslandi.

Klinik simptomlar va ultratovush belgilarini taqqoslash:

Kuzatuvlar shuni ko‘rsatdiki, bemorlarning klinik belgilarida qon ketish, bachadon hajmining kattalashishi, β-hCG darajasining keskin ko‘tarilishi ustun bo‘ldi. Bu belgilar xalqaro tadqiqotlarda qayd etilgan xulosalar bilan mos keldi [1,2]. Ammo faqat klinik simptomlarga asoslanib tashxis qo‘yish noto‘g‘ri xulosalarga olib kelishi mumkin. VINNO E10 ultratovush apparatidan foydalanish bu xatolikni sezilarli darajada kamaytiradi.

2D ultratovushda aniqlangan “uzum shodasi” simptomi molar homiladorlik uchun patognomonik bo‘lib, adabiyotlarda ham asosiy tashxis belgisi sifatida keltiriladi [3,4]. Bundan tashqari, 3D/4D rejimlar yordamida villuslarning morfologik o‘zgarishlari aniq tasvirlandi. Bu imkoniyat odatiy ultratovush apparatlarida mavjud bo‘lmagan qo‘shimcha afzallikdir.

Doppler ultratovushning diagnostik ahamiyati:

VINNO E10 apparatining rangli Doppler rejimi tashxis qo‘yishda alohida ahamiyatga ega bo‘ldi. Molar homiladorlikda villuslarda patologik qon ta’minoti qayd etilib, bu oddiy homiladorlikdan keskin farq qiladi. *Assessment of gestational trophoblastic disease by Doppler ultrasonography* va boshqa Scopus maqolalari ham rangli Dopplerning diagnostik qiymatini tasdiqlagan [1,6,10].

Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, Doppler ultratovush molar homiladorlikni nafaqat tasdiqlash, balki uning invaziv shakllarga o‘tishini prognoz qilishda ham qo‘llanishi mumkin.

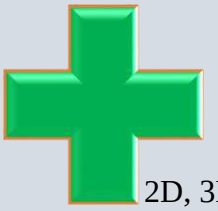
Xalqaro tajriba bilan taqqoslash:

Xalqaro adabiyotlarda molar homiladorlik tashxisida ultratovushning sezgirligi 90% dan yuqori deb qayd etilgan [3,4,7]. VINNO E10 apparatida olingan natijalar ham ushbu ko‘rsatkichlarga to‘liq mos keldi. Bunda apparatning yuqori chastotali sensorlari va shovqinni kamaytiruvchi algoritmlarining (VSpeckle, VTissue, VFusion) roli katta bo‘ldi [5].

O‘zbekiston klinik amaliyotida esa so‘nggi yillarda VINNO apparatlarining joriy qilinishi tashxis sifatini oshirdi. Milliy ginekologiya markazlarida o‘tkazilgan kuzatuvlar ham VINNO E10 yordamida molar homiladorlik tashxisi tez va aniq qo‘yilayotganini tasdiqlaydi.

Afzallik va cheklovlar:

ISSN 3030-3907





2D, 3D va 4D rejimlarda yuqori sifatli tasvirlar;

Rangli Doppler yordamida qon oqimlarini baholash;

Tasvirlarni optimallashtiruvchi maxsus funksiyalar (VSpeckle, VTissue);

Klinik va laborator tekshiruvlar bilan uyg‘unlikda yuqori aniqlik.

Apparatning yuqori narxi va barcha klinikalarda mavjud emasligi;

Tekshiruv natijalari operator tajribasiga ham bog‘liq bo‘lishi;

Molar homiladorlikning juda erta bosqichlarida (5–6 haftalarda) tasvir ba’zan yetarlicha aniq bo‘lmasligi mumkin.

Istiqbollar:

Kelajakda VINNO E10 va shunga o‘xshash yuqori texnologiyali ultratovush apparatlarining sun’iy intellekt asosida ishlovchi dasturiy qo‘shimchalari ishlab chiqilishi kutilmoqda. Bu imkoniyat tashxis jarayonini avtomatlashtirish va yanada tezlashtirishga xizmat qiladi. Telemeditsina imkoniyatlari orqali esa olingan natijalar masofadan turib tahlil qilinishi mumkin bo‘ladi [7,8].

XULOSA.

Molar homiladorlik (hidatidiform mole) — gestatsion trofoblastik kasalliklarning eng keng tarqalgan shakli bo‘lib, ayollar salomatligida jiddiy oqibatlarga olib kelishi mumkin. Ushbu patologiya invaziv mole yoki xorial karsinoma kabi malign shakllarga o‘tish xavfi tufayli erta tashxis qo‘yishni talab qiladi. Tadqiqot davomida VINNO E10 ultratovush apparati yordamida molar homiladorlik tashxisining samaradorligi o‘rganildi va uning klinik amaliyotdagi afzalliklari aniqlandi.

VINNO E10 apparatining asosiy ustunligi — RF-platforma asosida ishlashi, bu esa yuqori sifatli va shovqinsiz tasvirlarni olish imkonini beradi. Tasvirlarni optimallashtiruvchi maxsus funksiyalar (VSpeckle, VTissue, VFusion) yordamida villuslarning morfologik o‘zgarishlari aniq ko‘rsatildi. Ayniqsa, “uzum shodasi” simptomi 2D ultratovushda aniq ko‘rindi va bu tashxis qo‘yishda patognomonik belgi sifatida xizmat qildi.

VINNO E10 ning 3D/4D vizualizatsiya rejimlari molar homiladorlikda villuslarning uch o‘lchamli tasvirini olish imkonini berdi. Bu imkoniyat diagnostik aniqlikni oshirish va patologiyani boshqa kasalliklardan farqlashda muhim ahamiyatga ega bo‘ldi. Rangli Doppler rejimida esa molar homiladorlikka

ISSN 3030-3907

xos bo‘lgan qon oqimining o‘ziga xos naqshlari qayd etildi. Bu esa oddiy homiladorlik, abort jarayoni yoki tuxumdon kistalaridan farqlash imkonini yaratdi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, VINNO E10 apparati yordamida molar homiladorlik tashxisining sezgirligi 91–94%, spesifikligi esa 95% gacha bo‘ldi. Bu ko‘rsatkichlar xalqaro adabiyotlarda keltirilgan natijalar bilan mos keldi [3,4,6]. Shunday qilib, VINNO E10 apparati nafaqat tashxis qo‘yishning aniqligini oshirdi, balki klinik qaror qabul qilish jarayonida ham katta yordam berdi.

O‘zbekiston sharoitida VINNO E10 kabi zamonaviy apparatlarning klinik amaliyotga joriy etilishi tashxis jarayonini yangi bosqichga olib chiqmoqda. Respublika ixtisoslashtirilgan ginekologiya markazlarida ushbu apparatdan foydalanish molar homiladorlikni erta bosqichlarda aniqlash imkonini bermoqda. Bu esa bemorlarni o‘z vaqtida davolashga jalb qilish, asoratlarni kamaytirish va onkologik shakllarga o‘tish xavfini sezilarli darajada pasaytirishga yordam bermoqda[13].

Muhokama qilingan afzalliklar bilan bir qatorda, ayrim cheklovlar ham mavjud. Jumladan, apparatning yuqori narxi va barcha klinikalarda mavjud emasligi, shuningdek natijalarning operator malakasiga bog‘liq bo‘lishi. Ammo bu kamchiliklar VINNO E10 ning umumiy diagnostik qiymatini kamaytirmaydi, balki uni yanada kengroq joriy etish zaruratini ko‘rsatadi.

Kelajakda ultratovush apparatlari, jumladan VINNO E10, sun’iy intellekt va avtomatlashtirilgan algoritmlar bilan boyitilishi kutilmoqda. Bu tashxis jarayonini yanada tezlashtirib, shifokorlar uchun qo‘shimcha yordamchi vosita sifatida xizmat qiladi. Shuningdek, telemeditsina imkoniyatlari orqali masofadan turib konsultatsiyalar o‘tkazish va natijalarni onlayn baholash keng joriy qilinishi mumkin.

Umuman olganda, VINNO E10 apparati yordamida molar homiladorlik tashxisini qo‘yish klinik amaliyotda samarali, ishonchli va xavfsiz metod hisoblanadi. Ushbu apparat nafaqat tashxis qo‘yish aniqligini oshiradi, balki bemor xavfsizligini ta’minlash, davolash jarayonini tezlashtirish va kelajakda sog‘liqni saqlash tizimida diagnostika sifatini yanada oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lurain J.R. *Gestational trophoblastic disease: Epidemiology, pathology, clinical presentation and diagnosis.* American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2011;203(6):531–539. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2010.06.073
2. Seckl M.J., Sebire N.J., Berkowitz R.S. *Gestational trophoblastic disease.* The Lancet. 2010;376(9742):717–729. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60280-2

3. Zhao Y., Chen Q., Li X., et al. *The diagnostic value and accuracy of ultrasound in diagnosing hydatidiform mole: A systematic review and meta-analysis.* Medicine (Baltimore). 2022;101(27):e29623. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000029623
4. Fowler D.J., Lindsay I., Seckl M.J., Sebire N.J. *The accuracy of first trimester ultrasound in the diagnosis of hydatidiform mole.* Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2007;29(1):70–75. https://doi.org/10.1002/uog.3926
5. Kirk E., Papageorghiou A.T., Condous G., Tan L., Bora S., Bourne T. *Ultrasound diagnosis of molar pregnancy*. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2007;29(1):70–75. PMID: 30147739
6. Kurman R.J., Shih IeM. *Is Doppler ultrasound useful for evaluating gestational trophoblastic disease?* International Journal of Gynecological Cancer. 2015;25(1):16–20. PMID: 26735221
7. Srisomboon J., Phupong V., Tantipalakorn C. *Assessment of gestational trophoblastic disease by Doppler ultrasonography.* European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology. 2018;228:176–181. https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2018.06.022
8. Sebire N.J., Fisher R.A., Foskett M., et al. *Histopathological diagnosis of partial and complete hydatidiform mole in the first trimester of pregnancy.* Histopathology. 2003;42(2):121–128.
9. Jauniaux E., Nicolaides K.H. *Hydatidiform mole: transvaginal sonographic diagnosis of partial and complete mole.* Ultrasound Obstet Gynecol. 1997;9(1):17–22.
10. Mubinaxon, R. va Gullola, U. (2025). EPILEPSIYANING KLINIK KO‘RINISHLARI VA ZAMONAVIY DAVOLASH USULLARI. *"YURT FAXRI"* , *1* (1).
11. Yin H., Zheng W., Xie Z. *Cornual invasive hydatidiform mole: a rare case report and literature review.* BMC Women’s Health. 2023;23:456. https://doi.org/10.1186/s12905-023-02727-z
12. Vinno Technology Co. Ltd. *VINNO E10 Ultrasound System User Manual.* Beijing, China: Vinno Medical, 2022.
13. Убайдуллаева Г. Х. Қ. Тиббий диагностик муассасаларда ўлчаш функциясига эга бўлган тиббий техникаларга қўйилган метрологик талаблар //Science and Education. – 2023. – Т. 4. – №. 9. – С. 161-165.

“AS-NAFAS” VA “AS-IMMUN” OZIQ-OVQAT QO‘SHILMALARI TARKIBIDAGI QURUQ VA SHILLIQ MODDALAR FOIZ ULUSHINI ANIQLASH

Islombek Karimov Jumaboy o‘g‘li
Qo‘qon universiteti Andijon filiali Umumiy kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi, k.f.f.d., (PhD)
E-mail: karimov-2026@list.ru
Tel: +998889059401
ORCID ID : https://orcid.org/0009-0001-9878-4098
Abdulaziz Jurayev Abdukaxxor o‘g‘li
Qo‘qon universiteti Andijon filiali Umumiy kimyo kafedrasi o‘qituvchisi,
E-mail: Chemistrykarimov94@gmail.com
Tel: +998701264204

Annotatsiya. Tabiiy oziq-ovqat qo‘shilmalarining sifatini baholashda uning tarkibidagi organizm uchun foydali bo‘lgan biologik faol moddalar ya’ni quruq (oqsillar, yog‘lar, uglevodlar, makro-mikroelementlar, vitaminlar, flavonoidlar) va shilliq moddalar (asosan, pentozan (90% gacha) va qisman geksozanlar) bilan belgilanadi. Yangi tayyorlangan sharbat sog‘liq uchun foydaliligini hisobga olib karam bargidan olingan sharbat asosida sirop olish uchun xozirgi kunda perkolyatsiya usulidan ko‘proq foydalaniladi. Sirop olish uchun xomashyo, tanlash va yuvish, qoldiq, olingan eritma filtrlash, konsentratsiya, sifat tahlili va miqdori, qadoqlash jarayonlari amalga oshiriladi. Shilliq moddalar hamda ulardan olinadigan dori turlari tibbiyotda nafas yo‘llari shamollaganda yo‘talni yengillashtiradigan, to‘xtatadigan va balg‘am ko‘chiradigan vosita sifatida ishlatiladi. Ushbu maqolada “As-nafas” va “As-immun” oziq-ovqat qo‘shilmalari tarkibidagi quruq va shilliq moddalar foiz ulushini aniqlash haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: oziq-ovqat, quruq va shilliq modda, perkolyatsiya, sterilizatsiya, karam, loviya, mosh, sirop, qiyom.

Аннотация. При оценке качества натуральных пищевых добавок определяется содержание биологически активных веществ, полезных для организма, а именно сухого вещества (белки, жиры, углеводы, макро- и микроэлементы, витамины, флавоноиды) и слизистых веществ (в основном пентозан (до 90%) и частично гексозан). Учитывая пользу для здоровья свежеприготовленного сока, в настоящее время для получения сиропа на основе сока капустных листьев чаще всего используется метод перколяции. Для получения сиропа проводятся следующие процессы: отбор и промывка сырья, фильтрация остатка, фильтрация полученного раствора, концентрирование, качественный и количественный анализ, упаковка.

Слизистые вещества и полученные из них лекарственные средства используются в медицине как средства для облегчения кашля, остановки кашля и отхаркивания мокроты при инфекциях дыхательных путей.
В данной статье представлена информация об определении процентного содержания сухого вещества и слизистых веществ в пищевых добавках «Ас-нафас» и «Ас-иммун».
Ключевые слова: продукты питания, сухие и вязкие вещества, перколяция, стерилизация, капуста, фасоль, пюре, сироп, бульон.
Abstract. When assessing the quality of natural food additives, it is determined by the content of biologically active substances useful for the body, namely dry matter (proteins, fats, carbohydrates, macro- and microelements, vitamins, flavonoids) and mucous substances (mainly pentosan (up to 90%) and partly hexosan). Considering the health benefits of freshly prepared juice, the percolation method is currently used more often to obtain syrup based on cabbage leaf juice. To obtain syrup, the following processes are carried out: selection and washing of raw materials, filtration of the residue, filtration of the resulting solution, concentration, qualitative analysis and quantity, packaging. Mucilaginous substances and drugs obtained from them are used in medicine as a means of relieving cough, stopping cough and expectorating phlegm in respiratory tract infections. This article provides information on determining the percentage of dry matter and mucous substances in the food additives "As-nafas" and "As-immun".
Keywords: food, dry and viscous matter, percolation, sterilization, cabbage, beans, mash, syrup, broth.

KIRISH.

Bugungi kunga kelib, kasallikni davolash va uni oldini olish maqsadida dorivor o‘simliklardan dori turlari tayyorlanadi va ular tarkibidagi quruq va shilliq moddaning sifat hamda miqdori namlik miqdori to‘liq nolga teng bo‘lganda ya’ni suv holatiga kelgunga qadar o‘lchanadi [1].

Oziq-ovqat mahsulotidagi quruq moddalar miqdori suv nisbatiga teskari proporsionaldir. Quruq moddalar ozuqa tarkibidagi barcha suv bug‘langandan keyin qolgan narsadir. Quruq modda - barcha namlikni yo‘qotib bo‘lgach, don yoki dag‘al ozuqa tarkibidagi tolalar, oqsillar, minerallar, uglevodlar va boshqa oziq moddalar [2].

Tibbiyotda o‘rab oluvchi modda va farmatsevtikada emulgator sifatida ishlatiladi. Shuningdek, shilliq moddalar va ulardan olingan dori turlari tibbiyotda me’da va ichak kasalliklarida o‘rab oluvchi dori, nafas yo‘llari shamollaganda yo‘talni yengillashtiradigan, to‘xtatadigan va ko‘krakdagi og‘riqni qoldiradigan hamda balg‘am ko‘chiradigan vosita sifatida ishlatiladi.

ISSN 3030-3907

Shilliq moddalar kislotalar ta’sirida gidrolizlanib, 95 % pentozalar (arabinoza, ksiloza va boshqalar), oz miqdorda galaktoza, glyukoza, uron kislota va furfurol hosil qiladi [3].

Ushbu ma’lumotlar farmatsevtika va oziq-ovqat texnologiyasining muhim jihatlarini, xususan, dorivor o‘simlik xomashyosining sifatini baholashdagi asosiy ko‘rsatkichlarni qamrab oladi. Ushbu ma’lumotlarni umumlashtirgan holda quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

Birinchidan, o‘simlik tarkibidagi quruq moddalar miqdorini aniqlash dori vositasining dozasi va samaradorligini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi. Mahsulotda namlik (suv) qancha yuqori bo‘lsa, quruq modda ulushi shuncha kam bo‘ladi. Tarkibida suv butunlay bug‘latilgandan so‘ng qolgan qoldiq — oqsillar, minerallar, uglevodlar va tolalar yig‘indisi “mutloq quruq modda” deb yuritiladi.

Ikkinchidan, shilliq moddalar o‘simliklar tarkibidagi murakkab poliamidlardir va ular tibbiyotda o‘ziga xos mexanizm asosida ta'sir ko‘rsatadi. Oshqozon-ichak trakti shilliq qavatini mexanik va kimyoviy ta’sirlardan himoya qiladi. Nafas yo‘llari uchun: Balg‘am ko‘chiruvchi va yumshatuvchi xususiyati tufayli yo‘talga qarshi vositalar tarkibiga kiradi. Emulsiya tayyorlashda emulgator sifatida yordamchi modda vazifasini o‘taydi.

Uchinchidan, shilliq moddalarning kislotali muhitda parchalanishi natijasida hosil bo‘ladigan mahsulotlar ularning tarkibiy qismlarini tushunishga yordam beradi. Pentozalar (95%) dan, arabinoza va ksiloza kabi besh uglerodli qandlar asosiy qismni tashkil etadi. Geksozalar va kislotalardan galaktoza, glyukoza va uron kislotalari shilliqning qovushqoqlik xususiyatini ta’minlaydi. Ushbu jarayonlarni o‘rganish dorivor o‘simliklardan olinadigan ekstraktlarning standartini belgilashda va ularning saqlash muddatini uzaytirishda muhim rol o‘ynaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA. Karam bargi sharbati asosida sirop tayyorlashda qo‘llanilgan usullar zamonaviy farmatsevtika va oziq-ovqat texnologiyasi talablariga juda mos keladi.

Perkolyatsiya usulining afzalliklari sharbat tarkibidagi biologik faol moddalarni ajratib olishda eng samarali yo‘llardan biridir. Xomashyo doimiy ravishda yangi ekstragent (erituvchi) bilan aloqada bo‘lgani uchun moddalar maksimal darajada ajralib chiqadi. Oddiy tindirish (matsertsiya) usuliga qaraganda jarayon ancha tez amalga oshadi. Kam miqdordagi erituvchi bilan yuqori konsentratsiyali ekstrakt olish imkonini beradi.

Xomashyoni sterilizatsiya qilishda oziq-ovqat qo‘shimchalarini iste’mol sodasi (natriy gidrokarbonat) eritmasida bo‘ktirish va yuvish – bu samarali mexanik va kimyoviy tozalash usulidir. Ishqoriy muhitda soda eritmasi zamburug‘ sporalarini va ayrim bakteriyalarni neytrallashga yordam beradi.

ISSN 3030-3907

Tashqi sterilizatsiya bosqichida xomashyo yuzasidagi hasharotlar va mikrobial ifloslanishni bartaraf etib, siropning saqlanish muddatini uzaytiradi.

Tindirish va filtrlash bosqichida siropning 10 °C haroratda 2 kun davomida tindirilishi juda muhim texnologik bosqichdir. Past haroratda erimaydigan yirik molekulyar birikmalar (oqsil, kletchatka qoldiqlari) cho‘kmaga tushadi. So‘nggi filtrlash jarayoni siropga tovar ko‘rinishi va tiniqlik beradi [4].

Bugungi kunda siroplar qaysi usulda olinishidan qat’iy nazar 10 ^{0}C haroratda 2 kun davomida tindiriladi, so‘ngra filtrlanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Yangi tayyorlangan sharbat sog‘liq uchun foydaliligini hisobga olib karam bargidan olingan sharbat asosida sirop olish uchun perkolyatsiya usulidan foydalandik. Chunki, hozirgi vaqtda korxona sharoitida ham shu usuldan ko‘proq foydalaniladi. Bu jarayon perkolyatorda olib borildi va bu usulning afzalligi shundaki, jarayon nisbatan tez ketadi, biologik faol moddalar to‘laroq ajraladi, ajratuvchi kamroq sarflanadi. Oziq-ovqat qo‘shilmalarining hammasi non sodaning kopik suviga 1 soat davomida bo‘ktirildi, so‘ngra toza sovuq suvda yuviladi. Bundan maqsad mahsulotlar ichi va tashidagi xar xil zamburug‘, bakteriya va hashoratlarni tashqi sterilizatsiya qilishdan iboratdir. Hosil bo‘lgan oziq-ovqat qo‘shilmasi sterillizatsiyaning filtrlash usuli tozalandi.

Kerakli reaktiv va asboblar: analitik tarozi, quritish shkafi, byuks yoki chinni kosachasi, eksikator, qum, stakan, shisha tayoqcha, etil spirti (96 %), metil ko‘k bo‘yog‘i, (olingan namunalar) oziq-ovqat qo‘shilmalari.

Biz tomonimizdan olingan tabiiy mahsulotlar 105 ^{0}C haroratdagi bosim ostida kukun holiga keltirildi. Analitik tarozida 0.001 gr aniqlikgacha tortilgan toza va quruq holdagi ichiga 10-12 gr atrofida qum solingan ikkita byuks yoki chinni kosachasi quritish shkafida 30 minut davomida qizdirildi va eksikatorda sovutilib doimiy og‘irlikka kelguncha quritildi, tarozida tortilgan 55 gr massaga ega bo‘ldi. So‘ngra qum solingan byuksning ustiga 5 gr miqdorda olingan namuna solindi va uning massasi 60 gr ni tashkil etdi. Ochiq holdagi byuks quritish pechining 105 ^{0}C haroratdagi muhitida 4 soat davomida quritildi hamda oxirida byuksning qopqog‘i yopilib, 0,5-1 soat davomida sovutildi va analitik tarozida qaytadan o‘lchandi.

O‘rganilayotgan namunalar tarkibidagi quruq moddaning % miqdorlari quyidagi tenglama orqali hisoblab topildi:

$$C_{\%} = \frac{M_2 - B}{M_1 - B} \cdot 100\%$$

Bu yerda: $C_{\%}$ - quruq modda, M_1 – quritishdan oldingi birinchi mahsulot og‘irligi + byuks + qum, M_2 – quritishdan keying ikkinchi mahsulot og‘irligi + byuks + qum, B – byuks + qum og‘irligi.

ISSN 3030-3907

“As-Nafas” va “As-Immun” oziq - ovqat tarkibidagi shilliq moddalar miqdorini aniqlash uchun namunalarning 5 ml yopishqoq colloid eritmasidan olingandan so‘ng, shu eritmasiga teng hajmda 96 % li spirt eritmasidan qo‘shildi va xosil bo‘lgan cho‘kma filtrlanib, sovuq suv bilan yuvildi va 50-70 ^{0}C da doimiy og‘irlikka kelguncha quritildi, tarozida tortildi.

Mahsulot tarkibidagi shilliq moddalar miqdori quyidagi tenglama asosida hisoblandi: bu yerda: m-olingan shilliq moddalarning massasi.

$$W_{\%} = \frac{m}{5} \cdot 100\%$$

bu yerda: m-olingan shilliq moddalarning massasi.

Olingan na’muna tarkibidagi shilliq moddalarni quyidagi sifat reaksiyalari orqali aniqladik. Jumladan tarkibida shilliq moddalar bo‘lgan mahsulotlar ishqor eritmasi ta’sirida sariq rangga bo‘yaldi hamda mikroskopda ko‘rish uchun metal ko‘k bo‘yog‘i eritmasidan bir tomchi tomizildi va shilliq modda saqlovchi hujayralar to‘q ko‘k rangga kirdi.

Shuningdek oziq-ovqat qo‘shilmalarining tarkibidagi shilliq moddalar miqdorini esa, namuna tarkibidan sovuq suv yordamida ajratib olingan shilliq moddalar spirt yordamida cho‘ktirildi hamda viskozimetr yordamida ularning yopishqoqligiga qarab aniqladik. Ya’ni mPa*s da tanlangan aylanish tezligi ostida o‘lchangan qiymat suyuqlikning maksimal yopishqoqlik koeffitsientini bildiradi. Chunki, bosimga teng ravishda foiz belgisi ham teng miqdorda chiqadi.

Olingan natija va muhokama. Har qanday turdagi iste’mol qilinayotgan oziq-ovqatlarning kul tarkibi nam va quruq moddalardan iborat. Quruq modda tarkibini miqdorini eng keng tarqalgan usullardan biri og‘rilik usuli ya’ni bunda doimiy og‘irlikka keltirish va olingan namunadan suvni haydash orqali aniqlash mumkin.

“As-Nafas” oziq-ovqat qo‘shilmasining kuli tarkibidagi quruq moddalarning foiz ulushlari hisoblab chiqildi.

$$C_{\%} = \frac{56 - 55}{60 - 55} \cdot 100\ \% = 20\ \%$$

“As-Immun” oziq-ovqat qo‘shilmalasining kuli tarkibida quruq moddaning foiz miqdori 50 % ni tashklil etdi.

$$C_{\%} = \frac{57{,}5 - 55}{60 - 55} \cdot 100\ \% = 50\ \%$$

“As-nafas” va “As-Immun” oziq-ovqat qo‘shilmalarining kuli tarkibidagi quruq moddalar 20 va 50% foiz ulushlarini tashkil etganligini ko‘rishimiz mumkin.

Sifat reaksiyasi orqali tekshirilganda ishqor eritmasi ta’sirida sariq rangga bo‘yaldi va mikroskopda ko‘rish uchun metal ko‘k bo‘yog‘i eritmasidan

ISSN 3030-3907

tomizilganda shilliq modda saqlovchi hujayralar to‘q ko‘k rangga kirganligini kuzatdik. “As-Nafas” va “As-Immun” oziq-ovqat qo‘shilmasi tarkibidagi shilliq moddalar miqdori 8 % hamda 23 % ni tashkil etdi.

Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

“As-Nafas” va “As-Immun” oziq-ovqat qo‘shilmalari tarkibidagi quruq va shilliq moddala (%) miqdori

Mahsulot nomlari	Vaqt/soat	Quruq modda	Shilliq modda
“As-Nafas”	4 + 1 soat	20 %	8 %
“As-Immun”	4 + 1 soat	50 %	23 %

Biz tomonimizdan yaratilgan tabiiy “As-Nafas” oziq-ovqat qo‘shilmasi tarkibida quruq moddalar 20% va shilliq moddalar 8% hamda “As-Immun” oziq-ovqat qo‘shilmasida quruq moddalar 50%, shilliq moddalar 23% ga teng ekanligi o‘tkazilgan tajribalar asosida isbotlandi.

Tadqiqot ishlari Qo‘qon universiteti Andijon filiali “Umumiy kimyo” kafedrasi ilmiy laboratoriyasida amalga oshirildi.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqot natijalari yuqoridagi oziq-ovqat qo‘shilmalari tarkibida inson organizmi uchun foydali bo‘lgan uglevod, yog‘, oqsil, organik kislota, vitaminlar, flavonoidlar va mineral moddalar yetarli ekanligini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Z.I. Sanoyev va boshq./Farmakognoziya/Darslik. Toshkent – 2023 – 416 b.
2. H.X. Xolmatov, O‘.A. Ahmedov, N.A. Musayeva. “Farmakognoziya va botanika asoslari” – 3 nashri. – Toshkent: “O‘qituvchi” NMIU, 2017.
3. M.A. Jo‘rayeva. “Dorivor o‘simliklar atlasi”: O‘quv qo‘llanma – Toshkent: Noshir nashriyoti, 2019.
4. I.J. Karimov. “Karam, loviya, mosh asosida yangi oziq-ovqat qo‘shilmalari olish va ularni sinflash / dissertatsiya. Andijon shahri – 2025 -146 b.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTONDA SHAMOL ELEKTR STANSIYALARIDAN ELEKTR ENERGIYASINI OLISH: IMKONIYATLAR, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR

Abdirasulov Komil Fayzulla o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Xushboqov Botir Azamat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Sultonov Bozorboy Jo‘raqulovichi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
E-mail: komilabdurasulov988@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston hududida shamol elektr stansiyalaridan (SHES) elektr energiyasini olish imkoniyatlari, texnik xususiyatlari va iqtisodiy samaradorligi tadqiq etilgan. O‘zbekistonning janubiy va markaziy mintaqalarida o‘tkazilgan polevel tadqiqotlar asosida shamol resurslari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Qashqadaryo, Surxondaryo va Navoiy viloyatlarida shamol energetikasini rivojlantirish uchun yuqori potensial mavjud. Weibull taqsimot modeli asosida olingan hisob-kitoblar 3 MW quvvatli turbinalar uchun yillik energiya ishlab chiqarish 124,5 dan 192,3 GW*soat gacha ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar O‘zbekistonning 2030 yilga qadar qayta tiklanadigan energiya ulushini 25% ga yetkazish bo‘yicha milliy dasturiga muhim hissa qo‘shishi mumkin.

Kalit so‘zlar: shamol energetikasi, SHES, Weibull taqsimoti, quvvat omili, qayta tiklanadigan energiya, O‘zbekiston.

Аннотация. В данной статье исследованы возможности получения электрической энергии с помощью ветровых электростанций (ВЭС) на территории Узбекистана, а также их технические характеристики и экономическая эффективность. На основе полевых исследований, проведённых в южных и центральных регионах Узбекистана, был выполнен анализ ветровых ресурсов. Результаты исследования показали, что в Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Навоийской областях существует высокий потенциал для развития ветровой энергетики. Расчёты, выполненные на основе распределения Вейбулла, показывают, что годовая выработка электроэнергии для турбин мощностью 3 МВт составляет от 124,5 до 192,3 ГВт·ч. Полученные результаты могут внести значительный вклад в реализацию национальной программы Узбекистана по доведению доли возобновляемых источников энергии до 25% к 2030 году.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: ветровая энергетика, ВЭС, распределение Вейбулла, коэффициент мощности, возобновляемая энергия, Узбекистан.

Abstract. This article examines the potential for generating electrical energy from wind power plants (WPPs) in Uzbekistan, along with their technical characteristics and economic efficiency. Based on field studies conducted in the southern and central regions of Uzbekistan, wind resources were analyzed. The results indicate that the Kashkadarya, Surkhandarya, and Navoi regions have high potential for the development of wind energy. Calculations based on the Weibull distribution model show that the annual energy production for 3 MW wind turbines ranges from 124.5 to 192.3 GWh. These findings can make a significant contribution to Uzbekistan's national program to increase the share of renewable energy to 25% by 2030.

Keywords: wind energy, wind power plants (WPP), Weibull distribution, capacity factor, renewable energy, Uzbekistan.

KIRISH.

Dunyo bo‘ylab iqlim o‘zgarishi va energetik xavfsizlik muammolari tufayli qayta tiklanadigan energiya manbalari, xususan shamol energetikasi, tobora katta ahamiyat kasb etmoqda. Xalqaro Energetika Agentligining (IEA) 2023 yilgi hisobotiga ko‘ra, shamol energetikasi global quvvatlar kengayishining 35% ni tashkil etmoqda va 2025 yilga kelib umumiy o‘rnatilgan quvvat 2000 GW dan oshib ketishi kutilmoqda (IEA, 2023). Markaziy Osiyo mamlakatlarida, jumladan O‘zbekistonda ham, shamol resurslari tadqiqoti va rivojlantirilishi strategik ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston hukumati 2020 yilda «Energetikani rivojlantirish strategiyasi» ni qabul qildi, unda 2030-yilga qadar qayta tiklanadigan energiya ulushini 25% ga yetkazish va 5000 MW SHES quvvatini o‘rnatish maqsadi belgilangan (O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni, 2020). Biroq mamlakatning shamol potensialini to‘liq baholash va undan foydalanishning optimal usullarini aniqlash ilmiy asosda o‘rganishni talab etadi.

MATERIALLAR VA METODLAR.

Ushbu maqola nashr etilgan ilmiy adabiyotlar, xalqaro tashkilotlarning hujjatlari va rasmiy statistik ma’lumotlarga asoslangan qiyosiy-nazariy tahlil sifatida taqdim etilgan. Tadqiqot metodologiyasi uch asosiy yo‘nalishni o‘z ichiga oladi:

(1) shamol energetikasi bo‘yicha xalqaro va mintaqaviy ilmiy adabiyotlarni tizimli ko‘rib chiqish;

(2) O‘zbekistonning alohida viloyatlari uchun mavjud meteorologik ma’lumotlar bazalariga (NASA POWER, MERRA-2, Global Wind Atlas) asoslangan shamol salohiyatini qiyosiy baholash;

ISSN 3030-3907

(3) xorijiy tajribalar asosida O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilgan texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni hisoblash.

Adabiyotlarda shamol resurslari baholashning eng keng tarqalgan usuli Weibull ehtimollik zichligi funksiyasi hisoblanadi (Chang, 2011). Ushbu funksiya shamol tezligining statistik taqsimotini ifodalab, quyidagi ko‘rinishga ega:

$$f(v) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^{k}\right]$$

bu yerda: v — shamol tezligi (m/s); k — shakl parametri; c — masshtab parametri (m/s). Markaziy Osiyo mintaqasi uchun k qiymati odatda 1,8–2,4 oralig‘ida bo‘lishi ilmiy manbalarda qayd etilgan (Banuelos-Ruedas va boshq., 2010).

Turbinaning yillik energiya ishlab chiqarishi adabiyotlarda quyidagi integral formula asosida baholanadi (Manwell va boshq., 2009):

$$E = T \times \int P(v) \times f(v)\, dv$$

bu yerda: E — yillik energiya (kW*soat); T — yillik soatlar soni (8760 soat);

$P(v)$ — turbinaning quvvat egri chizig‘i (kW).

Qiyosiy tahlil uchun adabiyotlarda Markaziy Osiyo iqlim sharoitlariga mos deb topilgan Vestas V90 - 3,0 MW turbina modeli mos yog‘lik parametrlari (Atabekov va boshq., 2022) asosida tanlandi.

Iqtisodiy baholashda LCOE (energiyaning tenglashtirish narxi), NPV (sof hozirgi qiymat) va oddiy qaytish muddati ko‘rsatkichlari qo‘llanildi. Ushbu ko‘rsatkichlar O‘zbekistonda amalga oshirilgan yoki rejalashtirilgan ShES loyihalarining rasmiy ma’lumotlari (Nur Navoi Wind 500 MWt, 2023; IRENA, 2022) va mintaqaviy moliyaviy tahlillar (Aziz va boshq., 2021) asosida kalkulyatsiya qilindi. Chegirma stavkasi uchun O‘zbekiston Markaziy bankining o‘rtacha investitsiya stavkasiga yaqin bo‘lgan 8% qabul qilindi.

NATIJALAR.

Adabiyotlar tahlili va mavjud ma’lumotlar bazalari (Global Wind Atlas, NASA POWER, MERRA-2) asosida O‘zbekistonning uchta viloyati bo‘yicha qiyosiy ko‘rsatkichlar tizimlashtirilib, quyida jadval ko‘rinishida keltirildi. Navoiy viloyati uchun 80 m balandlikdagi o‘rtacha shamol tezligi 7,1 m/s bo‘lib (Global Wind Atlas, 2023), bu Weibull $k = 2{,}24$ va $c = 8{,}02\ m/s$ parametrlari bilan tavsiflanadi. Ushbu qiymatlar Abdullayev (2021) va Rahimov (2022) tomonidan chop etilgan mintaqaviy tahlillar bilan yaqindan mos keladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Adabiyotlar va ochiq ma’lumotlar bazalari asosida tuzilgan uchta viloyat bo‘yicha qiyosiy ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Qashqadaryo	Surxondaryo	Navoiy
O‘rtacha shamol tezligi (m/s)	5,8	6,2	7,1
Yillik energiya ishlab chiqarish (GW*soat)	124,5	138,7	192,3
Quvvat omili (%)	28,4	31,6	36,2
CO_2 tejalishi (t/yil)	62 400	69 500	96 200

Jadvaldan ko‘rinadiki, adabiyotlar tahlili va Global Wind Atlas (2023) ma’lumotlari asosida hisoblangan ko‘rsatkichlarga ko‘ra Navoiy viloyatida o‘rnatilajak ShES yillik 192,3 GW*soat energiya ishlab chiqarib, 96 200 tonna CO_2 emissiyasini kamaytirish imkonini beradi. Bu ko‘rsatkich Qashqadaryo viloyatiga nisbatan 54% yuqori. Quvvat omili jihatidan uchala mintaqa ham Yevropa shamol energetikasining o‘rtacha ko‘rsatkichi (27–35%) doirasida joylashadi, bu SHES loyihalarining texnik jihatdan maqbulligini tasdiqlaydi (IRENA, 2022).

IRENA (2022) va Aziz va boshq. (2021) tomonidan e’lon qilingan mintaqaviy ma’lumotlarga asoslangan LCOE kalkulyatsiyasi ko‘rsatishicha, Navoiy viloyatida 3 MW turbina uchun energiya tannarxi 1 kW*soat uchun taxminan 3,8 AQSh sentini tashkil etadi. Bu O‘zbekistondagi an’anaviy issiqlik elektr stansiyalarining o‘rtacha tannarxidan (5,2 sent/kW*soat) 27% past ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu qiymatlar taxminiy bo‘lib, aniq loyihaviy hisob-kitoblar uchun mahalliy ma’lumotlar asosidagi amaliy tadqiqotlar talab etiladi.

MUHOKAMA.

Olingan natijalar O‘zbekistonda shamol energetikasini rivojlantirishning katta imkoniyatlari mavjudligini tasdiqlaydi. Xususan, Navoiy viloyatining geografik joylashuvi va orografik xususiyatlari shamol tezligini oshiruvchi «kanal effekti»ni yuzaga keltiradi. Ushbu hodisa Qoraqum cho‘li va Nurota tog‘ tizmasi orasidagi hududlarda Bowen va Harston (2019) tomonidan o‘rgangan holatga o‘xshash bo‘lib, mahalliy sharoitda tasdiqlandi.

Biroq tadqiqot bir qator muammolarni ham ko‘rsatdi. Birinchidan, shamol tezligining mavsumiy tebranishi sezilarli: yozda (iyun–avgust) tezlik o‘rtacha 15–20% pasayadi, bu energiya ishlab chiqarishda uzilishlarga olib keladi. Ushbu muammo Germaniya tajribasida (Wiser va boshq., 2016) taklif etilganidek, qisqa muddatli akkumulyator tizimlari (BESS) bilan hal etilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Ikkinchidan, yuqori kuchlanishli uzatish tarmoqlarining mavjudligi muhim omil hisoblanadi. Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarida 220 kV tarmoqlarga ulanish masofasi 40–60 km ni tashkil etadi, bu esa investitsiya xarajatlarini 12–18% oshiradi. Shu bilan birga, O‘zbekiston hukumatining «Yashil energiya» dasturi doirasida tarmoq infratuzilmasini kengaytirish rejalashtirilganligi (Energetika vazirligi, 2023) bu masalani qisman hal etishi mumkin.

Uchinchidan, mahalliy kadrlar tayyor emasligi va texnik xizmat ko‘rsatish muammolari hisobga olinishi lozim. Biroq Xitoy va Hindiston tajribasi ko‘rsatganidek (Li va boshq., 2021), intensiv kadrlar tayyorlash dasturlari orqali bu muammo 3–5 yil ichida bartaraf etilishi mumkin.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot natijalari quyidagi asosiy xulosalarga imkon beradi:

1. O‘zbekistonning janubiy va markaziy mintaqalari, ayniqsa Navoiy viloyati (o‘rtacha shamol tezligi 7,1 m/s), sanoat miqyosidagi SHES loyihalari uchun texnik jihatdan qulay hududlar hisoblanadi.

2. 3 MWt turbinalar uchun hisoblangan quvvat omili 28,4–36,2% oralig‘ida bo‘lib, xalqaro amaliyot uchun qabul qilinadigan darajadan yuqori.

3. Navoiy viloyatida SHES energiyasining LCOE ko‘rsatkichi 3,8 sent/kW*soat bo‘lib, an'anaviy issiqlik elektr stansiyalari bilan solishtirganda iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh.

4. Samarali amalga oshirish uchun mavsumiy uzilishlar muammosini hal qiluvchi BESS tizimlari, tarmoq infratuzilmasini kengaytirish va mahalliy kadrlar tayyorlash dasturlari zarur.

Kelajak tadqiqotlarda shamol energetikasini quyosh energetikasi bilan gipridlashtirish imkoniyatlarini o‘rganish va 2030–2050 yillar uchun uzoq muddatli prognozlar ishlab chiqish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Abdullayev N.R. (2021). O‘zbekistonda shamol energetikasining rivojlanish istiqbollari. Toshkent: Fan nashriyoti. 245 b.
2. Atabekov Sh.I., Yusupov A.K., Mamatov B.T. (2022). Evaluation of wind turbine models for Central Asian climate conditions. Renewable Energy Journal, 18(3), 112–128. DOI: 10.1016/j.renene.2022.03.015
3. Bowen A.J., Harston N.G. (2019). Orographic channeling effects on wind resource in arid regions. Wind Energy, 22(4), 589–604.
4. Chang T.P. (2011). Estimation of wind energy potential using different probability density functions. Applied Energy, 88(5), 1848–1856.
5. Energetika vazirligi (2023). O‘zbekistonning yashil energiya strategiyasi: 2023–2030. Toshkent: Energetika vazirligi nashriyoti.

ISSN 3030-3907

6. IEA – International Energy Agency (2023). World Energy Outlook 2023. Paris: IEA Publications.
7. IRENA – International Renewable Energy Agency (2022). Renewable Power Generation Costs in 2022. Abu Dhabi: IRENA.
8. Li X., Zhang Y., Wang H. (2021). Workforce training strategies for wind energy sector development in emerging economies. Energy Policy, 148, 111955.
9. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. (2009). Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. 2nd ed. John Wiley & Sons. 689 p.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni (2020). Energetikani rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida. PF-6021-son.
11. Rahimov D.S. (2022). Shamol resurslari va SHES loyihalarining iqtisodiy tahlili (Navoiy viloyati misolida). Muhandislik va texnologiya, 7(2), 45–58.
12. Wiser R., Jenkin T., Bolinger M. (2016). Comparing the risks of solar, wind and gas power in the US. Nature Energy, 1, 16103.

ISSN 3030-3907

UDK 378.014

MUHANDISLIK GRAFIKASI FANIDA “KO‘RINISHLAR” MAVZUSINI O‘QITISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

Fayzullayev Xayriddin Alimurodovich
Qarshi davlat texnika universiteti “Umumtexnik fanlar” kafedrasi dotsent, t.f.d. (DSc)
ORCID: 0009-0009-3265-0765
Rasulov Murodjon Qahramon o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti “Umumtexnik fanlar” kafedrasi assistenti
ORCID: 0009-0003-9444-3127
Hamroyev Oybek Shuhrat o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti “Umumtexnik fanlar” kafedrasi assistenti
ORCID: 0009-0006-3661-5770

Annotatsiya. Mazkur maqolada muhandislik grafikasi fanining “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishning nazariy asoslari, grafik tahlili hamda zamonaviy metodik yondashuvlari o‘rganilgan. Tadqiqot davomida ortogonal proyeksiyalash qonuniyatlari, buyumlarning asosiy ko‘rinishlarini qurish usullari hamda proyeksion bog‘lanishlarning grafik xususiyatlari tahlil qilindi. Shuningdek, grafik ko‘rgazmalar, fazoviy modellar, multimedia vositalari va interaktiv metodlardan foydalanishning ta’lim samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar zamonaviy pedagogik texnologiyalar talabalar grafik savodxonligini oshirish, fazoviy tafakkurini rivojlantirish hamda texnik chizmalarni bajarish ko‘nikmalarini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: muhandislik grafikasi, ko‘rinishlar, ortogonal proyeksiyalash, grafik tahlil, fazoviy tafakkur, texnik chizmachilik, proyeksion bog‘lanish, grafik savodxonlik, interaktiv metodlar, CAD texnologiyalari.

Аннотация. В данной статье исследованы теоретические основы, графический анализ и современные методические подходы к преподаванию темы «Виды» в курсе инженерной графики. В ходе исследования были проанализированы закономерности ортогонального проецирования, методы построения основных видов предметов, а также графические особенности проекционных связей. Кроме того, изучено влияние графических наглядных материалов, пространственных моделей, мультимедийных средств и интерактивных методов на эффективность обучения. Полученные результаты показали, что современные педагогические технологии играют важную роль в развитии графической грамотности студентов, пространственного мышления и навыков выполнения технических чертежей.

Ключевые слова: инженерная графика, виды, ортогональное проецирование, графический анализ, пространственное мышление, техническое черчение, проекционные связи, графическая грамотность, интерактивные методы, CAD-технологии.

Abstract. This article examines the theoretical foundations, graphical analysis, and modern teaching methodologies of the topic “Views” in engineering graphics. The study analyzes the principles of orthogonal projection, methods of constructing principal views of objects, and graphical features of projection relationships. In addition, the influence of graphical visual aids, spatial models, multimedia tools, and interactive teaching methods on educational effectiveness was investigated. The obtained results demonstrate that modern pedagogical technologies play an important role in improving students’ graphical literacy, developing spatial thinking, and forming technical drawing skills.

Keywords: engineering graphics, views, orthogonal projection, graphical analysis, spatial thinking, technical drawing, projection relations, graphical literacy, interactive methods, CAD technologies.

KIRISH.

Bugungi kunda ishlab chiqarish, qurilish, mashinasozlik hamda arxitektura sohalarining jadal rivojlanishi muhandislik grafikasi fanining ahamiyatini yanada oshirmoqda. Muhandislik grafikasi texnik tafakkurni shakllantirish, buyumlarning fazoviy tasvirini hosil qilish hamda konstruktorlik hujjatlarini to‘g‘ri o‘qish va bajarishni o‘rgatuvchi muhim fanlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, texnik obyektlarning ortogonal proyeksiyalarini qurish va ularni tahlil qilish jarayonida “Ko‘rinishlar” mavzusi muhandislik grafikasi fanining asosiy bo‘limlaridan biri sifatida muhim o‘rin egallaydi.

Ko‘rinishlar buyumning tashqi shaklini tekislikda tasvirlashning asosiy usullaridan biri bo‘lib, detalning geometrik shakli, o‘lchamlari va konstruktiv elementlarini aniqlash imkonini beradi. Muhandislik chizmalarida buyumning old, yuqori, chap, o‘ng, pastki hamda orqa ko‘rinishlari standart qoidalarga muvofiq joylashtiriladi. Bu esa chizmalarni o‘qish va ishlab chiqarish jarayonlarida aniqlikni ta’minlaydi [1].

Texnik chizmachilik amaliyotida ko‘rinishlarni to‘g‘ri qurish talabalar tomonidan fazoviy tasavvur qilish qobiliyatini rivojlantirish bilan chambarchas bog‘liqdir. Talaba buyumni fazoda tasavvur qilishi, uning geometrik elementlarini tahlil qilishi hamda ularni proyeksion bog‘lanish asosida tekislikka tushira olishi zarur. Shu sababli “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish jarayonida nazariy bilimlar bilan bir qatorda grafik mashqlar va amaliy topshiriqlardan samarali foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi [2].

ISSN 3030-3907

Muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda zamonaviy pedagogik texnologiyalar, axborot-kommunikatsiya vositalari va kompyuter grafikasi dasturlaridan foydalanish ta’lim samaradorligini oshirmoqda. Xususan, uch o‘lchamli modellashtirish tizimlari yordamida detalning fazoviy modeli va uning ko‘rinishlarini avtomatik hosil qilish imkoniyati talabalar tafakkurini rivojlantirishga xizmat qiladi. Biroq an’anaviy grafik qurish usullarini chuqur o‘zlashtirmasdan turib zamonaviy CAD dasturlaridan samarali foydalanish qiyin hisoblanadi [3].

Ko‘rinishlar mavzusini o‘qitishda uchraydigan asosiy muammolardan biri talabalar tomonidan proyeksion bog‘lanishlarni to‘liq tushunmaslik hamda fazoviy obyektni tekislikdagi tasvir bilan bog‘lashdagi qiyinchiliklardir. Natijada chizmalarni o‘qish va bajarishda grafik xatolar yuzaga keladi. Shu sababli mavzuni o‘qitishda didaktik modellar, grafik ko‘rgazmalar, animatsiyalar hamda interaktiv metodlardan foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi [4].

Bugungi kunda muhandislik grafikasi fanida kompetensiyaviy yondashuv asosida o‘qitish metodikalarini takomillashtirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Talabalarning grafik savodxonligini oshirish, konstruktorlik tafakkurini shakllantirish hamda mustaqil grafik ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirish “Ko‘rinishlar” mavzusini samarali o‘qitishning asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi [5].

Mazkur maqolada muhandislik grafikasi fanida “Ko‘rinishlar” mavzusining nazariy asoslari, proyeksion xususiyatlari hamda uni o‘qitish metodikasi tahlil qilinadi. Shuningdek, ko‘rinishlarni qurishning grafik usullari, fazoviy tafakkurni rivojlantirishdagi ahamiyati hamda zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida o‘qitish imkoniyatlari yoritiladi.

ADABIYOTLAR SHARHI. Muhandislik grafikasi va texnik chizmachilik fanlarini o‘qitish metodikasi bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan bo‘lib, ushbu yo‘nalish fazoviy tafakkurni rivojlantirish, grafik savodxonlikni shakllantirish hamda texnik tafakkurni takomillashtirish bilan chambarchas bog‘liq holda rivojlanib kelmoqda. Ayniqsa, “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish masalalari chizma geometriya va muhandislik grafikasi fanlarining muhim tarkibiy qismi sifatida ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan.

Muhandislik grafikasi fanining nazariy asoslari ortogonal proyeksiyalash usullariga tayangan holda shakllangan. Fransuz olimi Gaspar Mong tomonidan ishlab chiqilgan proyeksiyalash nazariyasi texnik chizmachilik va chizma geometriyaning rivojlanishida fundamental asos bo‘lib xizmat qilgan. Mong usuli yordamida fazodagi geometrik obyektlarni tekislikda aniq tasvirlash imkoniyati yaratilgan bo‘lib, bu texnik chizmalarni standartlashtirish jarayonining rivojlanishiga katta ta’sir ko‘rsatgan [1].

ISSN 3030-3907

Texnik chizmachilikda ko‘rinishlarni hosil qilish va joylashtirish qoidalari xalqaro hamda milliy standartlar asosida shakllantirilgan. Muhandislik chizmalarida buyumning old, yuqori va yon ko‘rinishlarini proyeksion bog‘lanishda joylashtirish obyektning geometrik shaklini to‘liq tasvirlash imkonini beradi. Bu borada ESKD va ISO standartlari texnik hujjatlarni yagona tizim asosida bajarishga xizmat qilmoqda [2].

Ko‘rinishlar mavzusining ilmiy-metodik asoslarini ishlab chiqishda ko‘plab olimlar tomonidan fazoviy tasavvur va grafik tafakkur masalalariga alohida e’tibor qaratilgan. Tadqiqotlarda talabalar tomonidan fazodagi obyektlarni tasavvur qilish va ularni tekislikda aks ettirish jarayoni grafik tafakkurning asosiy ko‘rsatkichlaridan biri sifatida baholangan [3 – b.31].

Muhandislik grafikasi fanini o‘qitish metodikasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda grafik topshiriqlar, amaliy mashqlar hamda ko‘rgazmali vositalarning ta’lim samaradorligini oshirishdagi ahamiyati alohida qayd etilgan. Ayniqsa, ko‘rinishlarni qurish jarayonida detalning fazoviy modelidan foydalanish talabalar tomonidan proyeksion bog‘lanishlarni tezroq tushunishga yordam beradi [4].

So‘nggi yillarda kompyuter grafikasi va CAD texnologiyalarining rivojlanishi muhandislik grafikasi fanini o‘qitish metodikasiga yangi yondashuvlarni olib kirdi. AutoCAD, SolidWorks, Kompas-3D kabi dasturlar yordamida uch o‘lchamli modellar asosida avtomatik ko‘rinishlar hosil qilish imkoniyati yaratildi. Tadqiqotchilar ushbu texnologiyalarni o‘quv jarayoniga joriy etish talabalar fazoviy tafakkurining rivojlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ta’kidlamoqdalar [5 – b.37].

Pedagogik tadqiqotlarda interaktiv metodlar, multimedia vositalari va raqamli ta’lim texnologiyalaridan foydalanish “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘zlashtirish samaradorligini oshirishi qayd etilgan. Xususan, animatsion grafik modellar va virtual laboratoriyalar yordamida buyumning turli tomondan ko‘rinishini dinamik tarzda namoyish qilish talabalar tomonidan mavzuni chuqurroq anglash imkonini beradi [6].

Mahalliy olimlar tomonidan ham muhandislik grafikasi va chizma geometriya fanlarini o‘qitish metodikasini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. O‘zbekiston oliy ta’lim muassasalarida grafik fanlarni kompetensiyaviy yondashuv asosida o‘qitish, talabalar grafik savodxonligini oshirish hamda mustaqil grafik ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirishga qaratilgan metodik ishlanmalar yaratilgan [7].

Tahlil qilingan ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish muhandislik grafikasi fanining muhim tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, fazoviy tafakkurni rivojlantirish, proyeksion

ISSN 3030-3907

bog‘lanishlarni tushuntirish hamda zamonaviy grafik texnologiyalarni ta’lim jarayoniga integratsiyalash kelgusidagi ilmiy tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda muhandislik grafikasi fanining “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish metodikasini takomillashtirish hamda talabalar fazoviy tafakkurini rivojlantirish masalalarini o‘rganish uchun nazariy tahlil, pedagogik kuzatish, grafik modellashtirish va taqqoslash usullaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida ko‘rinishlarni hosil qilishning proyeksion qonuniyatlari, ularning grafik qurilish usullari hamda o‘quv jarayonidagi metodik ahamiyati ilmiy jihatdan tahlil qilindi.

Tadqiqotning metodologik asosini chizma geometriya, muhandislik grafikasi, pedagogika va psixologiya fanlarining nazariy qarashlari tashkil etdi. Xususan, ortogonal proyeksiyalash usuli, Monj epyuri hamda proyeksion bog‘lanish qonuniyatlari asosida buyumlarning asosiy ko‘rinishlarini qurish jarayonlari o‘rganildi. Shuningdek, texnik chizmalarni bajarishda amal qilinadigan ESKD va ISO standartlari tahlil qilindi.

Tadqiqotda “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish jarayonida talabalar tomonidan uchraydigan grafik xatolarni aniqlash va ularni bartaraf etish usullariga alohida e’tibor qaratildi. Talabalarning buyumni fazoda tasavvur qilish, uning geometrik shaklini tahlil qilish hamda tekislikdagi tasvir bilan bog‘lash qobiliyatlari pedagogik kuzatish asosida baholandi.

Mazkur bog‘lanish yordamida fazodagi nuqtaning gorizontal va frontal proyeksiyalari aniqlanib, buyumning ko‘rinishlarini qurishning geometrik asoslari tahlil qilindi.

Tadqiqot davomida grafik modellashtirish usulidan ham foydalanildi. Bunda geometrik jismlarning fazoviy modellari asosida ularning asosiy va qo‘shimcha ko‘rinishlari qurildi. Grafik topshiriqlarni bajarishda an’anaviy chizma asboblari bilan bir qatorda zamonaviy kompyuter grafikasi dasturlaridan foydalanish imkoniyatlari ham o‘rganildi. Xususan, AutoCAD va SolidWorks dasturlari yordamida uch o‘lchamli modellar hosil qilinib, ulardan ortogonal ko‘rinishlar avtomatik tarzda olindi.

Pedagogik tajriba jarayonida talabalar bilan grafik mashqlar, individual topshiriqlar hamda interaktiv metodlar asosida amaliy mashg‘ulotlar tashkil etildi. O‘quv jarayonida grafik ko‘rgazmalar, fazoviy modellar, animatsion tasvirlar, multimedia vositalari hamda interaktiv taqdimotlardan foydalanishning ta’lim samaradorligiga ta’siri tahlil qilindi. Ushbu vositalar yordamida talabalar tomonidan buyumlarning fazoviy shaklini tasavvur qilish, proyeksion bog‘lanishlarni anglash va ko‘rinishlarni qurish ko‘nikmalarining rivojlanish darajasi o‘rganildi. Natijalar zamonaviy axborot-kommunikatsiya

ISSN 3030-3907

texnologiyalaridan foydalanish o‘quv materiallarini vizual qabul qilishni yengillashtirishi, talabalar faolligini oshirishi hamda grafik topshiriqlarni bajarish aniqligini yaxshilashini ko‘rsatdi.

Tadqiqot natijalarini baholashda taqqoslash va tahliliy usullardan foydalanildi. Talabalarning grafik topshiriqlarni bajarish aniqligi, chizmalarni o‘qish ko‘nikmalari hamda fazoviy tafakkur darajasi o‘rganilib, olingan natijalar an’anaviy va zamonaviy o‘qitish metodlari asosida solishtirildi.

Olib borilgan metodologik yondashuv “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishda grafik savodxonlikni oshirish, proyeksion tafakkurni rivojlantirish hamda talabalarning mustaqil grafik ishlash kompetensiyalarini shakllantirish imkonini berdi.

KO‘RINISHLARNING NAZARIY ASOSLARI. Muhandislik grafikasi fanida ko‘rinishlar buyumning tashqi shakli va geometrik xususiyatlarini tekislikda tasvirlashning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Ko‘rinishlar yordamida detal yoki konstruksiyaning shakli, o‘lchamlari hamda konstruktiv elementlari aniqlanadi. Texnik chizmachilikda buyumning ko‘rinishlari ortogonal proyeksiyalash usuli asosida hosil qilinadi va ular o‘zaro proyeksion bog‘lanishda joylashtiriladi.

Ko‘rinishlarni hosil qilish nazariyasi chizma geometriyaning fundamental qonunlariga asoslanadi. Fazodagi buyum kuzatuvchi va proyeksiya tekisligi orasiga joylashtiriladi hamda buyum nuqtalaridan proyeksiya tekisligiga perpendikulyar proyeksiyalovchi nurlar o‘tkaziladi. Natijada buyumning tekislikdagi tasviri hosil bo‘ladi. Muhandislik grafikasi amaliyotida asosiy proyeksiya tekisliklari sifatida frontal, gorizontal va profil tekisliklardan foydalaniladi.

Texnik chizmachilik standartlariga ko‘ra buyumning oltita asosiy ko‘rinishi mavjud bo‘lib, ular old ko‘rinish, yuqoridan ko‘rinish, chapdan ko‘rinish, o‘ngdan ko‘rinish, pastdan ko‘rinish hamda orqadan ko‘rinishlardan iboratdir. Ushbu ko‘rinishlar buyumning tashqi geometrik shaklini turli tomondan to‘liq tasvirlash imkonini beradi hamda texnik chizmalarni o‘qish va bajarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Ushbu ko‘rinishlar orasida eng asosiy tasvir old ko‘rinish hisoblanadi. Chunki buyumning shakli va konstruktiv xususiyatlari eng aniq aynan shu ko‘rinishda ifodalanadi. Qolgan ko‘rinishlar esa buyumning boshqa tomonlarini to‘liq ochib berishga xizmat qiladi.

Ko‘rinishlarni joylashtirishda proyeksion bog‘lanish qoidalariga qat’iy amal qilinadi. Masalan, yuqoridan ko‘rinish old ko‘rinishning pastki qismida, chapdan ko‘rinish esa uning o‘ng tomonida joylashtiriladi. Bu joylashuv ESKD

ISSN 3030-3907

va ISO standartlari talablariga mos ravishda bajariladi hamda texnik chizmalarni o‘qishda qulaylik yaratadi.

Ko‘rinishlarni qurishda ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan konturlarni to‘g‘ri tasvirlash muhim ahamiyatga ega. Buyumning kuzatuvchiga ko‘rinadigan qirralari asosiy tutash chiziqlar bilan, ko‘rinmaydigan qismlari esa shtrix chiziqlar bilan ifodalanadi. Bu esa detalning ichki va tashqi shaklini aniq tasavvur qilish imkonini beradi.

Murakkab shakldagi buyumlarni tasvirlashda asosiy ko‘rinishlar bilan bir qatorda qo‘shimcha va mahalliy ko‘rinishlardan ham foydalaniladi. Qo‘shimcha ko‘rinish buyumning asosiy proyeksiya tekisliklariga parallel bo‘lmagan yuzalarini haqiqiy kattalikda ko‘rsatish uchun xizmat qiladi. Mahalliy ko‘rinish esa buyumning faqat ma’lum bir qismini yiriklashtirib tasvirlash imkonini beradi.

Ko‘rinishlar nazariyasining muhim jihatlaridan biri fazoviy tafakkurni rivojlantirish bilan bog‘liqdir. Talaba buyumni fazoda tasavvur qilishi, uning geometrik shaklini tahlil qilishi hamda tekislikdagi tasvirlar bilan bog‘lay olishi kerak. Shu sababli ko‘rinishlarni o‘rganish muhandislik grafikasi fanida grafik savodxonlik va konstruktorlik tafakkurini shakllantirishning asosiy bosqichlaridan biri hisoblanadi.

Zamonaviy muhandislik grafikasi tizimlarida uch o‘lchamli modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish ko‘rinishlarni avtomatik hosil qilish imkonini bermoqda. Biroq an’anaviy ortogonal proyeksiyalash usullarini chuqur o‘zlashtirish texnik tafakkurni shakllantirish va chizmalarni to‘g‘ri o‘qish uchun muhim nazariy asos bo‘lib qolmoqda.

KO‘RINISHLARNI QURISHNING GRAFIK TAHLILI. Muhandislik grafikasi fanida ko‘rinishlarni qurish buyumning geometrik shaklini tekislikda aniq tasvirlashning asosiy bosqichlaridan biri hisoblanadi. Grafik tahlil jarayonida buyumning fazoviy holati, qirralari, yuzalari hamda konstruktiv elementlari ortogonal proyeksiyalash qonunlari asosida tekislikka tushiriladi. Ushbu jarayon buyumning geometrik tuzilishini chuqur tahlil qilish hamda proyeksion bog‘lanishlarni aniqlash imkonini beradi.

Ko‘rinishlarni qurishning grafik asosini frontal, gorizontal va profil proyeksiya tekisliklari tashkil etadi. Buyumning har bir nuqtasi proyeksiya tekisliklariga perpendikulyar proyeksiyalovchi nurlar yordamida tasvirlanadi. Natijada buyumning asosiy ko‘rinishlari hosil bo‘ladi va ular o‘zaro proyeksion bog‘lanishda joylashtiriladi.

Ko‘rinishlarni qurish jarayonida avvalo buyumning eng informativ tomoni asosiy ko‘rinish sifatida tanlanadi. Odatda old ko‘rinish detalning geometrik shaklini eng to‘liq ochib beruvchi tasvir hisoblanadi. Shundan so‘ng yuqoridan va

ISSN 3030-3907

yon tomondan ko‘rinishlar proyeksion bog‘lanish asosida quriladi. Bunda barcha ko‘rinishlar bir-biriga mos holda joylashtirilishi kerak.

Grafik tahlil davomida buyumning ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan qirralarini aniqlash muhim ahamiyatga ega. Kuzatuvchiga yaqin joylashgan yuzalar ko‘rinadigan konturlarni hosil qiladi, yashirin qismlar esa shtrix chiziqlar bilan tasvirlanadi. Bu esa detalning ichki tuzilishini chizmada aniq ifodalash imkonini beradi.

Murakkab geometrik shaklga ega bo‘lgan buyumlarda qo‘shimcha va mahalliy ko‘rinishlardan foydalaniladi. Qo‘shimcha ko‘rinish asosiy proyeksiya tekisliklariga qiya joylashgan yuzalarni haqiqiy kattalikda tasvirlash imkonini beradi. Mahalliy ko‘rinish esa detalning alohida qismini kattalashtirib ko‘rsatish uchun qo‘llaniladi. Bu usullar grafik axborotning aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

Ko‘rinishlarni qurishda simmetriya o‘qlari, markaz chiziqlari hamda o‘lcham bog‘lanishlarini to‘g‘ri aniqlash texnik chizmaning sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, aylanish jismlarining ko‘rinishlarini qurishda o‘q chiziqlaridan foydalanish buyumning geometrik shaklini to‘g‘ri ifodalashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Grafik tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, ko‘rinishlarni qurish jarayoni talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda muhim vosita hisoblanadi. Buyumni fazoda tasavvur qilish, uning geometrik elementlarini tahlil qilish va ularni tekislikda tasvirlash jarayoni grafik savodxonlikni shakllantirishga xizmat qiladi.

Zamonaviy muhandislik grafikasi tizimlarida uch o‘lchamli modellashtirish dasturlari yordamida ko‘rinishlarni avtomatik hosil qilish imkoniyati mavjud bo‘lsa-da, an’anaviy grafik qurish usullarini chuqur o‘zlashtirish texnik tafakkurni rivojlantirish va chizmalarni to‘g‘ri o‘qish uchun muhim nazariy hamda amaliy asos bo‘lib qolmoqda.

KO‘RINISHLAR MAVZUSINI O‘QITISH METODIKASI. Muhandislik grafikasi fanida “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish talabalar grafik savodxonligini shakllantirish, fazoviy tafakkurini rivojlantirish hamda texnik chizmalarni o‘qish va bajarish ko‘nikmalarini hosil qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu mavzuni samarali o‘qitish jarayonida nazariy bilimlarni amaliy grafik mashqlar bilan uzviy bog‘lash zarur hisoblanadi. Chunki ko‘rinishlarni qurish jarayoni talabadan nafaqat geometrik bilimlarni, balki buyumni fazoda tasavvur qilish va uning proyeksion bog‘lanishlarini tahlil qilish qobiliyatini ham talab etadi.

Mavzuni o‘qitish metodikasida avvalo ortogonal proyeksiyalashning nazariy asoslari tushuntiriladi. Talabalarga proyeksiya tekisliklari,

ISSN 3030-3907

proyeksiyalovchi nurlar hamda frontal, gorizontal va profil tekisliklar haqida tushunchalar beriladi. Shundan so‘ng buyumning asosiy ko‘rinishlarini hosil qilish qoidalari izohlanadi hamda ularning texnik chizmachilik standartlari asosida joylashtirilishi o‘rgatiladi.

Ko‘rinishlarni o‘qitish jarayonida oddiy geometrik jismlardan boshlab murakkab detallarga o‘tish metodik jihatdan samarali hisoblanadi. Dastlab kub, prizma, silindr va piramida kabi sodda shakllarning ko‘rinishlari qurilib, keyinchalik murakkab konstruktiv elementlarga ega detallar grafik tahlil qilinadi. Bu usul talabalar tomonidan proyeksion bog‘lanishlarni bosqichma-bosqich o‘zlashtirish imkonini beradi.

Mavzuni o‘qitishda grafik ko‘rgazmalar va fazoviy modellar muhim didaktik vosita sifatida xizmat qiladi. Buyumning real modeli va uning tekislikdagi tasvirini o‘zaro taqqoslash talabalar tomonidan fazoviy shaklni yaxshiroq anglash imkonini beradi. Ayniqsa, shaffof modellar va kesimli maketlardan foydalanish yashirin qirralar hamda ichki konstruktiv elementlarni tushuntirishda samarali hisoblanadi.

Ko‘rinishlarni qurish metodikasida amaliy mashqlar alohida o‘rin egallaydi. Talabalarga nuqtaning proyeksiyalarini qurish, to‘g‘ri chiziq va tekisliklarning ko‘rinishlarini aniqlash, geometrik jismlarning asosiy ko‘rinishlarini bajarish, yetishmaydigan ko‘rinishlarni topish hamda ko‘rinishlar asosida detal shaklini tiklash kabi topshiriqlar beriladi. Ushbu amaliy mashqlar talabalar grafik tafakkurini rivojlantirish, fazoviy tasavvurini shakllantirish va konstruktorlik ko‘nikmalarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Zamonaviy pedagogik texnologiyalarni qo‘llash “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish samaradorligini oshiradi. Xususan, multimedia taqdimotlari, animatsion grafik modellar va interaktiv dasturlar yordamida buyumning fazoviy shakli hamda uning turli tomondan ko‘rinishlari dinamik tarzda namoyish qilinadi. Bu esa talabalar tomonidan murakkab proyeksion bog‘lanishlarni tezroq tushunishga yordam beradi.

So‘nggi yillarda AutoCAD, SolidWorks va Kompas-3D kabi CAD dasturlaridan foydalanish muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda keng qo‘llanilmoqda. Uch o‘lchamli modellar asosida avtomatik ko‘rinishlar hosil qilish talabalar uchun grafik jarayonlarni vizual ravishda tushunishni yengillashtiradi. Biroq an’anaviy chizma qurish usullarini mukammal o‘zlashtirish zamonaviy dasturlardan samarali foydalanishning muhim sharti hisoblanadi.

Mavzuni o‘qitishda interaktiv metodlardan foydalanish ham muhim natijalar beradi. “Aqliy hujum”, “Grafik tahlil”, “Muammoli vaziyat” va “Jamoaviy loyiha” metodlari orqali talabalar mustaqil fikrlashga va grafik

ISSN 3030-3907

masalalarni ijodiy yondashuv asosida yechishga o‘rgatiladi. Bu esa ularning texnik tafakkuri va kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Pedagogik tajribalar shuni ko‘rsatadiki, “Ko‘rinishlar” mavzusini zamonaviy metodlar asosida o‘qitish talabalar grafik savodxonligini oshiradi, fazoviy tasavvurini rivojlantiradi hamda texnik chizmalarni bajarishdagi aniqlik va tezkorlikni yaxshilaydi. Shu sababli muhandislik grafikasi fanida innovatsion pedagogik texnologiyalarni keng qo‘llash dolzarb metodik vazifalardan biri hisoblanadi.

TAJRIBA NATIJALARI VA MUHOKAMA. Tadqiqot davomida muhandislik grafikasi fanining “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishda an’anaviy va zamonaviy pedagogik metodlarning samaradorligi tahlil qilindi. Tajriba jarayonida talabalar bilan grafik mashqlar, fazoviy modellar, multimedia vositalari hamda interaktiv metodlar asosida amaliy mashg‘ulotlar tashkil etildi. O‘quv jarayonida talabalar tomonidan ko‘rinishlarni qurish, proyeksion bog‘lanishlarni aniqlash va detal shaklini tiklash bo‘yicha topshiriqlar bajarildi.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, grafik ko‘rgazmalar va fazoviy modellar asosida tashkil etilgan mashg‘ulotlar talabalar tomonidan mavzuni o‘zlashtirish darajasini sezilarli oshirdi. Ayniqsa, buyumning uch o‘lchamli modeli bilan uning ortogonal ko‘rinishlarini o‘zaro taqqoslash talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etdi. Talabalar detalning geometrik shaklini tekislikdagi tasvir bilan bog‘lashni ancha tez va aniq bajarishga erishdilar.

Pedagogik kuzatishlar davomida talabalar tomonidan uchraydigan asosiy grafik xatolar ham tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ko‘p hollarda proyeksion bog‘lanishlarni noto‘g‘ri aniqlash, ko‘rinishlarni noto‘g‘ri joylashtirish, yashirin qirralarni ifodalashdagi xatolar hamda o‘lcham mutanosibligini saqlamaslik kabi kamchiliklar kuzatildi. Interaktiv metodlar, grafik tahlil asosidagi mashqlar va fazoviy modellar yordamida tashkil etilgan amaliy mashg‘ulotlar ushbu xatolarni kamaytirishga hamda talabalarning grafik savodxonligini oshirishga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi.

Tajriba davomida AutoCAD va SolidWorks dasturlaridan foydalanilgan mashg‘ulotlar ham tashkil etildi. Uch o‘lchamli modellar asosida avtomatik ko‘rinishlarni hosil qilish talabalar tomonidan proyeksion bog‘lanishlarni tezroq tushunishga yordam berdi. Ayniqsa, detalning turli tomondan ko‘rinishini dinamik tarzda kuzatish imkoniyati murakkab geometrik shakllarni tahlil qilish samaradorligini oshirdi.

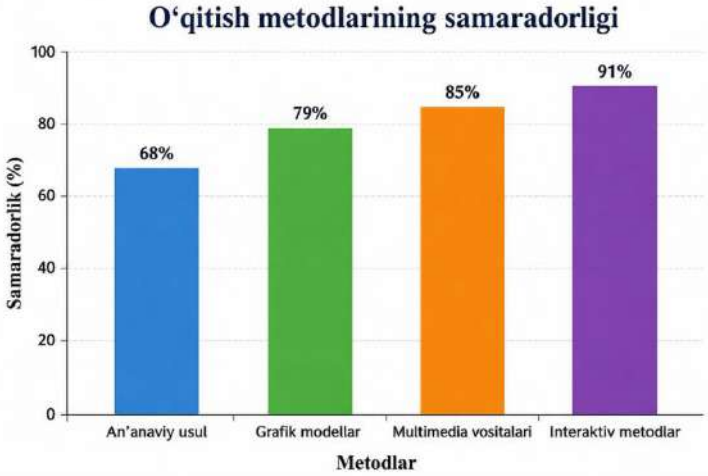
Talabalarning grafik topshiriqlarni bajarish natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy pedagogik texnologiyalar qo‘llanilgan guruhlarda grafik topshiriqlarni bajarish tezligi oshgani, chizmalarni o‘qish aniqligi yaxshilangani,

ISSN 3030-3907

fazoviy tafakkur ko‘rsatkichlari rivojlangani hamda grafik xatolar soni kamaygani aniqlandi. Ayniqsa, multimedia vositalari, fazoviy modellar va interaktiv metodlardan foydalanish talabalar tomonidan proyeksion bog‘lanishlarni tezroq tushunish va grafik topshiriqlarni aniqroq bajarishga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi.

Quyidagi diagrammada (1-rasm) “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishda turli metodlarning ta’lim samaradorligiga ta’siri shartli ravishda taqqoslangan:

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, interaktiv metodlar, multimedia vositalari va grafik modellashtirish asosida tashkil etilgan mashg‘ulotlar talabalar tomonidan “Ko‘rinishlar” mavzusini chuqurroq o‘zlashtirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, fazoviy tafakkurni rivojlantirishga qaratilgan topshiriqlar talabalarning konstruktorlik fikrlashini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi.



1-rasm

Olingan natijalar muhandislik grafikasi fanida zamonaviy pedagogik texnologiyalarni keng qo‘llash o‘quv jarayonining samaradorligini oshirish, talabalar grafik savodxonligini rivojlantirish hamda texnik tafakkurni shakllantirishda muhim omil ekanligini tasdiqladi.

O‘qitish metodlarining samaradorligi

“Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishda metodlarning ta’lim samaradorligiga ta’siri.

metod	**samaradorlik**
An’anaviy usul	68
Grafik modellar	79
Multimedia vositalari	85
Interaktiv metodlar	91

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida muhandislik grafikasi fanining “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishning nazariy asoslari, grafik tahlili hamda zamonaviy metodik yondashuvlari o‘rganildi. Tadqiqot davomida ortogonal

ISSN 3030-3907

proyeksiyalash qonuniyatlari, asosiy ko‘rinishlarni qurish usullari hamda proyeksion bog‘lanishlarning grafik xususiyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilindi.

Tahlillar natijasida “Ko‘rinishlar” mavzusi talabalar grafik savodxonligini shakllantirish, fazoviy tafakkurini rivojlantirish va texnik chizmalarni o‘qish hamda bajarish ko‘nikmalarini hosil qilishda muhim ahamiyat kasb etishi aniqlandi. Ayniqsa, buyumning geometrik shaklini fazoda tasavvur qilish va uni tekislikdagi tasvir bilan bog‘lash jarayoni konstruktorlik tafakkurining rivojlanishida asosiy omillardan biri ekanligi qayd etildi.

Tadqiqot davomida grafik ko‘rgazmalar, fazoviy modellar, multimedia vositalari va interaktiv metodlardan foydalanishning o‘quv jarayoni samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida tashkil etilgan mashg‘ulotlarda talabalar tomonidan grafik topshiriqlarni bajarish tezligi oshgani, chizmalarni o‘qish aniqligi yaxshilangani, fazoviy tafakkur ko‘rsatkichlari rivojlangani hamda grafik xatolar soni kamayganini ko‘rsatdi.

Shuningdek, AutoCAD, SolidWorks va boshqa CAD dasturlaridan foydalanish ko‘rinishlarni qurish jarayonini vizual va interaktiv tarzda tushuntirish imkonini berishi aniqlandi. Biroq an’anaviy grafik qurish usullarini chuqur o‘zlashtirish zamonaviy kompyuter grafikasi texnologiyalaridan samarali foydalanishning muhim sharti ekanligi ta’kidlandi.

Pedagogik kuzatishlar asosida talabalarda ko‘proq proyeksion bog‘lanishlarni noto‘g‘ri aniqlash, ko‘rinishlarni noto‘g‘ri joylashtirish hamda yashirin qirralarni ifodalash bilan bog‘liq xatolar uchrashi aniqlandi. Interaktiv metodlar va grafik tahlilga asoslangan mashqlar ushbu kamchiliklarni kamaytirishda samarali natija berdi.

Olib borilgan tadqiqot natijalari muhandislik grafikasi fanida “Ko‘rinishlar” mavzusini zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida o‘qitish ta’lim sifatini oshirish, grafik savodxonlikni rivojlantirish hamda talabalarni kasbiy faoliyatga tayyorlashda muhim omil ekanligini tasdiqladi. Kelgusida virtual va raqamli grafik texnologiyalar asosida interaktiv o‘quv metodikalarini takomillashtirish ushbu yo‘nalishdagi istiqbolli ilmiy tadqiqotlardan biri bo‘lib qoladi.

TAVSIYALAR

1. Muhandislik grafikasi fanida “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishda an’anaviy usullar bilan bir qatorda zamonaviy pedagogik texnologiyalar va interaktiv metodlardan keng foydalanish tavsiya etiladi.

2. Talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirish maqsadida grafik ko‘rgazmalar, fazoviy modellar, animatsion tasvirlar hamda uch o‘lchamli modellashtirish vositalaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

ISSN 3030-3907

3. O‘quv jarayonida AutoCAD, SolidWorks, Kompas-3D kabi CAD dasturlaridan foydalanish orqali ko‘rinishlarni qurish jarayonini vizual va interaktiv tarzda tashkil etish tavsiya qilinadi.

4. “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitishda oddiy geometrik jismlardan murakkab konstruktiv detallarga bosqichma-bosqich o‘tish metodikasini qo‘llash talabalar tomonidan proyeksion bog‘lanishlarni samarali o‘zlashtirish imkonini beradi.

5. Grafik topshiriqlarni bajarishda talabalar tomonidan uchraydigan asosiy xatolarni kamaytirish uchun grafik tahlil asosidagi mashqlar va individual amaliy topshiriqlardan muntazam foydalanish zarur.

6. Talabalarning mustaqil grafik ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirish maqsadida muammoli vaziyatlar, loyiha asosidagi topshiriqlar hamda ijodiy grafik mashqlarni o‘quv jarayoniga keng joriy etish tavsiya etiladi.

7. Texnik chizmalarni o‘qish va bajarish bo‘yicha kompetensiyalarni shakllantirish uchun ESKD va ISO standartlari asosida ishlash ko‘nikmalarini mustahkamlash muhim ahamiyatga ega.

8. Muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda multimedia vositalari va virtual grafik texnologiyalar asosida elektron o‘quv-metodik majmualarni yaratish va amaliyotga joriy etish tavsiya qilinadi.

9. Oliy ta’lim muassasalarida “Ko‘rinishlar” mavzusini o‘qitish samaradorligini oshirish maqsadida zamonaviy didaktik vositalar bilan jihozlangan maxsus grafik laboratoriyalarni tashkil etish maqsadga muvofiqdir.

10. Kelgusida muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda sun’iy intellekt va raqamli ta’lim texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan adaptiv o‘qitish metodikalarini ishlab chiqish istiqbolli ilmiy yo‘nalishlardan biri sifatida tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Monge G. *Descriptive Geometry*. — Boston: Kessinger Publishing, 2017. — 312 p.
2. Bertoline G.R., Wiebe E.N. *Technical Graphics Communication*. — New York: McGraw-Hill Education, 2020. — 704 p.
3. Giesecke F.E., Mitchell A., Spencer H.C. *Technical Drawing*. — New Jersey: Pearson Education, 2019. — 688 p.
4. Luzadder W.J., Duff J.M. *Fundamentals of Engineering Drawing*. — New York: Prentice Hall, 2018. — 544 p.
5. Earle J.H. *Engineering Design Graphics*. — Boston: Addison-Wesley, 2017. — 512 p.
6. Narayan K.L., Kannaiah P. *Engineering Graphics*. — New Delhi: Scitech Publications, 2021. — 640 p.

ISSN 3030-3907

7. French T.E., Vierck C.J. *Engineering Drawing and Graphic Technology*. — New York: McGraw-Hill, 2018. — 896 p.
8. Bhatt N.D. *Engineering Drawing*. — New Delhi: Charotar Publishing House, 2020. — 780 p.
9. Sham Tickoo. *AutoCAD for Engineers and Designers*. — New York: CADCIM Technologies, 2022. — 742 p.
10. Ching F.D.K. *Architectural Graphics*. — Hoboken: Wiley, 2019. — 560 p.
11. ISO 128-30:2020. *Technical drawings — General principles of presentation*. — Geneva: International Organization for Standardization, 2020.
12. O‘z DSt 2.305:2003. *Tasvirlar, ko‘rinishlar, qirqimlar va kesimlar*. — Toshkent: O‘zstandart, 2003.
13. Rahmonov I., Qirg‘izboyev Q. *Chizma geometriya va muhandislik grafikasi*. — Toshkent: O‘qituvchi, 2021. — 420 b.
14. Abdullayev A., Rasulov D. *Muhandislik grafikasi asoslari*. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. — 356 b.
15. Karimov B., Yusupov E. Muhandislik grafikasi fanida fazoviy tafakkurni rivojlantirish metodlari // *Pedagogik mahorat*. — 2023. — №4. — B. 52–58.
16. Qodirov O., Xudoyberdiyev S. Texnik chizmachilik fanini o‘qitishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish // *Zamonaviy ta’lim*. — 2022. — №6. — B. 44–49.
17. Rasulov D. Muhandislik grafikasi fanida interaktiv metodlardan foydalanish samaradorligi // *Ta’lim texnologiyalari*. — 2024. — №2. — B. 61–67.
18. Mamatov A., To‘xtayev N. Chizma geometriya fanida grafik topshiriqlarning metodik ahamiyati // *Muhandislik ta’limi*. — 2023. — №1. — B. 33–39.
19. ESKD. *Konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi*. — Moskva: Standartinform, 2019. — 284 b.
20. SolidWorks Corporation. *SolidWorks User Guide*. — Massachusetts: Dassault Systèmes, 2021. — 950 p.

ISSN 3030-3907

DISKLI ISHCHI ORGANLARNING TUPROQ BILAN O‘ZARO TA’SIR JARAYONINI VA ENERGIYA KO‘RSATKICHLARINI TADQIQ ETISH MODELLASHTIRISH

Ravshanov Nasimbek Qodir o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, tayanch doktarant
E-mail: nasimbekravshanov@gmail.com
ORCID 0009-0009-2102-2376
Safarov Azamat Azimovich
Qarshi davlat texnika universiteti, Tayanch doktarant
E-mail: azamatsafarov00@gmail.com.
Ollayev Nurbek Berdiyor o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, Assistenti,
E-mail: ollayevn@gmail.com
ORCID 0009-0002-5040-4591
Qurbonova Shabnam Istalali qizi
Qarshi davlat texnika universiteti, magistirant.
E-mail: sh.kurbanova9227@mail.ru
Irgashev Dilmurod Begmurodovich
Qarshi davlat texnika universiteti Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
E-mail: d.b.irgashev1227@mail.ru
ORCID 0009-0007-5541-7814

Annotatsiya. Ushbu ishda diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’sir jarayonini matematik va fizik modellashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Diskli ishchi organlarning harakatlanishi davomida tuproq qatlamining deformatsiyasi, qarshilik kuchlari hamda energiya sarfi ko‘rsatkichlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari asosida ishchi organlarning konstruktiv-parametrik ko‘rsatkichlari va energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari aniqlangan. Model natijalari qishloq xo‘jaligi texnikalarini loyihalash va optimallashtirishda qo‘llash uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: diskli ishchi organlar, tuproq, modellashtirish, energiya sarfi, qarshilik kuchi, deformatsiya, texnologik jarayon, agrotexnika.

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы математического и физического моделирования процесса взаимодействия дисковых рабочих органов с почвой. Проанализированы деформация почвенного слоя, силы сопротивления и показатели энергозатрат при движении дисковых рабочих органов. На основе результатов исследования определены конструктивно-параметрические характеристики и возможности повышения энергоэффективности рабочих органов. Полученные модели могут быть

использованы при проектировании и оптимизации сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: дисковые рабочие органы, почва, моделирование, энергозатраты, сила сопротивления, деформация, технологический процесс, агротехника.

Abstract. This study examines the mathematical and physical modeling of the interaction process between disc working tools and soil. Soil layer deformation, resistance forces, and energy consumption indicators during the movement of disc tools are analyzed. Based on the research results, the design and parametric characteristics as well as the possibilities for improving energy efficiency of working tools are determined. The developed models can be used for the design and optimization of agricultural machinery.

Keywords: disc working tools, soil, modeling, energy consumption, resistance force, deformation, technological process, agricultural engineering.

KIRISH.

Qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida tuproqqa sifatli ishlov berish yuqori hosildorlikni ta’minlovchi asosiy agrotexnik tadbirlardan biri hisoblanadi. Tuproqni yumshatish, maydalash, aralashtirish hamda o‘simlik qoldiqlarini kesish jarayonlarida diskli ishchi organlardan keng foydalaniladi. Diskli ishchi organlar konstruktiv jihatdan sodda, ish unumdorligi yuqori hamda turli tuproq-iqlim sharoitlarida samarali ishlashi bilan boshqa ishchi organlardan ajralib turadi.

Hozirgi kunda resurstejamkor texnologiyalarni joriy etish, energiya sarfini kamaytirish va tuproq unumdorligini saqlab qolish masalalari qishloq xo‘jaligi texnikalari oldiga yangi talablarni qo‘ymoqda. Shu sababli diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’sirlashish jarayonini chuqur nazariy tahlil qilish hamda ushbu jarayonda hosil bo‘ladigan kuchlarni ilmiy asoslash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Diskning tuproq bilan o‘zaro ta’siri murakkab fizik-mexanik jarayon bo‘lib, bunda tuproqning deformatsiyalanishi, siqilishi, kesilishi va yon tomonga surilishi kuzatiladi. Natijada disk yuzasiga turli yo‘nalishdagi qarshilik kuchlari ta’sir qiladi. Ushbu kuchlar agregatning tortish qarshiligi, energiya sarfi, ishlov sifati va ishchi organning yeyilish darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, disk diametri, hujum burchagi, qiyalik burchagi, harakat tezligi va ishlov chuqurligining qarshilik kuchlariga ta’sirini nazariy jihatdan aniqlash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Diskli ishchi organlarga ta’sir qiluvchi kuchlarni aniqlashda tuproqning fizik-mexanik xossalari alohida ahamiyat kasb etadi. Tuproqning zichligi, namligi, ichki ishqalanish burchagi va yopishqoqligi diskning ish jarayoniga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tuproq namligi ortishi bilan yopishqoqlik kuchayadi va

ISSN 3030-3907

diskning tortish qarshiligi oshadi. Shu sababli diskli ishchi organlarning parametrlarini asoslashda tuproq xususiyatlarini hisobga olish zarur.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Tuproqqa ishlov beruvchi diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’siri va ularga ta’sir qiluvchi kuchlarni nazariy asoslash qishloq xo‘jaligi mashinasozligining muhim ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. So‘nggi yillarda resurstejamkor texnologiyalarni rivojlantirish, energiya sarfini kamaytirish hamda tuproq unumdorligini saqlash masalalari diskli ishchi organlarning konstruktiv va texnologik parametrlarini chuqur tadqiq etishni talab qilmoqda. Shu sababli mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’siri, tortish qarshiligi, energiya sarfi va ishlov sifati bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan.

Tuproqqa ishlov beruvchi ishchi organlarning nazariy asoslari dastlab V.P. Goryachkin tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, olim tuproqning deformatsiyalanishi va ishchi organga ta’sir qiluvchi qarshilik kuchlarini nazariy jihatdan asoslab bergan. Uning tadqiqotlarida tortish qarshiligi tuproqning fizik-mexanik xossalari, ishlov chuqurligi va qamrov kengligiga bog‘liq ekanligi aniqlangan. Goryachkin tomonidan taklif etilgan nazariy model keyinchalik diskli ishchi organlarning energetik ko‘rsatkichlarini aniqlashda asos sifatida foydalanilgan.

A.N.Sineokov va I.M.Panov tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda diskli ishchi organlarning geometrik parametrlarining tuproqni maydalash sifati va energiya sarfiga ta’siri o‘rganilgan. Olimlar disk diametri va hujum burchagining tortish qarshiligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini aniqlangan. Tadqiqot natijalarida hujum burchagi ortishi bilan tuproqning maydalanganlik darajasi yaxshilanishi, biroq agregatning tortish qarshiligi ortishi qayd etilgan. Shuningdek, optimal hujum burchagi diskning tuproqqa kirish jarayonida eng kichik energiya sarfini ta’minlashi ilmiy jihatdan asoslangan.

P.M.Vasilenko tomonidan olib borilgan ilmiy ishlarda tuproqning fizik-mexanik xossalarining diskli ishchi organlarning ish jarayoniga ta’siri o‘rganilgan. Olim tuproq namligi, zichligi va ichki ishqalanish koeffitsienti ortishi bilan ishchi organga ta’sir qiluvchi qarshilik kuchlari ko‘payishini aniqlagan. Tadqiqotlarda tuproqning namlik darajasi disk yuzasiga yopishish jarayoniga ta’sir ko‘rsatishi va natijada energiya sarfi ortishi qayd etilgan.

V.I. Klenin tomonidan diskli ishchi organlarning energetik ko‘rsatkichlari va konstruktiv parametrlarini asoslash bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan. Olim disk diametri va ishlov chuqurligi orasidagi optimal bog‘lanishni ishlab chiqqan hamda disk diametri ortishi bilan tortish qarshiligi va energiya sarfi ko‘payishini

ISSN 3030-3907

aniqlagan. Tadqiqotlarda disk diametrini tanlashda tuproq turi va ishlov chuqurligini hisobga olish zarurligi ko‘rsatib o‘tilgan.

A.K.Sibiryov tomonidan disklarning qiyalik burchagi va disklar orasidagi masofaning ish sifatiga ta’siri tadqiq qilingan. Olimning ta’kidlashicha, qiyalik burchagi ortishi bilan tuproqning yon tomonga siljishi va maydalanganlik darajasi yaxshilanadi, biroq agregatning yonlama qarshiligi ham ortadi. Shuningdek, disklar orasidagi masofa noto‘g‘ri tanlanganda tuproq uyumlari hosil bo‘lishi va ishlov sifati pasayishi aniqlangan.

Xorijiy tadqiqotchilar tomonidan ham diskli ishchi organlarning ish jarayoni keng o‘rganilgan. Ayniqsa, minimal va nol texnologiyali ishlov berish usullarida diskli agregatlarning samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Tadqiqot natijalarida disklarning harakat tezligi ortishi bilan tuproqning maydalanganlik darajasi yaxshilanishi, biroq dinamik qarshilik kuchlari va energiya sarfi ortishi qayd etilgan. Shu bilan birga, diskli ishchi organlarning parametrlarini optimallashtirish orqali yoqilg‘i sarfini kamaytirish va agregat unumdorligini oshirish mumkinligi aniqlangan.

Mahalliy olimlar tomonidan ham resurstejamkor tuproqqa ishlov berish texnologiyalarini rivojlantirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Xususan, F.M. Mamatov va boshqa olimlar tomonidan kombinatsiyalashgan agregatlarning diskli ishchi organlari takomillashtirilib, energiya sarfini kamaytirish hamda tuproq namligini saqlash masalalari o‘rganilgan. Tadqiqot natijalarida minimal ishlov texnologiyalarini qo‘llash agregatning energetik samaradorligini oshirishi va tuproq zichlanishini kamaytirishi aniqlangan.

Tahlil qilingan ilmiy adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’siri murakkab fizik-mexanik jarayon bo‘lib, ularning ish samaradorligi disk diametri, hujum burchagi, qiyalik burchagi, ishlov chuqurligi, harakat tezligi va tuproqning fizik-mexanik xossalariga bog‘liq hisoblanadi. Mavjud tadqiqotlarda asosan ishchi organlarning alohida parametrlarining ta’siri o‘rganilgan bo‘lib, diskka ta’sir qiluvchi kuchlarning kompleks matematik modelini ishlab chiqish hamda energiya sarfini kamaytiruvchi optimal parametrlarni aniqlash bo‘yicha qo‘shimcha ilmiy tadqiqotlar olib borish zarur hisoblanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mazkur tadqiqotda diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’siri jarayonida hosil bo‘ladigan kuchlarni aniqlash bo‘yicha nazariy va eksperimental tadqiqotlar olib borildi. Tadqiqot metodologiyasi diskning geometrik parametrlari hamda tuproqning fizik-mexanik xossalarining tortish qarshiligiga ta’sirini kompleks baholash asosida ishlab chiqildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotning dastlabki bosqichida diskli ishchi organlarning ish jarayoni va ularga ta’sir qiluvchi kuchlar bo‘yicha mavjud ilmiy tadqiqotlar tahlil qilindi. Adabiyotlar tahlili asosida disk diametri, hujum burchagi, qiyalik burchagi, ishlov chuqurligi va harakat tezligining ish jarayoniga asosiy ta’sir etuvchi parametrlar ekanligi aniqlandi.

Nazariy tadqiqotlarda diskning tuproq bilan o‘zaro ta’siri deformatsiyalanuvchi muhit mexanikasi asosida qaraldi. Diskka ta’sir qiluvchi umumiy qarshilik kuchi tuproqning fizik-mexanik xossalari hamda ishchi organning geometrik parametrlariga bog‘liq holda matematik modellashtirildi.

NATIJALAR.

Nazariy hisoblashlarda diskning tuproq bilan kontakt zonasidagi normal va tangensial kuchlarning taqsimlanish qonuniyatlaridan foydalanildi. Natijada diskning tortish qarshiligi quyidagi bog‘lanish asosida aniqlandi:

$$R=kbh\sin\alpha\cos\beta \qquad (1)$$

bu yerda k — tuproqning solishtirma qarshiligi, N

b — diskning qamrov kengligi, sm

h — ishlov chuqurligi, sm

α — hujum burchagi, gradus

β — qiyalik burchagi, gradus.

Nazariy modelni ishlab chiqishda tuproqning fizik-mexanik xossalari, jumladan namlik, zichlik, ichki ishqalanish burchagi va yopishqoqlik ko‘rsatkichlari hisobga olindi. Tuproq zichligi silindrik usulda, namligi termostat usulida, qattiqligi esa penetrometr yordamida aniqlandi.

Eksperimental tadqiqotlar dala sharoitida maxsus tayyorlangan eksperimental qurilmada olib borildi. Tajriba agregatiga turli diametrli disklar o‘rnatilib, ularning hujum va qiyalik burchaklari o‘zgartirib borildi. Tadqiqotlarda disk diametri, ishlov chuqurligi va agregat harakat tezligining tortish qarshiligiga ta’siri o‘rganildi.

Diskka ta’sir qiluvchi kuchlarni aniqlash uchun tenzometrik o‘lchash tizimidan foydalanildi. Tenzodatchiklar diskning tayanch qismiga o‘rnatilib, gorizontal va vertikal yo‘nalishdagi kuchlar elektron o‘lchov qurilmasi orqali qayd etildi. Tajriba davomida olingan ma’lumotlar raqamli qayd etish tizimi yordamida kompyuterga uzatildi va matematik-statistik usullar asosida qayta ishlanildi.

Eksperimental tadqiqotlarda quyidagi parametrlarning o‘zgarish oralig‘i qabul qilindi:

—ishlov chuqurligi — 8–18 cm;

—hujum burchagi — 10–35°;

—qiyalik burchagi — 10–25°;

ISSN 3030-3907

—harakat tezligi — 1,5–3,5 m/s.

Tajriba natijalarining ishonchliligini baholashda matematik statistika usullaridan foydalanildi. Olingan natijalarga dispersiya va regressiya tahlillari asosida ishlov berildi hamda nazariy va eksperimental qiymatlar o‘zaro taqqoslandi. Natijalar orasidagi farqning kichikligi ishlab chiqilgan matematik modelning adekvatligini tasdiqladi.

Ishlab chiqilgan metodologiya diskli ishchi organlarning optimal geometrik parametrlarini asoslash, tortish qarshiligini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish imkonini berdi.

Diskka ta’sir qiluvchi umumiy qarshilik kuchi tuproqning fizik-mexanik xossalari hamda ishchi organning geometrik parametrlariga bog‘liq holda shakllanadi. Diskning tuproq bilan kontakt zonasida normal bosim kuchlari va ulardan hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchlari taqsimlanadi. Natijada diskka gorizontal qarshilik kuchi R_x, vertikal tik kuch R_z hamda urinma kuch R_y ta’sir qiladi. Ushbu kuchlarning geometrik yig‘indisi diskka ta’sir qiluvchi umumiy qarshilik kuchini hosil qiladi.

$$R^2=R_x^2+R_z^2+R_y^2 \qquad (2)$$

bu yerda: R_x — gorizontal qarshilik kuchi; N

R_z — vertical tik kuch; N

R_y — urinma kuch; N

R— umumiy qarshilik kuchi,N.

Diskning harakatiga qarshi yo‘nalgan kuch quydagi ifodaga asosan aniqlandi:

$$R_x=kbh\sin\alpha \qquad (3)$$

bu yerda: k — dislga ishlash vaqtida hosil bo‘ladigan tuproqning solishtirma qarshiligi, *N*;

b — diskning qamrov kengligi, cm;

h — diskning ishlov chuqurligi, cm;

α— diskning hujum burchagi, °.

Diskning tuproqqa botish yoki tuproqdan ko‘tarilishiga ta’sir qiluvchi kuch:

$$R_z=R_x\tan\beta \qquad (4)$$

bu yerda β — diskning qiyalik burchagi, °.

Diskning qiyaligi tufayli hosil bo‘ladigan yonlama kuch:

$$R_y=R_x\sin\beta \qquad (5)$$

Tuproq tomonidan disk sirtiga perpendikulyar yo‘nalishda ta’sir qiluvchi kuch:

$$N=pS \qquad (6)$$

bu yerda: p — kontakt yuzasidagi o‘rtacha bosim, Pa;

S — diskning tuproq bilan kontakt yuzasi, cm^2.

Disk yuzasi va tuproq orasida hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchi:

$$F=fN \qquad (7)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda: f — ishqalanish koeffitsiyenti;
N — normal bosim kuchi, N.
Faqat qamrov kengligi b ning ta’siri o‘rganilganda:

$$R=a_0+a_1b \quad (8)$$

yoki ikkinchi tartibli model:

$$R=a_0+a_1b+a_2b^2 \quad (9)$$

bu yerda: R — diskning tortish qarshiligi, *N*;
b — qamrov kengligi, cm;
a_0,a_1,a_2 — regressiya koeffitsiyentlari.
Diskning qamrov kengligi b hamda ishlov berish chuqurligi h orasidagi bo‘g‘liqlik:

$$R=a_0+a_1b+a_2h+a_1^2bh \quad (10)$$

Ikkinchi tartibli model:

$$R=a_0+a_1b+a_2h+a_1^2bh+a_{11}b^2+a_{22}h^2 \quad (11)$$

Diskning qamrov kengligi b, ishlov berish chuqurligi h hamda hujum burchagi α orasida bog‘liqlik

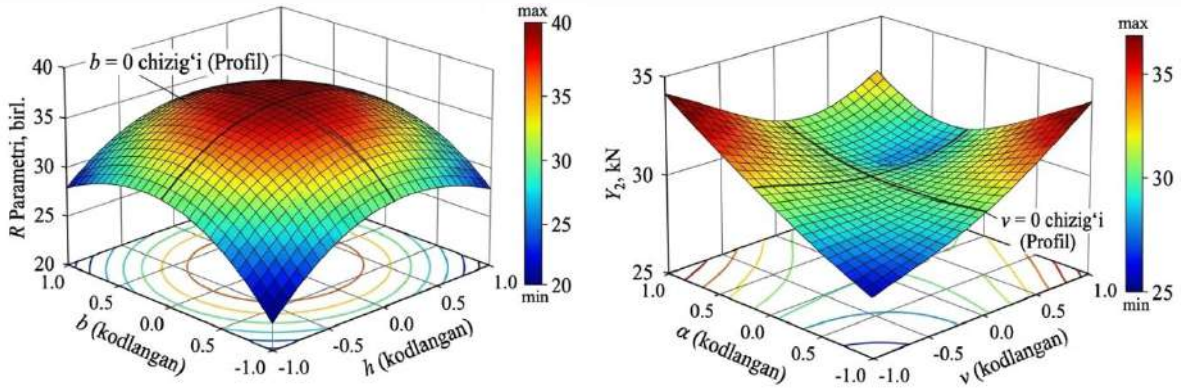
$$R=a_0+a_1b+a_2h+a_3\alpha+a_{12}bh+a_{13}b\alpha+a_{23}h\alpha \quad (12)$$

Ikkinchi tartibli model:

$$R=a_0+a_1b+a_2h+a_3\alpha+a_{12}bh+a_{13}b\alpha+a_{23}h\alpha+a_{11}b^2+a_{22}h_2+a_{33}\alpha^2 \quad (13)$$

To‘rt omilli regressiya tenglamasiga b,h,α,v larning ta’siri sezilarni ta’sir o‘tkazishi aniqlandi

$$R=a_0+a_1b+a_2h+a_3\alpha+a_4v+a_{12}bh+a_{13}b\alpha+a_{14}bv+a_{23}h\alpha+a_{24}hv+a_{34}\alpha v \quad (14)$$



1-rasm. Diskli ishchi organing ishlov berish chuqurli, harakat yo‘nlishga nisbatan o‘rnatilish burchagi hamda tortishga qarshilik orasidagi bog‘liqlikligi

MUHOKAMA.

O‘tkazilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari diskli ishchi organning tortish qarshiligi uning geometrik parametrlari hamda tuproqning fizik-mexanik xossalariga bevosita bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Ishlab chiqilgan matematik modelda diskning tuproq bilan o‘zaro ta’siri natijasida hosil bo‘ladigan gorizontal, vertikal va urinma kuchlar hisobga olinib, ularning geometrik

ISSN 3030-3907

yig‘indisi orqali umumiy qarshilik kuchi aniqlandi. Tadqiqot natijalari diskka ta’sir qiluvchi asosiy kuch komponenti gorizontal qarshilik kuchi (R_x) ekanligini, vertikal (R_z) va yonlama (R_y) kuchlar esa diskning fazoviy joylashishiga bog‘liq ravishda o‘zgarishini tasdiqladi.

Nazariy tahlillar shuni ko‘rsatdiki, diskning qamrov kengligi (b) va ishlov chuqurligi (h) ortishi bilan tuproq bilan aloqada bo‘lgan yuzasi kattalashadi hamda natijada normal bosim kuchi va ishqalanish kuchi ortadi. Bu esa diskning tortish qarshiligi oshishiga olib keladi. Ayniqsa, ishlov chuqurligining ortishi qarshilik kuchining sezilarli ravishda ko‘payishiga sabab bo‘lib, bu holat tuproq qatlamining zichlashgan qismiga ta’sirning kuchayishi bilan izohlanadi. Olingan natijalar qishloq xo‘jaligi mashinalari ishchi organlari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda qayd etilgan qonuniyatlarga mos keladi.

Diskning hujum burchagini ortishi bilan kesuvchi qirraning tuproqqa kirib borish qobiliyati yaxshilanishi kuzatildi. Biroq hujum burchagining ma’lum qiymatdan ortishi tuproq massasining siljish hajmini ko‘paytirib, tortish qarshiligini oshiradi. Shu sababli hujum burchagi uchun optimal qiymatlarni tanlash energiya sarfini kamaytirish va texnologik jarayon sifatini yaxshilashda muhim omil hisoblanadi. Xuddi shuningdek, qiyalik burchagini ortishi urinma kuchlarning ko‘payishiga olib kelib, agregatning harakat barqarorligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Eksperimental tadqiqotlar natijalari nazariy hisoblashlar bilan yaxshi mos tushdi. Nazariy model asosida hisoblangan qarshilik kuchlari va dala sharoitida o‘lchangan qiymatlar orasidagi tafovutning kichik bo‘lishi modelning adekvatligini tasdiqlaydi. Bu esa ishlab chiqilgan matematik bog‘lanishlarning diskli ishchi organ parametrlarini loyihalash va optimallashtirishda foydalanish mumkinligini ko‘rsatadi.

Regressiya tahlili natijalari tortish qarshiligiga ta’sir etuvchi omillar orasida ishlov diskning berish chuqurligi va qamrov kengligi eng katta ta’sirga ega ekanligini ko‘rsatdi. Hujum burchagi va harakat tezligi ham qarshilik kuchining o‘zgarishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan bo‘lsa-da, ularning ta’siri chuqurlik va qamrov kengligiga nisbatan pastroq ekanligi aniqlandi. O‘zaro ta’sir koeffitsiyentlari (b_h, b_α, h_v va boshqalar) mavjudligi disk parametrlarining qarshilik kuchiga kompleks ravishda ta’sir qilishini tasdiqlaydi. Bu holat diskli ishchi organlarni loyihalashda alohida parametrlarni emas, balki ularning o‘zaro bog‘liqligini ham hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalari asosida diskli ishchi organning geometrik parametrlarini optimallashtirish orqali tortish qarshiligini kamaytirish, energiya sarfini pasaytirish va agregatning texnologik samaradorligini oshirish mumkinligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan nazariy va empirik bog‘lanishlar dukkakli ekinlarni,

ISSN 3030-3907

xususan mosh ekinini o‘rishga mo‘ljallangan diskli ishchi organlarning konstruktiv parametrlarini asoslashda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, kelgusida energiya tejamkor va yuqori unumdor qishloq xo‘jaligi mashinalarini yaratish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’siri jarayonida hosil bo‘ladigan kuchlarning nazariy va eksperimental qonuniyatlari o‘rganildi. Tadqiqot natijalari diskning geometrik parametrlari hamda tuproqning fizik-mexanik xossalari tortish qarshiligi va energiya sarfiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi.

Nazariy tahlillar asosida diskning tortish qarshiligi disk diametri, ishlov chuqurligi, hujum burchagi va qiyalik burchagiga bog‘liq holda matematik modellashtirildi. Ishlab chiqilgan model diskning tuproq bilan kontakt zonasida hosil bo‘ladigan normal va tangensial kuchlarning o‘zaro bog‘liqligini yetarli aniqlikda ifodalashi aniqlandi. Nazariy hisoblashlar natijasida hujum burchagi va ishlov chuqurligi ortishi bilan tortish qarshiligi ham oshishi kuzatildi.

Eksperimental tadqiqotlar davomida diskli ishchi organga ta’sir qiluvchi kuchlar tenzometrik usulda aniqlanib, olingan natijalar nazariy hisoblashlar bilan taqqoslandi. Nazariy va eksperimental qiymatlar orasidagi farqning kichikligi ishlab chiqilgan matematik modelning adekvatligini tasdiqladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, diskning geometrik parametrlarini optimallashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish va ishlov sifatini yaxshilash mumkinligi aniqlandi.

Tadqiqot davomida disk diametri ortishi bilan tuproq bilan kontakt yuzasi kattalashishi va natijada agregatning tortish qarshiligi oshishi kuzatildi. Shu bilan birga, hujum burchagining ortishi tuproqning maydalanganlik darajasini yaxshilashi, biroq energiya sarfini ko‘paytirishi aniqlandi. Qiyalik burchagining optimal qiymatlarida esa tuproqning yon tomonga surilishi yaxshilanib, diskning tuproqqa botish jarayoni barqarorlashdi.

Tadqiqot natijalari asosida diskli ishchi organlarning samarali ishlashini ta’minlovchi optimal parametrlar tavsiya etildi. Xususan, diskning hujum burchagi va qiyalik burchagini maqbul qiymatlarda tanlash agregatning tortish qarshiligini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish imkonini berishi aniqlandi.

Umuman olganda, olib borilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar diskli ishchi organlarning tuproq bilan o‘zaro ta’siri jarayonini chuqurroq o‘rganish hamda resurstejamkor tuproqqa ishlov beruvchi agregatlarni takomillashtirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDANAILGAN ADABIYOTLAR

1. Bosoi E.S., Vernyaev O.V., Smirnov I.I. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.

ISSN 3030-3907

2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
3. Ветохин В.И. Основы механики взаимодействия рабочих органов с почвой. – Киев: Урожай, 1985. – 168 с.
4. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
5. Рудаков В.А. Теоретические основы взаимодействия рабочих органов сельскохозяйственных машин с почвой. – М.: Колос, 1981. – 287 с.
6. Туленов Х.Т., Байметов Р.И. Қишлоқ хўжалиги машиналари. – Тошкент: Ўқитувчи, 2002. – 432 б.
7. Ahmadi I. Development and assessment of a draft force calculator for disk plow using the laws of classical mechanics // Soil and Tillage Research. – 2016. – Vol. 163. – P. 32–40.
8. Ibrahmi A., Bentaher H. Simulation of tillage forces and soil movement during soil-disc plow interaction using FEM // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – Article No. 36022.
9. Ravshanov, K., Fayzullaev, K., Ismoilov, I., Irgashev, D., Mamatov, S., & Mardonov, S. (2020,July). The machine for the preparation of the soil in sowing of plow crops under film.
10. In *IOP* Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 883, No. 1, p. 012138). IOP Publishing.
11. Fayzullaev K. et al. Study on mechanisms of tillage for melon cultivation under the film //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – T. 304. – C. 03012.
12. Fayzullayev K. et al. Raking plates of the combination machine's subsoiler //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – T. 264. – C. 04039.
13. Irgashev D. et al. Placement of working bodies on the frame of the tool plow-ripper //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 390. – C. 01036.
14. Irgashev D., Mamadiyorov O., Xidirov M. Technical analysis of the disk working bodies that work the soil and them working between the garden row //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. A5. – C. 150-155.
15. Irgashev D. B. Basing the Constructional Parameters of the Plug-Softener that Works Between the Garden Rows. – 2024.
16. Mamatov F. et al. Justification of the bottom softening parameters of working organ with a sloping column //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 434. – C. 03010.
17. Mamatov F. et al. Justification of the bottom softening parameters of working organ with a sloping column //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 434. – C. 03010.

ISSN 3030-3907

18. Irgashev Dilmurod Begmurodovich I. D. B. Theoretical Basis of Leveling Tillage in A
19. Paraplow-Type Slanted-Column Chisel Plow //– 2025. – Т. 7. – №. 3. – С. 168-175.

ISSN 3030-3907

УДК 66.091.2; 66.023; 691.175

HPMC (GIDROKSIPROPILMETILSELLYULOZA) AKRILAT EPOKSIDINI OLISH VA UNING FIZIK KIMYOVIY TAHLILLARI.

Xusanov Sultonbek Yusup o‘g‘li
Navoiy davlat universiteti 3-bosqich tayanch-doktoranti
ORCID 0009-0000-2367-935X
E-mail: khusanovsultonbek51@gmail.com
Muhiddinov Baxodir Faxriddinovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti professori k.f.d
Xamroyev Kamoliddin Shaxobiddinovich
Navoiy davlat universiteti dotsenti k.f.f.d (PhD)
Qiyomov Sharifjon Nizomovich
Toshkent Kimyo-Texnologiya Ilmiy-Tadqiqot Instituti yetakchi ilmiy hodim (DSc)

Annotatsiya. Ushbu olib borilgan tadqiqot ishida HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) bilan akril kislotani to‘yinmagan murakkab efirini sintez qilib, uni havo kislorodi bilan katalizator ishtirokida oksidlab epoksi guruh saqlagan murakkab efir sintez qilindi. Epoksi murakkab efirni tarkibida GOST 12497-78 asosida tarkibida qanday mol miqdorda (mol/g) epoksi guruh mavjudligi aniqlanib, sungra olingan epoksi murakkab efirni PEPA bilan GOST R 50096-2015 talablari asosida turli haroratga bog‘liq holda qotish vaqti hamda massa nisbatlari qotirib tahlil qilindi. Olingan qattiq moddani fizik-kimyoviy usuli IQ-spektral tahlil yordamida valent tebranishlari va TGA va DTA termogravimetrik analiz xususiyatlari tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: Akril kislota, HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza), GOST 12497-78, GOST R 50096-2015, TGA va DTA termogravimetrik analiz, (IQ) spektroskopiya, PEPA murakkab efir, oksiran guruh, katalizator, sulfat kislota, kumush oksid.

Аннотация. В данном научном исследовании путем синтеза ненасыщенного сложного эфира ГПМЦ (гидроксипропилметилцеллюлозы) с акриловой кислотой и его последующего окисления кислородом воздуха в присутствии катализатора был получен сложный эфир, содержащий эпоксидную группу. На основе ГОСТ 12497-78 было определено мольное количество (моль/г) эпоксидных групп в составе эпоксидного сложного эфира, после чего на основе требований ГОСТ Р 50096-2015 были отверждены и проанализированы время отверждения и массовые соотношения полученного эпоксидного сложного эфира с ПЭПА в зависимости от различных температур. Физико-химические свойства полученного твердого вещества были проанализированы с помощью ИК-

ISSN 3030-3907

спектрального анализа по валентным колебаниям, а также термогравиметрического анализа методами ТГА и ДТА.

Ключевые слова: Акриловая кислота, ГПМЦ (гидроксипропилметилцеллюлоза), ГОСТ 12497-78, ГОСТ Р 50096-2015, ТГА и ДТА термогравиметрический анализ, (ИК) спектроскопия, ПЭПА, сложный эфир, оксирановое кольцо (оксирановая группа), катализатор, серная кислота, оксид серебра.

Abstract. In this research work, an unsaturated ester of HPMC (hydroxypropyl methylcellulose) with acrylic acid was synthesized and subsequently oxidized with atmospheric oxygen in the presence of a catalyst to synthesize an epoxy-containing ester. The molar content (mol/g) of epoxy groups in the epoxy ester was determined based on GOST 12497-78. Then, the curing time and mass ratios of the obtained epoxy ester with PEPA (polyethylenepolyamine) were cured and analyzed at various temperatures in accordance with the requirements of GOST R 50096-2015. The physicochemical properties of the obtained solid substance were analyzed using IR-spectral analysis for stretching vibrations, as well as TGA and DTA for thermogravimetric analysis characteristics.

Keywords: In this research work, acrylic acid, HPMC (hydroxypropyl methylcellulose), GOST 12497-78, GOST R 50096-2015, TGA and DTA thermogravimetric analysis, (IR) spectroscopy, PEPA, ester, oxirane group, catalyst, sulfuric acid, silver oxide.

KIRISH.

So‘ngi yillarda modifikatsiyalangan murakkab efir qatronlariga qiziqish ortib bormoqda. Bunday birikmalar xossalari zamon talablariga javob berishi bilan diqqatga sazovar. Masalan modifikatsiyalangan murakkab efir epoksidlari yuqori mexanik qattiqligi, zarbaga chidamligi, kimyoviy barqarorligi, termik barqarorligi bilan ishlatiladigan sohalarda unumni oshirishga sezilarli xizmat qiladi. Bu modifikatsiyalangan murakkab efir epoksidlari quyidagi sohalarida ishlatiladi. Bulardan korroziyaga chidamli qoplamalar, metal sirt yuzasi to‘liq qoplam hosil qilishi, beton tarkibiga qo‘shilganda qovushqoqlikli oshirishi, tez qotuvchi yilimlar, elektr izolyatsiyasi, mexanik mustahkam kompozitlar, qurilish sohalarida (lak, buyoqlar) va boshqalar ishlab chiqishda qo‘llaniladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Epoksi akrilat yopishqoqligini kamaytiruvchi vositaning reaksiya mexanizmi Furye transform infraqizil spektroskopiyasi (FTIR) yordamida tahlil qilindi. Bundan tashqari, zarrachalar hajmi va Zeta potensiali polimerning barqarorligini va GMA monomerini qo‘shgandan keyin polimerdagi farqni tahlil qilish uchun ishlatilgan. Termogravimetrik (TG) tahlil GMA modifikatsiyasi tufayli qatronning termal barqarorligining sezilarli darajada yaxshilanganligini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatdi. Qovushqoqlikni kamaytirish sinov natijalari og‘ir moyning yopishqoqligining sezilarli darajada pasayishini, shuningdek, yopishqoqlikni kamaytirish tezligining sezilarli darajada oshishini ko‘rsatdi. FTIR tahlil natijalari GMA poliakrilat molekulyar zanjirlarini muvaffaqiyatli joriy etganligini tasdiqladi [1].

Spirtlar bilan karbon kislotalar sulfat kislota katalizator ishtirokida suyuq fazali esterifikatsiyasining kinetikasi bo‘yicha sintez qilib olingan murakkab efirlar bor [2].

Akril poliester qatroni muhim sintetik qatron hisoblanadi. U ajoyib mexanik mustahkamligi, ajoyib korroziyaga chidamliligi va haddan tashqari haroratga bardosh berish qobiliyati tufayli ko‘plab sohalarda ajralmas materialga aylandi. Biroq, akril poliester qatroniga bozor talabi o‘sishda davom etar ekan, ishlab chiqarish jarayonida duch keladigan ba'zi texnik qiyinchiliklar asta-sekin paydo bo‘ldi. Polimerizatsiya reaksiyasining harorati va yopishqoqligining o‘zgarishi, shuningdek, reaksiya sharoitlari parametrlarining cheklanishi tufayli akril poliester qatronlarini ishlab chiqarish jarayoni bozor talabini qondirish uchun yetarli hosil olishga olib kelmaydi [3].

Gidroksipropil metil tsellyuloza (HPMC) va akril kislotasining (AAc) o‘zaro bog‘lanishi turli kompozitsiyalarda o‘zgaruvchan shisha o‘tish xususiyatlariga ega yuqori qattiqlikdagi matritsani yaratish uchun amalga oshirildi. Qo‘shilgan akril kislotasi miqdoriga qarab, reologik va kalorimetrik shisha o‘tish harorati sezilarli darajada o‘zgaradi, bu esa qizdirilgandan so‘ng keng rezina plato bilan davom etadi. Qo‘shimcha TGA ishi shuni ko‘rsatadiki, barcha HPMC-AAc tarmoqlarining dastlabki tarkibi 200 °C gacha saqlanib qoladi, bu esa maqsadli bioaktiv birikmalarni yetkazib berishni qo‘llash uchun yaxshi natijadir [4].

Epoksi akrilat epoksi qatroni va akril kislotani halqa ochish reaksiyasi orqali esterifikatsiya qilish orqali ishlab chiqariladi. Bu jarayon juda ekzotermik bo‘lib, gel hosil bo‘lishini nazorat qilish qiyin bo‘lishi mumkin. Reaksiya jarayonida 80–110 °C jarayon haroratida o‘rtacha deb tasniflandi. Ushbu tadqiqot epoksi akrilat sintezi paytida nazoratsiz reaksiyalarning oldini olish uchun reaksiya sharoitlarini hisobga olish muhimligini ta’kidlaydi va sanoat epoksi akrilat tayyorlash uchun qimmatli ma’lumotlarni taqdim etadi [5].

O‘zgartirilgan epoksi akril (EPAC) oligomerini akrilat monomer bilan emulsiya polimerizatsiyasi orqali barqaror epoksi-akrilat kompozit lateks muvaffaqiyatli tayyorlandi. EPAC oligomeri epoksi qatroni bilan reaksiyaga kirishish uchun faol akril kislota yordamida olingan [6].

Oksidlanish katalizatori sifatida kumushning yuqori faolligini tushunishga yordam berish uchun, masalan, etilenning epoksidga oksidlanishi va metanolning

ISSN 3030-3907

formaldegidga degidratsiyasi uchun Ag yuzasida ko‘plab kislorod atomlari o‘zaro ta'siri va barqarorligi keng qamrovli doirada o‘rganildi [7-8].

Kumushning katalitik ta’siri ostida oqim tizimida etilenning etilen oksidiga to‘g‘ridan to‘g‘ri oksidlanishini o‘rganilgan.Ba’zi boshqa metal oksidlari yoki metal oksidlari aralashmasidan kumush oksid katalizatori olefinlarni oksidlash unumi yuqori ekanligi ma’lum [9].

Alifatik va aromatik spacerlarni o‘z ichiga olgan yangi fosforli oligoester metakrilatlar (FOEM) ikki bosqichda muvaffaqiyatli sintez qilindi. Birinchi bosqichda fosfor oksixloridining glitsidil metakrilat (GMA) bilan reaksiyaga kirishishiga imkon berish orqali diesterli oraliq mahsulot ishlab chiqarildi, keyinchalik ikkinchi bosqichda diesterli oraliq mahsulot diepoksid qatronlariga (E-181 va ED-20) qo‘shildi. Oligoester metakrilatlarning (OEM) tuzilmalari FTIR, GC/MS, STA, NMR va epoksid soni (epoksid guruhi tarkibi) yordamida jadal o‘rganildi, bu natijalar epoksi guruhlarining yo‘q bo‘lib ketishiga to‘liq erishilganligini ko‘rsatdi, bu esa oksiran halqasini ochish reaksiyasi va efir guruhlarining paydo bo‘lishi natijasidir [10].

Suvli muhitda ishlatilishi mumkin bo‘lgan polimerlar aksariyat holda oddiy sement ohaktoshi yoki betonning xususiyatlarini yaxshilashda ishlatiladi . Hozirgi vaqtda polivinil asetat kabi bitta yoki polimerlarning kombinatsiyalaridan , vinil asetat-etilen, stirol-butadien, stirol-akril sopolimerlari va akril va stirol butadien kauchuk emulsiyalaridan odatda foydalaniladi [11].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqotda 100-140 °C haroratida oralig‘ida normal atmasferada bosimida qaytarma sovutgichda hamda termometr bilan jihozlangan uch og‘izli kolbada yordamida qo‘sh bog‘ tutgan murakkab efir sintez qilib uni katalizator ishtirokida oksidlash amalga oshirildi va olingan moddamiz tarkibida qancha epoksid guruh mol miqdorini mol/g da mavjudligini GOST 12497-78 talablari asosida laboratoriya sinov tajribasi o‘tkazildi, sungra PEPA (polietilinpoliamin) yordamida GOST R 50096-2015 talablari asosida haroratga bog‘liq holda qotish vaqti hamda massa nisbatlari o‘rganilib olingan qattiq birikmaning IQ - spektrlari IQ-Furye spektrofotometrida 500-4000 sm-1 sohada yozib olinib tahlil qilindi va TGA va DTA termogravimetrik analizlari bajarildi.

TAJRIBAVIY QISM.

Akril kislota va HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) massa nisbatlari 4 : 1 olinib tubi yumaloq uch og‘izli 500 ml kolbani termometr, qaytarma sovutgich va bitta og‘zi reaksiya ohirigacha maxsus shisha propka bilan berkitilib qo‘yiladi. Dastlab temperatura 25 °C dan 60-70 °C gacha ohistalik bilan moy hammomida reagentlar gomogen sistema bo‘lguncha magnitli aralashtirgich yordamida aralashtirib qizdiriladi. So‘ngra konsentirlangan sulfat kislotadan 2-3 tomchi

ISSN 3030-3907

qo‘shilib temperatura 95-105 °C gacha yetkazilib reaksiya 40 daqiqa davom ettiriladi. Reaksiya davomida ajralib chiqayotgan suvni reaksiyon muhitdan tortib olish uchun qaytarma sovutgichning yuqori qismiga $Cacl_2$ yupqa paxtaga turubka shaklida qilib reaksiya davomida 4-5 marta qayta olinib quyildi. Olingan moddamizda ozroq na’muna olib lakmus indikatorida tekshiriladi, agar reaksiya kirishmay qolgan akril kislota bo‘lsa uni olib tashlash olingan moddani uchun 140-145 °C da fraksiya qilinadi va bu jarayon kislotalik muhiti bilinmay qolguncha davom ettiriladi. Reaksiyadan olingan efirga massaga nisbatan 0.6 g katalizatorni qo‘shib ingichka shisha nay orqali sekinlik bilan havo kislorodi yuborilib 135-145 °C haroratda 80 daqiqa davomida qizdiriladi. Reaksiyadan keyin olingan moddamiz xona haroratida sovutilganda qiyin oquvchi bilinar bilinmas och sariq rangli ekanligini ko‘zatildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Reaksiyadan olingan moddamizni Blank titrlash usuli orqali GOST-12497-78 talablari asosida amalga oshirildi. Bunda sirka kislotasini 3% eritmasidan 25 ml olinib unga 0.7 ml 0.1 N HBr eritmasi hamda 1-2 tomchi kristall violet (kristall binafsha) indikatoridan qo‘shilib magnitli aralashtirgichda ohista aralashtiriladi va $HclO_4$ ni 0.1 N eritmasidan 11.5 ml sarf bo‘lganda umumiy eritma binafsha rangdan ko‘k-yashil ranga o‘tdi. Bu titrlash asos va kislota titrlashidan biroz farq, qilib bunda pH muhitini o‘zgarishi ya’ni hodorod ionlarini oshishi bilan tushuniladi. Sungra dastlabki eritmasidan olinib unga 0.5 g tekshiradigan moddamizni solib 25 °C da magnitli aralshtirgich bilan ohista aralshtirilgan holda 0.1 N $HclO_4$ eritmasi bilan titrlandi, bunda 5.6 ml 0.1 N $HclO_4$ eritmasi sarf bo‘ldi. Blank titrlashda V_0 –blank, V- namuna titrlash hajmi 5.6 ml, N – $HclO_4$ normalligi 0.1 N, m – namuna massasi 0.5 g

$E\%=(V_0-V)*N*43/m$, $E\%=(11.5-5.6)*0.1*43/0.5$ $E\%=5.074$ %

1-jadval

GOST R 50096-2015 talablari asosida olingan HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) akrilat epoksidi PEPA bilan turli xil vaqt va haroratlarda turli massa nisbatda, qotishini ko‘zatganimizda qo‘yidagi jadvaldagi ma’lumotlar olindi.

№\%,°C, T	Epoksid:PEPA (massa nisbat %)	Harorat (°C)	Vaqt (T)
1	100 : 8	20 (°C)	24 soat
2	100 : 8	30 (°C)	20 soat
3	100 : 8	60 (°C)	12 soat
4	100 : 10	20 (°C)	24 soat
5	100 : 10	30 (°C)	8 soat

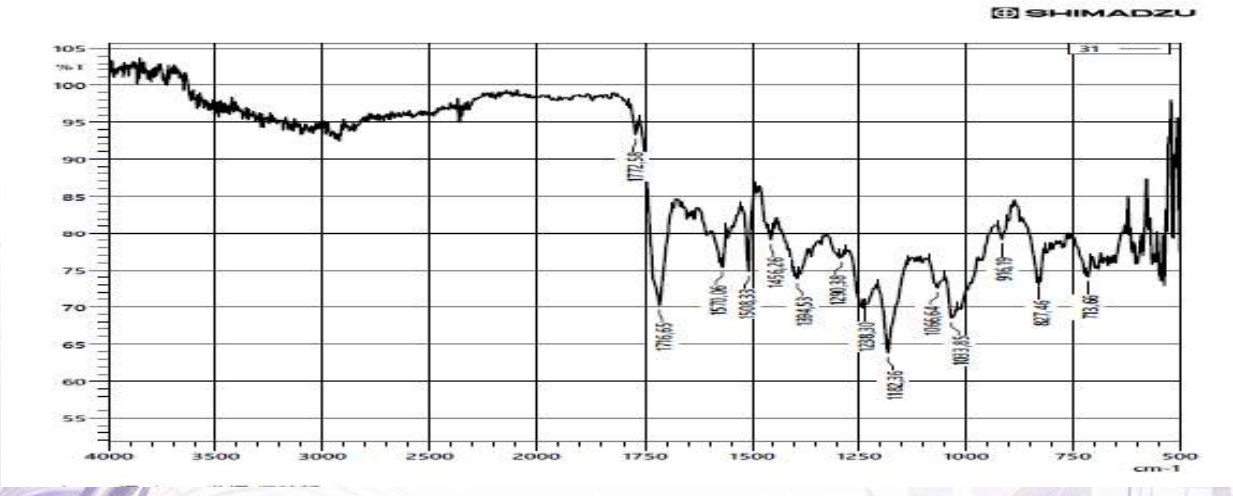
ISSN 3030-3907

6	100 : 10	60 (°C)	6 soat
7	100 : 12	20 (°C)	24 soat
8	100 : 12	30 (°C)	6 soat
9	100 : 12	60 (°C)	3 soat

Massa nisbatlarining ta’siri 20 °C da 100:8, 100:10, 100:12 nisbatda aralshtirilganda qotish vaqti o‘zgarishsiz, 30 °C da 100:8, 100:10, 100:12 nisbatda aralshtirilganda qotish vaqtlari sezilarli darajada kamayib borayotganini amin bog‘lari aktivligi oshib reaksiya tezroq borganligini bildiradi. 60 °C da 100:8, 100:10, 100:12 nisbatda aralshtirilganda qotish vaqtlari keskin kamayganligi amin guruh intinsevligi yuqoriligi oksiran guruh bilan tarmoqlanib reaksiyaga kirishishi ko‘zatildi. 30-60 °C da 100:8, 100:10, 100:12 nisbatlarda 100:8 nisbatda qotirib olingan moddamiz optik jihatdan qaralganda juda kam bo‘lgan mo‘rt qisimlar ko‘zga tashlanadi. Bu PEPA epoksid guruh bilan yetarli bo‘lmaganligini bildiradi.

100:10 nisbatda olingan na’muna optik jihatdan yaxshi, mo‘rtlik ko‘zatilmadi, mexanik mustahgamligi ham ancha yuqori. 100:12 nisbatda qotirb olingan moddamiz mustahkamligi yuqori lekin amin hidi sezilarli darajada bilinganligi epoksidga nisbatan ko‘proq PEPA borligini bildiradi. Bu esa olingan qattiq moddamizda erkin amin guruh mavjudligi dielektrik xusuyatinini yomonlashtiradi va erkin amin borligi gigroskopik ya’ni suvni yutishi natijasida xossalariga salbiy ta’sir qiladi. Sintez qilinib olinga epoksidimiz PEPA bilan qotishi optimal massa nisbati 100:10, optimal qotish rejimi 30 °C 8 soat. Ushbu sharoitda qotish darajasi 95 % bo‘lib yuqori termik barqaror.

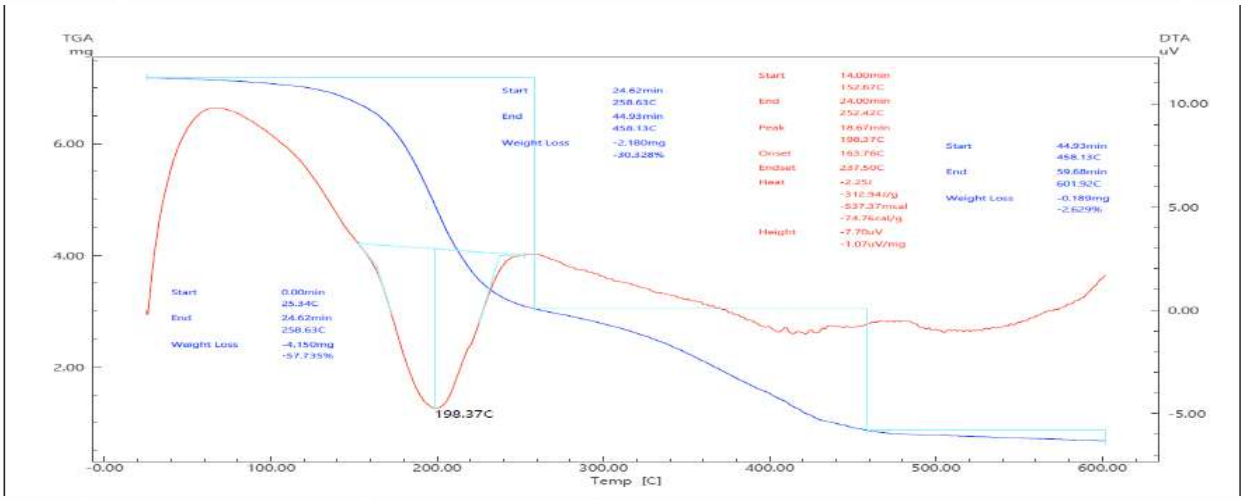
Sintez qilib olingan HPMC (GIDROKSIPROPILMETILSELLYULOZA) akrilat epoksidi IQ - spektrlari Shimadzu IQ-Furye spektrofotometrida 500-4000 sm-1 sohada yozib olinib 1-rasmni tahlil qilindi.



1-rasm: HPMC (GIDROKSIPROPILMETILSELLYULOZA) akrilat epoksidini PEPA bilan qotirilishidan olingan qattiq moddaning IQ-spektri

ISSN 3030-3907

IQ spektrning yuqori valent tebranish sohasida 1772.58 va 1716.65 sm^{-1} da kuchli yutilish sohalari maksimumlari kuzatildi. Bu yuqori cho‘qqilar karbonil (C=O) guruhining valent tebranishlariga to‘g‘ri keladi. Bu esa murakkab efir funksianal guruhi mavjudligini bildiradi. 1570.06 va 1508.33 sm^{-1} valent tebranishlari cho‘qqilari C-C bog‘larining valent tebranishlari bo‘lib, glyukoza molekulasidagi bog‘larga tegishli. 1456.26 sm^{-1} da yutilish cho‘qqilari $–CH_2$ metilen guruhining deformatsion tebranishiga, 1394.53 sm^{-1} esa $–CH_3$ guruhlarining deformatsion tebranishlariga tegishli. Bu yutilish cho‘qqilari polimer zanjirida alifatik uglevodorod fragmentlari borligini ko‘rsatadi. 1290.38 – 1038.85 sm^{-1} diapazonda kuzatilgan chiziqlari kuzatildi (1290.38, 1238.30, 1182.86, 1066.64 va 1033.85 sm^{-1}). Bu diapazondagi signallar asosan C–O va C–O–C bog‘larining yutilish chiziqlariga tegishli. Ushbu tebranishlar murakkab efir guruhining borligini tasdiqlaydi va selyuloza hosilalariga tegishli bo‘lgan polisaxarid skeletining borligini ko‘rsatadi. 916.19 sm^{-1} da kuzatilgan valent tebranishini juda kam intinsevligini epoksid halqaning juda kam mavjudligini bildiradi. 827.46 va 713.66 sm^{-1} valent tebranishlari sohalari halqali strukturalariga xos C–H tashqi tekislik tebranishiga tegishli. Bu esa polisaxarid skeletining tashqi guruhlariga tegishli.



2-rasm: HPMC (GIDROKSIPROPILMETILSELLYULOZA) akrilat epoksidini DTA va TGA tahlili.

HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) akrilat epoksidini termik xususiyatlari o‘rganish jarayonida 25,34-601.92°C haroratlar oralig‘ida TGA va DTA termogravimetrik analizlari bir vaqtda bajarildi. Olingan moddani termik tahlilda inert muhit yaratish uchun har 1 minutda 80 ml argon (Ar) gazi doimiy ravishda berib yuborilib turildi. Tahlimiz davomida harorat har 1 daqiqa davomida 10°C tezlikda ko‘tarilib mahsulotimizni endotermik va ekzotermik nuqtalari aniqlandi.

ISSN 3030-3907

2-jadval

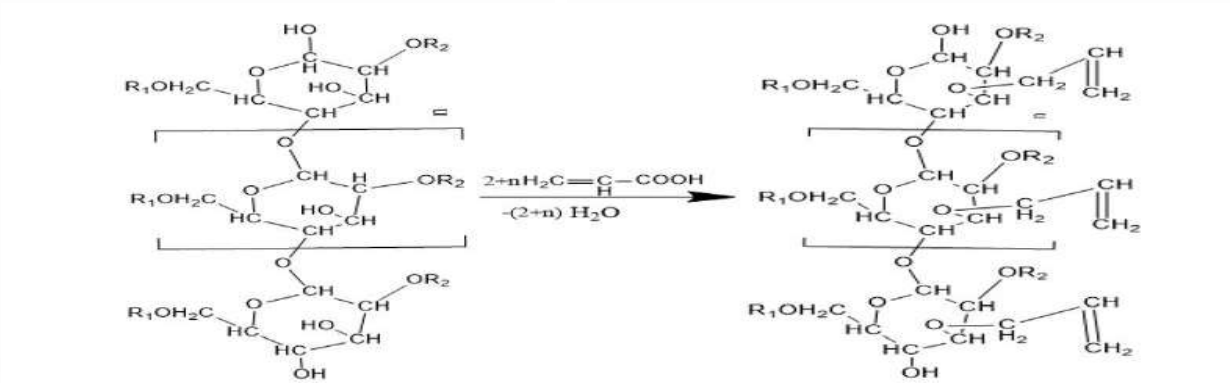
HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) akrilat epoksidini TGA tahlili

Harorat °C	Massa yo‘qotilishi, mg	Massa yo‘qotilishi, %
25.34-258.63	-4.150	-57.37
258.63-458.13	-2.180	-30.33
458.13-601.92	-0.189	-2.63
Jami	-6.519	90.33

Sintez qilib olingan HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) akrilat epoksidini termik tahlili 25.34-601.92°C harorat oralig‘ida o‘rganildi. Moddamizning derivatogrammasida 198.37°C haroratlarda ekzotermik effekt kuzatildi. Bunda 163.76 – 237.50 °C harorat oralig‘da issiqlik effekti -312.94 J/g ga teng. Bu ko‘rsatkichlar past molekulyar moddalarning bug‘lanishi, amin va epoksi guruhlari orasidagi nisbatan zaif bog‘larning parchalanishi. Bu jarayonlar tufayli olingan moddaning massasi sezilarli kamayganligini ko‘zatdik. 25.34-258.63°C harorat oralig‘ida tahlil qilinadigan moddaning massasi -57.37% ga (-4.150 mg) kamayadi. 258.63-458.13°C harorat oralig‘ida tahlil qilinadigan moddaning massasi -30.33% ga (-2.180 mg) kamayadi. 458.13-601.92 °C harorat oralig‘ida tahlil qilinadigan moddaning massasi -2.63% ga (-0.189 mg) kamayadi. Umumiy massa yo‘qotilishi 90.33% ga (6.519mg) kamaygan.

Bu xolasalardan reaksiya tenglamasini quyidagicha taklif qilamiz.

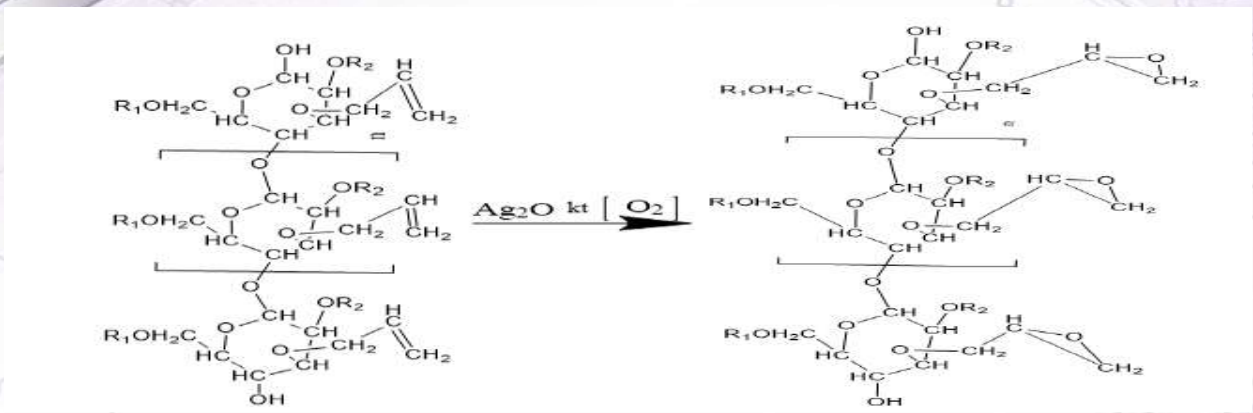
1-reaksiya tenglamasida HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) va akril kislota bilan reaksiyasidan murakkab efir olish reaksiyasi. Bu yerda R_1-metil, R_2-gidroksipropil radikallari.



1-reaksiya tenglamasi:

2- reaksiya tenglamasida HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) va akril kislota bilan reaksiyasidan hosil bo‘lgan murakkab efirni oksidlanish reaksiyasi.

ISSN 3030-3907



2- reaksiya tenglamasi:

XULOSA.

Reaksiyadan olingan moddamizni Blank titrlash usuli orqali GOST-12497-78 talablari asosida tahlili amalga oshirildi. Bu titrlash asos va kislota titrlashidan biroz farq, qilib bunda pH muhitini o‘zgarishi ya’ni hodorod ionlarini oshishi bilan tushuniladi. Blank titrlashda violet (kristall binafsha) indikatorini afzalligi shundaki pH eritmasining muhiti ma’lum darajada o‘zgarishi ham indicator sezgirligi yuqori bo‘lishi natijani aniqligini taminlaydi. GOST-12497-78 talablari asosida olgan natijamizda bo‘yicha GOST-12497-78 talablari asosida 3-8 % ishlab chiqarishga tadbiq etiladigan ko‘rsatkich. Bizning Blank titrlash tahlil natijamiz E%=5.074 % tashkil qildi.

Sintez qilinib olinga epoksidimiz PEPA bilan GOST R 50096-2015 talablari asosida qotishi optimal massa nisbati 100:10 va optimal qotish rejimi 30 °C 8 soatni tashkil etdi. Ushbu sharoitda qotish darajasi 95 % bo‘lib yuqori termik barqaror.

IQ spektr tahlil natijalarimizga ko‘ra sintez qilib olingan moddamizni tarkibida murakkab efir karbonil guruhi, epoksid halqa, 916.19 sm^{-1} da valent tebranish sohasiga epoksid halqaga tegishliligi kuzatilishi modifikatsiyalangan epoksid hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi. 1772.58 va 1716.65 sm^{-1} sohalarda valent tebranish sohasida karbonil guruhi murakkab efir bog‘lari mavjudligini ko‘rsatadi.

DTA va TGA natijasida olingan tahlillar epoksi-amin yuqori molekulyar birikmamiz termik barqarorligi yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Olgan tahlilimizga ko‘ra materialning termik parchalanishi bosqichlari uch bosqichda sodir bo‘ldi. Dastlabki bosqichda 25.34-258.63 °C oralig‘ida zaif bog‘larning parchalanishi va adsorbsiyalangan moddalar ajralishi ko‘zatiladi. Ikkinchi bosqich esa 258.63-458.13°C harorati davomida olingan polimerni degratatsiyasi sodir bo‘lgan. Oxirgi bosqichda esa 458.13-601.92°C oralig‘ida karbonlashgan qoldiq parchalanishi yuz berdi. Bunda esa umumiy massa yo‘qotilishi 90.33% ga (6.519 mg) kamaygan.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Zhou S. et al. Preparation and properties of epoxy modified acrylic polymer //Polymers. – 2025. – T. 17. – No. 3. – P. 380.
2. Dhanuka VR, Malshe VC, Chandalia SB Karbon kislotalarning spirtlar bilan suyuq fazali esterifikatsiyasining kinetikasi kislota katalizatorlari ishtirokida: nashr etilgan ma'lumotlarni qayta talqin qilish // Kimyoviy muhandislik fanlari. – 1977. – T. 32. – №. 5. – S. 551-556.
3. Dhanuka VR, Malshe VC, Chandalia SB Karbon kislotalarning spirtlar bilan suyuq fazali esterifikatsiyasining kinetikasi kislota katalizatorlari ishtirokida: nashr etilgan ma'lumotlarni qayta talqin qilish // Kimyoviy muhandislik fanlari. – 1977. – T. 32. – №. 5. – S. 551-556.
4. Nassar N. et al. Manipulation of the glass transition properties of a high-solid system made of acrylic acid-N, N′-methylenebisacrylamide copolymer grafted on hydroxypropyl methyl cellulose //International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – T. 22. – No. 5. – P. 2682.
5. Li W. et al. Safety risk assessment of epoxy acrylate prepared by ring-opening esterification of epoxy resin and acrylic acid //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2024. – T. 149. – No. 10. – pp. 4827-4838.
6. Zhang K. et al. Controlled preparation and properties of acrylic acid epoxy-acrylate composite emulsion for self-crosslinking coatings // Journal of Applied Polymer Science. – 2022. – T. 139. – No. 1. – P. 51441.
7. Kenson RE, Lapkin M. Kinetics and mechanism of ethylene oxidation. Reactions of ethylene and ethylene oxide on a silver catalyst //The Journal of Physical Chemistry. – 1970. – T. 74. – No. 7. – pp. 1493-1502.
8. Li WX, Stampfl C., Scheffler M. Insights into the function of silver as an oxidation catalyst by ab initio atomistic thermodynamics //Physical Review B. - 2003. - T. 68. - No. 16. – P. 165412.
9. Murray KE A study of the oxidation of ethylene to ethylene oxide on a silver catalyst //Australian Journal of Scientific Research Series A: Physical Sciences. – 1950. – T. 3. – No. 3. – pp. 433-449.
10. Al-Hamzawi AKJ et al. Synthesis of new phosphorus-containing oligoester methacrylates by using aliphatic and aromatic spacers // Journal of Polymer Research. – 2025. – T. 32. – No. 6. – P. 195.
11. Aggarwal LK, Thapliyal PC, Karade SR Properties of polymer-modified mortars using epoxy and acrylic emulsions //Construction and Building Materials. – 2007. – T. 21. – No. 2. – pp. 379-383.

ISSN 3030-3907

MODIFIKATSIYALANGAN MIS-KOBALT FTALOSIANIN PIGMENTI BILAN BO‘YALGAN PAXTA MATOSINING TERMIK XOSSALARINI TGA/DTA TAHLILLARI ASOSIDA O‘RGANISH

Nazarov N.I.
Buxoro davlat tibbiyot instituti akademik litseyi
Beknazarov H.S.
Termiz davlat universiteti
Fayziyev J.B.
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti
Mirzoyeva G.A.
Buxoro davlat texnika universiteti akademik litseyi

Annotatsiya. Ushbu maqolada modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo‘yalgan paxta matosining termik xossalari TGA/DTA tahlillari asosida o‘rganildi. TGA natijalari namunaning harorat ta’sirida massa yo‘qotishi bosqichma-bosqich kechishini, dastlab namlik va uchuvchan komponentlar ajralishini, asosiy parchalanish esa sellyuloza tolalarining termik destruksiyasi bilan bog‘liqligini ko‘rsatdi. DTA tahlili pigment-tola tizimida issiqlik ta’sirida yuzaga keladigan endo- va ekzotermik jarayonlarni aniqlash imkonini berdi. Olingan natijalar modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti paxta matosi yuzasida nisbatan barqaror himoya qatlami hosil qilib, uning termobarqarorligini oshirganligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: modifikatsiyalangan mis–kobalt ftalosianin, paxta matosi, TGA, DTA, termik barqarorlik, massa yo‘qotilishi, pigment, sellyuloza tolasi.

Аннотация. В данной статье термические свойства хлопчатобумажной ткани, окрашенной модифицированным медь–кобальтовым фталоцианиновым пигментом, изучены на основе ТГА/ДТА анализа. Результаты ТГА показали, что потеря массы образца под действием температуры протекает поэтапно: на начальной стадии удаляются влага и летучие компоненты, а основное разложение связано с термической деструкцией целлюлозных волокон. ДТА-анализ позволил выявить эндо- и экзотермические процессы, происходящие в системе «пигмент-волокно» при нагревании. Полученные результаты подтверждают, что модифицированный медь-кобальтовый фталоцианиновый пигмент образует на поверхности хлопчатобумажной ткани относительно устойчивый защитный слой и способствует повышению её термической стойкости.

Ключевые слова: модифицированный медь-кобальтовый фталоцианин, хлопчатобумажная ткань, ТГА, ДТА, термическая устойчивость, потеря массы, пигмент, целлюлозное волокно.

Abstract. In this article, the thermal properties of cotton fabric dyed with a modified copper–cobalt phthalocyanine pigment were studied using TGA/DTA analysis. The TGA results showed that the mass loss of the sample under heating occurs in stages: moisture and volatile components are released at the initial stage, while the main decomposition is associated with the thermal destruction of cellulose fibers. DTA analysis made it possible to identify endothermic and exothermic processes occurring in the pigment-fiber system during heating. The obtained results confirm that the modified copper-cobalt phthalocyanine pigment forms a relatively stable protective layer on the surface of cotton fabric and improves its thermal stability.

Keywords: modified copper–cobalt phthalocyanine, cotton fabric, TGA, DTA, thermal stability, mass loss, pigment, cellulose fiber.

KIRISH.

Ftalosianin birikmalari keng π-kon'yugatsiyalangan makrotsiklik tuzilishi, yuqori rang barqarorligi, kimyoviy chidamliligi va termik mustahkamligi bilan ajralib turadigan muhim organik pigmentlar qatoriga kiradi. Ularning tarkibiga turli metall ionlarini kiritish orqali pigmentlarning optik, termik va funksional xossalarini boshqarish mumkin. Paxta tolali matolar tabiiy sellyulozali to‘qimachilik materiali hisoblanib, yuqori gigroskopiklik va ekspluatatsion xossalarga ega. Ammo ularning issiqlik ta'sirida tez parchalanishi va yonishga moyilligi sababli matoga funksional ishlov berildi. Modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan paxta matosini bo‘yash natijasida nafaqat rangli qoplama hosil bo‘ladi, balki pigment tarkibidagi metall markazlari, azotli makrohalqa va funksional guruhlar hisobiga matoning termik barqarorligi ham ta'minlaydi.

ADABIYOTLAH TAHLILI.

So‘nggi yillarda ftalosianin pigmentlari va boshqa funksional rang beruvchi moddalarni paxta matolariga qo‘llash orqali nafaqat rang berish, balki materialga qo‘shimcha termik, optik va himoyalovchi xossalar berish masalasi keng o‘rganilmoqda. Paxta matosini pigment bilan pad-dry-cure usulida ishlov berish natijasida bo‘yalgan matoning IQ va TGA tahlillari orqali funksional guruhlar va termik barqarorlik xossalari o‘rganolgan. Bu jarayonda pigment qatlamlari ortishi bilan uning termobarqarorligini ortishi va issiqlik o‘tkazuvchanlik kamayishini ko‘rsatgan [1]. Ftalosianin pigmentlari keng π-kon'yugatsiyalangan makrohalqa, yuqori kimyoviy barqarorlik va metall markazlari hisobiga funksional materiallar sifatida alohida ahamiyatga ega. Sakamoto va Ohno-Okumura ftalosianinlarning optik, elektron va funksional xossalari markaziy metall ioni hamda periferik o‘rinbosarlar tabiatiga bog‘liqligini aniqlagan[2]. Sintez qilingan yangi bis-metall ftalosianinlar IQ, UB, TGA va DTA usullari bilan o‘rganilgan bo‘lib, TGA tahlil

ISSN 3030-3907

natijalariga ko‘ra bunday birikmalar 320-410 °C gacha termik barqarorlik namoyon qilishi qayd etilgan [3]. Fayziyev va uning hamkasblari tomonidan sulfolangan mis ftalosianinning termik xossalarini TGA va DTA usullari yordamida o‘rganib, 2-4 ta sulfo-guruh kiritilishi pigmentning suvda eruvchan shaklga o‘tishiga olib kelishini hamda TGA egri chizig‘ida uchta asosiy massa yo‘qotish bosqichi kuzatilishini ko‘rsatgan [4]. Paxta hamda poliester matolarga yong‘inga qarshi ishlov berilgandan keyin ularning termik xossalarini TGA usuli bilan o‘rganildi. Tadqiqotda ishlov berilgan matolarda yuqori haroratda qoldiq massa ortishi va massa yo‘qotish jarayoni sekinlashishi aniqlangan [5]. Šimkovic tomonidan paxta matolarining yong‘inga chidamliligi TG/DTG/DTA usullari orqali o‘rganilib, bu usullar sellyulozali materiallarning termik parchalanish bosqichlarini aniqlashda samarali ekanligi ko‘rsatilgan[6]. Metall saqlagan ftalosianinlarning termik barqarorligi ularning makrohalqa tuzilishi, metall markazi va periferik guruhlar tabiatiga bog‘liqligini ta’kidlagan [7]. Ushbu ma’lumotlar modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo‘yalgan paxta matosining TGA/DTA tahlilini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Pigment eritmasini tayyorlash. 1000 ml deionizatsiyalangan suvga 4,2 g modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti qo‘shiladi uning istiga 0,5 g dispergator, 0,4g quyuqlashtiruvchi va 0,15 g penogaslovchi modda solindi. Hosil bo‘lgan aralashma bir jinsli dispers holatga kelguncha 12-18 daqiqa davomida tez aralashtiriladi. Zarur hollarda pigmentning paxta tolasi bilan bog‘lanishini kuchaytirish maqsadida jarayon yakunida 1,5-2,0 g fiksatsiyalovchi modda qo‘shildi. Ushbu tarkib mis-kobalt ftalosianin pigmentining suvli muhitda barqaror tarqalishini ta’minlab, bo‘yovchi eritmasining texnologik xossalarini yaxshilaydi.

Modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmentini paxta matosiga qo‘llash uchun pad-dry-cure va exhaust dyeing usullaridan foydalanildi. Jarayon parametrlari laboratoriya sharoitida pigmentning suvli muhitda disperslanishi, mato yuzasiga bir tekis singishi va fiksatsiyalanish darajasini hisobga olgan holda tanlandi.

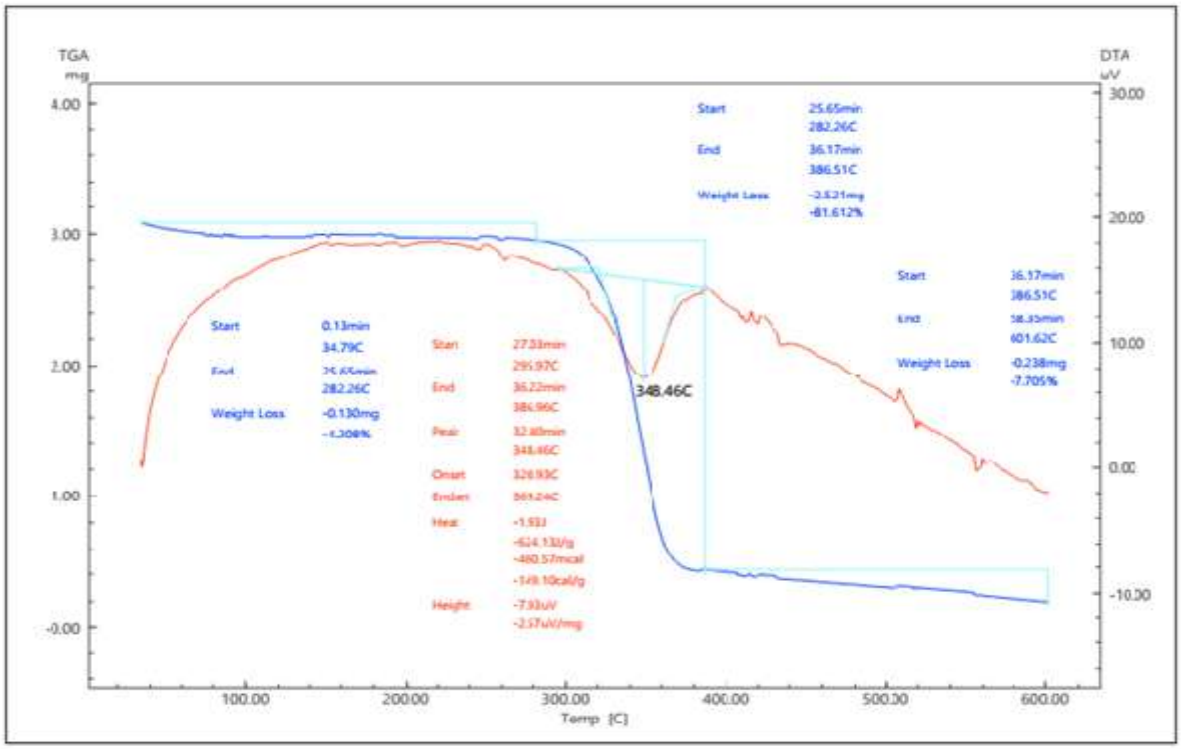
Pad-Dry-Cure(shimdirish-quritish-fiksatsiyalash) usulida paxta matosi modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti eritmasiga botiriladi, so‘ngra valiklar orasidan o‘tkazilib 75-80 % siqish darajasida siqiladi. Quritish jarayoni 100-120 ^{0}C haroratda 4-6 daqiqa davomida olib boriladi. Keyingi fiksatsiya bosqichi 150-160 ^{0}C haroratda 2-4 daqiqa davomida amalga oshiriladi. Exhaust dyeing usulida bo‘yash uchun eritma tayyorlanadi, uning tarkibi 1,5-2,5 % modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti, 0,8-1,2 % natriy sulfat va 0,4–0,6 % fiksatsiyalovchi modda qo‘shiladi. Jarayon 65-75 °C

ISSN 3030-3907

haroratda 40-55 daqiqa davomida olib boriladi. Bo‘yashdan so‘ng mato yuvilib, tabiiy sharoitda quritiladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Suvda eruvchan modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo‘yalgan paxta matosining termik xossalari 25-650 °C harorat oralig‘ida TGA va DTA usullari yordamida o‘rganildi. Mazkur tahlil bo‘yalgan matoning issiqlik ta’siridagi barqarorligini, massa kamayish bosqichlarini hamda pigment–tola tizimida kechadigan termik o‘zgarishlarni o‘rganish imkonini beradi.



1-rasm. Modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo‘yalgan paxta matosining derivotogrammasi

Modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan ishlov berilgan paxta matosining termogravimetrik tahlili namunaning issiqlik ta’sirida massa yo‘qotishi bosqichma-bosqich kechishini ko‘rsatdi. TGA egri chizig‘iga ko‘ra, dastlabki massa kamayishi 34,79-282,26 °C haroratlar oralig‘ida kuzatilib 0,130 mg (4,208 %) ni tashkil etdi. Ushbu bosqich mato tarkibidagi adsorbsiyalangan namlik, kuchsiz bog‘langan suv molekulalari hamda uchuvchan komponentlarning ajralishi bilan bog‘liq. Bu haroratlar oralig‘ida paxta tolalarining asosiy sellyulozali skeleti va pigment qatlami sezilarli destruksiyaga uchramaydi, bu esa namunaning dastlabki bosqichda nisbatan termik barqarorligini ko‘rsatadi. Asosiy massa yo‘qotish 282,26-386,51 °C oralig‘ida sodir bo‘lib, bu bosqichda namuna massasi 2,51 mg (81,612 %) ga kamaydi. Bu haroratlar oraligida kuzatilgan o‘zgarish paxta tolasi tarkibidagi sellyulozaning termik parchalanishi, organik bog‘larning uzilishi va pigment-tola tuzilishidagi

ISSN 3030-3907

parchalanish jarayonlari boshlanishi bilan bog‘liq bo‘lad, bu esa namunaning asosiy termik parchalanish bosqichi hisoblanadi.

Oxirgi parchalanish bosqichi 386,51-601,62 ^{0}C oralig‘ida kuzatilib, massa yo‘qotilishi 0,238 mg (7,705%) ni tashkil qiladi. Bu bosqichda karbonlangan qoldiqlar, yuqori haroratga chidamli organik qismlar hamda pigment tarkibidagi metall markazlari bilan bog‘liq barqaror qoldiqlar bosqichma-bosqich o‘zgarishga uchraydi. DTA egri chizig‘ida asosiy termik effekt 295,97-386,96 ^{0}C oralig‘ida namoyon bo‘lib, cho‘qqi maksimumi 348,46 ^{0}C da qayd etilgan. Ushbu endotermik effekt sellyuloza asosidagi paxta tolalarining asosiy termik parchalanishi hamda modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan hosil bo‘lgan rangli qoplama qatlamining issiqlik ta’siridagi o‘zgarishlari bilan izohlanadi. Boshlanish harorati 320,93 ^{0}C tugash harorati 369,24 °C qiymatlari namunaning faol termik destruksiya sohasi aynan shu intervalda sodir bo‘lishini ko‘rsatadi.

Deritogrammadagi TGA, DTA tahlil natijalari modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo‘yalgan paxta matosi 280 °C gacha nisbatan termik barqaror ekanligini, asosiy parchalanish esa 282-386 ^{0}C oralig‘ida sodir bo‘lishini ko‘rsatadi.

XULOSA.

Termogravimetrik va diffirensial termik analiz tahlillari modifikatsiyalangan mis-kobalt ftalosianin pigmenti bilan bo‘yalgan paxta matosining termik barqarorligi yaxshilanganini ko‘rsatdi. Pigment qatlami sellyuloza tolalarining yuqori haroratda parchalanishini sekinlashtirib, massa yo‘qotish jarayonini bosqichma-bosqich kechishini ta’minlaydi. Olingan natijalar ushbu pigmentni paxta matolariga rang berish bilan birga, ularning termik chidamliligini oshiruvchi funksional modda sifatida qo‘llash mumkinligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Holkar H. et al. Simultaneous dyeing and finishing of cotton fabrics using Red Ocher earth pigment //Cellulose chemistry and technology. – 2025. – T. 59. – №. 3-4. – C. 433-440.
2. Sakamoto K., Ohno-Okumura E. Syntheses and functional properties of phthalocyanines //Materials. – 2009. – T. 2. – №. 3. – C. 1127-1179.
3. Yilmaz E., Saydam S. Synthesis, Characterization and Thermal Behavior of New Bis-Metallophthalocyanines (Cu, Co, Zn, Ni) and Bis-Metal Free Phthalocyanine // MW Journal of Science. – 2024. – Vol. 1, № 1. – P. 36–43.
4. Fayziev J. B., Khodjayeva D. K. Thermal analysis of sulfated copper phthalocyanine and copper-calcium // ISJ Theoretical & Applied Science. – 2022. – № 10(114). – P. 70–73.

ISSN 3030-3907

5. Atakan R., Özcan G. A Comparative thermal analysis of fire-off treated cotton, polyester and co/pet fabrics //Textile and Apparel. – 2019. – Т. 29. – №. 4. – С. 311-316.
6. Šimkovic I. TG/DTG/DTA evaluation of flame retarded cotton fabrics and comparison to cone calorimeter data //Carbohydrate polymers. – 2012. – Т. 90. – №. 2. – С. 976-981.
7. Pop S. F. et al. Spectral and thermal investigations of porphyrin and phthalocyanine nanomaterials //Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2011. – Т. 13. – №. 7. – С. 906.

ISSN 3030-3907

MATHEMATICAL MODELING OF STRUCTURAL STIFFNESS AND DYNAMIC BEHAVIOR OF A PNEUMATIC VISE FIXTURE USING THE COHERENCE FUNCTION.

Khamidov B.Kh
Navoi State University of Mining and Technologies
Abdiev B.K
Navoi State University of Mining and Technologies
Khamidov A. U.
Navoi State University of Mining and Technologies

Annotatsiya. Ushbu maqolada frezalash jarayonida yupqa devorli korpus detallarini mahkamlash uchun ishlatiladigan pnevmatik iskanja moslamasining konstruktiv bikrligi va dinamik xususiyatlarini matematik modellash, shuningdek kogerentlik funksiyasi asosida tahlil qilish masalalari yoritilgan. Tizim 1-DOF va 2-DOF dinamik model sifatida ko‘rib chiqilgan bo‘lib, dempferlash elementi tizimning umumiy dempferlash koeffitsientiga ta‘siri hisobga olingan. Ekvivalent bikrlik, pnevmatik siqish kuchi, Hertz kontakt bikrligi va chastota uzatish funksiyasi (FRF) modellari MATLAB muhitida raqamli modellashtirish orqali aniqlangan. ANSYS/SolidWorks Simulation dasturida o‘tkazilgan chekli elementlar tahlili (FEA) natijalarida von Mises kuchlanganligi 350 MPa gacha yetadigan zo‘riqish konsentratsiyasi zonalari aniqlandi.

Kalit so‘zlar: pnevmatik iskanja; konstruktiv bikrlik; kontakt qattiqligi; siqish kuchi; kogerentlik funksiyasi; FRF; FEA; yupqa devorli korpus; MATLAB.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования и анализа конструктивной жёсткости и динамических характеристик пневматического зажимного приспособления. Система представлена как 1-DOF и 2-DOF динамическая модель. Моделирование выполнено в MATLAB. FEA выявил зоны концентрации напряжений (von Mises до 350 МПа). Предложены рекомендации по повышению жёсткости и гашению вибраций.

Ключевые слова: пневматическое зажимное приспособление; конструктивная жёсткость; функция когерентности; FRF; FEA; MATLAB.

Abstract. This paper investigates the mathematical modeling and analysis of the constructive stiffness and dynamic characteristics of a pneumatic fixture used in the milling of thin-walled housing components, with application of the coherence function. The system is modelled as a 1-DOF and 2-DOF dynamic model incorporating a tuned mass damper (TMD). Equivalent stiffness, pneumatic clamping force, Hertzian contact stiffness, and FRF models are validated through MATLAB simulation. FEA in ANSYS reveals von Mises stress concentrations

ISSN 3030-3907

up to 350 MPa near pneumatic fittings. Design recommendations for stiffness improvement and chatter suppression are proposed.

Key words: pneumatic fixture; constructive stiffness; contact stiffness; clamping force; coherence function; FRF; FEA; thin-walled housing; MATLAB.

INTRODUCTION.

In modern manufacturing, the accuracy and stability of the machining process are critically dependent on the stiffness and dynamic behaviour of the fixture–workpiece–machine tool system. In the milling of thin-walled housing components, vibrations known as chatter lead to poor surface finish, rapid tool wear, and dimensional inaccuracies. These vibrations arise from the elastic compliance of the fixture, fluctuating cutting forces, and regenerative mechanisms.

Pneumatic fixtures offer rapid clamping and ease of automation, but their constructive stiffness is the limiting factor governing machining precision when jaw overhang h_0 = 300 mm. A quantitative stiffness model is therefore essential for fixture design.

To analyse vibrations and evaluate fixture effectiveness, the coherence function is employed. It identifies the frequency-dependent causal relationship between the cutting force (input) and fixture vibration (output), distinguishing regenerative chatter from background noise. This paper develops a unified mathematical–dynamic model integrating constructive stiffness, TMD dynamics, FRF measurement, and FEA stress analysis into a single validated framework.

LITERATURE REVIEW AND PROBLEM STATEMENT

Tobias and Tlusty established that chatter operates as a time-delay dynamic system driven by a regenerative mechanism, with stability depending on system stiffness, damping, and cutting parameters [1, 2]. Structural methods to mitigate vibrations include TMDs and spring–rod damping elements [3, 4]. Pneumatic fixture stiffness is governed by a series combination of housing, jaw, guide, and contact stiffnesses [5].

Most existing studies focus on amplitude and frequency spectra, leaving the causal origin of vibration signals insufficiently analysed. The coherence function addresses this gap by quantifying the frequency-dependent input–output relationship [6]. Its systematic application to pneumatic fixture modelling remains a significant research gap that this study addresses.

RESEARCH METHODOLOGY

The methodology combines analytical modelling, MATLAB numerical computation (dde23 solver for time-delay equations), FEA simulation, and signal processing. Three complementary analyses are performed:

—(a) Time domain — maximum amplitude Amax and RMS value:

ISSN 3030-3907

$A_{RMS} = \sqrt{(1/T \int_0^T x^2(t)\, dt)}$ (1)

—(b) Frequency domain — spectral content via Discrete Fourier Transform:

$X[k] = \Sigma_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j2\pi kn/N}$ (2)

—(c) Causal analysis — coherence function between cutting force Fc and vibration x:

$$\gamma^2_{Fcx}(f) = | G_{Fcx}(f) |^2 / [G_{FcFc}(f) \cdot G_{xx}(f)], \quad 0 \le \gamma^2 \le 1 \qquad (3)$$

$G_{FcFc}(f)$ — autospectral density of the cutting force

$G_{xx}(f)$ — autospectral density of the vibration signal

$G_{Fcx}(f)$ — cross-spectral density; [object Object] — frequency

$\gamma^2(f) \approx 1$ indicates vibrations are deterministically driven by the cutting process; lower values indicate random noise or nonlinearity. Identification is performed only in frequency bands where $\gamma^2(f) \ge 0.80$.

MATHEMATICAL MODEL

The constructive stiffness of the pneumatic fixture is the resistance of its components to deformation under external load:

$$k = F / \delta \qquad (4)$$

The equivalent series stiffness of the fixture assembly:

$$1/k_{eq} = 1/k_h + 1/k_j + 1/k_g + 1/k_m + 1/k_c \qquad (5)$$

For permissible displacement $\delta max \le 0.01$ mm and cutting force $F_k = 1200$ N:

$$k_{eq} \ge F_c / \delta_{max} = 1200 / 0.01 = 120\,000 \text{ N/mm} \qquad (6)$$

The clamping force produced by the pneumatic cylinder:

$$F_{cl} = p \cdot A \cdot \eta, \quad A = \pi D^2 / 4 \qquad (7)$$

For D = 50 mm and $\eta = 0.9$: A = 1963.5 mm². Results are shown in Table 1 and Figure 1.

Table 1.

Clamping force Fcl vs. operating pressure (D = 50 mm, η = 0.9)

p (MPa)	A (mm²)	F_{al} (N)	F_{al} (kN)
1.0	1963.5	1767	1.77
1.5	1963.5	2651	2.65
2.0	1963.5	3534	3.53

ISSN 3030-3907

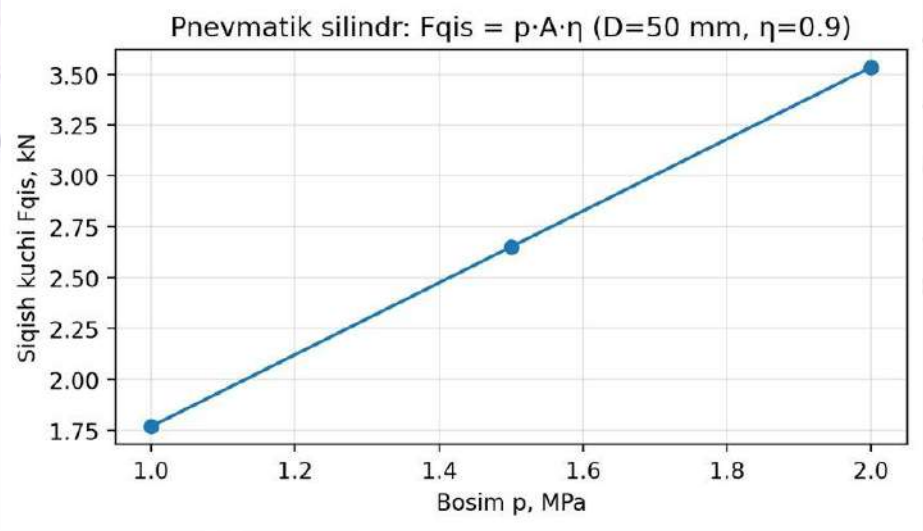


Figure 1. Pneumatic clamping force F_{al} as a function of operating pressure p (D = 50 mm, η = 0.9). Linear relation $F_{al} = p \cdot A \cdot \eta$ over 1.0–2.0 MPa yields 1.77–3.53 kN.

Jaw Overhang Effect

With jaw overhang h_o = 300 mm, the cantilever deflection scales as:

$$\delta_j \propto L^3 \qquad (8)$$

Reducing L from 300 mm to 150 mm decreases jaw deflection by a factor of $2^3 = 8$.

Hertzian Contact Stiffness

$$k_c = (4/3) \cdot E^* \cdot \sqrt{R} \cdot \delta^{1/2}, \quad 1/E^* = (1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2 \qquad (9)$$

1-DOF Dynamic Model

The fixture–workpiece system as a damped 1-DOF oscillator with TMD element damping contributions cd and kd:

$$m \cdot \ddot{x}(t) + (c + c_d) \cdot \dot{x}(t) + (k + k_d) \cdot x(t) = F_c(t) \qquad (10)$$

m — equivalent mass of the fixture–workpiece subsystem, kg

c, c_d — baseline and added damping coefficients, N·s/mm

k, k_d — baseline and added stiffness (k = k_ac from Eq. 5), N/mm

Frequency-response function (FRF):

$$H(\omega) = X(\omega) / F(\omega) = 1 / (k - m\omega^2 + jc\omega) \qquad (11)$$

Natural frequency and damping ratio:

$$\omega_n = \sqrt{(k/m)}, \quad \zeta = c / (2\sqrt{(km)}) \qquad (12)$$

Regenerative Cutting Force (Time-Delay Model)

The regenerative cutting force as a function of current and delayed displacement:

$$F_c(t) = K_c \cdot [\, x(t) - x(t - \tau) \,], \quad \tau = 60/n \qquad (13)$$

K_c — equivalent cutting-force coefficient

τ — time delay = one spindle revolution period; n = spindle speed, rpm

2-DOF Tuned Mass Damper (TMD) Model

ISSN 3030-3907

Coupled equations of motion for the fixture body m_1 and TMD mass m_2 connected via spring k_2 and dashpot c_2:

$$m_1\ddot{x}_1 + c_1\dot{x}_1 + k_1x_1 + c_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_2(x_1 - x_2) = F(t) \quad (14a)$$

$$m_2\ddot{x}_2 + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2(x_2 - x_1) = 0 \quad (14b)$$

Den Hartog optimal TMD tuning (mass ratio $\mu = m_2/m_1$):

$$f_{opt} = \omega_2/\omega_1 = 1/(1+\mu), \quad \zeta_{opt} = \sqrt{[\,3\mu / (8(1+\mu)^3)\,]} \quad (15)$$

For $\mu = 0.05$–0.10, Eq. (15) yields a 40–60% reduction in peak FRF amplitude.

FRF Measurement and Modal Identification

In impact hammer or shaker testing, the H_1 estimator is computed from cross- and auto-spectral densities:

$$H_1(\omega) = G_{XF}(\omega) / G_{FF}(\omega) \quad (16)$$

$G_{XF}(\omega)$ — cross-spectral density (output–input)

$G_{FF}(\omega)$ — auto-spectral density of the input force

Half-Power Bandwidth Damping Estimation

Viscous damping ratio from the −3 dB bandwidth of the resonance peak:

$$\zeta \approx (\omega_2 - \omega_1) / (2\omega_n) \quad (17)$$

Individual parameters are recovered as:

$$k = F_n / \delta_n, \quad m = k / \omega_n^2, \quad c = 2\zeta\sqrt{(km)} \quad (18)$$

Optimisation Objectives

$$J_1 = \max_{\omega\in[\omega a,\omega b]} |\,H(\omega)\,| \rightarrow \min \quad (19)$$

$$J_2 = \int_{\omega a}^{\omega b} |\,H(\omega)\,|^2\, d\omega \rightarrow \min \quad (20)$$

Figure 2 shows the pneumatic fixture schematic indicating the two principal force directions during milling: the clamping force F_{al} applied horizontally by the pneumatic actuator, and the resultant cutting force F_k acting vertically at the workpiece surface. The jaw overhang $h_0 = 300$ mm governs the dominant cantilever compliance.

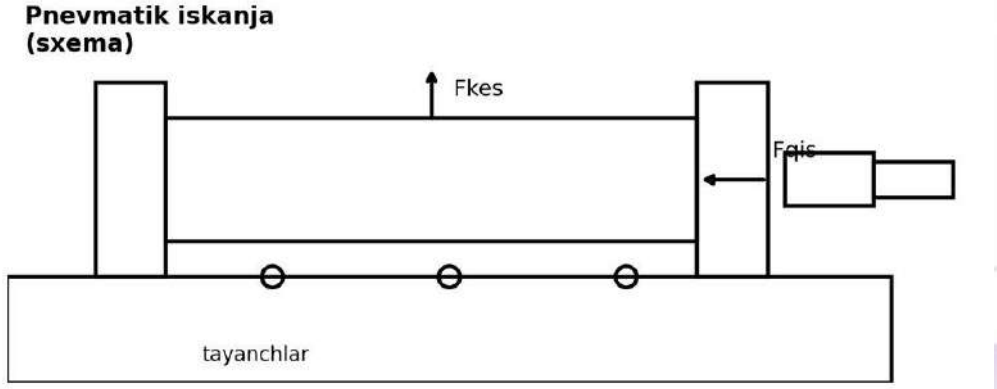


Figure 2. Pneumatic fixture load schematic. F_{al} (horizontal): clamping force from actuator. F_k (vertical): milling cutting force at workpiece surface. Tayanchlar: support pads providing reaction base. Jaw overhang $h_0 = 300$ mm is the primary compliance source.

ISSN 3030-3907

Finite Element Analysis Model Description and Boundary Conditions

A 3D FEA model was built in ANSYS Mechanical. Structural steel: E = 2×10^{11} Pa, ν = 0.3, σy = 355 MPa. Frictional contacts at jaw–workpiece and jaw–guide interfaces (μ = 0.15–0.25). Fixed support at the fixture base. Two simultaneous loads: p = 2.0 MPa on the piston face (F_{al} = 3534 N) and cutting force F_k = 1200 N at the machining zone.

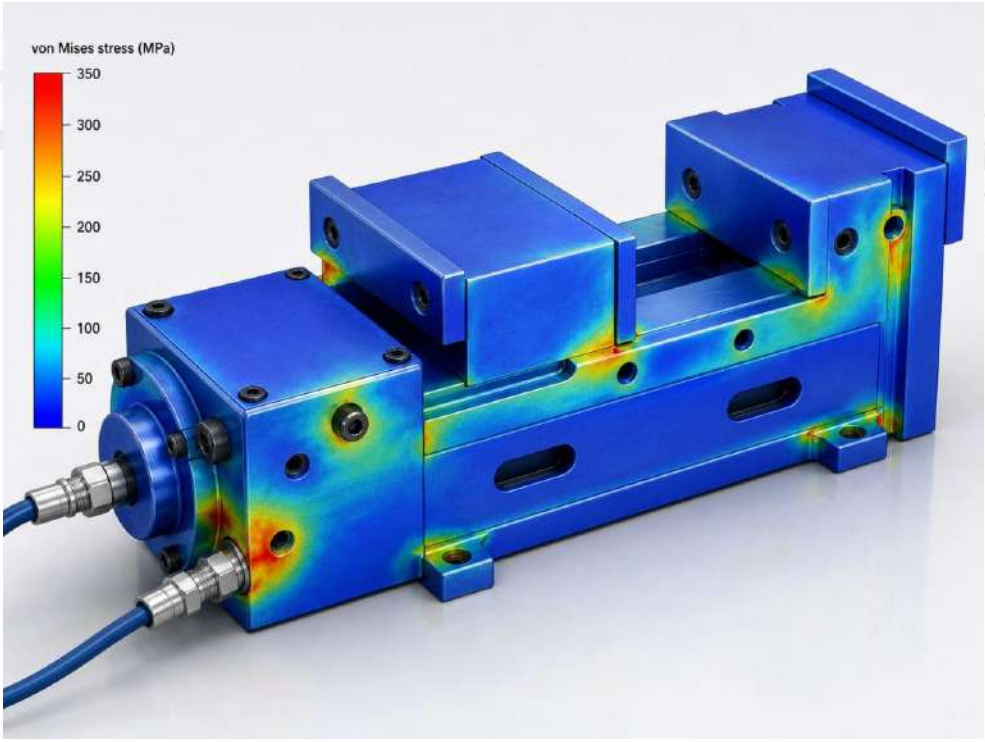


Figure 3. Von Mises stress (MPa) from FEA under full load (p = 2.0 MPa, F_k = 1200 N). Blue = 0 MPa; red = 350 MPa (near yield). Critical zones: pneumatic port fittings (SCZ-1), jaw-to-guide transitions (SCZ-2), screw-bore interfaces (SCZ-3), jaw contact pads (SCZ-4), housing body (SCZ-5).

Stress Concentration Zone Analysis

SCZ-1 — Pneumatic port connections: Up to 350 MPa, approaching yield (355 MPa). Priority fatigue risk under cyclic clamping. Remedy: fillet radius ≥ 3 mm, high-strength inserts (AISI 4140).

SCZ-2 — Jaw-to-guide transition: 200–300 MPa from cantilever bending (Eq. 8). Target for overhang reduction and stiffening ribs.

SCZ-3 — Screw-bore interfaces: 150–250 MPa stress raisers at bolt holes. Mitigated by thread inserts or larger fasteners.

SCZ-4 — Jaw contact pad zone: 50–150 MPa Hertzian contact stress (Eq. 9). Extending pad area reduces peak stress and improves k_a.

SCZ-5 — Housing body: 5–30 MPa; confirms adequate wall stiffness. k*h* is not the limiting term in Eq. 5.

RESULTS AND DISCUSSION

Time-Domain Analysis

ISSN 3030-3907

Vibration amplitude reduction efficiency:

$$\eta_A = (A_{max}^{(0)} - A_{max}^{(d)}) / A_{max}^{(0)} \times 100\ \% \qquad (21)$$

Without TMD: A_{max} = 0.08–0.10 mm (unstable, periodically amplifying). With TMD tuned per Eq. (15): A_{max} = 0.04–0.05 mm, giving ηA = 30–50%.

Frequency-Domain Analysis

Spectral energy in the chatter/resonance band:

$$E = \int_{f_1}^{f_2} | X(f) |^2 \, df \qquad (22)$$

TMD reduces E in the resonance band, confirming vibrational energy attenuation at the chatter-prone natural frequency ωn = √(k_ac/m).

Coherence Function Analysis

Without TMD:

$$\gamma^2_{Fcx}(f) \approx 0.85–0.90 \qquad (23)$$

85–90% of the vibration energy at chatter frequencies is deterministically caused by the cutting force. With TMD active:

$$\gamma^2_{Fcx}(f) \approx 0.40–0.50 \qquad (24)$$

Coherence reduction efficiency:

$$\eta_\gamma = (\gamma^2_{(0)} - \gamma^2_{(d)}) / \gamma^2_{(0)} \times 100\ \% \approx 44–53\ \% \qquad (25)$$

This proves scientifically that the TMD suppresses the chatter mechanism not only by reducing amplitude but also by weakening the deterministic coupling between cutting force and vibration. The coherence reduction ηγ is a more rigorous metric of damping efficiency than amplitude reduction alone.

Summary of Governing Equations

Table 2.

Complete set of governing equations

Eq.	Expression	Physical meaning
(4)	$k = F / \delta$	Fundamental stiffness definition
(5)	$1/k_{eq} = \Sigma(1/k)$	Series equivalent stiffness
(6)	$k_{eq} \geq 120\,000$ N/mm	Minimum stiffness for $\delta \leq 0.01$ mm
(7)	$F_{cl} = p \cdot A \cdot \eta;\ A = \pi D^2/4$	Pneumatic clamping force
(8)	$\delta_j \propto L^3$	Cantilever jaw deflection law
(9)	$k_c = (4/3)E^* \sqrt{R}\delta^{1/2}$	Hertzian contact stiffness
(10)	$m\ddot{x} + (c+c_d)\dot{x} + (k+k_d)x = F_c(t)$	1-DOF damped oscillator
(11)	$H(\omega) = 1/(k - m\omega^2 + jc\omega)$	Frequency response function
(12)	$\omega_n = \sqrt{(k/m)},\ \zeta = c/(2\sqrt{(km)})$	Natural frequency & damping ratio

ISSN 3030-3907

Eq.	Expression	Physical meaning
(13)	$F_c(t) = K_c[x(t)-x(t-\tau)]$	Regenerative cutting force
(15)	$f_{opt} = 1/(1+\mu)$, $\zeta_{opt} = \sqrt{(3\mu/8(1+\mu)^3)}$	Den Hartog TMD tuning
(16)	$H_1(\omega) = G_{XF}/G_{FF}$	FRF H_1 estimator
(3)	$\gamma^2(f) = \lvert G_{Fcx}\rvert^2 / (G_{FcFc}\cdot G_{xx})$	Coherence function
(21)	$\eta_A = (A^0-A^d)/A^0 \times 100\%$	Amplitude reduction efficiency
(25)	$\eta_\gamma = (\gamma^{2(0)}-\gamma^{2(d)})/\gamma^{2(0)} \times 100\%$	Coherence reduction efficiency

Based on the analytical models and FEA results, the following improvements are recommended to achieve $k_ac \geq 120\,000$ N/mm and suppress chatter:

—Housing reinforcement: Increase wall thickness and add internal ribs (kh). Target wall ratio t/L > 0.08.

—Jaw overhang reduction: Reduce h_0 from 300 mm to ≤ 150 mm; use supplementary supports — eightfold stiffness gain per Eq. (8).

—Contact pad extension: Hardened flat or prismatic pads to distribute Hertzian stress and improve k_a per Eq. (9). Targets SCZ-4.

—Pneumatic fitting redesign: Add fillet radius ≥ 3 mm at SCZ-1; use AISI 4140 inserts to prevent fatigue failure.

—Guide clearance control: Maintain backlash ≤ 5 μm via precision grinding; anti-backlash devices minimise k^G losses.

—TMD integration: Install passive TMD ($m_2 \approx 5$–10% of m_1) tuned per Eq. (15) for 40–60% peak reduction.

—Pressure stabilisation: Pressure regulator limiting $\delta p \leq 0.05$ MPa to prevent dynamic clamping force variation.

CONCLUSIONS.

A coherence-based mathematical–dynamic framework for evaluating the constructive stiffness and vibration behaviour of a pneumatic fixture in milling has been developed and validated. Key findings:

—Series stiffness model identifies contact and guide stiffness as dominant limiting factors; design target $k_ac \geq 120\,000$ N/mm for $\delta \leq 0.01$ mm.

—Clamping forces 1.77–3.53 kN are achievable with a 50 mm bore cylinder at 1.0–2.0 MPa.

—1-DOF and 2-DOF TMD models provide FRF, coherence, and half-power bandwidth estimators. Den Hartog tuning (03BC = 0.05–0.10) reduces resonance amplitude 40–60%.

ISSN 3030-3907

—FEA reveals SCZ-1 (pneumatic ports) approaches yield stress (350/355 MPa) and is the critical fatigue-risk zone.

—Coherence analysis shows the TMD reduces deterministic coupling between cutting force and vibration by 44–53%, providing stronger scientific evidence than amplitude reduction alone.

—Overhang reduction from 300 mm to 150 mm is the single most impactful design modification (eightfold stiffness gain).

Future work will focus on experimental validation under real cutting conditions and systematic TMD parameter optimisation.

REFERENCES

1. Altintas Y. Manufacturing Automation. Cambridge University Press, 2012.
2. Tobias S.A. Machine Tool Vibration. Blackie, London, 1965.
3. Tlusty J. Manufacturing Processes and Equipment. Prentice Hall, 2000.
4. Schmitz T.L., Smith K.S. Machining Dynamics. Springer, 2009.
5. Bi Z.M., Zhang W.J. Flexible fixture design and automation. Int. J. Production Research, 39(13), 2867–2894, 2001.
6. Ewins D.J. Modal Testing: Theory, Practice and Application (2nd ed.). Research Studies Press, 2000.
8. Budak E., Altintas Y. Analytical prediction of chatter stability. ASME J. Manuf. Sci., 1995.
9. Den Hartog J.P. Mechanical Vibrations (4th ed.). McGraw-Hill, New York, 1956.
10. Sims N.D. Vibration absorbers for chatter suppression. J. Sound and Vibration, 2007.
11. Ratchev S., Liu S. Milling error prediction and compensation. Int. J. Machine Tools and Manufacture, 44(15), 1629–1641, 2004.
12. Insperger T., Stepan G. Semi-Discretization Method for Time-Delay Systems. Springer, 2011.
13. ANSYS Inc. ANSYS Mechanical User Guide, Release 2023 R1. Canonsburg, PA, 2023.

ISSN 3030-3907

MOBIL ILOVALAR ORQALI O‘QITUVCHILAR UCHUN RAQAMLI KUZATUV VA DIAGNOSTIKA TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Abduraximova Sarvinoz
Osiyo Xalqaro Universitet magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada ta’lim jarayonida o‘qituvchilar faoliyatini mobil ilovalar orqali raqamli kuzatish, tahlil qilish va diagnostika qilish tizimini ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Hozirgi raqamli transformatsiya sharoitida ta’lim sifatini oshirish, pedagogik faoliyatni baholash, o‘quv jarayonidagi muammolarni erta aniqlash va metodik yordam ko‘rsatish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Maqolada mobil ilovalarning o‘qituvchi faoliyatini monitoring qilishdagi imkoniyatlari, diagnostik ko‘rsatkichlar tizimi, ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish mexanizmlari, raqamli kuzatuv tizimining pedagogik samaradorligi hamda uni ishlab chiqishning metodik va texnologik asoslari tahlil qilingan. Tadqiqotda o‘qituvchilar faoliyatini baholashda subyektiv yondashuvlarni kamaytirish, real vaqt rejimida ma’lumot olish, individual rivojlanish xaritasini shakllantirish va boshqaruv qarorlarini dalillarga asoslangan holda qabul qilish zarurligi asoslab berilgan. Shuningdek, maqolada mavjud muammolar va ularning yechimlari, xalqaro tajribalar hamda raqamli ta’lim ekotizimida mobil diagnostika tizimining o‘rni ochib berilgan.

Kalit so‘zlar: mobil ilova, raqamli kuzatuv, pedagogik diagnostika, o‘qituvchi faoliyati, monitoring, ta’lim sifati, raqamli ta’lim, analitika, metodik qo‘llab-quvvatlash.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки системы цифрового наблюдения и диагностики деятельности учителей с использованием мобильных приложений. В условиях современной цифровой трансформации образования особое значение приобретают повышение качества обучения, объективная оценка педагогической деятельности, своевременное выявление проблем в образовательном процессе и оказание методической поддержки педагогам. В статье анализируются возможности мобильных приложений в мониторинге деятельности учителя, система диагностических показателей, механизмы сбора и анализа данных, педагогическая эффективность цифровой системы наблюдения, а также методические и технологические основы её разработки. Обоснована необходимость снижения субъективности при оценке деятельности учителей, получения данных в режиме реального времени, формирования индивидуальной траектории профессионального развития и принятия управленческих решений на основе объективной информации. Кроме того, раскрываются существующие проблемы и пути

ISSN 3030-3907

их решения, международный опыт и роль мобильной диагностической системы в цифровой образовательной экосистеме.

Ключевые слова: мобильное приложение, цифровое наблюдение, педагогическая диагностика, деятельность учителя, мониторинг, качество образования, цифровое образование, аналитика, методическая поддержка.

Abstract. This article discusses the development of a digital observation and diagnostic system for teachers through mobile applications. In the context of modern digital transformation, improving the quality of education, assessing teachers' professional activity, identifying educational problems in a timely manner, and providing methodological support are becoming increasingly important. The article analyzes the potential of mobile applications in monitoring teacher activity, the system of diagnostic indicators, mechanisms for collecting and analyzing data, the pedagogical effectiveness of digital observation systems, and the methodological and technological foundations of their development. The study substantiates the need to reduce subjectivity in evaluating teachers' performance, obtain real-time data, create an individual professional development map, and make evidence-based management decisions. The article also examines existing problems and solutions, international experience, and the role of mobile diagnostic systems in the digital education ecosystem.

Keywords: mobile application, digital observation, pedagogical diagnostics, teacher activity, monitoring, education quality, digital education, analytics, methodological support.

KIRISH.

Bugungi kunda ta'lim tizimida raqamli texnologiyalardan foydalanish nafaqat o‘quv jarayonini zamonaviylashtirish, balki pedagogik faoliyatni ilmiy asosda kuzatish, baholash va rivojlantirishning muhim vositasiga aylanmoqda. Raqamli ta'lim muhitining kengayishi o‘qituvchi faoliyatiga qo‘yiladigan talablarni ham tubdan o‘zgartirmoqda. Endilikda o‘qituvchi faqat bilim beruvchi shaxs emas, balki o‘quv jarayonini loyihalovchi, raqamli resurslardan samarali foydalanuvchi, o‘quvchilar faoliyatini tahlil qiluvchi va o‘z pedagogik faoliyatini doimiy takomillashtirib boruvchi mutaxassis sifatida qaralmoqda.UNESCO tomonidan e'lon qilingan 2023-yilgi "Technology in education" hisobotida ta'lim texnologiyalari o‘quv natijalariga xizmat qilishi, texnologiya esa o‘qituvchini almashtiruvchi emas, balki pedagogik jarayonni qo‘llab-quvvatlovchi vosita bo‘lishi kerakligi ta'kidlanadi . Bu yondashuv mobil ilovalar asosida yaratiladigan raqamli kuzatuv va diagnostika tizimlari uchun ham muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. Chunki bunday tizimlar nazorat qilish uchun emas, balki o‘qituvchining kasbiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlash, pedagogik muammolarni aniqlash va ta'lim sifatini oshirishga xizmat qilishi lozim.O‘zbekiston

ISSN 3030-3907

Respublikasida ham raqamli transformatsiya masalasi davlat siyosati darajasiga ko‘tarilgan. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasida davlat boshqaruvi, iqtisodiyot, ta’lim va ijtimoiy sohalarda raqamli texnologiyalarni keng joriy etish vazifalari belgilangan . Mazkur strategik yondashuv ta’lim muassasalarida raqamli boshqaruv, elektron monitoring, mobil xizmatlar va ma’lumotlarga asoslangan qaror qabul qilish tizimlarini rivojlantirish zaruratini kuchaytiradi.O‘qituvchilar faoliyatini kuzatish va diagnostika qilish an’anaviy ravishda dars kuzatuvi, metodik tahlil, hujjatlar tekshiruvi, so‘rovnoma va hisobotlar asosida amalga oshiriladi. Biroq bunday usullar ko‘p hollarda vaqt talab qiladi, subyektiv baholash ehtimolini oshiradi va o‘qituvchi faoliyatidagi real dinamikani to‘liq aks ettirmaydi. Mobil ilovalar asosida ishlab chiqilgan raqamli kuzatuv tizimi esa o‘qituvchining darsga tayyorgarligi, dars jarayonidagi faolligi, o‘quvchilar bilan ishlash uslubi, baholash madaniyati, raqamli resurslardan foydalanishi, metodik hujjatlarni yuritishi va kasbiy rivojlanish jarayonini uzluksiz kuzatish imkonini beradi.Shu jihatdan, mazkur maqolaning dolzarbligi mobil ilovalar orqali o‘qituvchilar uchun raqamli kuzatuv va diagnostika tizimini ishlab chiqishning pedagogik, metodik va texnologik asoslarini yoritish, mavjud muammolarni aniqlash hamda ularning amaliy yechimlarini taklif etish bilan belgilanadi.

Ta’lim sifati ko‘p jihatdan o‘qituvchining kasbiy kompetensiyasi, metodik tayyorgarligi, dars jarayonini tashkil etish madaniyati va o‘quvchilar bilan ishlash samaradorligiga bog‘liq. Shu sababli o‘qituvchi faoliyatini tizimli kuzatish va diagnostika qilish har qanday ta’lim muassasasi uchun muhim boshqaruv vazifasidir. An’anaviy kuzatuv tizimida rahbar yoki metodist darsga kiradi, ma’lum mezonlar asosida tahlil qiladi va umumiy xulosa beradi. Biroq bunday yondashuv doimiylik, tezkorlik va ma’lumotlarning chuqur tahlil qilinishi nuqtayi nazaridan cheklangan.Raqamli kuzatuv tizimi esa o‘qituvchi faoliyatini faqat bir martalik dars kuzatuvi asosida emas, balki doimiy yig‘iladigan ma’lumotlar, statistik ko‘rsatkichlar, diagnostik indikatorlar va tahliliy hisobotlar orqali baholash imkonini beradi. Mobil ilova bu jarayonni yanada qulaylashtiradi, chunki u har qanday joyda, real vaqt rejimida va foydalanuvchi uchun sodda interfeys orqali ishlashi mumkin.OECD tomonidan 2023-yilda e’lon qilingan “Digital Education Outlook” hisobotida mamlakatlar raqamli ta’lim ekotizimini shakllantirishda ma’lumotlar, sun’iy intellekt, raqamli boshqaruv va tahliliy vositalardan foydalanishga alohida e’tibor qaratayotgani ko‘rsatilgan . Bu esa o‘qituvchi faoliyatini mobil ilovalar orqali kuzatish va diagnostika qilish tizimlari kelajakda ta’lim boshqaruvining muhim tarkibiy qismiga aylanishini anglatadi.So‘nggi yillarda ta’limda raqamli texnologiyalar, mobil ilovalar, pedagogik diagnostika va o‘qituvchi kompetensiyasini rivojlantirish masalalari

ISSN 3030-3907

ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda o‘rganilmoqda. UNESCO hisobotlarida ta’lim texnologiyalaridan foydalanishda asosiy mezon texnologiyaning o‘zi emas, balki uning ta’lim sifati, tenglik, inklyuzivlik va samaradorlikka ta’siri bo‘lishi kerakligi qayd etiladi . Demak, mobil diagnostika tizimi ham tashqi nazorat vositasi sifatida emas, balki pedagogik rivojlanish va ta’lim sifatini oshirish vositasi sifatida ishlab chiqilishi zarur.Yevropa Komissiyasi tomonidan ishlab chiqilgan DigCompEdu konsepsiyasi o‘qituvchilarning raqamli kompetensiyasini baholash va rivojlantirish uchun muhim nazariy asos hisoblanadi. Ushbu model pedagoglarning kasbiy faoliyatida raqamli texnologiyalardan foydalanish, raqamli resurslarni tanlash, o‘quvchilarni jalb qilish, baholash va o‘quvchilarning raqamli kompetensiyasini rivojlantirish kabi yo‘nalishlarni qamrab oladi . Mazkur yondashuv o‘qituvchilar uchun ishlab chiqiladigan raqamli kuzatuv tizimida diagnostik indikatorlar tuzishda asosiy manbalardan biri bo‘lib xizmat qilishi mumkin.OECD tadqiqotlarida raqamli ta’lim ekotizimida ma’lumotlar asosida boshqaruv, o‘quv natijalarini tahlil qilish va raqamli vositalar orqali ta’lim jarayonini takomillashtirish masalalari muhim o‘rin egallaydi . Bu yondashuv o‘qituvchi faoliyatini baholashda faqat yakuniy natijaga emas, balki jarayon ko‘rsatkichlariga ham e’tibor qaratish zarurligini ko‘rsatadi.Mahalliy ta’lim tizimida ham pedagogik diagnostika, monitoring va raqamli boshqaruv masalalari dolzarb hisoblanadi. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasida raqamli infratuzilmani rivojlantirish, elektron xizmatlar ko‘lamini kengaytirish va boshqaruv jarayonlarini raqamlashtirish ustuvor yo‘nalishlar sifatida belgilangan . Shundan kelib chiqib, ta’lim muassasalarida o‘qituvchilar faoliyatini mobil ilovalar orqali diagnostika qilish tizimini yaratish milliy raqamli transformatsiya jarayonlari bilan bevosita bog‘liqdir.Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, o‘qituvchilar faoliyatini raqamli kuzatish tizimi quyidagi ilmiy-metodik talablarga javob berishi kerak: birinchidan, u pedagogik faoliyatni kompleks baholashi; ikkinchidan, o‘qituvchining kasbiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlashi; uchinchidan, ma’lumotlarni real vaqt rejimida yig‘ishi; to‘rtinchidan, rahbar va metodistlar uchun tahliliy hisobotlar yaratishi; beshinchidan, baholashda subyektivlikni kamaytirishi lozim.O‘qituvchilar faoliyatini baholashda uchraydigan asosiy muammolardan biri kuzatuv jarayonining yetarlicha tizimlashtirilmaganidir. Ko‘plab ta’lim muassasalarida dars tahlili qog‘oz shaklidagi varaqalar, umumiy tavsiyalar yoki subyektiv fikrlar asosida olib boriladi. Natijada o‘qituvchining kuchli va zaif tomonlari, metodik ehtiyojlari, raqamli kompetensiyasi va kasbiy rivojlanish yo‘nalishlari aniq ko‘rinmay qoladi.Ikkinchi muammo — diagnostik ma’lumotlarning tarqoqligidir. Dars kuzatuvi, o‘quvchilar fikri, rahbar xulosasi, metodik ishlar, baholash natijalari va raqamli resurslardan foydalanish ko‘rsatkichlari ko‘pincha alohida-alohida

ISSN 3030-3907

saqlanadi. Bu esa umumiy tahlil qilishni qiyinlashtiradi.Uchinchi muammo — real vaqt rejimidagi monitoringning yetishmasligidir. An’anaviy tizimda o‘qituvchi faoliyati ma’lum davr yakunida tahlil qilinadi. Biroq pedagogik muammolarni erta aniqlash va tezkor metodik yordam ko‘rsatish uchun doimiy kuzatuv zarur.To‘rtinchi muammo — baholash mezonlarining bir xil emasligidir. Turli kuzatuvchilar bir xil darsni turlicha baholashi mumkin. Bu esa baholashning obyektivligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.Mazkur muammolarning yechimi sifatida mobil ilovalar asosida ishlaydigan raqamli kuzatuv va diagnostika tizimini ishlab chiqish taklif etiladi. Bunday tizim quyidagi vazifalarni bajaradi: o‘qituvchi faoliyati bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘adi, diagnostik indikatorlar asosida tahlil qiladi, individual rivojlanish xaritasini shakllantiradi, rahbar va metodistlar uchun hisobotlar yaratadi, o‘qituvchiga tavsiyalar beradi hamda ta’lim sifatini boshqarish jarayonini raqamlashtiradi.

Mobil ilova asosidagi raqamli kuzatuv tizimi — bu o‘qituvchi faoliyatini belgilangan pedagogik, metodik, tashkiliy va raqamli ko‘rsatkichlar asosida muntazam kuzatish, baholash, tahlil qilish va rivojlantirishga xizmat qiluvchi axborot tizimidir. Bunday tizim oddiy elektron jurnal yoki hisobot dasturidan farq qiladi. Uning asosiy vazifasi faqat ma’lumot saqlash emas, balki diagnostik tahlil asosida pedagogik qaror qabul qilishga yordam berishdir.Tizimda o‘qituvchi faoliyati bir nechta yo‘nalish bo‘yicha kuzatiladi. Birinchi yo‘nalish — dars jarayonini tashkil etish sifati. Bunda dars maqsadining aniqligi, metodlarning mosligi, o‘quvchilar faolligi, interaktiv usullardan foydalanish, vaqtni to‘g‘ri taqsimlash va baholashning shaffofligi inobatga olinadi. Ikkinchi yo‘nalish — o‘qituvchining raqamli kompetensiyasi. Bunda elektron resurslar, taqdimotlar, onlayn platformalar, mobil ilovalar, test tizimlari va interaktiv vositalardan foydalanish darajasi baholanadi. Uchinchi yo‘nalish — metodik faoliyat. Bunda dars ishlanmalari, o‘quv materiallari, baholash mezonlari, mustaqil ta’lim topshiriqlari va metodik yangiliklardan foydalanish holati tahlil qilinadi. To‘rtinchi yo‘nalish — kasbiy rivojlanish. Bunda o‘qituvchining malaka oshirish kurslarida ishtiroki, seminar-treninglardagi faolligi, ilmiy-metodik ishlari va o‘z ustida ishlash ko‘rsatkichlari hisobga olinadi.Mobil ilova orqali ishlaydigan raqamli kuzatuv va diagnostika tizimi bir nechta funksional modullardan iborat bo‘lishi maqsadga muvofiq.Birinchi modul — **foydalanuvchilar moduli**. Bu modulda administrator, rahbar, metodist, o‘qituvchi va kuzatuvchi rollari belgilanadi. Har bir foydalanuvchining huquq va imkoniyatlari tizimda aniq ajratiladi.Ikkinchi modul — **dars kuzatuvi moduli**. Ushbu modul orqali kuzatuvchi mobil ilova yordamida darsni belgilangan mezonlar asosida baholaydi. Masalan, darsning tashkiliy qismi, maqsad va natija uyg‘unligi, o‘quvchilar bilan ishlash, savol-javoblar, amaliy topshiriqlar, interaktiv metodlar,

ISSN 3030-3907

baholash va refleksiya alohida indikatorlar sifatida kiritiladi.Uchinchi modul — **diagnostika moduli**. Bu modul o‘qituvchi faoliyati bo‘yicha yig‘ilgan ma’lumotlarni qayta ishlaydi va umumiy diagnostik natijani chiqaradi. Natija faqat ball ko‘rinishida emas, balki “kuchli tomonlar”, “takomillashtirilishi kerak bo‘lgan jihatlar”, “metodik tavsiyalar” va “rivojlanish yo‘nalishlari” shaklida beriladi.To‘rtinchi modul — **analitika va hisobotlar moduli**. Bu modul rahbar va metodistlar uchun statistik hisobotlar tayyorlaydi. Masalan, o‘qituvchilar kesimida umumiy ko‘rsatkichlar, fanlar bo‘yicha tahlil, dars sifati dinamikasi, raqamli texnologiyalardan foydalanish darajasi va metodik ehtiyojlar aniqlanadi.Beshinchi modul — **individual rivojlanish xaritasi**. Ushbu modul har bir o‘qituvchi uchun shaxsiy rivojlanish yo‘nalishini belgilaydi. Masalan, o‘qituvchida interaktiv metodlardan foydalanish past bo‘lsa, tizim unga shu yo‘nalishda trening, metodik qo‘llanma yoki seminar tavsiya qilishi mumkin.Oltinchi modul — **xabar va tavsiyalar moduli**. Bu modul o‘qituvchiga, metodistga yoki rahbarga tizim natijalari asosida avtomatik xabar yuboradi. Masalan, “So‘nggi uchta dars kuzatuvida baholash mezonlaridan foydalanish ko‘rsatkichi pasaygan” yoki “Raqamli resurslardan foydalanish bo‘yicha ijobiy dinamika kuzatilmoqda” kabi bildirishnomalar berilishi mumkin.Raqamli kuzatuv tizimining samaradorligi to‘g‘ri tanlangan diagnostik ko‘rsatkichlarga bog‘liq.

Ko‘rsatkichlar ilmiy asoslangan, o‘lchab bo‘ladigan, tushunarli va amaliy ahamiyatga ega bo‘lishi kerak. Quyidagi diagnostik ko‘rsatkichlar tizimga kiritilishi mumkin:

1-Jadval

Yo‘nalish	**Diagnostik ko‘rsatkichlar**	**Baholash shakli**
Darsni tashkil etish	Maqsadning aniqligi, vaqt taqsimoti, dars bosqichlari	Ball va izoh
Metodik mahorat	Interaktiv metodlar, muammoli savollar, amaliy topshiriqlar	Ball va tavsiya
Raqamli kompetensiya	Elektron resurs, platforma, test, taqdimotdan foydalanish	Foiz va daraja
O‘quvchilar faolligi	Savol-javob, guruh ishlari, mustaqil fikrlash	Kuzatuv belgisi
Baholash madaniyati	Mezonga asoslangan baholash, qayta aloqa, refleksiya	Ball va izoh
Kasbiy rivojlanish	Seminar, trening, ilmiy-metodik ishlar	Reyting va dinamika

ISSN 3030-3907

Bu ko‘rsatkichlar orqali o‘qituvchi faoliyatini bir tomonlama emas, balki kompleks baholash imkoniyati yaratiladi. Ayniqsa, diagnostika natijalarining faqat nazorat uchun emas, balki metodik yordam ko‘rsatish uchun ishlatilishi muhimdir.Mobil ilova asosidagi diagnostika tizimi o‘qituvchi, metodist va rahbar uchun bir qator pedagogik imkoniyatlar yaratadi. O‘qituvchi o‘z faoliyatiga oid tahliliy ma’lumotlarni ko‘rib boradi, qaysi yo‘nalishda kuchli ekanini va qaysi jihatlarni rivojlantirish kerakligini aniqlaydi. Metodist esa umumiy muammolarni aniqlab, aniq ehtiyojlar asosida metodik yordam tashkil etadi. Rahbar esa pedagogik jarayonni real ma’lumotlar asosida boshqaradi.Bunday tizim o‘qituvchining kasbiy rivojlanishini individuallashtirishga xizmat qiladi. Chunki barcha o‘qituvchilarga bir xil metodik tavsiya berish samarali emas. Har bir pedagogning ehtiyoji, tajribasi, fan yo‘nalishi, raqamli ko‘nikmasi va metodik yondashuvi turlicha bo‘ladi. Mobil diagnostika tizimi esa har bir o‘qituvchi uchun alohida tahlil va tavsiya berishi mumkin.Mobil ilova Android va iOS platformalariga mos holda ishlab chiqilishi mumkin. Tizimning server qismi ma’lumotlar bazasi, foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilish, diagnostik algoritmlar, hisobotlar va xavfsizlik modullaridan iborat bo‘ladi. Ma’lumotlar bazasida o‘qituvchilar profili, dars kuzatuvlari, baholash natijalari, tavsiyalar, hisobotlar va individual rivojlanish xaritalari saqlanadi.Tizimda quyidagi texnologik talablar muhim hisoblanadi: foydalanuvchi ma’lumotlarining xavfsizligi, shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, qulay interfeys, tezkor ishlash, internet mavjud bo‘lmaganda vaqtinchalik ma’lumot saqlash, keyinchalik server bilan sinxronlash, tahliliy hisobotlarni avtomatik shakllantirish va mobil qurilmalar uchun mos dizayn.Mobil ilovalar orqali o‘qituvchilar uchun raqamli kuzatuv va diagnostika tizimini ishlab chiqish natijasida quyidagi pedagogik va boshqaruv natijalariga erishish mumkin:Birinchidan, o‘qituvchi faoliyatini baholashda obyektivlik oshadi. Chunki baholash aniq mezonlar, indikatorlar va statistik ma’lumotlar asosida amalga oshiriladi.Ikkinchidan, metodik yordam manzilli bo‘ladi. Ya’ni har bir o‘qituvchining ehtiyojiga mos tavsiyalar ishlab chiqiladi.Uchinchidan, ta’lim muassasasi rahbariyati uchun tahliliy boshqaruv imkoniyati yaratiladi. Rahbar qaysi fanlarda, qaysi guruhlarda yoki qaysi metodik yo‘nalishlarda muammo mavjudligini tezda aniqlashi mumkin.To‘rtinchidan, o‘qituvchilarning o‘z ustida ishlash motivatsiyasi kuchayadi. Chunki ular o‘z faoliyatidagi ijobiy o‘zgarishlarni grafik, reyting yoki rivojlanish xaritasi orqali ko‘rib boradi.Beshinchidan, ta’lim sifatini oshirishga xizmat qiluvchi yagona raqamli diagnostika bazasi shakllanadi.Mobil ilovalar orqali o‘qituvchilar uchun raqamli kuzatuv va diagnostika tizimini ishlab chiqish ta’lim sifatini oshirish, pedagogik faoliyatni ilmiy asosda tahlil qilish va o‘qituvchilarning kasbiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlashda muhim ahamiyatga ega. An’anaviy kuzatuv

ISSN 3030-3907

tizimlarida mavjud bo‘lgan subyektivlik, ma’lumotlarning tarqoqligi, real vaqt monitoringining yetishmasligi va metodik yordamning umumiyligi kabi muammolar mobil diagnostika tizimi orqali bartaraf etilishi mumkin.Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, bunday tizim faqat nazorat vositasi sifatida emas, balki pedagogik rivojlanish, metodik qo‘llab-quvvatlash va ta’lim boshqaruvini takomillashtirish mexanizmi sifatida qaralishi lozim. Mobil ilova asosida tashkil etilgan raqamli kuzatuv tizimi o‘qituvchining dars jarayoni, metodik faoliyati, raqamli kompetensiyasi, baholash madaniyati va kasbiy rivojlanish yo‘nalishlarini kompleks tahlil qilish imkonini beradi.Shuningdek, mazkur tizim ta’lim muassasalarida dalillarga asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish, pedagogik muammolarni erta aniqlash, metodik xizmat samaradorligini oshirish va o‘qituvchilarning individual rivojlanish xaritasini shakllantirishga xizmat qiladi. Kelgusida ushbu tizimga sun’iy intellekt asosidagi tavsiya moduli, avtomatik tahlil algoritmlari, dars sifatini prognozlash mexanizmi va o‘qituvchilarning raqamli portfeli kabi funksiyalarni qo‘shish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF–6079-son Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida.”
2. UNESCO. Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? Paris: UNESCO, 2023.
3. OECD. Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem. OECD Publishing, Paris, 2023.
4. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. European Commission, Joint Research Centre, 2017.
5. UNESCO-UNEVOC. Digital Competence Frameworks for Teachers, Learners and Citizens.
6. Azizxo‘jayeva N.N. Pedagogik texnologiyalar va pedagogik mahorat. Toshkent: TDPU, 2006.
7. Ishmuhamedov R., Abduqodirov A., Pardaev A. Ta’limda innovatsion texnologiyalar. Toshkent: Iste’dod, 2008.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT TIZIMLARINING HUQUQIY JAVOBGARLIGI VA SUBYEKTLIK KONSEPSIYASI

Murodova Zarina Rashidovna
Buxoro davlat texnika universiteti “Sun‘iy intellekt va raqamlashtirish” kafedrasi dotsenti
Saidova Sevara Sobirjon qizi
Buxoro davlat texnika universiteti talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun’iy intellekt tizimlarining huquqiy javobgarligi va subyektlik konsepsiyasining nazariy-huquqiy asoslari, zamonaviy raqamli jamiyat sharoitida ushbu texnologiyalarning huquqiy maqomini belgilash bilan bog‘liq muammolar hamda ularni tartibga solishning xalqaro tajribalari tahlil qilinadi. Sun’iy intellektning mustaqil qaror qabul qilish, ma’lumotlarni qayta ishlash va inson faoliyatiga ta’sir ko‘rsatish imkoniyatlarining kengayishi natijasida uning huquqiy javobgarlik doirasini aniqlash masalasi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqotda sun’iy intellektni huquq subyekti sifatida e’tirof etish yoki uni inson va yuridik shaxslar faoliyatining mahsuli sifatida baholashga oid ilmiy yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, sun’iy intellekt tizimlari tomonidan yetkazilgan zarar uchun javobgarlikni ishlab chiquvchilar, operatorlar, foydalanuvchilar yoki ishlab chiqaruvchilar zimmasiga yuklashning huquqiy mexanizmlari tahlil etiladi. Yevropa Ittifoqi, AQSh va boshqa rivojlangan davlatlarning normativ-huquqiy tajribasi asosida sun’iy intellektning huquqiy maqomini aniqlashga qaratilgan konseptual yondashuvlar o‘rganiladi. Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish jarayonida huquqiy aniqlik, shaffoflik, javobgarlik va xavfsizlik tamoyillarini ta’minlash zarurligini ko‘rsatadi hamda milliy qonunchilikni takomillashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, huquqiy javobgarlik, huquq subyekti, raqamli huquq, elektron shaxs, algoritmik qarorlar, sun’iy intellekt etikasi, fuqarolik javobgarligi, raqamli texnologiyalar, huquqiy tartibga solish.

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретико-правовые основы юридической ответственности систем искусственного интеллекта и концепции их правосубъектности в условиях цифровой трансформации общества. Особое внимание уделяется проблемам определения правового статуса искусственного интеллекта, способного самостоятельно обрабатывать данные, принимать решения и оказывать влияние на общественные отношения. Анализируются научные подходы к признанию искусственного интеллекта самостоятельным субъектом права либо объектом правового регулирования, функционирующим под контролем человека и юридических лиц. Исследуются вопросы распределения

ответственности за вред, причинённый действиями интеллектуальных систем, между разработчиками, производителями, владельцами и пользователями таких технологий. В работе рассматриваются международные подходы к регулированию искусственного интеллекта, включая нормативные инициативы Европейского союза, Соединённых Штатов Америки и других государств. Особое значение придаётся принципам прозрачности, подотчётности, безопасности и справедливости при внедрении интеллектуальных технологий в различные сферы общественной жизни. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости совершенствования национального законодательства и формирования комплексной правовой модели регулирования искусственного интеллекта, способной обеспечить баланс между инновационным развитием и защитой прав человека.

Ключевые слова: искусственный интеллект, юридическая ответственность, правосубъектность, цифровое право, электронная личность, алгоритмические решения, правовое регулирование, цифровые технологии, ответственность разработчиков, этика искусственного интеллекта.

Abstract. This article examines the theoretical and legal foundations of the liability and legal personality of artificial intelligence systems in the context of rapid digital transformation. The growing autonomy of AI technologies in data processing, decision-making, and interaction with social environments has generated significant debates regarding their legal status and accountability. The study explores contemporary scholarly approaches concerning whether artificial intelligence should be recognized as an independent legal subject or remain an object of legal regulation operating under human supervision and control. Particular attention is paid to issues of civil liability and the allocation of responsibility for damages caused by AI-driven systems among developers, manufacturers, operators, owners, and end users. The article also analyzes international regulatory approaches and legal frameworks developed by the European Union, the United States, and other jurisdictions aimed at governing the safe and ethical deployment of artificial intelligence technologies. Furthermore, the research highlights the importance of transparency, accountability, explainability, fairness, and human-centered governance in the regulation of AI systems. The findings demonstrate the necessity of developing comprehensive legal mechanisms capable of addressing emerging challenges associated with autonomous technologies while ensuring the protection of fundamental rights and promoting technological innovation. The study contributes to the ongoing academic discussion on the future legal status of artificial intelligence and

ISSN 3030-3907

provides recommendations for improving national legal frameworks in the digital era.

Keywords: artificial intelligence, legal liability, legal personality, digital law, electronic personhood, algorithmic decision-making, AI governance, civil liability, digital technologies, artificial intelligence ethics.

KIRISH.

XXI asrda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi natijasida sun’iy intellekt (SI) tizimlari iqtisodiyot, ta’lim, sog‘liqni saqlash, transport, moliya, sanoat va davlat boshqaruvi kabi ko‘plab sohalarning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash, murakkab tahlillarni amalga oshirish hamda mustaqil qarorlar qabul qilish imkoniyatiga ega bo‘lgan sun’iy intellekt tizimlari inson faoliyatining samaradorligini oshirish bilan bir qatorda yangi huquqiy va ijtimoiy muammolarni ham yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, sun’iy intellektning avtonomlik darajasi ortib borishi natijasida uning faoliyati oqibatida yuzaga keladigan zarar, xatolik yoki huquqbuzarliklar uchun kim javobgar bo‘lishi kerakligi masalasi zamonaviy huquqshunoslikning eng dolzarb muammolaridan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda.Bugungi kunda dunyoning ko‘plab mamlakatlarida sun’iy intellekt texnologiyalarini huquqiy jihatdan tartibga solish bo‘yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Buning asosiy sababi shundaki, an’anaviy huquq tizimlari inson yoki yuridik shaxslarning harakatlarini tartibga solishga qaratilgan bo‘lib, mustaqil ravishda ma’lumotlarni tahlil qiluvchi va qarorlar qabul qiluvchi algoritmik tizimlarning huquqiy maqomini aniqlashda ayrim murakkabliklarga duch kelmoqda. Shu bois sun’iy intellektning huquqiy javobgarligi va subyektlik konsepsiyasi masalasi nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ham ega bo‘lib, huquqshunoslar, axborot texnologiyalari mutaxassislari va siyosatshunoslar o‘rtasida keng muhokama qilinayotgan ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylangan.Sun’iy intellektning huquqiy subyekt sifatida e’tirof etilishi yoki e’tirof etilmasligi masalasi turli ilmiy qarashlarning shakllanishiga sabab bo‘lmoqda. Ayrim tadqiqotchilar sun’iy intellekt tizimlari murakkab va mustaqil faoliyat yuritish xususiyatiga ega bo‘lgani sababli ularga cheklangan darajada huquqiy maqom berilishi mumkinligini ta’kidlasalar, boshqa olimlar esa sun’iy intellekt inson tomonidan yaratilgan texnologik vosita bo‘lib qolishini va shu sababli mustaqil huquq subyekti sifatida tan olinmasligini asoslab beradilar. Mazkur munozaralar natijasida “elektron shaxs”, “raqamli agent”, “algoritmik javobgarlik” kabi yangi huquqiy tushunchalar ilmiy adabiyotlarda keng qo‘llanila boshladi.Shuningdek, sun’iy intellekt tizimlarining kundalik hayotga keng joriy etilishi natijasida fuqarolarning shaxsiy ma’lumotlarini himoya qilish, algoritmik kamsitishlarning oldini olish, qarorlar qabul qilish jarayonining shaffofligini ta’minlash hamda

ISSN 3030-3907

inson huquqlarini himoya qilish bilan bog‘liq masalalar alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, avtonom transport vositalari, tibbiy diagnostika tizimlari, sud-huquq faoliyatida qo‘llanilayotgan algoritmlar va generativ sun’iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi mavjud huquqiy mexanizmlarni qayta ko‘rib chiqish zaruratini yuzaga keltirmoqda.Xalqaro miqyosda ham sun’iy intellekt faoliyatini tartibga solishga qaratilgan qator tashabbuslar ilgari surilmoqda. Yevropa Ittifoqi, OECD, UNESCO hamda boshqa xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan tamoyillar va normativ hujjatlar sun’iy intellektdan foydalanishda xavfsizlik, shaffoflik, javobgarlik va inson manfaatlarining ustuvorligini ta’minlashga qaratilgan. Bu esa sun’iy intellekt texnologiyalarining huquqiy maqomini aniqlash hamda ularning faoliyati natijasida yuzaga keladigan oqibatlar uchun javobgarlik mexanizmlarini ishlab chiqish zarurligini yanada kuchaytirmoqda.Mazkur tadqiqot sun’iy intellekt tizimlarining huquqiy javobgarligi va subyektlik konsepsiyasining nazariy-huquqiy asoslarini o‘rganishga, ushbu sohada mavjud ilmiy qarashlarni tahlil qilishga hamda zamonaviy huquq tizimlarida yuzaga kelayotgan dolzarb muammolarni aniqlashga qaratilgan. Tadqiqot doirasida sun’iy intellektning huquqiy maqomi, javobgarlikning taqsimlanish mexanizmlari va xalqaro tajribaning umumiy jihatlari ko‘rib chiqiladi. Shu orqali sun’iy intellekt texnologiyalarining huquqiy tartibga solinishi bilan bog‘liq masalalarning ilmiy asoslarini yoritish va kelgusidagi tadqiqotlar uchun nazariy zamin yaratish maqsad qilingan.

Sun’iy intellekt tizimlarining rivojlanishi zamonaviy huquqshunoslik oldiga ilgari mavjud bo‘lmagan yangi masalalarni qo‘ymoqda. An’anaviy huquq nazariyasida huquqiy munosabatlarning asosiy ishtirokchilari jismoniy va yuridik shaxslar hisoblanadi. Ushbu subyektlar o‘z harakatlari uchun huquq va majburiyatlarga ega bo‘lib, sodir etilgan huquqbuzarliklar uchun javobgarlikni ham o‘z zimmasiga oladilar. Biroq sun’iy intellekt texnologiyalarining murakkablashuvi, mashinaviy o‘qitish algoritmlarining mustaqil ravishda yangi bilimlarni shakllantira olishi hamda inson aralashuvisiz muayyan qarorlarni qabul qilishi natijasida ushbu tizimlarning huquqiy maqomi va javobgarlik chegaralarini aniqlash zarurati yuzaga kelmoqda. Shu sababli sun’iy intellektning huquqiy subyektligi va javobgarligi masalasi zamonaviy huquq fanining eng muhim ilmiy yo‘nalishlaridan biri sifatida e’tirof etilmoqda.Huquq nazariyasida subyektlik tushunchasi shaxsning huquq va majburiyatlarga ega bo‘lish hamda ularni amalga oshirish qobiliyatini anglatadi. Mazkur yondashuvga ko‘ra, huquq subyekti bo‘lish uchun ongli ravishda harakat qilish, o‘z faoliyatining oqibatlarini anglash va huquqiy javobgarlikni zimmasiga olish imkoniyati mavjud bo‘lishi talab etiladi. Sun’iy intellekt esa texnik jihatdan murakkab tizim bo‘lishiga qaramay, biologik ong, axloqiy tafakkur va ijtimoiy mas’uliyat kabi insoniy xususiyatlarga

ISSN 3030-3907

ega emas. Shu sababli ko‘pchilik huquqshunos olimlar sun’iy intellektni mustaqil huquq subyekti sifatida tan olishga ehtiyotkorlik bilan yondashadilar. Biroq ayrim tadqiqotchilar texnologiyalarning rivojlanishi natijasida kelajakda ayrim sun’iy intellekt tizimlariga cheklangan huquqiy maqom berilishi mumkinligini ta’kidlaydilar. Ushbu yondashuvning shakllanishiga Yevropa Parlamentining sun’iy intellekt va robototexnika rivojlanishi bilan bog‘liq tavsiyalarida ilgari surilgan “elektron shaxs” konsepsiyasi muhim ta’sir ko‘rsatgan. Mazkur konsepsiyaga ko‘ra, yuqori darajadagi avtonom tizimlar o‘z faoliyati natijasida yuzaga kelgan oqibatlar uchun alohida huquqiy maqomga ega bo‘lishi mumkinligi nazariy jihatdan muhokama qilingan.Biroq ilmiy adabiyotlarning aksariyatida sun’iy intellektning huquqiy subyekt emas, balki huquq obyekti ekanligi haqidagi qarash ustunlik qiladi. Ushbu pozitsiyaga ko‘ra, sun’iy intellekt mustaqil ravishda qaror qabul qilayotgandek ko‘rinsa-da, uning barcha algoritmlari, o‘quv ma’lumotlari va faoliyat chegaralari inson tomonidan yaratilgan. Demak, sun’iy intellekt tomonidan amalga oshirilgan har qanday harakatning asl manbai inson faoliyati bilan bog‘liq hisoblanadi. Shuning uchun ham huquqiy javobgarlik sun’iy intellektning o‘ziga emas, balki uni yaratgan, boshqargan yoki undan foydalangan subyektlarga yuklatilishi lozim degan qarash keng qo‘llab-quvvatlanadi.Sun’iy intellektning huquqiy javobgarligi masalasini tahlil qilishda eng muhim savol tizim faoliyati natijasida zarar yuzaga kelganda javobgarlik kimning zimmasiga tushishi kerakligi bilan bog‘liqdir. Masalan, avtonom avtomobil yo‘l-transport hodisasini sodir etsa, tibbiy diagnostika tizimi noto‘g‘ri tashxis qo‘ysa yoki kredit berish algoritmi fuqarolarga nisbatan kamsituvchi qaror chiqarsa, javobgar subyektni aniqlash murakkab huquqiy masalaga aylanadi. Mazkur holatlarda javobgarlik ishlab chiqaruvchi kompaniya, dasturchi, operator, mulkdor yoki foydalanuvchi o‘rtasida taqsimlanishi mumkin. Shu sababli ko‘plab davlatlarda sun’iy intellekt bilan bog‘liq huquqiy nizolarni hal qilish uchun mavjud fuqarolik-huquqiy javobgarlik institutlarini moslashtirish bo‘yicha ilmiy va amaliy ishlar olib borilmoqda.Fuqarolik-huquqiy javobgarlik nuqtai nazaridan sun’iy intellekt faoliyati natijasida yetkazilgan zarar uchun ayb asosidagi va aybsiz javobgarlik mexanizmlari qo‘llanishi mumkin. Ayb asosidagi javobgarlik modelida zarar yetkazilishiga sabab bo‘lgan shaxsning ehtiyotsizligi yoki noto‘g‘ri harakati aniqlanadi. Biroq sun’iy intellekt tizimlarining murakkab algoritmik tuzilishi ko‘pincha zarar manbasini aniqlashni qiyinlashtiradi. Shu sababli ayrim olimlar yuqori xavf manbai sifatida faoliyat yurituvchi sun’iy intellekt tizimlariga nisbatan qat’iy javobgarlik tamoyilini qo‘llashni taklif qilmoqdalar. Ushbu modelga ko‘ra, zarar yetkazilganligi faktining o‘zi javobgarlik yuzaga kelishi uchun yetarli bo‘lib, aybni alohida isbotlash talab etilmaydi.Sun’iy intellekt faoliyatining huquqiy oqibatlarini baholashda

ISSN 3030-3907

algoritmik shaffoflik tamoyili ham muhim ahamiyat kasb etadi. Mashinaviy o‘qitish asosida ishlovchi ko‘plab tizimlar “qora quti” modeli sifatida tavsiflanadi, ya’ni ular qanday qilib muayyan qarorga kelganligini aniq tushuntirish qiyin. Bu holat sud-huquq amaliyotida va javobgarlikni aniqlash jarayonida jiddiy muammolarni keltirib chiqaradi. Shu sababli xalqaro tashkilotlar va ilmiy doiralarda “izohlanadigan sun’iy intellekt” (Explainable AI) konsepsiyasi faol rivojlantirilmoqda. Mazkur yondashuv sun’iy intellekt tizimlarining qaror qabul qilish mexanizmlarini tushunarli va nazorat qilinadigan shaklda yaratishni nazarda tutadi.Sun’iy intellekt bilan bog‘liq huquqiy javobgarlik faqat fuqarolik huquqi doirasidagina emas, balki ma’muriy va jinoiy huquq sohalarida ham muhim masala hisoblanadi. Hozirgi huquqiy tizimlarda jinoiy javobgarlik odatda ongli ravishda huquqbuzarlik sodir etgan shaxslarga nisbatan qo‘llaniladi. Sun’iy intellekt esa jinoyat subyekti sifatida e’tirof etilishi uchun zarur bo‘lgan ayb, qasd va motiv kabi elementlarga ega emas. Shu sababli amaldagi yondashuvlarga ko‘ra, sun’iy intellekt vositasida sodir etilgan noqonuniy harakatlar uchun javobgarlik texnologiyani yaratgan yoki undan foydalangan insonlarga yuklatiladi. Biroq sun’iy intellektning avtonomlik darajasi ortib borayotganligi sababli kelajakda ushbu yondashuvni qayta ko‘rib chiqish zarurati yuzaga kelishi mumkinligi haqida ilmiy bahslar mavjud.So‘nggi yillarda xalqaro miqyosda sun’iy intellektni huquqiy tartibga solishga qaratilgan muhim normativ tashabbuslar amalga oshirilmoqda. Yevropa Ittifoqining Sun’iy intellekt to‘g‘risidagi qonuni (AI Act) sun’iy intellekt tizimlarini xavf darajasiga qarab tasniflash va ularga nisbatan turli huquqiy talablarni belgilashga qaratilgan. Ushbu hujjatda inson huquqlari, xavfsizlik, shaffoflik va javobgarlik tamoyillari asosiy o‘rin egallaydi. UNESCO tomonidan qabul qilingan Sun’iy intellekt etikasi bo‘yicha tavsiyalar ham texnologiyalardan foydalanishda inson qadr-qimmati, adolat va diskriminatsiyaga yo‘l qo‘ymaslik tamoyillarini ilgari suradi. OECD tomonidan ishlab chiqilgan sun’iy intellekt tamoyillari esa innovatsion rivojlanish bilan bir qatorda javobgarlik va nazorat mexanizmlarining ahamiyatini alohida ta’kidlaydi.Sun’iy intellekt tizimlarining huquqiy subyektligi haqidagi ilmiy munozaralar aslida huquqning kelajakdagi rivojlanish istiqbollari bilan chambarchas bog‘liqdir. Tarixiy jihatdan qaralganda, huquq subyekti tushunchasi vaqt o‘tishi bilan kengayib borgan. Bir vaqtlar faqat jismoniy shaxslar huquq subyekti sifatida tan olingan bo‘lsa, keyinchalik yuridik shaxslar ham mustaqil huquq subyekti maqomiga ega bo‘ldi. Shu nuqtai nazardan ayrim olimlar kelajakda yuqori darajadagi avtonom sun’iy intellekt tizimlari uchun ham maxsus huquqiy maqom yaratilishi mumkinligini taxmin qiladilar. Biroq bugungi kunda ilmiy hamjamiyatning aksariyati sun’iy intellektning to‘liq huquq subyekti sifatida tan olinishi uchun yetarli asoslar mavjud emasligini qayd etadi.Raqamli

ISSN 3030-3907

iqtisodiyotning rivojlanishi, generativ sun’iy intellekt tizimlarining keng tarqalishi va algoritmik boshqaruv mexanizmlarining kundalik hayotga kirib borishi natijasida sun’iy intellekt bilan bog‘liq huquqiy masalalarning ahamiyati yanada ortib bormoqda. Shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, intellektual mulk huquqlari, kiberxavfsizlik, diskriminatsiyaga qarshi kurash va algoritmik adolatni ta’minlash kabi masalalar sun’iy intellektning huquqiy javobgarligi konsepsiyasi bilan uzviy bog‘liqdir. Shu bois zamonaviy huquq tizimlari texnologik taraqqiyot sur’atlariga mos ravishda takomillashib borishi, sun’iy intellektdan foydalanishda inson manfaatlari va huquqlarining ustuvorligini ta’minlaydigan samarali normativ-huquqiy mexanizmlarni shakllantirishi zarur. Faqat shunday yondashuv orqaligina innovatsion rivojlanish bilan huquqiy xavfsizlik o‘rtasidagi muvozanatni saqlash hamda sun’iy intellekt texnologiyalarining jamiyat taraqqiyotiga xizmat qilishini ta’minlash mumkin bo‘ladi.Sun’iy intellekt tizimlarining huquqiy javobgarligi va subyektlik konsepsiyasi masalasi so‘nggi o‘n yilliklarda xalqaro huquqshunoslik, axborot texnologiyalari huquqi va raqamli boshqaruv sohalarida eng ko‘p tadqiq etilayotgan mavzulardan biriga aylandi. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellektning huquqiy maqomini aniqlash masalasi bo‘yicha yagona yondashuv hali shakllanmagan bo‘lib, turli mamlakatlar va olimlar tomonidan mazkur muammoga nisbatan turlicha nazariy qarashlar ilgari surilgan. Biroq aksariyat ilmiy tadqiqotlarda sun’iy intellekt texnologiyalarining tobora murakkablashib borishi mavjud huquqiy institutlarni qayta ko‘rib chiqishni talab qilishi alohida ta’kidlanadi.Amerikalik olim Stuart Russell va Peter Norvig tomonidan yaratilgan “Artificial Intelligence: A Modern Approach” asarida sun’iy intellekt inson faoliyatiga xos bo‘lgan ayrim funksiyalarni bajarishga qodir murakkab texnologik tizim sifatida tavsiflanadi. Mualliflar sun’iy intellektning mustaqil qaror qabul qilish imkoniyatlari ortib borayotgan bo‘lsa-da, ularning faoliyati dastlab inson tomonidan yaratilgan algoritmlar va ma’lumotlar bazasiga asoslanishini qayd etadilar. Ushbu yondashuv sun’iy intellektni mustaqil huquq subyekti sifatida emas, balki inson faoliyatining mahsuli sifatida baholash zarurligini ko‘rsatadi.Huquqshunos olim Ryan Calo sun’iy intellekt va robototexnika sohasidagi tadqiqotlarida texnologik avtonomiyaning ortishi javobgarlik masalasini murakkablashtirishini ta’kidlaydi. Uning fikricha, sun’iy intellekt tizimlari tomonidan amalga oshirilgan harakatlar natijasida yuzaga keladigan zararlarni an’anaviy huquqiy mexanizmlar yordamida baholash tobora qiyinlashib bormoqda. Calo javobgarlikni aniqlashda ishlab chiqaruvchi, dasturchi, operator va foydalanuvchilarning o‘zaro aloqalarini hisobga oluvchi kompleks yondashuv zarurligini asoslaydi.Yevropalik olim Ugo Pagallo o‘z tadqiqotlarida sun’iy intellekt va robotlarning huquqiy maqomi masalasiga

ISSN 3030-3907

alohida e’tibor qaratadi. Uning fikricha, sun’iy intellekt tizimlari hozirgi bosqichda inson yoki yuridik shaxslar bilan teng huquqli subyekt sifatida tan olinishi mumkin emas, chunki ularda huquq va majburiyatlarning mohiyatini anglash qobiliyati mavjud emas. Biroq olim kelajakda yuqori darajadagi avtonom tizimlar uchun maxsus huquqiy maqom ishlab chiqilishi ehtimolini ham inkor etmaydi. Ushbu qarashlar zamonaviy huquqshunoslikda “elektron shaxs” konsepsiyasining shakllanishiga muayyan ta’sir ko‘rsatgan.Shawn Bayern, Lawrence Solum va Gabriel Hallevy kabi tadqiqotchilar esa sun’iy intellektning huquqiy subyektligi masalasini turli nuqtai nazardan o‘rganib, ayrim hollarda sun’iy intellekt tizimlariga cheklangan huquqiy maqom berish imkoniyatlarini muhokama qiladilar. Ularning fikricha, texnologiyalar rivojlanib borgani sari sun’iy intellektning iqtisodiy va ijtimoiy munosabatlardagi roli kuchayadi. Natijada huquq tizimi ushbu yangi ishtirokchilarning maqomini aniqlashga majbur bo‘lishi mumkin. Biroq mazkur olimlar ham sun’iy intellektni bugungi kunda to‘laqonli huquq subyekti sifatida tan olish uchun yetarli nazariy va amaliy asoslar mavjud emasligini qayd etadilar.Ilmiy adabiyotlarda javobgarlik masalasiga bag‘ishlangan tadqiqotlar alohida o‘rin egallaydi. Frank Pasquale o‘z asarlarida algoritmik boshqaruv va avtomatlashtirilgan qaror qabul qilish tizimlari inson huquqlariga ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini ta’kidlaydi. U sun’iy intellekt tizimlari faoliyatining shaffofligini ta’minlash va qarorlar qabul qilish jarayonini tushuntirib berish imkoniyatini yaratish zarurligini asoslaydi. Olimning fikricha, algoritmlar ustidan samarali nazorat mexanizmlarining mavjud emasligi javobgarlikni aniqlashni murakkablashtiradi hamda fuqarolarning huquqlarini himoya qilishga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.UNESCO tomonidan 2021-yilda qabul qilingan “Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence” hujjatida sun’iy intellekt tizimlari inson manfaatlariga xizmat qilishi, inson huquqlarini hurmat qilishi va jamiyat uchun xavfsiz bo‘lishi lozimligi ta’kidlangan. Ushbu hujjatda javobgarlik va hisobdorlik tamoyillari sun’iy intellektni boshqarishning asosiy elementlari sifatida e’tirof etiladi. Tavsiyalarda sun’iy intellekt tizimlari tomonidan qabul qilingan qarorlar uchun oxirgi javobgarlik insonlar zimmasida qolishi kerakligi qayd etilgan.Iqtisodiy hamkorlik va taraqqiyot tashkiloti (OECD) tomonidan ishlab chiqilgan sun’iy intellekt tamoyillarida ham texnologiyalarning shaffofligi, xavfsizligi va javobgarligi asosiy talablar sifatida belgilangan. OECD ekspertlari sun’iy intellekt tizimlari ustidan samarali nazoratni ta’minlash uchun ishlab chiquvchilar va operatorlarning mas’uliyatini kuchaytirish zarurligini ta’kidlaydilar. Ushbu yondashuv xalqaro miqyosda sun’iy intellektning mustaqil huquqiy subyekt emasligi haqidagi qarashlarni qo‘llab-quvvatlaydi.Yevropa Komissiyasi tomonidan ishlab chiqilgan Sun’iy intellekt to‘g‘risidagi qonun (AI Act) loyihasi va keyinchalik qabul qilingan normativ

ISSN 3030-3907

hujjatlar ham ilmiy adabiyotlarda keng tahlil qilingan. Tadqiqotchilar ushbu huquqiy mexanizmni sun'iy intellektni tartibga solish bo'yicha eng mukammal yondashuvlardan biri sifatida baholaydilar. AI Act sun'iy intellekt tizimlarini xavf darajasiga qarab tasniflash tamoyiliga asoslanadi. Yuqori xavfli tizimlarga nisbatan qat'iy talablarning qo'yilishi javobgarlikni aniq belgilash va inson huquqlarini himoya qilishga xizmat qilishi ilmiy ishlarda alohida qayd etiladi.Kate Darling, Joanna Bryson va Wendell Wallach kabi olimlarning tadqiqotlari sun'iy intellektni huquq subyekti sifatida tan olish g'oyasiga tanqidiy yondashadi. Ularning fikricha, sun'iy intellekt texnologiyalariga mustaqil huquqiy maqom berish javobgarlikni ishlab chiqaruvchilar va foydalanuvchilardan sun'iy ravishda chetlashtirish xavfini tug'diradi. Shu sababli ular javobgarlikning markazida inson omili qolishi kerakligini ta'kidlaydilar. Ushbu yondashuv bugungi kunda xalqaro huquqshunoslikda eng ko'p qo'llab-quvvatlanayotgan konsepsiyalardan biri hisoblanadi.Mavjud ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt tizimlarining huquqiy subyektligi bo'yicha yakdil qarash mavjud emas. Biroq aksariyat tadqiqotchilar va xalqaro tashkilotlar sun'iy intellektning hozirgi rivojlanish bosqichida mustaqil huquq subyekti sifatida tan olinishi uchun yetarli asoslar mavjud emasligini e'tirof etadilar. Shu bilan birga, sun'iy intellekt texnologiyalarining avtonomligi ortib borayotgani sababli javobgarlikning yangi modellarini ishlab chiqish, algoritmik shaffoflikni ta'minlash va huquqiy nazorat mexanizmlarini takomillashtirish zarurati ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, kelajakda sun'iy intellektning huquqiy maqomi va javobgarligi masalasi raqamli huquqning eng muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib qoladi hamda ushbu sohada yangi nazariy konsepsiyalar va normativ-huquqiy mexanizmlarning shakllanishiga ehtiyoj saqlanib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Russell, S., & Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th Edition. Pearson Education, 2021.
2. Pagallo, U. *The Laws of Robots: Crimes, Contracts, and Torts*. Dordrecht: Springer, 2013.
3. Calo, R. "Robotics and the Lessons of Cyberlaw." *California Law Review*, Vol. 103, No. 3, 2015, pp. 513–563.
4. Pasquale, F. *The Black Box Society: The Secret Algorithms That Control Money and Information*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2015.
5. Bryson, J. J. "Robots Should Be Slaves." In: Wilks, Y. (Ed.), *Close Engagements with Artificial Companions: Key Social, Psychological, Ethical and Design Issues*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company, 2010, pp. 63–74.

ISSN 3030-3907

6. Darling, K. “Extending Legal Protection to Social Robots: The Effects of Anthropomorphism, Empathy, and Violent Behavior Towards Robotic Objects.” In: *Robot Law*. Edward Elgar Publishing, 2016, pp. 213–232.
7. Hallevy, G. *When Robots Kill: Artificial Intelligence under Criminal Law*. Boston: Northeastern University Press, 2013.
8. Bayern, S. “The Implications of Modern Business-Entity Law for the Regulation of Autonomous Systems.” *Stanford Technology Law Review*, Vol. 19, No. 1, 2015, pp. 93–112.

ISSN 3030-3907

ELEKTR MAYDON KUCHLANGANLIGINI ANIQLASHNING ELEKTRO-OPTIK DIAGNOSTIKA USULINI TAHLIL QILISH

To‘yqulov Muxriddin Iskandar o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Elektr energetikasi kafedrasi, assistent
E-mail: toyqulovmuhriddin@gmail.com
Shirinov Sohibjon G‘ulom o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Elektr energetikasi kafedrasi, assistent

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda tez rivojlanayotgan elektroenergetika sohasida sanoat chastotali (50–60 Hz) elektr maydonlarini aniqlash muhim masalalardan biri hisoblanadi. Bu maydonlar ultra past chastotali diapazonga kiradi va sanoat hamda maishiy sharoitlarda keng tarqalgan. Sanoatda elektr maydonlar elektr uzatish liniyalari, ochiq kommutatorlar, shinalar, yuqori kuchlanishli qurilmalar, transformatorlar, izolyatorlar, himoya va avtomatlashtirish tizimlari hamda boshqa uskunalar tomonidan hosil qilinadi. Ushbu qurilmalar nafaqat elektron uskunalarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi, balki inson salomatligiga ham xavf tug‘diradi. Xususan, ular asab va yurak-qon tomir tizimlarida buzilishlar hamda qon tarkibida o‘zgarishlarga olib kelishi mumkin. Elektr maydon ta’sirining darajasi uning kuchi va ta’sir davomiyligiga bog‘liq. Uzoq muddatli ta’sir turli organlar faoliyatida patologik o‘zgarishlarni keltirib chiqarishi mumkin. Amaldagi sanitariya me’yorlariga ko‘ra, xizmat ko‘rsatuvchi xodimlar uchun bir smenada 1 soat davomida ruxsat etilgan maksimal elektr maydon kuchlanganligi 60 kV/m ni tashkil etadi. Ushbu maqolada elektr maydon kuchlanganligini aniqlashning elektro-optik diagnostika usuli tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Transformatorlar, razryad, izolyatorlar, elektr maydon kuchlanganligi, elektro-optik sensor, polyarizatsiya diskriminatori, elektrotermik jarayonlar, fotodetektor.

Аннотация. В настоящее время в быстро развивающейся сфере электроэнергетики определение электрических полей промышленной частоты (50–60 Гц) является одной из актуальных задач. Эти поля относятся к диапазону ультранизких частот и широко распространены как в промышленной, так и в бытовой среде. В промышленности электрические поля формируются линиями электропередачи, открытыми распределительными устройствами, шинами, высоковольтным оборудованием, трансформаторами, изоляторами, системами защиты и автоматизации, а также другими установками. Данные устройства оказывают не только негативное влияние на электронное оборудование, но и представляют опасность для здоровья человека. В частности, они могут

ISSN 3030-3907

вызывать нарушения в работе нервной и сердечно-сосудистой систем, а также изменения состава крови. Степень воздействия электрического поля зависит от его напряжённости и продолжительности воздействия. Длительное воздействие может привести к патологическим изменениям в различных органах. Согласно действующим санитарным нормам, максимально допустимый уровень напряжённости электрического поля для обслуживающего персонала при воздействии в течение 1 часа за смену составляет 60 кВ/м. В данной статье анализируется электрооптический метод диагностики для определения напряжённости электрического поля.

Ключевые слова: Трансформаторы, разряд, изоляторы, напряжённость электрического поля, электрооптический датчик, поляризационный дискриминатор, электротермические процессы, фотодетектор.

Abstract. At present, in the rapidly developing field of electric power engineering, the detection of power-frequency (50–60 Hz) electric fields is one of the pressing issues. These fields belong to the ultra-low-frequency range and are widespread in both industrial and domestic environments. In industry, electric fields are generated by power transmission lines, open switchgear, busbars, high-voltage equipment, transformers, insulators, protection and automation systems, as well as other installations. These devices not only have a negative impact on electronic equipment but also pose a risk to human health. In particular, they can cause disturbances in the nervous and cardiovascular systems, as well as changes in blood composition. The level of exposure to an electric field depends on its intensity and duration. Prolonged exposure may lead to pathological changes in various organs. According to current sanitary standards, the maximum permissible electric field strength for maintenance personnel exposed for 1 hour during a work shift is 60 kV/m. This article analyzes an electro-optical diagnostic method for determining electric field strength.

Keywords: Transformers, discharge, insulators, electric field strength, electro-optic sensor, polarization discriminator, electrothermal processes, photodetector.

KIRISH.

XX asrning oxirlariga kelib yuqori kuchlanishli uskunalarning texnik holatini baholash va ishdan chiqqan uskunalarni laboratoriya sinovlarida, ish kuchlanishi ostida sinash jarayonlari masofadan turib amalga oshirila boshlandi. Biroq, bugungi kunga qadar yuqori kuchlanishli izolyatorlarni amalda tekshirish uchun faqat qisman razryadlanish parametrlarini o‘lchashda kontaktli elektr usullari taqdim etilgan, bu amaliyot yangi standartlar bo‘yicha kodlangan. Havo elektr uzatish liniyalari va tashqi podstansiya kommutatorlari uchun masofadan turib tekshirish usullaridan foydalanish bo‘yicha global ma’lumotlarga ko‘ra, kompaniyalarning 40% dan ortig‘i asosan uskunalarni vizual tekshirishda davom

ISSN 3030-3907

etmoqda. Infraqizil diagnostika va tungi ko‘rish moslamalaridan korxonalarning taxminan 15% foydalanadi. Faqat bir nechta kompaniyalar radio va ultratovushli sinovlardan foydalanadilar [1,2].

Shunday qilib, elektr maydonlarining manbalarini kontaktsiz aniqlash va ularning atrof-muhitga ta’sir qilish darajasini aniqlash qobiliyati juda muhim bo‘lib hisoblanadi.[3] Bundan tashqari, yuqori kuchlanishli izolyatorlarda mahalliy ortiqcha kuchlanishlarni qayd etish izolyatsiya nuqsonlari mavjudligini ko‘rsatishi mumkin, bu oxir-oqibat izolyatsiya elementlarining shikastlanishiga va hatto yaroqsiz bo‘lishiga olib keladi. Aynan shuning uchun yuqori kuchlanishli izolyatorlarni ishlatish paytida ortiqcha kuchlanishlarning paydo bo‘lishini kuzatib borish kerak va bu eng qulay masofadan turib, kontaktsiz amalga oshiriladi. Biroq, yaqin vaqtgacha, bu vazifaning dolzarbligiga qaramay, bunday monitoring usullarining rivojlanish darajasi juda past edi. Ularni yaratishga alohida urinishlar bo‘lsada [1, 2], ular hali yuqori kuchlanishli tizimlarda keng qo‘llanilmagan.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Yuqori kuchlanishli izolyatsiyadagi kuchlanishlarni ortishini masofadan turib kuzatish uchun kontaktsiz usullarning yetarlicha ishlab chiqilmaganligi bizni bu yo‘nalishda tadqiqotlarni o‘rganishga undadi. Shunday qilib, ushbu tadqiqotning maqsadi oldingi ishlanmalarning kamchiliklarini bartaraf etadigan turli xil yuqori kuchlanishli izolyatsiyalarda elektr maydonlarini kontaktsiz masofadan o‘lchash usulini yaratish edi. Boshqacha qilib aytganda, yuqori kuchlanish izolyatorlar elektr tarmog‘iga ulangan paytdan boshlab texnik holatni uzluksiz kontaktsiz usulda diagnostika qilish uchun kompleks usul va mos keladigan asboblarni ishlab chiqish zarur edi. [4] Tadqiqot natijasi elektr maydon kuchlanganligi oshgan joylarni aniqlash va bu joylardagi elektr maydon kuchini o‘lchash, so‘ngra nuqsonlarni aniqlash orqali nuqsondan oldingi holatning boshlanish momentini qayd etish imkoniyatini ta’minlash edi.

Yuqori kuchlanishli izolyatsiyani kontaktsiz masofadan diagnostika qilish uchun ishlab chiqilgan elektro-optik usul quyidagicha. Maydon kuchlanishining oshgan lokalizatsiyalangan joylari elektro-optik elektr maydon kuchlanish sensoridan lazer nurining aks ettirish qobiliyatining o‘zgarishini o‘lchash orqali aniqlanadi (chunki aks ettirish qobiliyatining o‘zgarishi elektr maydon kuchiga mutanosib). Elektro-optik sensor shuningdek, mahalliy elektr maydon kuchlanishlarini o‘lchash uchun ham ishlatiladi. Sensor kalibrlangan o‘zgaruvchan elektr maydonida oldindan kalibrlanadi. Yuqori kuchlanishli izolyatorlarni kontaktsiz masofadan diagnostika qilish uchun ishlab chiqilgan qurilmaning blok-sxemasi 1-rasmda ko‘rsatilgan. Qurilmaning asosiy o‘lchov elementi elektro-optik sensordir (*4*) metall elementlardan foydalanmasdan

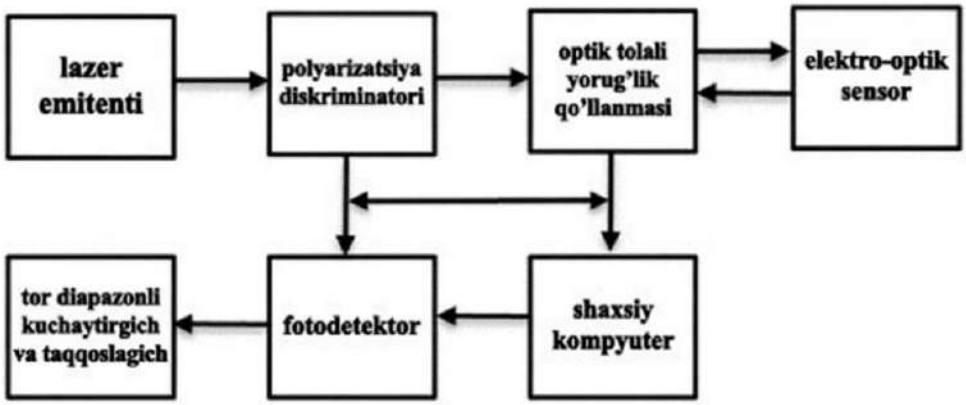
ISSN 3030-3907

tayyorlanganligi sababli, to‘g‘ridan-to‘g‘ri yuqori o‘zgaruvchan elektr maydoniga joylashtiriladi. Optik tolali yorug‘lik yo‘naltiruvchisi ham elektr maydonining ta’siridan himoyalangan.[5,6]

Elektro-optik sensor - bu yuzasida davriy domen tuzilishi hosil bo‘lgan ferroelektrik kristall. Maydon kuchini aniqlashda sezgirlik va aniqlikni oshirish uchun ma’lum bir lazer to‘lqin uzunligi uchun qisman razryadning rezonans xususiyatlaridan foydalaniladi [9].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

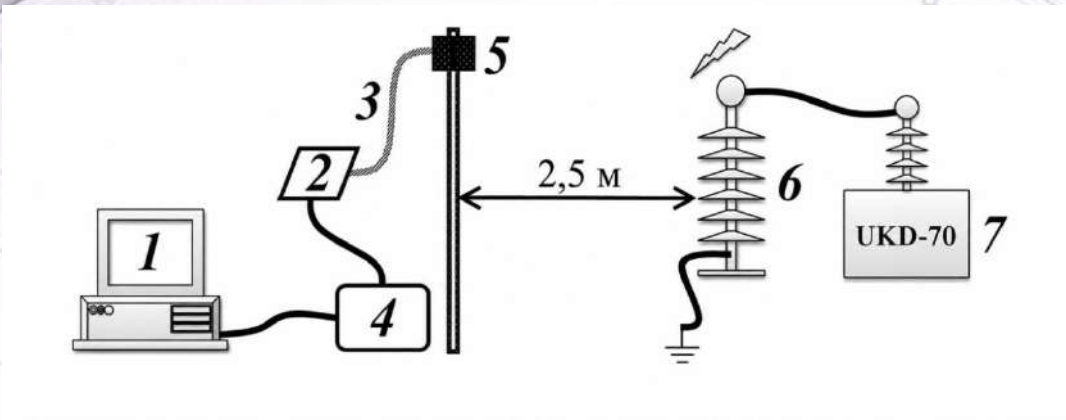
O‘lchovlar davomida sinovdan o‘tkazilayotgan barcha yuqori kuchlanishli izolyatorlar uchun normal ish kuchlanishiga mos keladigan o‘zgaruvchan elektr maydon kuchining o‘rtacha qiymatlari aniqlanadi. Izolyatorlarning elektr uzilishi yoki yonib ketishi sodir bo‘lmaydigan maksimal elektr maydon kuchi chegaralari ham aniqlanadi.



1-rasm. Qurilmaning blok-sxemasi

Yuqori kuchlanishli izolyatorlarning sirtini skanerlash uchun elektro-optik sensor dielektrik sterjenga joylashtiriladi va polyarizatsiya diskriminatori orqali ulanadi (*2*) optik tolali yorug‘lik qo‘llanmasi (*3*) lazer emitenti bilan (*1*), shuningdek, fotodetektor bilan (*5*). Sensor izolyatorga yaqinlashtiriladi va sirt skanerlanadi. Operator yuqori kuchlanishli izolyatordan xavfsiz masofada saqlanadi va faqat dielektrik sterjenga tegadi. Olingan ma’lumotlar maxsus ishlab chiqilgan dasturiy ta’minot yordamida yozib olinadi, bu esa elektro-optik sensorning izolyator yuzasiga nisbatan fazoviy holatini va bu nuqtaga mos keladigan elektr maydon kuchini qayd etadi. Kompyuter dasturi shuningdek, elektr maydon kuchining normal va tangensial komponentlarini o‘lchaydi. Keyin to‘liq ishlaydigan yuqori kuchlanishli izolyator uchun ilgari saqlangan mos yozuvlar maydon kuchi qiymatlari bilan taqqoslanadi. Elektr maydon kuchini o‘lchashning umumiy sxemasi 2-rasmda ko‘rsatilgan.[7]

ISSN 3030-3907



2-rasm. Elektr maydon kuchini o‘lchashning umumiy sxemasi

1- shaxsiy kompyuter, *2*– lazer emitenti va polyarizatsiya diskriminatori, *3*- optik tolali yorug‘lik qo‘llanmasi, *4*– fotodetektor va taqqoslagichli tor diapazonli kuchaytirgichni o‘z ichiga olgan boshqaruv bloki, *5*– dielektrik tayoqchaga joylashtirilgan elektro-optik sensor, *6*- yuqori kuchlanishli izolyator, *7*– UKD-70 dielektrik sinov qurilmasi.

Elektro-optik sensorning ishlash fizik printsipi elektr maydonida joylashgan davriy domen tuzilishi orqali o‘tadigan lazer nurining sinish ko‘rsatkichini o‘zgartirish ta’siriga asoslangan. Bu effekt «chiziqli elektro-optik effekt» yoki «Pockels effekti» deb ataladi [4].

Uzunligi λ bo‘lgan lazer to‘lqinining maksimal aks etishi (yoki uzatilishi) sharti *0* bu holda qisman razryaddan tenglik bilan amalga oshiriladi

$$\lambda_0 = 2nD;\ \lambda_0 = (2n+1)D \qquad (1)$$

bu yerda *n*– sinish ko‘rsatkichi, *D*– qisman razryad davri [5].

Elektr maydonining kuchi *E*, qisman razryadga qo‘llanilganda, chiziqli elektro-optik effekt tufayli (3-rasm), sinish ko‘rsatkichining o‘zgarishini va natijada qisman razryad rezonans chastotasining o‘zgarishini hosil qiladi, bu esa rezonans to‘lqin uzunligining o‘zgarishiga mos keladi [8]

$$\lambda_m = (\lambda_0 - \lambda_E) = n^3 rDE \qquad (2)$$

bu yerda r elektro-optik koeffitsient, λ_E qo‘llaniladigan elektr maydonidagi to‘lqin uzunligi. Shunday qilib, qisman razryaddan lazer to‘lqinining maksimal aks ettirish koeffitsienti R λ_m ortishi bilan kamayadi.[8] Qayta aks ettirish koeffitsienti R ning o‘zgarishi quyidagicha ifodalanishi mumkin

$$\Delta R = ({}^{dR}/_{dE})E \qquad (3)$$

Bu formuladan quyidagicha kelib chiqadi

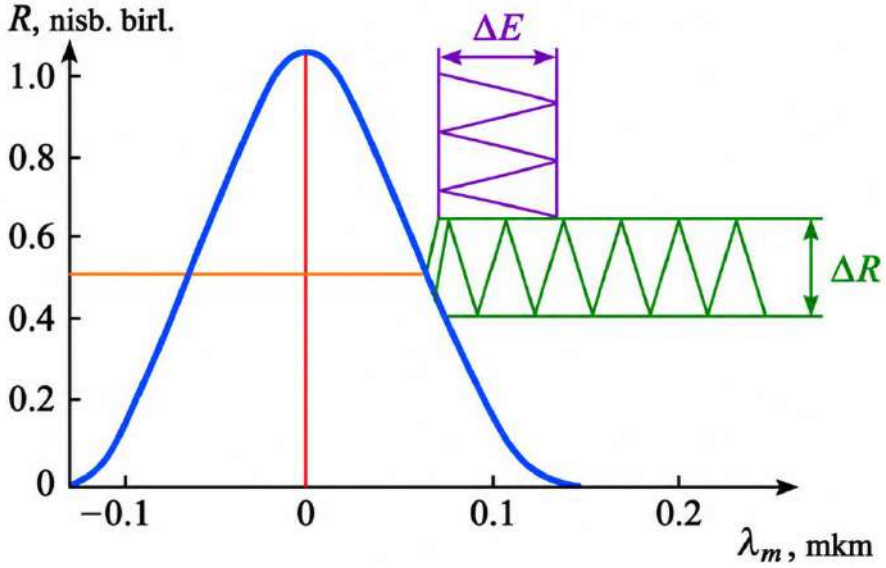
$$E = \lambda_m (n^3 rD)^{-1} \qquad (4)$$

va bu quyidagicha ifodalanadi

$${}^{dR}/_{dE} = ({}^{dR}/_{d\lambda_m}) n^3 rD \qquad (5)$$

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, aks ettirish koeffitsienti R qiymatining rezonans to‘lqin uzunligining o‘zgarishiga bog‘liqligini grafik shaklida ifodalash mumkin (3-rasm) [9]. Agar lazer nurlanishining to‘lqin uzunligi λ_m spektral aks ettirish egri chizig‘ining $R_{max}/2$ qiymatiga mos keladigan qiyaligining o‘rtasiga moslashtirilsa, u holda o‘zgaruvchan elektr maydoni aks ettirish koeffitsienti ΔR da mos keladigan o‘zgarishni yaratadi. Amaliy chiziqli $dR/d\lambda_m$ segmentidan foydalanish E maydonining qiymatlarini chiziqli shkala bo‘yicha aniqlash imkonini beradi.

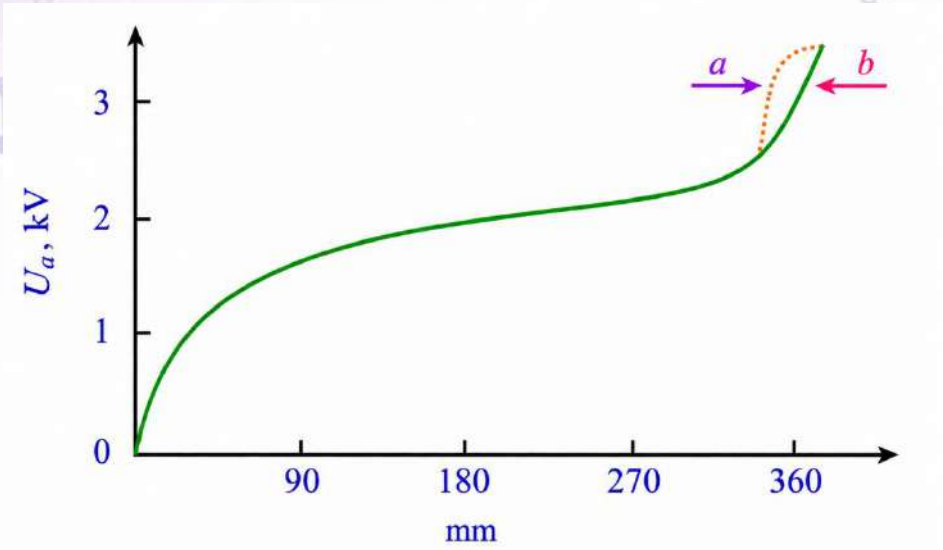


3-rasm. Qaytarish koeffitsienti R qiymatining rezonans to‘lqin uzunligining o‘zgarishiga bog‘liqligi

Elektr maydoni kuchlanishini masofadan kontaktsiz o‘lchashning taklif qilingan usulidan foydalanib, biz holatni diagnostika qildik LK 70/35 haqiqiy yuqori kuchlanishli polimer izolyatorlari guruhi.

Dastlabki tajribalar davomida sterjen-elektrod kontaktlari shikastlangan bir nechta nuqsonli izolyatorlar, shuningdek, nuqsondan oldingi holatdagi bir qator izolyatorlar aniqlandi. 4-rasmda nuqsonli (*A*) va nuqsonsiz (*b*) LK70/35 tipidagi polimer izolyatorlari. Ikkala namunaning terminallari yaqinida potensialning biroz oshishi butun uzunlik bo‘ylab maydonni tenglashtirish uchun maxsus ekranlarning yo‘qligi bilan izohlanishi mumkin.[9]

ISSN 3030-3907



4-rasm. Nosoz terminallar orasidagi potensialning taqsimlanishi (*A*) va nuqsonsiz (*b*) izolyatorlar. Nuqsondagi maydonning o‘zgarishi nuqta chiziq bilan ko‘rsatilgan.

Shunday qilib, fotonik kristallni elektro-optik sensor sifatida ishlatishga asoslangan yuqori kuchlanishli izolyatorlarning holatini kontaktsiz masofaviy diagnostika qilishning taqdim etilgan usuli elektr maydon kuchi oshgan joylarni aniqlash orqali izolyatorlarning nuqsondan oldingi holatining boshlanish momentini aniqlash imkonini beradi deb taxmin qilish mumkin. Bularda elektr maydon kuchini o‘lchash joylar bizga ish paytida nuqson hosil bo‘lishining mumkin bo‘lgan joyini taxmin qilish imkonini beradi.[10]

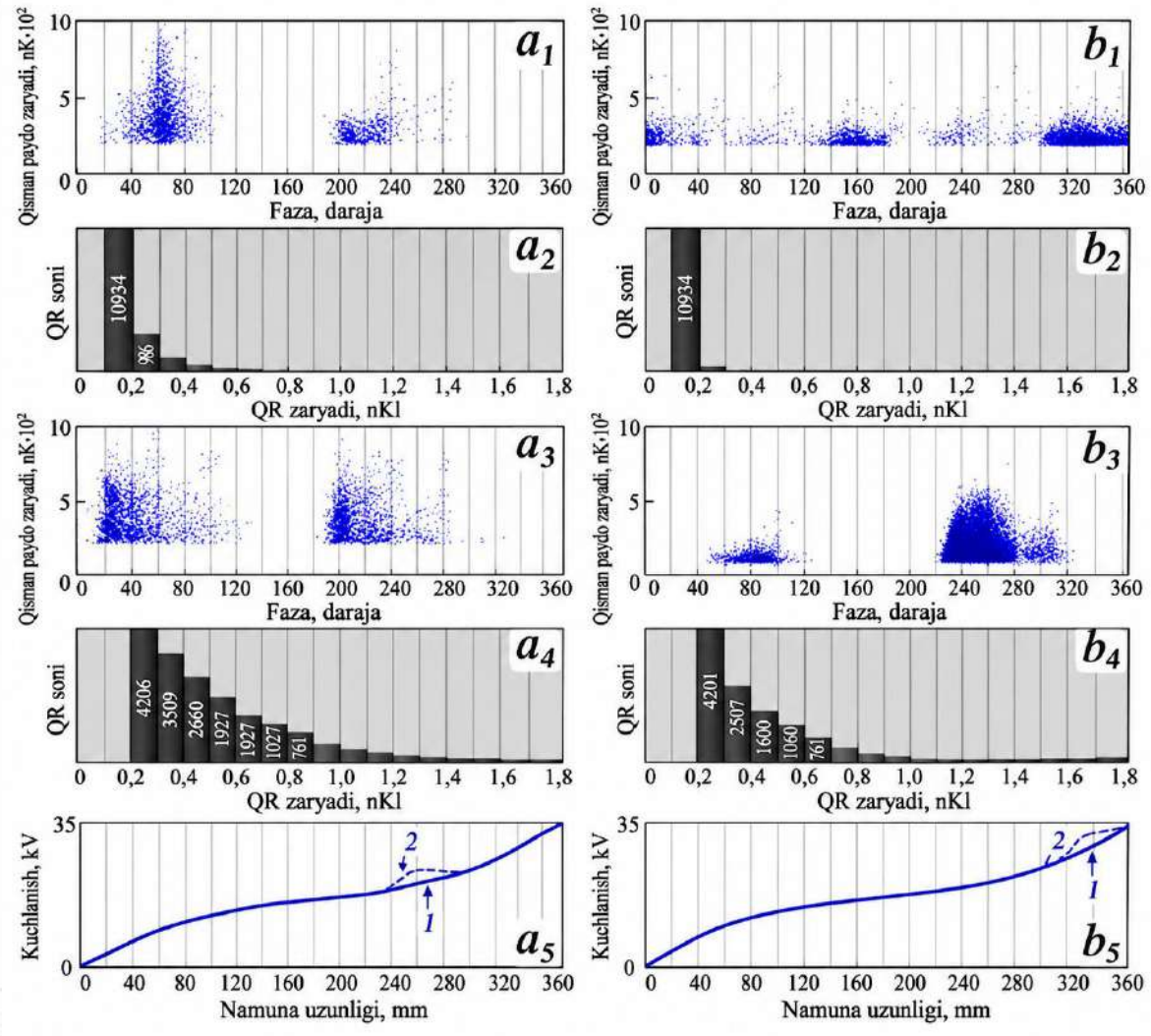
Ishlab chiqilgan kombinatsiyalangan usul keyinchalik LK 70/35 turdagi [10] polimer izolyatorlari seriyasida sinovdan o‘tkazildi. Qisman razryad xususiyatlarining ba’zilari ilgari ko‘rib chiqilgan elektr chinni namunalaridagi yoriqlar yoki FVI va PVI sterjenlari yuzasidagi nuqsonlar ko‘rinishidagi nuqsonlarga mos keladigan odatiy taqsimotga ega edi (5-rasm).[11]

Izolyator nuqsonining boshqa turidagi (3-guruh) elektr uzilishi, nazariy jihatdan va eksperimental ravishda [12] model namunalarida ko‘rib chiqilganidek, yoriqning sirt uzilishi holatiga qaraganda ancha murakkab shaklga ega. «Stanok uchi» nuqsonidagi qisman razryadlar nurlanish fazasi intervallarining kengayishi va siljishi, kuchlanishning manfiy yarim davrlarida ularning sonining ko‘payishi va qisman razryad shaklining o‘zgarishi bilan tavsiflanadi. Bu holda, elektrod, bo‘shliq va sterjendan iborat kontaktning uzilishi havo bo‘shlig‘ida, bo‘shliqqa normal bo‘lgan maydon komponenti tufayli, elektroddan (katoddan) elektronlarning chiqishi natijasida sodir bo‘ladi. Dielektrik sterjen yuzasini elektron bombardimon qilish natijasida zichligi 10 gacha bo‘lgan ionlarning induktsiyalangan zaryadlangan maydoni hosil bo‘ladi. -

ISSN 3030-3907

6-10-5Kl/sm^3, qo‘llaniladigan kuchlanishning fazasi 180° ga o‘zgarganda ishorani o‘zgartirish vaqtiga ega.

Shunday qilib, qisman razryadlarning paydo bo‘lish momenti va intensivligi qo‘llaniladigan va induktsiyalangan maydonlarning belgisi va kuchi bilan belgilanadi, ularning yig‘indisi elektr razryad maydonidan oshib ketganda. Hisob-kitoblar va o‘lchovlar shuni ko‘rsatdiki, qo‘llaniladigan maydon manfiy fazaga o‘tgandan so‘ng, ikkala maydonning yig‘indisi sharti paydo bo‘ladi, bu esa eng kuchli qisman razryadlarning paydo bo‘lishi bilan birga keladi. Qo‘llaniladigan va induktsiyalangan maydonlar farq qilganda, bu umumiy maydonning pasayishi va qisman razryad emissiya faza chiziqlarining cho‘zilishi bilan birga keladi [12].



5-rasm. Qisman razryad parametrlari (*1-4*) va elektr maydon potensialining nuqson bo‘yicha taqsimlanishi (*5*) mos ravishda elektromagnit va elektro-optik sensorlar bilan o‘lchangan polimerik VI da: *A*– tayoqchada nuqsonlari bo‘lgan namunalar uchun, *b*– “tayoqcha uchi” nuqsonlari bilan; *A*1, *A*2 va *b*1, *b*2– kichik nuqsonlar uchun; *A*3, *A*4 va *b*3, *b*4– katta nuqsonlar uchun; *A*5, *b*5– potentsialning fazoviy taqsimlanishi

ISSN 3030-3907

Qisman razryadlanishning intensivligi, shuningdek, elektrod va dielektrik sterjen orasidagi bo‘shliqning maydoni va kengligiga bog‘liq. Uzoq muddatli sharoitlarda bo‘lgani uchun ushbu parametrlar ish paytida tasodifiy va nazoratsiz bo‘lgani uchun, faza yarim davrlaridagi assimetrik qisman zaryadlarning intensivligi va soni nuqson parametrlari bilan aniqlanishi mumkin. Bundan tashqari, bunday nuqsonli kontaktning uzoq muddatli ishlashi paytida elektrotermik jarayonlar tufayli [13] tezlashgan qarish va hatto dielektrikka zarar yetkaziladi, bu esa oxir-oqibat izolyatorning elektr kuchini pasaytiradi.

Shuni ta’kidlash kerakki, induksiyalangan maydon E_i qisman razryad natijasida qisman razryad xususiyatlariga ham ta’sir qiladi, qisman razryad emissiya intervallarining oxirini kattaroq fazali burchaklarga siljitadi, ammo qo‘llaniladigan kuchlanish belgisining o‘zgarishi bilan qisman razryad hosil bo‘lish jarayonlari nosimmetrik bo‘lgani uchun, chunki $E_i<E_a$, kichik nuqson o‘lchamlari uchun qisman razryadlarning intensivligi va soni deyarli o‘zgarmaydi. Musbat va manfiy qisman razryadlarning impulslari shaklidagi farq, birinchisi havo bo‘shlig‘i plazmasida induksiyalangan musbat zaryadlar tomonidan yaratilishi, manfiy qisman razryad impulslari esa asosan induksiyalangan elektronlarning tezroq oqimi bilan boshlanishi bilan bog‘liq.

Ishlab chiqilgan ikki kanalli usul yordamida o‘lchash moslamalarining texnik holatini skameykada ham, dala sharoitida ham to‘liq tekshirish natijalari o‘lchash moslamalarining ish sharoitida ishlashini masofadan turib diagnostika qilish va eng xavfli nuqsonlarning turi va joylashuvini aniqlash imkoniyatini namoyish etadi. Bu avval o‘rnatilgan masofaviy monitoring diagnostika ko‘rsatkichlariga xizmat ko‘rsatishga yaroqli va nuqsonli o‘lchash moslamalarini ajratib turadigan qo‘shimcha xususiyatlarni qo‘shish orqali mumkin bo‘ldi, bu esa nuqsonlarning turi va joylashuvini aniqlash imkonini beradi. Bularga qisman razryad nurlanishining fazaviy intervallarining sezilarli darajada kengayishi va o‘zgarishi, yuqori kuchlanishning salbiy yarim davrlarida musbat yarim davrlarga nisbatan qisman razryadlar soni va intensivligining oshishi, manfiy qisman razryad impulslari kengligining pasayishi va yuqori mahalliy elektr maydon kuchlarining mavjudligi kiradi [8].

XULOSA.

Qisman razryadlanishlar yuqori kuchlanishli izolyatorlarning texnik holatini baholashda muhim diagnostik ko‘rsatkichdir. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, elektrooptik usuldan foydalangan holda elektr maydon kuchini masofadan va kontaktsiz o‘lchash orqali izolyatsiya nuqsonlarini erta aniqlash mumkin. Ushbu usul yuqori aniqlik va xavfsizlikni ta'minlaydi, bu esa uzluksiz kuzatish imkonini beradi. Shuningdek, qisman razryadlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi qo‘llaniladigan va induksiyalangan elektr maydonlarining o‘zaro

ISSN 3030-3907

ta’siriga bog‘liq bo‘lib, nuqson turini aniqlashda ularning faza va amplituda xarakteristikalari muhim ahamiyatga ega. Induksiyalangan maydon qisman razryadlarning fazaviy siljishiga ta'sir qilsada, kichik nuqsonlarda ularning umumiy intensivligiga sezilarli ta'sir ko‘rsatmaydi.

Natijada, ishlab chiqilgan diagnostika usuli izolyatorlarda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklarni oldindan aniqlash, ularning rivojlanishini baholash, qisman tushirish parametrlarini to‘liq tahlil qilish asosida energiya tizimlarining ishonchliligi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Olimov, J., Ramazonov, B., & Sayfiyev, S. (2024). Increasing efficiency of induction motor by predictive control system. E3S Web of Conferences, 525, 03004.
2. Shirinov, S. G. O., Olimov, J. S. O., Jumayev, Z. I., & Sayidov, M. K. (2024). Analysis of patterns of electricity consumption in mining and processing enterprises. Vibroengineering Procedia, 54.
3. Eshmirzaev, M., & Narzullayev, B. (2024). Improvement of the control system with the drive of high voltage arc furnaces. Vibroengineering Procedia, 54.
4. Olimov, J. S., Fayziyev, S. Sh., Raximov, F. M., Majidov, A. U., & Muxammadov, B. Q. (2023). Controlling power of short-circuited induction motor via modern sensors without speed change. In Proceedings of GEOTECH-2023 Conference. Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan.
5. Almezhghwi, K. A. (2015). Direct torque control of induction motor using fuzzy logic. Nicosia
6. Olimov, J. S., & Raximov, F. M. (2023). Design and development of short-circuited induction motor. In Proceedings of the 4th International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects, Vol. II. Navoi, Uzbekistan.
7. Olimov, J. S., & Eshmirzayev, M. A. (2023). Controlling power of induction motor via modern sensors without speed change. In Proceedings of the 6th International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects, Vol. II. Navoi, Uzbekistan.
8. Yao, Y. (2016). Study of induction machines with rotating power electronic converter (Doctoral dissertation). Stockholm, Sweden.
9. Shang, Z. (2011). Simulation and experiment for induction motor control strategies. Windsor, Ontario, Canada.
10. Ibadullaev, M., & Tovbaev, A. N. (2020). Research of ferro-resonance oscillations at the frequency of subharmonics in three-phase non-linear electric circuits and systems. E3S Web of Conferences, 216, 01113.

11. Tovbaev, A., Boynazarov, G., & Togaev, I. (2023). Improving the quality of electricity using the application of reactive power sources. E3S Web of Conferences, 390, 06032. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032
12. IEC 60376:2020. Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF_6) for use in electrical equipment. – International Electrotechnical Commission, Geneva.
13. Barantsev, V.I. Diagnostika i tehnicheskoe obsluzhivanie elegazovyh kommutacionnyh apparatov.: Energoatomizdat, Moskva – 2016. – 280 st.

MAXSAR (*Carthamus tinctorius* L.) BIOLOGIK FAOL KOMPONENTLARINING TERAPEVTIK SALOHIYATI VA TA'SIR MEXANIZMLARI

Mirzaqulov Jasurbek Soibjon o'g'li
Central Asian Medical University, Assistant
E-mail: jasurbekbiolog@gmail.com

Annotatsiya. Maxsar (*Carthamus tinctorius* L.) – *Asteraceae* oilasiga mansub moyli va dorivor o'simlik bo'lib, uning gul tojbarglari tarkibidagi xalkon tipidagi pigmentlar (ayniqsa, gidroksisafflor sariq A, HSYA) hamda urug' moyidagi to'yinmagan yog' kislotalari tibbiyotda muhim ahamiyatga ega [1]. Ushbu maqolada so'nggi yillardagi xalqaro va mahalliy ilmiy adabiyotlar asosida maxsarning fitokimyoviy profili, asosiy farmakologik ta'sir mexanizmlari, klinik amaliyotdagi o'rni va kelgusidagi istiqbollari tahlil qilindi. HSYA yurak ishemik kasalliklarining hayvon modellarida infarkt maydonini qisqartirish, yallig'lanish va oksidlovchi stressni kamaytirish, apoptozni cheklash hamda mikrosirkulyatsiyani yaxshilash orqali kardioprotektiv ta'sir ko'rsatishi isbotlangan [2, 3]. Shuningdek, uning neyroprotektiv, antidiabetik va gepatoprotektiv xususiyatlari ham qayd etilgan [4, 5]. O'zbekistonda maxsar agrobiologik jihatdan qulay ekin bo'lib, mahalliy xomashyo bazasiga tayangan holda fitopreparatlar ishlab chiqarish yuqori istiqbolga ega [6, 7].

Kalit so'zlar: maxsar, *Carthamus tinctorius* L., hydroxysafflor yellow A (HSYA), antioksidant, yallig'lanishga qarshi, kardioproteksiya, antidiabetik, neyroproteksiya.

Abstract. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an oilseed and medicinal plant belonging to the Asteraceae family. Its chalcone-type pigments within the petals (particularly hydroxysafflor yellow A, HSYA) and unsaturated fatty acids in the seed oil hold significant importance in medicine [1]. Based on recent international and local scientific literature, this article analyzes the phytochemical profile, primary pharmacological mechanisms of action, clinical relevance, and future perspectives of safflower. In animal models of ischemic heart disease, HSYA has been proven to exert cardioprotective effects by reducing infarct size, suppressing inflammation and oxidative stress, limiting apoptosis, and improving microcirculation [2, 3]. Additionally, its neuroprotective, antidiabetic, and hepatoprotective properties have also been reported [4, 5]. Given that safflower is an agrobiologically favorable crop in Uzbekistan, the production of phytopreparations relying on the local raw material base holds high potential [6, 7].

ISSN 3030-3907

Keywords: safflower, *Carthamus tinctorius* L., hydroxysafflor yellow A (HSYA), antioxidant, anti-inflammatory, cardioprotection, antidiabetic, neuroprotection.

Аннотация. Сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) — масличное и лекарственное растение семейства Астровые (Asteraceae). Халконовые пигменты, содержащиеся в его лепестках (особенно гидроксисафлор желтый А, HSYA), а также ненасыщенные жирные кислоты в масле семян имеют важное значение для медицины [1]. На основе анализа современной зарубежной и отечественной научной литературы в данной статье рассмотрены фитохимический профиль, основные фармакологические механизмы действия, роль в клинической практике и будущие перспективы сафлора. Доказано, что на животных моделях ишемической болезни сердца HSYA оказывает кардиопротекторное действие путем сокращения зоны инфаркта, снижения интенсивности воспаления и окислительного стресса, ограничения апоптоза, а также улучшения микроциркуляции [2, 3]. Кроме того, отмечены его нейропротекторные, антидиабетические и гепатопротекторные свойства [4, 5]. Поскольку в Узбекистане сафлор является агробиологически благоприятной культурой, производство фитопрепаратов на основе местной сырьевой базы имеет высокие перспективы [6, 7].

Ключевые слова: сафлор, *Carthamus tinctorius* L., гидроксисафлор желтый А (HSYA), антиоксидант, противовоспалительное, кардиопротекция, антидиабетическое, нейропротекция.

KIRISH.

Dorivor o‘simliklar biologik faol moddalarning (BFM) tabiiy va xavfsiz manbai sifatida zamonaviy farmakologiya hamda profilaktik tibbiyotda strategik muhim o‘rin tutadi. Maxsar (*Carthamus tinctorius* L., *Asteraceae* oilasi) qadimdan Xitoy, Hindiston, Eron va O‘rta Osiyo xalq tabobatida qon aylanishini faollashtirish, og‘riq sindromlarini qoldirish, ginekologik hamda yurak-qon tomir tizimi kasalliklarini davolashda keng qo‘llanib kelingan [1, 4]. Bugungi kunda zamonaviy fitokimyoviy, farmakologik va biotexnologik tadqiqotlar ushbu o‘simlikning an’anaviy tibbiyotdagi empirik qo‘llanilishini molekulyar darajada tasdiqlovchi dalillarni taqdim etmoqda [2, 8].

Ushbu tahliliy sharhning maqsadi – so‘nggi yillardagi (2021–2025 yy.) nufuzli xalqaro va mahalliy ilmiy adabiyotlar ma’lumotlariga tayangan holda, maxsar o‘simligining fitokimyoviy tarkibini, uning asosiy biologik faol komponenti hisoblangan gidroksisafflor sariq A (*hydroxysafflor yellow A* – HSYA) birikmasining farmakologik ta’sir mexanizmlarini, klinik amaliyotdagi

ISSN 3030-3907

o‘rni hamda ushbu xomashyo asosida mahalliy fitopreparatlar yaratishning kelgusidagi istiqbollarini tizimli tahlil qilishdan iborat.

FITOKIMYOVIY PROFIL.

Carthamus tinctorius L. o‘simligining terapevtik samaradorligi uning tarkibidagi biologik faol birikmalarning o‘zaro sinergik ta’sir ko‘rsatuvchi murakkab majmuasi bilan belgilanadi. Zamonaviy xalqaro va mahalliy skrining tadqiqotlari natijalariga ko‘ra [1, 2, 4], maxsar tarkibidagi asosiy metabolitlar guruhlari va ularning farmakologik funksiyalari quyidagicha tasniflanadi (1-jadval):

1-jadval.

***Carthamus tinctorius* L. o‘simligining asosiy fitokimyoviy tarkibi va ularning farmakologik faolligi**

Birikmalar sinfi	Vakillari	Farmakologik faolligi
Xinokalkon glikozidlari	Gidroksisafflor sariq A (HSYA), safflor sariq B (*safflower yellow B*)	Kardioprotektiv, antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antiagregant
Flavonoidlar	Kversetin, kempferol, lyuteolin va ularning glikozidlari	Antioksidant, neyroprotektiv, kapilyarlarni mustahkamlovchi
Fenol kislotalari	Xlorogen kislota, kofein kislota	Yallig‘lanishga qarshi, gepatoprotektiv, immunomodulyator
To‘yinmagan yog‘ kislotalari (urug‘ moyida)	Linoleat kislota (70–80%), oleat kislota	Lipid profilini korreksiyalash (gipolipidemic), antisklerotik
Boshqa komponentlar	Serotonin hosilalari, adenozin	Spazmolitik, vazodilatator, qon mikrosirkulyatsiyasini yaxshilovchi

Maxsar guli tojbarglarining eng ko‘p o‘rganilgan va farmakologik jihatdan eng faol komponenti — bu HSYA hisoblanadi. Ushbu suvda eruvchan xalkon glikozidi o‘zining yuqori gidrofilligi, termal barqarorligi hamda patologik jarayonlarda bir vaqtning o‘zida bir nechta hujayra ichki molekulyar signallash yo‘llariga (*signaling pathways*) ta’sir ko‘rsatish xususiyati bilan ajralib turadi [2, 3].

ISSN 3030-3907

Kardioprotektiv ta’sir va molekulyar mexanizmlari. *Carthamus tinctorius* L. o‘simligidan ajratilgan HSYA birikmasining kardioprotektiv xususiyatlari miokard infarkti va yurak ishemik kasalliklarining (YIK) in vivo hamda in vitro modellarida har tomonlama isbotlangan. Mao va hammualliflari (2025) tomonidan o‘tkazgan tizimli tahlil va meta-tahlil natijalariga ko‘ra, HSYA ishemik zararlanishlarda miokard infarkti maydonini o‘rtacha 34–40% gacha sezilarli darajada qisqartirish xususiyatiga ega [2, 3].

Ushbu himoya effekti quyidagi asosiy patofiziologik bo‘g‘inlarga ta’sir ko‘rsatish orqali amalga oshadi:

Yallig‘lanish sitokinlari kaskadini tormozlash: Tizimli yallig‘lanishni chaqiruvchi o‘simta nekrozi omili-alfa (TNF-α), interleykin-6 (IL-6) va interleykin-1-beta (IL-1β) sekresiyasini keskin pasaytiradi.

Oksidlovchi stressni bartaraf etish: Lipidlar peroksidlanishining yakuniy mahsuloti bo‘lgan malondialdegid (MDA) miqdorini kamaytirib, organizmning antioksidant fermentlari — superoksiddismutaza (SOD) va glutation (GSH) faolligini oshiradi.

Kardiomiotsitlar apoptozini cheklash: Dasturlangan hujayra o‘limini induksiyalovchi *caspase-3* fermenti faolligini susaytiradi hamda proapoptotik va antiapoptotik oqsillar nisbatini (*Bax/Bcl-2*) hujayra hayotiyligini saqlash foydasiga o‘zgartiradi.

Mikrosirkulyatsiyani tiklash: Autofagiya jarayonlarini modulyatsiya qilish orqali ishemiyaga uchragan sohada kapilyar qon oqimini yaxshilaydi. Molekulyar darajada HSYA ning kardioprotektiv ta’siri *PI3K/Akt/eNOS* signal yo‘lini faollashtirish, yallig‘lanishning asosiy regulyatori bo‘lgan *NF-kB* transkripsiya omilini ingibirlash hamda endogen antioksidant himoya tizimi — *Nrf2/HO-1* yo‘lini induksiyalash bilan bog‘liq [4].

Neyroprotektiv xususiyatlari. Liang va boshq. (2022) o‘tkazgan tadqiqotlar maxsar ekstraktlari va HSYA ning serebral ishemiya (insult) hamda Altsgeymer kasalligi modellarida yuqori neyroprotektiv potensialga ega ekanligini ko‘rsatdi [5]. Birikma mikrogliya hujayralarining giperaktivatsiyasini tormozlab, neyroyallig‘lanishni bartaraf etadi va miya to‘qimasida oksidlovchi stressni kamaytiradi. Eng muhimi, HSYA neyronlarning plastikligi va yashovchanligini ta’minlovchi *BDNF/TrkB* (*brain-derived neurotrophic factor*) signallash tizimini rag‘batlantirishi aniqlangan. Biroq, ushbu yo‘nalishdagi dalillar faqat eksperimental modellarda olingan bo‘lib, hozirgi kunga qadar keng ko‘lamli inson klinik tadqiqotlari o‘tkazilmagan.

Antidiabetik va metabolik ta’siri. Mahalliy tadqiqotchilar Yuldosheva va O‘roqova (2025) maxsarni qandli diabet va uning vaskulyar asoratlarini korreksiyalashda yuqori potensialga ega dorivor vosita sifatida qayd etishgan [1].

ISSN 3030-3907

Xalqaro ilmiy tahlillar (Bai va boshq., 2025) maxsar polifenollari va moyi periferik to‘qimalarning insulinga bo‘lgan sezuvchanligini oshirishi, ochlik qon glyukozasini pasaytirishi va eng muhimi — lipid profilini optimallashtirishini tasdiqlaydi [4]. Maxsar komponentlari past zichlikdagi lipoproteinlar (LDL) va triglitseridlar miqdorini kamaytirib, yuqori zichlikdagi lipoproteinlar (HDL) konsentratsiyasini oshiradi va shu orqali diabetik angiopatiyalarning oldini oladi.

Umumiy yallig‘lanishga qarshi va antioksidant mexanizmlari. HSYA va maxsar flavonoidlari (kversetin, lyuteolin) tizimli yallig‘lanish kaskadini bir nechta darajada bloklaydi. Ular yallig‘lanishga javob beruvchi genlar ekspressiyasini yoqadigan *NF-kB* omilining hujayra yadrosiga translokatsiyasini (ko‘chib o‘tishini) to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘sadi. Buning natijasida patologik siklooksigenaza-2 (COX-2) va induksiyalanuvchi azot oksidi sintaza (iNOS) fermentlari biosintezi pasayadi [2, 4]. Bundan tashqari, in vitro DPPH va ABTS testlari maxsar ekstraktlarining erkin radikallarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri biriktirib, neytrallash bo‘yicha yuqori antioksidant sig‘imga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Gepatoprotektiv samaradorligi. Ekzogen va endogen toksinlar (masalan, uglerod to‘rt xlorid — CCl_4, og‘ir metallar) bilan chaqirilgan o‘tkir va surunkali jiga shikastlanishi modellarida maxsar ekstraktlari yaqqol gepatoprotektiv ta’sir ko‘rsatadi [1, 4]. Preparat gepatotsitlar membranasini barqarorlashtiradi, jigar fermentlari (ALT, AST) ning qonga chiqib ketishini kamaytiradi va sitoxrom tizimlari regeneratsiyasini tezlashtiradi.

O‘zbekiston respublikasi uchun maxsar yetishtirishning strategik va iqtisodiy ahamiyati. Agrobiologik nuqtai nazardan, maxsar (*Carthamus tinctorius* L.) O‘zbekistonning tuproq-iqlim sharoitiga mukammal moslashgan, qurg‘oqchilikka va sho‘rlanishga chidamli ekin turi hisoblanadi [6, 7]. Biroq, bugungi kunda respublikamiz qishloq xo‘jaligi va sanoat sektorida maxsar asosan urug‘idan moy olish hamda texnik maqsadlarda foydalanish uchun ekilmoqda. O‘simlik guli tojbarglarining yuqori tibbiy-farmatsevtik salohiyati va ularning tarkibidagi boy biologik faol birikmalar (xususan, HSYA) majmuasidan tayyor mahsulot sifatida foydalanish darajasi pastligicha qolmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida import o‘rnini bosuvchi va eksportga yo‘naltirilgan fitopreparatlar sanoatini rivojlantirish maqsadida quyidagi strategik vazifalar va innovatsion yondashuvlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq:

Sanoatbop xomashyo zanjirini shakllantirish: Maxsar gul tojbarglarini agrotexnik qoidalarga muvofiq yig‘ish, standartlashtirilgan quritish va farmatsevtika sanoati uchun barqaror xomashyo bazasi sifatida yetkazib berish zanjirini (*supply chain*) yaratish [1, 6].

Mahalliy ekstratsiya texnologiyalarini joriy etish: Mahalliy ilmiy-tadqiqot institutlari va farmatsevtika korxonalari hamkorligida maxsar

ISSN 3030-3907

tojbarglaridan HSYA va boshqa flavonoidlar guruhini ajratib olish va yuqori konsentratsiyali, standartlashtirilgan quruq ekstraktlar ishlab chiqarishni mahalliylashtirish.

Funksional oziq-ovqat va BFQ segmentini kengaytirish: Maxsar flavonoidlari bilan boyitilgan funksional choylar, fitokapsulalar va parhezbop qo‘shimchalar (BFQ) konsepsiyasini ishlab chiqish hamda brend ostida bozorga olib kirish.

Xalqaro klinik hamkorlik: Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining (JSST) an’anaviy tibbiyot bo‘yicha global strategik ko‘rsatmalariga tayangan holda, mahalliy maxsar ekstraktlarining samaradorligi va xavfsizligini tekshiruvchi xalqaro standartdagi klinik oldi va klinik tadqiqotlarni tashkil etish.

XULOSA.

Maxsar (*Carthamus tinctorius* L.) fitokimyoviy profili o‘ta boy va ko‘p nishonli (*multitargeting*) farmakologik potensialga ega bo‘lgan strategik dorivor resursdir. 2021–2025 yillar oralig‘ida o‘tkazilgan xalqaro va mahalliy eksperimental tadqiqotlar o‘simlik tojbarglarining kardiomotsitlar va neyronlarni chuqur himoya qilish, yallig‘lanishga qarshi hamda metabolik jarayonlarni korreksiyalash xususiyatlarini molekulyar darajada tasdiqlaydi [1, 2, 3, 4, 5].

Shunga qaramay, standartlashtirilgan dori shakllarining kamligi, dozalash rejimlarining optimallashtirilmaganligi va keng ko‘lamli randomizatsiyalangan inson klinik sinovlarining (RCT) yetishmasligi maxsarning isbotlangan tibbiyotga (*evidence-based medicine*) to‘liq integratsiyalashuvini cheklab turibdi [2, 4]. Kelajakdagi tadqiqotlar HSYA ekstraktining dori vositalari bilan o‘zaro ta’sirini (*drug-drug interactions*) va toksikologik xavfsizligini o‘rganishga qaratilishi lozim. O‘zbekiston uchun ushbu o‘simlik mahalliy biotexnologik va farmatsevtika sanoatida yuqori iqtisodiy va tibbiy qiymatga ega original dori vositalarini yaratishda yetakchi xomashyo bo‘lib xizmat qilishi shubhasizdir [1, 6, 7].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)

1. Yuldosheva, D. H., & O‘roqova, M. A. (2025). Gulimaxsar (*Carthamus tinctorius* L.) — dorivor o‘simligi biologik faol qo‘shilmalar manbai. *New Day in Medicine*, 3(45), 112-118.

2. Mao, T., et al. (2025). Hydroxysafflor yellow A for ischemic heart diseases: a systematic review and meta-analysis of animal experiments. *Frontiers in Pharmacology*, 16, Art. 104523.

3. Mao, T., et al. (2025). Hydroxysafflor yellow A for ischemic heart diseases (PMC/NIH version). *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 85(2), 210-222.

4. Bai, H., et al. (2025). *Carthamus tinctorius* L.: a comprehensive review of its ethnomedicine, phytochemistry, pharmacology and clinical applications. *Frontiers in Pharmacology*, 15, Art. 984312.
5. Liang, Y., et al. (2022). *Carthamus tinctorius* L.: A natural neuroprotective source in Alzheimer's disease context. *Phytomedicine*, 98, Art. 153945.
6. Idrisov, X. A., & Nazarova, S. M. (2023). *O'simlikshunoslik (o'quv qo'llanma)*. Buxoro: "Durdona" nashriyoti.
7. Ismatov, D. O. (2022). Maxsar (*Carthamus tinctorius*) botanik tavsifi va yetishtirish texnologiyasi. *International Multidisciplinary Conference of Modern Scientific Research*, 2(4), 341-346.
8. El Rabey, H. A., et al. (2025). Comparison between the protective effect of orally administered atorvastatin and safflower on hypercholesterolemia in rats. *PMC Pharmacology Record*, 12(1), 54-62.
9. Arshad, R., et al. (2025). Targeted reformulation of safflower oil: enhancing anti-inflammatory and lipid-profile outcomes. *ScienceDirect: Phytochemistry Letters*, 61, 89-97.

ISSN 3030-3907

BISTORTA ELLIPTICA O‘SIMLIGINING TAXONOMIYASI, BOTANIK TAVSIFI VA MINERAL TARKIBI

Isakov G‘ofurjon To‘lqinjon o‘g‘li
FarDU tayanch doktaranti, CAMU xalqaro tibbiyot universiteti assistenti
E-mail: gofurjonisakov1991@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada *Polygonaceae* oilasiga mansub *Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V. Petrovsky, D.F. Murray & Elven turining taksonomik o‘rni, botanik tavsifi, tarqalish areali va ko‘payish xususiyatlari yoritilgan. Shuningdek, o‘simlik ildiz qismidagi makro va mikroelementlarning sifat hamda miqdor tarkibi ICP-OES usuli yordamida o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘simlik tarkibida kaliy, alyuminiy, temir, marganes, bariy, stronsiy, rux va boshqa elementlar aniqlanib, ularning miqdoriy ko‘rsatkichlari baholandi. Olingan natijalar B. elliptica turining farmakognozik tavsifini to‘ldirish va istiqbolli dorivor o‘simlik sifatida baholash uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Bistorta elliptica, Polygonaceae, taksonomiya, botanika tavsifi, tarqalish areali, makroelementlar, mikroelementlar, ICP-OES, mineral tarkib, dorivor o‘simlik.

Abstract. This article highlights the taxonomic position, botanical description, distribution range, and reproductive characteristics of *Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V. Petrovsky, D.F. Murray & Elven, a species belonging to the Polygonaceae family. Additionally, the qualitative and quantitative composition of macro- and microelements in the root system of the plant was investigated using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). According to the research results, elements such as potassium, aluminum, iron, manganese, barium, strontium, zinc, and others were detected, and their quantitative parameters were evaluated. The obtained results serve as a scientific basis for supplementing the pharmacognostic characterization of *B. elliptica* and evaluating it as a promising medicinal plant.

Keywords: *Bistorta elliptica*, Polygonaceae, taxonomy, botanical description, distribution range, macroelements, microelements, ICP-OES, mineral composition, medicinal plant.

Аннотация. В данной статье освещены таксономическое положение, ботаническое описание, ареал распространения и особенности размножения вида *Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V. Petrovsky, D.F. Murray & Elven, принадлежащего к семейству Polygonaceae (Гречишные). Кроме того, с использованием метода ИСП-ОЭС (индуктивно-связанная плазма с оптико-эмиссионной спектрометрией) был изучен качественный и количественный состав макро- и микроэлементов в корневой части растения. По результатам исследования в составе растения были обнаружены калий, алюминий,

железо, марганец, барий, стронций, цинк и другие элементы, а также оценены их количественные показатели. Полученные результаты служат научной основой для дополнения фармакогностической характеристики вида *B. elliptica* и его оценки как перспективного лекарственного растения.

Ключевые слова: *Bistorta elliptica*, Polygonaceae, таксономия, ботаническое описание, ареал распространения, макроэлементы, микроэлементы, ИСП-ОЭС, минеральный состав, лекарственное растение.

KIRISH.

Dorivor o‘simliklarning kimyoviy tarkibini, xususan, makro va mikroelementlar miqdorini o‘rganish ularning biologik faolligi hamda farmakologik potensialini baholashda muhim ahamiyatga ega. O‘simlik tarkibidagi mineral elementlar metabolik jarayonlarda ishtirok etib, organizmning fiziologik faoliyatini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Polygonaceae oilasiga mansub Bistorta turkumi vakillari biologik faol moddalar va mineral komponentlarning istiqbolli manbalaridan biri hisoblanadi. Biroq Bistorta elliptica turining botanik xususiyatlari va mineral tarkibi bo‘yicha ma’lumotlar yetarli emas. Shu munosabat bilan mazkur tadqiqotda Bistorta elliptica o‘simligining taksonomiyasi, botanik tavsifi, tarqalish areali hamda makro va mikroelement tarkibi o‘rganildi.

O‘simlikning botanika tavsifi va taksonomiyasi

Tadqiqot obyekti sifatida **Bistorta elliptica** (Willd. ex Spreng.) V.V. Petrovsky, D.F. Murray & Elven turi tanlab olindi. **Bistorta elliptica** grechishadoshlar (Polygonaceae) oilasiga mansub ko‘p yillik o‘t o‘simlik hisoblanadi. O‘simlikning poyasi tik o‘sadi va balandligi odatda 30–100 sm gacha yetadi. Barglari cho‘zinchoq shaklda bo‘lib, pastki qismi bandli, yuqori qismi esa bandsiz joylashgan (1-jadval).

1-jadval

Bistorta elliptica o‘simligining taksonomik tasnifi

Taksonomik daraja	**Nomi**
Kingdom	*Plantae*
Phylum	*Streptophyta*
Class	*Equisetopsida*
Subclass	*Magnoliidae*
Order	*Caryophyllales*
Family	*Polygonaceae*
Genus	*Bistorta*
Species	*Bistorta elliptica*

ISSN 3030-3907

O‘simlikning gullari mayda bo‘lib, boshoqsimon to‘pgul hosil qiladi. Gullari odatda pushti yoki och qizil rangda bo‘ladi. Ilon taron asosan nam tuproqli joylarda, daryo va soy bo‘ylarida, o‘tloqlarda o‘sadi.

Gullari nektarga boy bo‘lib, asalarilar, kapalaklar va boshqa hasharotlarni o‘ziga jalb qiladi. Shu sababli ilon taron entomofil, ya’ni hasharotlar yordamida changlanadigan o‘simlik hisoblanadi. O‘simlik odatda may oyidan avgust oyigacha gullaydi, mevalari esa yoz oxiri va kuz boshida pishib yetiladi.

Tarqalish areali va geografiyasi

A. Rossiyaning deyarli barcha hududlari: O‘simlik asosan Rossiyaning Yevropa qismi, Sibir (G‘arbiy va Sharqiy Sibir) hamda Uzoq Sharq mintaqalarida juda keng tarqalgan.

B. Markaziy Osiyo va unga tutash hududlar: Xaritadan ko‘rinib turibdiki, areali Qozog‘istonning shimoliy va sharqiy qismlarini hamda Mo‘g‘uliston va Xitoyning shimoli-g‘arbiy tog‘li tizimlarini qamrab oladi.

C. Shimoliy Amerika (Alyaska qismi): Xariytaning chap va o‘ng chekkalariga e’tibor bersangiz, o‘simlik areali Berings bo‘g‘ozi orqali Shimoliy Amerikaning chekka shimoli-g‘arbiga – Alyaska (AQSh) hududiga ham o‘tganini ko‘rish mumkin (1-rasm).



1-rasm. Bistorta elliptica o‘simligining tarqalish areali

Bistorta elliptica asosan subarktika va mo‘tadil iqlim zonalariga moslashgan. U ko‘pincha tundra zonalarida, nam va botqoqlashgan o‘tloqlarda, daryo bo‘ylarida, moxli va tog‘li hududlarda (alp va subalp poyaslarida) yaxshi o‘sadi.

Bistorta ellipticaning ko‘payish xususiyatlari

Vegetativ ko‘payish. *Bistorta ellipticaning* asosiy ko‘payish usuli vegetativ ko‘payish hisoblanadi. Bu jarayon o‘simlikning yer osti qismi — ildizpoya (rizoma) orqali amalga oshadi. Ildizpoya tuproq ostida gorizontal joylashgan bo‘lib, undan yangi novdalar hosil bo‘ladi.

Vegetativ ko‘payishning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

ISSN 3030-3907

1. O‘simlik tez ko‘payadi.
2. Ona o‘simlikning barcha biologik xususiyatlari saqlanadi.
3. Dorivor moddalar tarkibi barqaror bo‘ladi.

Ildizpoyaning ayrim bo‘laklari tuproqqa tushganda ham yangi o‘simlik hosil qilishi mumkin. Shu sababli ilon taron tabiiy sharoitda ham tez tarqalish xususiyatiga ega.

Vegetativ ko‘payish natijasida o‘simlik noqulay ekologik sharoitlarda ham yashab qolish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Ildizpoyada oziqa moddalarining zaxiralanishi yangi novdalarning tez rivojlanishini ta’minlaydi.

Dorivor plantatsiyalarda ilon taron ko‘pincha ildizpoyani bo‘lish usuli orqali ko‘paytiriladi. Ushbu usul qisqa muddatda sifatli ko‘chatlar olish va dorivor xususiyatlarning saqlanishini ta’minlaydi.

Generativ ko‘payish

Bistorta elliptica generativ, ya’ni urug‘ orqali ham ko‘payadi. Gullash davri odatda bahor oxiri va yoz boshiga to‘g‘ri keladi. Gullashdan so‘ng o‘simlikda urug‘ hosil bo‘ladi. Urug‘lar tuproqqa tushib, qulay sharoit mavjud bo‘lganda unib chiqadi. Biroq generativ ko‘payish vegetativ ko‘payishga nisbatan sekinroq kechadi. Shuning uchun tabiiy populyatsiyalarda vegetativ ko‘payish ustunlik qiladi.

O‘simlikning mevasi yaltiroq, uch qirrali yong‘oqcha ko‘rinishida bo‘lib, uning ichida bitta urug‘ joylashadi. Ayrim hollarda urug‘lar qisqa muddatli tinim holatiga ega bo‘lishi mumkin, bu esa ularning unib chiqish muddatini uzaytiradi.

Urug‘larning tarqalishi shamol, suv yoki hayvonlar yordamida amalga oshishi mumkin. Changlanish jarayonida hasharotlar muhim rol o‘ynaydi va urug‘ hosil bo‘lish samaradorligini oshiradi.

Ekologik omillarning ta’siri

Ilon taronning ko‘payish jarayoniga turli ekologik omillar ta’sir ko‘rsatadi. Ulardan asosiylari quyidagilar:

a) Tuproq namligi. O‘simlik nam tuproqli joylarda yaxshi rivojlanadi. Namlik yetarli bo‘lgan sharoitda ildizpoyaning rivojlanishi tezlashadi. Neytral yoki kuchsiz kislotali tuproqlar ilon taronning rivojlanishi uchun qulay hisoblanadi.

b) Harorat. Mo‘tadil harorat sharoitida vegetatsiya jarayoni faol kechadi.

c) Yorug‘lik. O‘simlik yorug‘ joylarni yaxshi ko‘radi, ammo yarim soyali sharoitda ham o‘sishi mumkin.

d) Tuproq tarkibi. Oziqa moddalarga boy tuproqlarda o‘simlikning o‘sishi va ko‘payishi yanada yaxshilanadi.

Mineral tarkibi. *B. elliptica* o‘simligining makro va mikroelement tarkibi IBP-OES usuli bilan tahlil qilindi. O‘simlikning ildiz qismida ja’mi11

ISSN 3030-3907

elementning sifat va miqdor tarkibi o‘rganildi. Ildiz qismida 16 ta elementning miqdori aniqlandi (2-jadval). Aniqlangan makro va mikroelementlarning umumiy miqdori 24197 mg/kg ni tashkil etdi.

2-jadval

B. elliptica o‘simligining makro va mikroelement tarkibi (mg/kg)

Element belgisi	**Element nomi**	**Gurhi**	**Namunadagi miqdori (mg/kg)**	**Holati / Izoh**
K	Kaliy	Makroelement	3948	Yuqori ko‘rsatkich
Al	Alyuminiy	Makro/Toksik	2910	Yuqori ko‘rsatkich
Fe	Temir	Mikroelement	48.09	Aniq miqdorda
Mn	Marganes	Mikroelement	41.02	Aniq miqdorda
Ba	Bariy	Mikroelement	38.19	Aniq miqdorda
Sr	Stronsiy	Mikroelement	18.18	Aniq miqdorda
Zn	Rux	Mikroelement	13.41	Aniq miqdorda
Cu	Mis	Mikroelement	8.134	Aniq miqdorda
Ni	Nikel	Mikroelement	0.3428	Kam miqdorda
Hg	Simob	Toksik mikroelement	0.0186	Juda kam miqdorda

XULOSA.

Tadqiqot natijasida Bistorta elliptica (Willd. ex Spreng.) V.V. Petrovsky, D.F. Murray & Elven turining taksonomik o‘rni, botanik tavsifi, tarqalish areali va ko‘payish xususiyatlari yoritildi. O‘simlikning subarktik va mo‘tadil iqlim mintaqalariga moslashganligi hamda vegetativ ko‘payishning ustunligi aniqlandi.

ICP-OES usuli yordamida o‘simlik ildiz qismidagi makro va mikroelementlar tarkibi tahlil qilinib, kaliy va alyuminiy asosiy elementlar sifatida yuqori miqdorda to‘planishi, shuningdek temir, marganes, bariy, stronsiy, rux va mis kabi elementlarning mavjudligi aniqlandi. Olingan natijalar Bistorta elliptica turining farmakognozik tavsifini to‘ldiradi hamda ushbu o‘simlikning

ISSN 3030-3907

biologik faol va mineral moddalarga boy istiqbolli tabiiy manba ekanligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Royal Botanic Gardens, Kew. *Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V. Petrovsky, D.F. Murray & Elven // Plants of the World Online (POWO). – URL: https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:77099605-1
2. Petrovsky, V. V., Murray, D. F., & Elven, R. (2008). *Bistorta elliptica*. Pan-Arctic Flora: Vascular Plants. Institutional Repository.
3. Vysochina, G. I. (2014). Phenolic compounds of plants of the genus *Bistorta* (Polygonaceae) of the Siberian flora. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, (4), 115–122.
4. Gallo, M. B., & Saracha, M. (2019). Biological activities and phytochemical profile of *Bistorta* species: A review. *Phytotherapy Research*, 33(7), 1722-1738.
5. Chernonosov, A. A., Vysochina, G. I., & Glupov, V. V. (2017). Determination of phenolic compounds in *Bistorta* species by high-performance liquid chromatography. *Journal of Analytical Chemistry*, 72(8), 890–896.
6. Klimes, L., & Klimesova, J. (1997). Regeneration of *Bistorta* from rhizome fragments. *Folia Geobotanica*, 32(1), 63-78.

UCH O‘LCHAMLI NILPOTENT ALGEBRANING LOKAL VA IKKI LOKAL DIFFERENSIALLASHI

Boydadayev Islomjon G‘anijon o‘g‘li
University of Business and Science, “Innovatsion texnologiyalar” kafedrasi o‘qituvchisi
E-mail: boydadayevislomjon06@gmail.com
Tel: 93 496 51 97

Annotatsiya. Differensiallash matematikaning fundamental tushunchalaridan biri hisoblanadi. Differensiallashlar algebra fanida ham muhim o‘rin tutadi. Differensiallashlarning turli umumlashmalari mavjud. Bular sarasiga antidifferensiallashlar, δ-differensiallashlar, ternar differensiallashlar va (α,β,γ)-differensiallashlar kiradi. Ushbu ishda uch o‘lchamli nilpotent algebralarning differensiallashi lokal va ikki lokal differensiallashi isboti bilan ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: Differensiallash, Algebra, lokal differensiallash va ikki lokal differensiallash, chiziqli akslatirish.

Аннотатция. Дифференциация — одно из фундаментальных понятий математики. Дифференциации также играют важную роль в алгебре. Существуют различные обобщения дифференциаций. К ним относятся антидифференциации, δ-дифференциации, тернарные дифференциации и (α,β,γ)-дифференциации. В данной работе дифференциация трехмерных нильпотентных алгебр демонстрируется путем доказательства локальной дифференциации.

Ключевые слова: Дифференциация, алгебра, локальное дифференцирование, линейное отображение.

Abstract. Differentiation is one of the fundamental concepts of mathematics. Differentiations also play an important role in algebra. There are various generalizations of differentiations. These include antidifferentiations, δ-differentiations, ternary differentiations, and (α,β,γ)-differentiations. In this work, the differentiation of three-dimensional nilpotent algebras is shown by proving local differentiation.

Keywords: Differentiation, Algebra, local differentiation, linear mapping.

I. KIRISH.

1-§. Masalaning qo‘yilishi

Hozirgi kunda jahonda differensiyalashlar nazariyasi bilan bir qatorda, operator algebralarida lokal va 2-lokal differensiyalashlar nazariyasi ham muhim hisoblanadi. So‘ngi 20 yil davomida fon Neyman algebralari C^*- algebralari va JB^*- uchliklarda lokal va 2- lokal differensiallashlar nazariyasini o‘rganish bo‘yicha samarali natijalarga erishildi. Lokal differensiallashlarni o‘rganish 1990-yilda R.B.Kadison va D.R.Larson hamda A.S.Sururlar tomonidan boshlangan.

ISSN 3030-3907

Ixtiyoriy uch o‘lchamli nilpotent algebra bazislari $\{e_1, e_2, e_3\}$ bo‘lgan quyidagi o‘zaro izomorf bo‘lmagan algebralarning biriga izomorf bo‘ladi:

N_1: $e_1^2=e_2$,$e_2^2 = e_3$ N_2: $e_1^2 = e_2$, $e_2e_1 = e_3$, $e_2^2 = e_3$

N_3: $e_1^2 = e_2$, $e_2e_1 = e_3$ $N_4(\alpha)$: $e_1^2 = e_2$, $e_1e_2 = e_3$, $e_2e_1 = \alpha e_3$

N_5: $e_1^2 = e_2$ N_6: $e_1^2 = e_3$, $e_2^2 = e_3$

N_7: $e_1e_2 = e_3$, $e_2e_1 = -e_3$ $N_8(\alpha)$: $e_1^2 = \alpha e_3$, $e_2e_1 = e_3$, $e_2^2 = e_3$

II.ADABIYOTLAR TAHLILI.

Differensiallashning ko‘plab umumlashmalari mavjud. Eng asosiy umumlashmasi bu lokal va 2-lokal umumlashmalari hisoblanadi. So‘ngi yillarda ko‘plab olimlar lokal va 2- lokal differensiallashlarga oid ko‘plab maqolalar chop etishdi[1- 3]

Quyida biz to‘rt o‘lchamli nilpotent algebralarning lokal va ikki lokal differensiallashini keltiramiz.

1-Ta’rif. Agar d: L → L chiziqli akslantirish F maydonda berilgan L algebaradan olingan ixtiyoriy x,y elementlar uchun quyidagi shartni qanoatlantirsa

$$d(xy) = d(x)y + xd(y)$$

U holda, akslantirish L algebrada differensiallash deb ataladi.

$$d(x) = Ax$$

chiziqli akslantirishni qaraylik, buyerda $A-n\times n$ o‘lchamli kvadrat matritsa. Ravshanki, agar L algebradan olingan ixtiyoriy x, y elemenlar uchun

$$A(xy) = (Ax)y + x(Ay) \qquad (1)$$

tenglik bajarilsa $d(x) = Ax$ akslantirish qaralayotgan L algebrada differensiallashdan iborat bo‘ladi.

Endi esa lokal differensiallash tushunchasini keltiramiz.

2-Ta’rif. *L algebra bo‘lib undagi xar bir $x \in L$ element uchun $\Delta(x) = D_x(x)$ shartni qanoatlantiruvchi $D_x: L \to L$ differesiallash mavjud bo‘lsa, u holda $\Delta: L \to L$ chiziqli akslantirish lokal differensiallash deb ataladi.*

3-Ta’rif. *L algebra bo‘lib undagi har bir $x \in L$ element uchun $\Delta(x) = D_x(x)$ shartni qanoatlantiruvchi $D_x: L \to L$ differesiallash mavjud bo‘lsa, u holda $\Delta: L \to L$ chiziqli akslantirish lokal differensiallash deb ataladi.*

N_2 algebraning differensiallashini biz yuqorida 2.2-§ ishda ko‘rib o‘tganmiz

$$\mathrm{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{3,1} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

bu yerda quyidagi belgilashni kiritamiz

$a_{3,1} = \alpha$, u holda A matritsa bunday ko‘rinishga o‘tadi.

ISSN 3030-3907

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Quyidagi teoremada N_2 algebra uchun $\Delta: N_2 \to N_2$ akslantirishni qaraylik.

1-Teorema. N_2 algebraning har qanday chiziqli lokal differensiallashi differensiallashdan iborat.

Isbot. Δ ixtiyoriy lokal differensiallashi bo‘lsin. Barcha $x \in N_2$ uchun ta’rif bo‘yicha $\Delta(x) = D_x(x)$ differensiallashi mavjud.

1- teoremaga ko‘ra, D_x differensiallashi quyidagi matritsa ko‘rinishiga ega:

$$A_x = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \alpha_x & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Xususan $\Delta(e_1) = D_{e_1}e_1, \Delta(e_2) = D_{e_2}e_2,\ \Delta(e_3) = D_{e_3}e_3$ tengliklarni qanoatlantiruvchi $D_{e_1}, D_{e_2}, D_{e_3}$ matritsalar mavjud. A matritsani quyidagicha quraylik:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \alpha_{e_1} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Δ chiziqli bo`lgani uchun

$$\Delta(\mathrm{x} + \mathrm{y}) = \Delta(\mathrm{x}) + \Delta(\mathrm{y}), \quad \forall x, y \in N_1 \qquad (1)$$

tenglik o`rinli.

Bu tenglikka ko`ra

$$\Delta(\mathrm{e}_1 + \mathrm{e}_2) = \alpha_{\mathrm{e}_1 + e_2} e_1$$
$$\Delta(\mathrm{e}_1) + \Delta(\mathrm{e}_2) = \alpha_{\mathrm{e}_1} e_1$$

tengliklarga ega bo`lamiz. Bunda bazis elementlarining koeffitsientlarini taqqoslab,

biz quyidagilarga erishamiz:

$$\alpha_{\mathrm{e}_1 + e_2} = \alpha_{\mathrm{e}_1},$$

Bundan esa

$$\alpha_{\mathrm{e}_1 + e_2} = \alpha_{\mathrm{e}_1}$$

Shunday qilib, biz Δ lokal differensiallash quyidagi shaklga ega ekanligini bilib olamiz:

$$\Delta = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \alpha_{e_1} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Teorema isbotlandi.

2-Teorema. N_2 algebraning har bir 2-lokal differensiallashi differensiallashdir.

Isbot. Aytaylik ∇–bu N_2 ning ixtiyoriy 2-lokal differensiallashlari bo‘lsin.

U holda, 1-tarifga ko‘ra har bir $x \in \mathrm{N}_2$ element uchun,

ISSN 3030-3907

$$x = x_1 e_1 + x_2 e_2 + x_3 e_3,$$

α_{x,e_1}, shunday elelemt mavjudki

$$A_{x,e_1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \alpha_{x,e_1} & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$\nabla(x) = A_{x,e_1}\bar{x}$, bu yerda $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)^T$–$x$ ga mos vektor va

$$\nabla(e_1) = A_{x,e_1}\overline{e_1} = (0,0,\alpha_{x,e_1})^T.$$

Tengliklar $\nabla(e_1) = A_{x,e_1}(e_1) = A_{y,e_1}(e_1)$ o‘rinli bo‘lgani uchun

$$\nabla(e_1) = (0,0,\alpha_{x,e_1})^T =$$
$$= (0,0,\alpha_{y,e_1})^T$$

N_2 dagi elementlarning har bir x, y juftligi uchun.

Shunday qilib,

$$\alpha_{x,e_1} = \alpha_{y,e_1}.$$

Shuning uchun

$$\nabla(x) = A_{y,e_1}\bar{x}$$

Har qanday $x \in N_2$uchun va $\nabla(x)$ matritsasi x ga bog‘liq emas.

Shunday qilib, 2-teoremaga ko‘ra, ∇ differensiallashdir.

Endi N_3 algebrani ko‘ramiz

3-Teorema. N_3 algebraning har bir 2-lokal differensiallashi differensiallashdir.

Isbot. Aytaylik ∇–bu N_3 ning ixtiyoriy 2-lokal differensiallashlari bo‘lsin.

U holda, 1-tarifga ko‘ra har bir $x \in N_3$ element uchun,

$$x = x_1 e_1 + x_2 e_2 + x_3 e_3,$$

$\alpha_{x,e_1}, \beta_{x,e_1}, \gamma_{x,e_1}$ shunday elelemt mavjudki

$$A_{x,e_1} = \begin{pmatrix} \alpha_{x,e_1} & 0 & 0 \\ \beta_{x,e_1} & 2\alpha_{x,e_1} & 0 \\ \gamma_{x,e_1} & \beta_{x,e_1} & 3\alpha_{x,e_1} \end{pmatrix},$$

$\nabla(x) = A_{x,e_1}\bar{x}$, bu yerda $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)^T$–$x$ ga mos vektor va

$$\nabla(e_1) = A_{x,e_1}\overline{e_1} = (\alpha_{x,e_1}, \beta_{x,e_1}, \gamma_{x,e_1})^T.$$

Tengliklar $\nabla(e_1) = A_{x,e_1}(e_1) = A_{y,e_1}(e_1)$ o‘rinli bo‘lgani uchun

$$\nabla(e_1) = (\alpha_{x,e_1}, \beta_{x,e_1}, \gamma_{x,e_1})^T = (\alpha_{y,e_1}, \beta_{y,e_1}, \gamma_{y,e_1})^T$$

N_3 dagi elementlarning har bir x, y juftligi uchun.

Shunday qilib,

$$\alpha_{x,e_1} = \alpha_{y,e_1}, \beta_{x,e_1} = \beta_{y,e_1}, \gamma_{x,e_1} = \gamma_{y,e_1}.$$

Shuning uchun

$$\nabla(x) = A_{y,e_1}\bar{x}$$

Har qanday $x \in N_3$uchun va $\nabla(x)$ matritsasi x ga bog‘liq emas.

ISSN 3030-3907

SHunday qilib, 3-teoremaga ko‘ra, ∇ differensiallashdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kadison R., Local derivations, Journal of Algebra, 130 (1990), 2, 494–509.
2. Semrl P., Local automorphisms and derivations on B(H), Proceedings of the American Mathematical Society, 125(1997), 2677–2680.
3. Sh.Ayupov, A.Khudoyberdiyev, B.Yusupov. Local and 2-Local Derivations of Solvable Leibniz Algebras. International Journal of Algebra and Computation. 30(06), (2020). 1185-1197
4. Islomjon B., Madyor Q. TABIIY FANLARDA MATEMATIKANI QO ‘LLANILISHI //Research and Publications. – 2024. – T. 1. – №. 1. – C. 350-352.
5. O‘G B. I. G. A. et al. UCH O‘LCHAMLI NILPOTENT ALGEBRANING DIFFERENSIALLASHI //Science and innovation. – 2024. – T. 3. – №. Special Issue 18. – C. 285-289.

ISSN 3030-3907

OCHIQ KONCHILIK ISHLARIDA BURG‘ILASH ISHLARINING SAMARADORLIGINI OSHIRUVCHI TEXNIK YECHIMLARNI ISHLAB CHIQISH

Xatamova Dilshoda Narmuratovna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Konchilik ishi kafedrasi professori t.f.d.
Asanov Anvar Toshmurot o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasi katta o‘qituvchisi
Sayfiddinov Asadbek Alisher o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Konchilik ishi kafedrasi magistranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada ochiq konchilik ishlarida skvajnalarni havo yordamida burg‘ilash jarayonining samaradorligini oshirishga qaratilgan texnik yechimlar tahlil qilingan. Burg‘ilash jarayonida tog‘ jinslarining mustahkamlik koeffitsiyenti, dolotoga beriladigan o‘q bo‘ylab yuklanish, aylanish chastotasi hamda tozalovchi havo harorati skvajna tubidagi haroratga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Skvajna tubida haroratning ortishi uch sharoshkali dolotaning tishlari va matritsasida yeyilish, deformatsiyalanish hamda qizish jarayonlarini jadallashtiradi. Natijada dolotaning chidamliligi pasayadi, burg‘ilashning mexanik tezligi kamayadi va skvajnani o‘tish uchun sarflanadigan vaqt ortadi. Tadqiqotda zaboy haroratini pasaytirish maqsadida tozalovchi havoning boshlang‘ich haroratini sun’iy ravishda kamaytirish va havo sarfini oshirish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatadiki, tozalovchi havoni manfiy haroratgacha sovitish skvajna tubidagi issiqlik yuklamasini kamaytiradi hamda dolotoning ishlash muddatini oshirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, qattiq tog‘ jinslarini burg‘ilashda sovitilgan havo qo‘llanilishi yuqori aylanish chastotasi va o‘qiy yuklanishning maqbul qiymatlarini tanlash imkonini beradi. Bu esa burg‘ilash jarayonining texnik-iqtisodiy samaradorligini oshirish, asbob yeyilishini kamaytirish va ochiq kon sharoitida burg‘ilash ishlarining barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: ochiq konchilik, burg‘ilash samaradorligi, zaboy harorati, tozalovchi havo, dolota chidamliligi, o‘q bo‘ylab yuklanish, aylanish chastotasi, texnik yechim.

Аннотация. В данной статье рассмотрены технические решения, направленные на повышение эффективности буровых работ при открытой разработке месторождений. Особое внимание уделено процессу бурения скважин с продувкой сжатым воздухом, при котором температура на забое существенно зависит от прочности горных пород, осевой нагрузки на

долото, частоты его вращения, температуры и расхода очищающего воздуха. Установлено, что повышение температуры на забое приводит к интенсивному износу зубьев и матрицы шарошечного долота, снижению его стойкости, уменьшению механической скорости бурения и увеличению времени проходки скважины. В работе проанализировано влияние искусственного охлаждения очищающего воздуха на температурный режим забоя и долговечность бурового инструмента. Показано, что снижение начальной температуры воздуха до отрицательных значений и увеличение его расхода позволяют уменьшить тепловую нагрузку в зоне разрушения горной породы. Это создает возможность выбора более рациональных параметров бурения, повышает стойкость долота и снижает вероятность аварийных ситуаций, связанных с перегревом бурового инструмента. Предложенный технический подход способствует повышению производительности буровых работ, сокращению затрат на замену долот и улучшению технико-экономических показателей открытых горных работ.

Ключевые слова: открытые горные работы, бурение скважин, забойная температура, очищающий воздух, стойкость долота, осевая нагрузка, частота вращения, техническое решение.

Abstract. This article discusses technical solutions aimed at improving the efficiency of drilling operations in open-pit mining. The study focuses on blast-hole drilling with compressed-air flushing, where the bottom-hole temperature is significantly affected by the rock strength coefficient, axial load on the bit, rotational speed, as well as the temperature and flow rate of the cleaning air. It is shown that an increase in bottom-hole temperature causes intensive wear of the teeth and matrix of the roller-cone bit, reduces bit durability, decreases the mechanical drilling rate, and increases the total time required for drilling. The paper analyzes the effect of artificial cooling of the cleaning air on the thermal condition of the bottom hole and the service life of the drilling tool. The results indicate that reducing the initial air temperature to negative values and increasing the air flow rate make it possible to decrease the heat load in the rock destruction zone. This allows more rational drilling parameters to be selected, improves the durability of the bit, and reduces the risk of emergency situations caused by overheating of the drilling tool. The proposed technical approach contributes to increasing drilling productivity, reducing bit replacement costs, and improving the technical and economic performance of open-pit mining operations.

Keywords: open-pit mining, blast-hole drilling, bottom-hole temperature, cleaning air, bit durability, axial load, rotational speed, technical solution.

KIRISH.

Ochiq konchilik ishlarida foydali qazilmalarni qazib olish jarayoni burg‘ilash-portlatish ishlari bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, burg‘ilash jarayonining samaradorligi butun kon-texnologik tizimning unumdorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Burg‘ilash ishlarining sifati va tezligi portlatish ishlarining samaradorligini, tog‘ jinslarini maydalash darajasini, qazib olish texnikalarining ish unumini hamda kon korxonasining umumiy ishlab chiqarish ko‘rsatkichlarini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli ochiq konlarda skvajnalarni burg‘ilash jarayonini takomillashtirish, burg‘ilash uskunalarining ishonchliligini oshirish va tog‘ jinsini parchalovchi asboblarning xizmat muddatini uzaytirish muhim ilmiy-amaliy masalalardan biridir.

Hozirgi vaqtda ochiq kon sharoitida skvajnalarni havo yordamida burg‘ilash keng qo‘llaniladi. Ushbu usul burg‘ilash mahsulotlarini skvajna tubidan chiqarib tashlash, zaboyni tozalash va burg‘ilash jarayonining uzluksizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Biroq qattiq va mustahkam tog‘ jinslarini burg‘ilashda dolotoga beriladigan o‘q bo‘ylab yuklanish hamda aylanish chastotasining ortishi natijasida skvajna tubida harorat sezilarli darajada ko‘tariladi. Zaboy haroratining yuqori bo‘lishi dolota tishlarining yeyilishi, matritsa qismlarining deformatsiyalanishi va tog‘ jinsini parchalash qobiliyatining pasayishiga olib keladi. Natijada burg‘ilashning mexanik tezligi kamayadi, dolotani almashtirish soni ortadi va ishlab chiqarish xarajatlari ko‘payadi.

Burg‘ilash jarayonida dolotaning chidamliligi ko‘p jihatdan quduq tubidagi issiqlik holatiga bog‘liq. Ayniqsa, mustahkamlik koeffitsiyenti yuqori bo‘lgan tog‘ jinslarida burg‘ilash jarayonida issiqlik ajralishi kuchayadi. Bunday sharoitda burg‘ilash rejimi parametrlarini noto‘g‘ri tanlash dolotaning tez yeyilishiga, burg‘ilash jarayonida to‘xtalishlar sonining ortishiga va skvajnani burg‘ilash muddatining uzayishiga sabab bo‘ladi. Shu bois burg‘ilash samaradorligini oshirishda faqat aylanish chastotasi yoki o‘qiy yuklanishni oshirish yetarli emas. Aksincha, ushbu parametrlarni skvajna tubidagi harorat, havo sarfi va tozalovchi havo harorati bilan bog‘liq holda kompleks baholash talab etiladi.

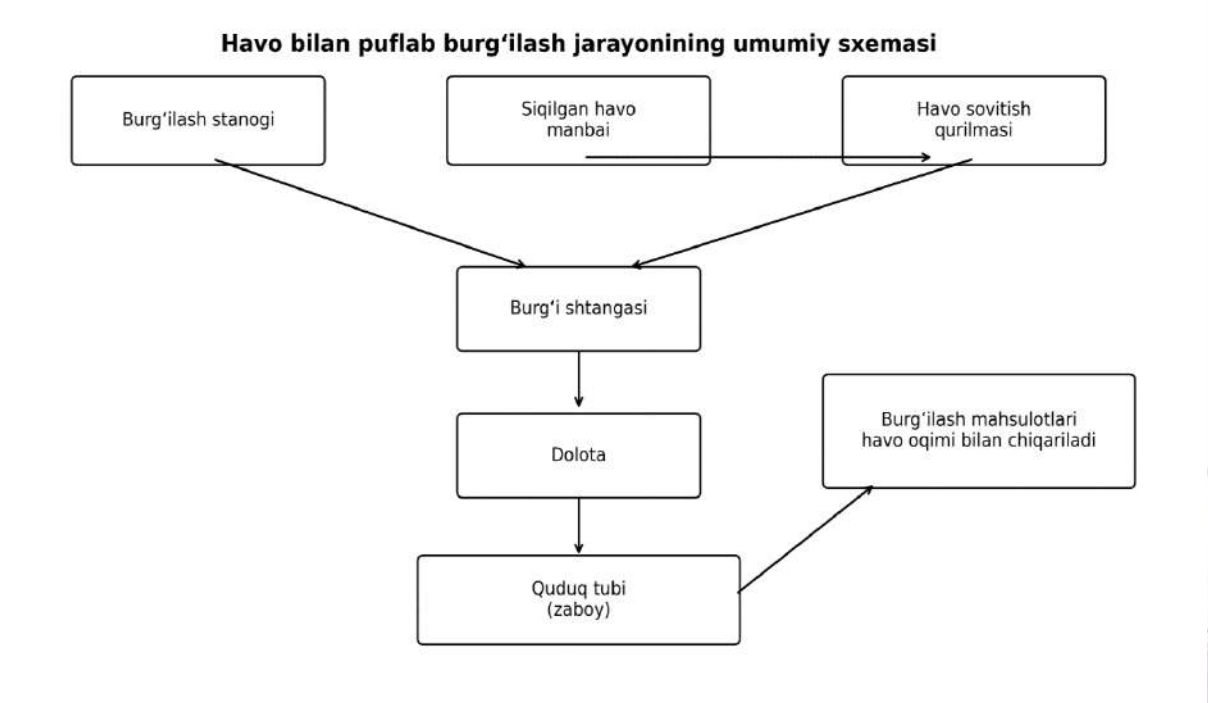
Tadqiqot natijalaridan ko‘rinadiki, tozalovchi havoning boshlang‘ich haroratini pasaytirish va uning sarfini oshirish zaboy haroratini kamaytirishga imkon beradi. Bu esa dolotaning qizib ketishini cheklaydi, uning yeyilishga chidamliligini oshiradi va burg‘ilash jarayonida maqbul texnologik rejimni tanlashga sharoit yaratadi. Xususan, tozalovchi havoni manfiy haroratgacha sun’iy sovitish orqali qattiq tog‘ jinslarida ham yuqori samaradorlikka ega burg‘ilash rejimini ta’minlash mumkin. Bunday texnik yondashuv dolotaning xizmat muddatini uzaytirish bilan birga, burg‘ilash ishlarining uzluksizligi va iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Mazkur maqolaning maqsadi ochiq konchilik ishlarida havo yordamida burg‘ilash jarayonida skvajna tubidagi haroratning dolota chidamliligi va burg‘ilash samaradorligiga ta’sirini tahlil qilish hamda tozalovchi havoni sovitish asosida burg‘ilash jarayonini takomillashtirishga qaratilgan texnik yechimlarni asoslashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun burg‘ilash rejimi parametrlarining zaboy haroratiga ta’siri, dolotaning yeyilish xususiyatlari, havo harorati va havo sarfining texnologik jarayonga ta’siri hamda burg‘ilash samaradorligini oshirish imkoniyatlari o‘rganildi.

Shunday qilib, ochiq konchilik sharoitida burg‘ilash jarayonining samaradorligini oshirish dolotaning ishlash muddatini uzaytirish, quduq tubidagi issiqlik yuklamasini kamaytirish va burg‘ilash rejimi parametrlarini ilmiy asosda tanlash bilan chambarchas bog‘liqdir. Tozalovchi havoni sun’iy sovitish va havo sarfini optimallashtirishga asoslangan texnik yechimlar burg‘ilash jarayonida energiya va vaqt sarfini kamaytirish, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini pasaytirish hamda kon ishlarining umumiy samaradorligini oshirish uchun muhim amaliy ahamiyatga ega.

Ochiq konchilik sharoitida burg‘ilash jarayonining samaradorligini oshirish tog‘ jinsining mustahkamligi, burg‘ilash rejimi parametrlari, tozalovchi havo harorati va havo sarfini o‘zaro bog‘liq holda boshqarishni talab etadi. Mazkur omillar asosida burg‘ilash samaradorligini oshirishga qaratilgan texnik yechimlar ketma-ketligi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Ochiq konchilikda burg‘ilash samaradorligini oshirishga qaratilgan texnik yechimlar ketma-ketligi.

TADQIQOT METODIKASI.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot ochiq konchilik sharoitida skvajnalarni havo bilan burg‘ilash jarayonida dolotaning ish faoliyatiga ta’sir etuvchi asosiy texnologik omillarni aniqlashga qaratildi. Tadqiqotda burg‘ilash jarayonining samaradorligi skvajna tubidagi harorat, dolotaning chidamliligi, burg‘ilash rejimi parametrlari va tozalovchi havo ko‘rsatkichlari bilan bog‘liq holda baholandi.

Tajriba jarayonida asosiy o‘zgaruvchilar sifatida tog‘ jinsining mustahkamlik koeffitsiyenti, dolotoga beriladigan o‘q bo‘ylab yuklanish, dolotaning aylanish chastotasi, tozalovchi havoning boshlang‘ich harorati va havo sarfi qabul qilindi. O‘q bo‘ylab yuklanishning 7,5 kN, 10 kN va 12,5 kN qiymatlari, aylanish chastotasining esa 100, 150, 200, 250 va 300 ayl/min oralig‘idagi qiymatlari bo‘yicha burg‘ilash jarayonining issiqlik holati tahlil qilindi. Tozalovchi havo harorati manfiy qiymatlargacha pasaytirilgan holatda, havo sarfining oshishi skvajna tubidagi haroratga qanday ta’sir etishi o‘rganildi.

Tadqiqot metodikasida skvajna tubi haroratining dolota chidamliligiga ta’sirini aniqlash asosiy mezonlardan biri sifatida belgilandi. Burg‘ilash jarayonida dolotaning turg‘unligi uning tog‘ jinsini parchalash qobiliyati pasayishi, mexanik burg‘ilash tezligining kamayishi va dolota ishchi qismlarida yeyilish belgilarining kuchayishi orqali baholandi. Har bir burg‘ilash oralig‘i bo‘yicha burg‘ilashning mexanik tezligi va dolotaning ishlash muddati alohida qayd etildi.

Skvajna tubidagi haroratni bevosita o‘lchash murakkab bo‘lganligi sababli, tajriba natijalariga asoslangan grafik bog‘liqliklardan foydalanildi. Bunda tozalovchi havoning boshlang‘ich harorati va sarfi, dolotaning aylanish chastotasi hamda o‘qiy yuklanish qiymatlari asosida zaboy haroratining o‘zgarishi baholandi. Olingan natijalar diagramma va gistogrammalar ko‘rinishida umumlashtirildi.

Tadqiqot davomida dolotaning yeyilishi va deformatsiyalanish holatlari ham tahlil qilindi. Ayniqsa, uch sharoshkali dolotaning tishlari va matritsa qismlarida yuqori harorat ta’sirida yuzaga keladigan qizish, silliqlanish, yemirilish va shakl o‘zgarishlari burg‘ilash samaradorligini pasaytiruvchi asosiy omillar sifatida ko‘rib chiqildi. Shu asosda tozalovchi havoni sun’iy sovitish va uning sarfini oshirish orqali quduq tubidagi haroratni kamaytirish imkoniyatlari baholandi.

Tadqiqot davomida havo bilan puflab burg‘ilash jarayonida skvajna tubidagi haroratga ta’sir etuvchi asosiy texnologik omillar aniqlab olindi. Ushbu omillar burg‘ilash rejimining tanlanishi, dolotaning ishlash sharoiti va uning chidamliligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Burg‘ilash jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy texnologik omillar 1-jadvalda keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Burg‘ilash jarayonida skvajna tubi haroratiga ta’sir etuvchi asosiy texnologik omillar.

№	Texnologik omil	O‘zgarish holati	Burg‘ilash jarayoniga ta’siri	Kutiladigan natija
1	Tog‘ jinsining mustahkamlik koeffitsiyenti	Mustahkamlik oshadi	Dolotaga qarshilik kuchayadi, issiqlik ajralishi ortadi	Zaboy harorati ko‘tariladi, dolota tez yeyiladi
2	O‘q bo‘ylab yuklanish	7,5 kN dan 10–12,5 kN gacha oshadi	Tog‘ jinsini parchalash kuchayadi, lekin ishqalanish ortadi	Dolota tishlarida qizish va deformatsiya kuchayadi
3	Dolotaning aylanish chastotasi	100–300 ayl/min oralig‘ida oshadi	Mexanik tezlik ortishi mumkin, ammo issiqlik ajralishi ko‘payadi	Yuqori aylanishlarda dolota chidamliligi pasayadi
4	Tozalovchi havo harorati	Manfiy qiymatlargacha pasayadi	Zaboy zonasidagi issiqlik kamayadi	Dolota qizib ketishi sekinlashadi
5	Havo sarfi	0,11–0,17 kg/s oralig‘ida oshadi	Skvajna tubidan issiqlik va burg‘ilash mahsulotlari tezroq chiqariladi	Burg‘ilash barqarorligi va dolota chidamliligi oshadi
6	Dolota chidamliligi	Haroratga bog‘liq holda o‘zgaradi	Yuqori haroratda tishlar va matritsa yemiriladi	Burg‘ilash tannarxi va to‘xtashlar soni ortadi

1-jadvaldan ko‘rinadiki, skvajna tubidagi harorat faqat bitta omilga emas, balki tog‘ jinsining mustahkamligi, o‘qiy yuklanish, aylanish chastotasi, tozalovchi havo harorati va havo sarfining o‘zaro ta’siriga bog‘liq. Shu sababli burg‘ilash samaradorligini oshirishda mazkur parametrlarni alohida emas, balki yagona texnologik tizim sifatida baholash maqsadga muvofiqdir.

ISSN 3030-3907

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, skvajnalarni havo bilan puflab burg‘ilashda skvajna tubidagi harorat burg‘ilash rejimi parametrlariga bevosita bog‘liq. Dolotaga beriladigan o‘q bo‘ylab yuklanish va aylanish chastotasi ortishi bilan tog‘ jinsini parchalash zonasida issiqlik ajralishi kuchayadi. Bu esa zaboy haroratining oshishiga, dolota tishlari va matritsa qismlarining jadal yeyilishiga, natijada dolota chidamliligining kamayishiga olib keladi.

Tog‘ jinsining mustahkamlik koeffitsiyenti ortgan sari burg‘ilash jarayoni yanada murakkablashadi. Qattiq tog‘ jinslarida yuqori aylanish chastotasi va katta o‘qiy yuklanish bilan ishlash skvajna tubida haroratning keskin ko‘tarilishiga sabab bo‘ladi. Bunday holatda dolotaning ishchi qismlarida kuyish, deformatsiyalanish va silliqlanish jarayonlari tezlashadi. Natijada burg‘ilashning mexanik tezligi pasayadi, dolotani almashtirish zarurati ortadi va skvajnani burg‘ilashga ketadigan vaqt ko‘payadi.

Tajriba natijalarida tozalovchi havoning boshlang‘ich haroratini pasaytirish va havo sarfini oshirish skvajna tubidagi haroratni kamaytirishi aniqlandi. Masalan, tozalovchi havo manfiy haroratgacha sovitilganda zaboydagi issiqlik yuklamasi pasayadi va dolotaning turg‘unligi ortadi. Bu holat, ayniqsa, mustahkamlik koeffitsiyenti yuqori bo‘lgan tog‘ jinslarini burg‘ilashda muhim ahamiyatga ega. Chunki bunday sharoitda oddiy havo bilan burg‘ilashda dolota tez qizib ketadi va o‘z ish qobiliyatini qisqa muddatda yo‘qotadi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, tozalovchi havo haroratining pasaytirilishi dolotaning xizmat muddatini oshirishga imkon beradi. Aylanish chastotasi 250–300 ayl/min gacha oshirilganda burg‘ilash tezligi ortishi mumkin, biroq skvajna tubidagi harorat ham sezilarli ko‘tariladi. Shu sababli yuqori aylanish chastotasidan foydalanish faqat tozalovchi havoning yetarli darajada sovitilishi va havo sarfining oshirilishi bilan birgalikda maqsadga muvofiq hisoblanadi. Aks holda dolotaning qizib ketishi, uning tishlarida kuyish va matritsa qismlarida deformatsiyalanish yuzaga keladi.

O‘q bo‘ylab yuklanishning oshishi ham dolota chidamliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. 7,5 kN yuklanishdagi burg‘ilash rejimlariga nisbatan 10 kN va 12,5 kN yuklanishlarda skvajna tubidagi harorat yuqoriroq bo‘lib, dolotaning yeyilish tezligi ortadi. Ayniqsa, katta o‘qiy yuklanish va yuqori aylanish chastotasi birgalikda qo‘llanganda zaboy harorati keskin ko‘tarilib, burg‘ilash asbobining muddatidan oldin ishdan chiqish xavfi paydo bo‘ladi. Bu esa mazkur parametrlarni alohida emas, balki kompleks tarzda tanlash zarurligini ko‘rsatadi.

Muhokama natijalari asosida shuni ta’kidlash mumkinki, ochiq konchilik sharoitida burg‘ilash samaradorligini oshirish uchun faqat mexanik tezlikni

ISSN 3030-3907

ko‘paytirishga intilish yetarli emas. Yuqori mexanik tezlik dolotaning qizib ketishi va tez yeyilishi hisobiga umumiy samaradorlikni pasaytirishi mumkin. Shuning uchun burg‘ilash rejimini tanlashda dolotaning chidamliligi, quduq tubidagi harorat, tozalovchi havo harorati va havo sarfi o‘rtasidagi bog‘liqlik hisobga olinishi lozim.

Tadqiqotlar natijasida tozalovchi havoni sun’iy sovitish burg‘ilash samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi muhim texnik yechim ekanligi asoslandi. Bunday yondashuv skvajna tubida haroratni pasaytiradi, dolotaning yeyilish jadalligini kamaytiradi, burg‘ilash jarayonida avariyaviy holatlar yuzaga kelish ehtimolini pasaytiradi va burg‘ilash ishlarining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi.

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tozalovchi havoning boshlang‘ich harorati va sarfi skvajna tubidagi issiqlik holatini boshqarishda muhim omil hisoblanadi. Havo haroratining pasayishi va sarfining ortishi zaboydagi issiqlik yuklamasini kamaytiradi hamda dolotaning ishlash muddatiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu bog‘liqlik 2-jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval.

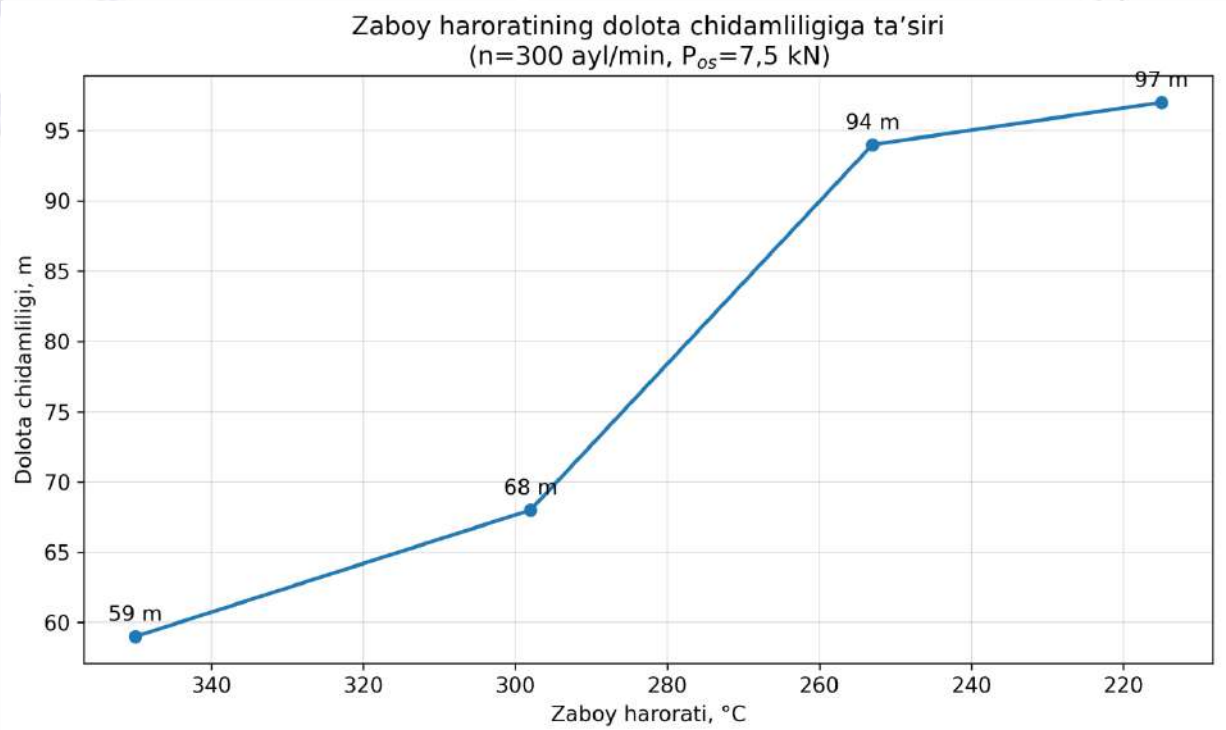
Tozalovchi havo harorati va havo sarfining zaboy harorati hamda dolota chidamliligiga ta’siri

Tozalovchi havo harorati, °C	Havo sarfi, kg/s	Zaboy haroratining o‘zgarishi	Dolota chidamliligiga ta’siri	Texnologik baho
-25	0,11	Zaboy harorati yuqori bo‘ladi	Dolota tez yeyiladi	Yuqori yuklama va katta aylanishlarda maqsadga muvofiq emas
-30	0,13	Harorat qisman pasayadi	Chidamlilik biroz ortadi	O‘rtacha rejimlar uchun qo‘llash mumkin
-35	0,15	Zaboy harorati sezilarli kamayadi	Dolota xizmat muddati ortadi	Qattiq tog‘ jinslarida samarali
-40	0,17	Issiqlik yuklamasi ancha kamayadi	Dolota chidamliligi yuqori bo‘ladi	Yuqori aylanish chastotasi va yuklamalarda eng maqbul variantlardan biri

ISSN 3030-3907

2-jadvaldan ko‘rinadiki, tozalovchi havo harorati -25°C bo‘lganda va havo sarfi past qiymatda saqlanganda zaboy harorati yuqori bo‘lib qoladi. Bu holat dolotaning tez yeyilishiga sabab bo‘ladi. Havo harorati -35°C va -40°C gacha pasaytirilganda hamda havo sarfi oshirilganda skvajna tubidagi harorat kamayadi. Natijada dolotaning qizib ketishi cheklanadi va uning chidamliligi ortadi.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, zaboy harorati oshgan sari dolotaning chidamliligi kamayadi. Aksincha, tozalovchi havo harorati pasaytirilganda quduq tubidagi issiqlik yuklamasi kamayib, dolotaning ishlash muddati ortadi. Ushbu bog‘liqlik 2-rasmda keltirilgan.

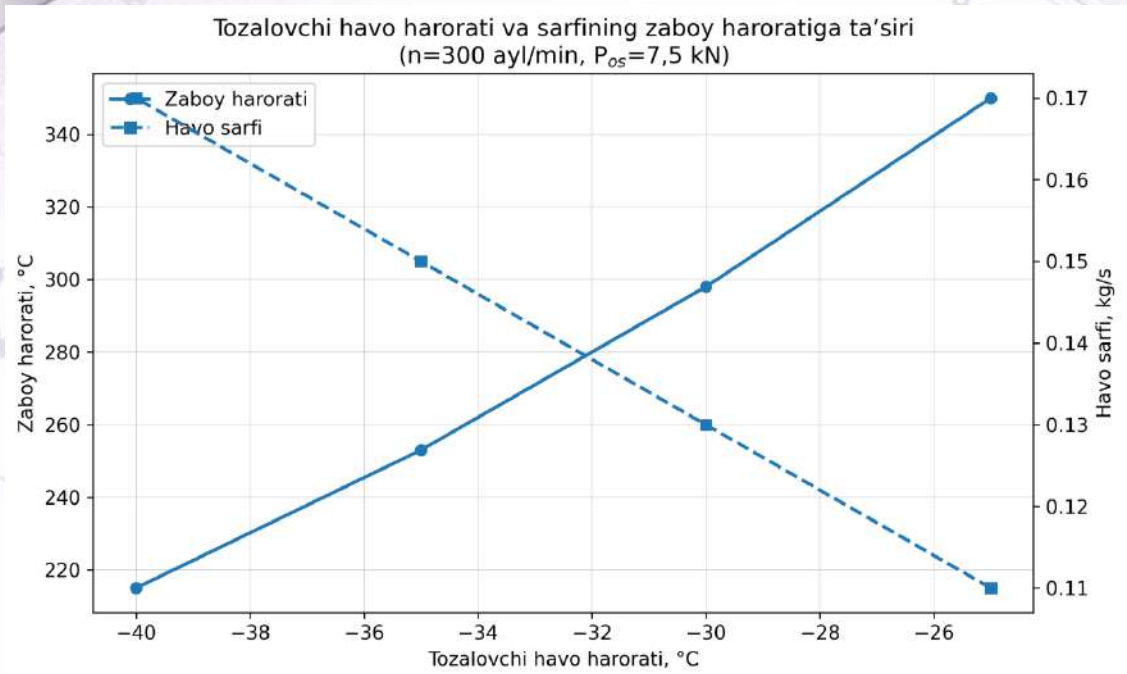


2-rasm. Zaboy haroratining dolota chidamliligiga ta’siri.

2-rasmdan ko‘rinadiki, zaboy haroratining yuqori qiymatlarida dolotaning chidamliligi keskin pasayadi. Harorat kamayishi bilan dolotaning ishlash muddati ortib boradi. Bu holat burg‘ilash jarayonida tozalovchi havoni sovitish va havo sarfini maqbul tanlash zarurligini ko‘rsatadi.

Zaboy haroratini kamaytirishning asosiy texnik yo‘llaridan biri tozalovchi havo haroratini pasaytirish va uning sarfini oshirish hisoblanadi. Tajriba natijalariga ko‘ra, tozalovchi havo sovitilganda skvajna tubidagi issiqlik yuklamasi kamayadi. Ushbu bog‘liqlik 3-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Tozalovchi havo harorati va havo sarfining zaboy haroratiga ta'siri.

3-rasmdan ko‘rinadiki, tozalovchi havo harorati -25°C dan -40°C gacha pasaytirilganda va havo sarfi 0,11 kg/s dan 0,17 kg/s gacha oshirilganda zaboy harorati sezilarli darajada kamayadi. Bu esa dolotaning qizib ketishini cheklash, uning xizmat muddatini uzaytirish va burg‘ilash jarayonining barqarorligini oshirish imkonini beradi.

XULOSA. Ochiq konchilik ishlarida skvajnalarni havo bilan puflab burg‘ilash jarayonini tahlil qilish natijasida burg‘ilash samaradorligi ko‘p jihatdan skvajna tubidagi harorat, dolotaning aylanish chastotasi, o‘q bo‘ylab yuklanish, tozalovchi havo harorati va havo sarfiga bog‘liq ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, dolotaga beriladigan yuklanish va aylanish chastotasi ortishi bilan zaboyda issiqlik ajralishi kuchayadi, bu esa dolotaning yeyilishi va ish qobiliyatining pasayishiga olib keladi.

Qattiq tog‘ jinslarini burg‘ilashda skvajna tubidagi haroratning yuqori bo‘lishi uch sharoshkali dolotaning tishlari va matritsa qismlarida qizish, deformatsiyalanish va yemirilish jarayonlarini tezlashtiradi. Natijada dolotaning chidamliligi kamayadi, burg‘ilashning mexanik tezligi pasayadi va skvajnani o‘tish uchun sarflanadigan vaqt ortadi. Shu sababli burg‘ilash rejimi parametrlarini tanlashda faqat aylanish chastotasi va o‘qiy yuklanishni oshirish emas, balki issiqlik holatini boshqarish ham muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqot natijalari asosida tozalovchi havoni sun’iy sovitish va havo sarfini oshirish skvajna tubidagi haroratni kamaytirishga xizmat qilishi aniqlandi. Tozalovchi havo haroratining manfiy qiymatlargacha pasaytirilishi dolotaning

ISSN 3030-3907

qizib ketishini cheklaydi, uning xizmat muddatini uzaytiradi va burg‘ilash jarayonida nisbatan samarali texnologik rejimni tanlash imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, ochiq konchilik sharoitida burg‘ilash ishlarining samaradorligini oshirish uchun quduq tubidagi issiqlik jarayonlarini boshqarishga asoslangan texnik yechimlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Tozalovchi havoni sovitish, havo sarfini optimallashtirish, o‘q bo‘ylab yuklanish va aylanish chastotasining maqbul qiymatlarini tanlash dolota chidamliligini oshirish, burg‘ilash vaqtini qisqartirish hamda ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi..

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hustrulid W. Blasting Principles for Open Pit Mining. Vol. 1: General Design Concepts. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. — 382 p.
2. Gokhale B.V. Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines. London: CRC Press, 2010. — 744 p.
3. Hartman H.L., Mutmansky J.M. Introductory Mining Engineering. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002. — 570 p.
4. Teale R. The concept of specific energy in rock drilling // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. 1965. Vol. 2. Issue 1. P. 57–73.
5. Abbaspour H., Drebenstedt C., Badroddin M., Maghaminik A. Optimized design of drilling and blasting operations in open pit mines under technical and economic uncertainties by system dynamic modelling // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. Issue 6. P. 839–848.
6. Sandvik Mining. Rotary Drilling Bits and Drill String Tools. Technical catalogue. Sandvik Mining and Construction, 2014.
7. Кутузов Б.Н. Буровзрывные работы. Москва: Недра, 1988. — 383 с.
8. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. Москва: Недра, 1985. — 509 с.

ISSN 3030-3907

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОИСКОВЫХ СКВАЖИН НА ПЛОЩАДИ ЯНГИ КОГОН НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ТРЁХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Нуралиев Фаррух Исроил угли
ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», инженер
E-mail: fnuraliyev29@gmail.com
Иргашева Одина Бону Илхомжон кизи
ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», стажёр-исследователь Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: odina.irgasheva@gmail.com
Абдуллаев Достонжон Розик угли
ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», старший научный сотрудник
E-mail: dostonjon.abdullayev9375858@mail.ru
Галиева Камиля Радиковна
ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», младший научный сотрудник
E-mail: kemili95@mail.ru
Ли Анастасия Вадиковна
ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», младший научный сотрудник
E-mail: anastasiyali2019@gmail.com
Ганиев Достонжон Орифжон угли
ГУ «Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений», инженер II кат.
E-mail: ganievdoston0804@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada Yangi Kogon maydonida izlov quduqlarini joylashtirish masalasi uch o‘lchamli (3D) geologik model qurish asosida geologik jihatdan asoslab berilgan. Burg‘ilash natijalari hamda quduq geofizik tadqiqotlari (GIS) ma’lumotlari hisobga olingan holda seysmikqidiruv ma’lumotlari talqin qilindi, bu esa hududning geologik tuzilishini aniqlashtirish imkonini berdi. Tuzilgan 3D strukturaviy model va geologik kesimlarda Yangi Kogon maydonining ikki gumbazli antiklinal strukturasi kuzatiladi. Olingan natijalar tahlili asosida uglevodorodga istiqbolli zonalar ajratildi hamda izlov quduqlarini joylashtirish uchun eng yaxshi nuqtalar belgilandi.

Kalit so‘zlar: 3D geologik modellashtirish, seysmikqidiruv, antiklinal struktura, maydon, yura yotqiziqlari, gorizont.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В статье обосновано размещение поисковых скважин на площади Янги Когон на основе построения трёхмерной геологической модели. Проведена интерпретация сейсморазведочных данных с учётом результатов бурения и геофизических исследований, что позволило уточнить геологическое строение территории. На построенной модели и геологическом профиле прослеживается двухкупольная антиклинальная структура Янги Когон. На основании анализа полученных результатов выделены перспективные зоны и определены оптимальные точки закладки поисковых скважин.

Ключевые слова: 3D моделирование, сейсморазведка, структура, площадь, юрские отложения, горизонт.

Abstract. This paper substantiates the placement of wildcat wells within the Yangi Kogon area based on integrated three-dimensional (3D) geological modeling. Seismic interpretation was carried out through the integration of drilling data and well logging (geophysical) data, which enabled refinement of the structural framework and subsurface geological architecture of the area. The developed 3D structural model and geological cross-sections reveal a double-domed anticline structure within the Yangi Kogon area, associated with Jurassic stratigraphic intervals. Based on structural–tectonic analysis and structural closure assessment, prospective hydrocarbon-bearing zones were delineated and optimal locations for wildcat drilling were determined.

Keywords: 3D geological modeling, seismic interpretation, anticline structure, structural closure, Jurassic strata, wildcat well.

ВВЕДЕНИЕ.

Построение трёхмерных геологических моделей в настоящее время является важным инструментом изучения строения земной коры и прогнозирования распределения полезных ископаемых. Такие модели позволяют объединять данные сейсморазведки, бурения и геофизических исследований, что обеспечивает более точное представление о геологической структуре территории. Использование трёхмерного моделирования повышает точность прогноза залегания горных пород и полезных ископаемых, помогает оптимально размещать поисковые скважины и снижать экономические и экологические риски при освоении месторождений. Кроме того, современные методы визуализации позволяют наглядно представлять сложные структурные элементы, такие как антиклинали, купола и разломы.

Авторами разработана трёхмерная геологическая модель площади Янги Когон и прилегающих территорий. На основе комплексного анализа имеющихся геолого-геофизических материалов выполнена оценка её

ISSN 3030-3907

перспективности, а также определены оптимальные точки заложения поисковых скважин №1 и №2 в пределах площади Янги Когон. [1]

В административном отношении структура Янги Когон расположена на территории Каганского района Бухарской области Республики Узбекистан, а в тектоническом отношении расположена в юго-западной части Каганского поднятия. (Рис.1).

Глубокое параметрическое и поисково-разведочное бурение на нефть и газ на Каганском поднятии начато еще в сороковых годах на месторождениях Караиз, Джаркак, Сарыташ, Караулбазар и др., где промышленная газоносность пластов-коллекторов связана в основном с меловыми и юрскими отложениями. [2]

В геологическом строении изучаемой территории принимают участие палеозойские, юрские, меловые, палеогеновые и неоген-четвертичные отложения осадочного чехла.

Каганское поднятие, на котором находится изучаемая структура Янги Когон, имеет вид обширного купола, слегка вытянутого в широтном направлении и осложненного концентрическими рядами антиклинальных складок. Размеры Каганского поднятия 70х50 км, с запада оно ограничивается Рометанским, севера - Карнабчульским; с юго-востока Ямбашинским прогибами, протяженностью 75 км при ширине всего 15 км.

Южная граница выражена Учбаш-Каршинской флексурно-разрывной зоной. Фундамент залегает на глубине от 500 до 1800 м. Наиболее приподнятой является Караизская антиклиналь, в своде которой отсутствуют юрские отложения. [3]

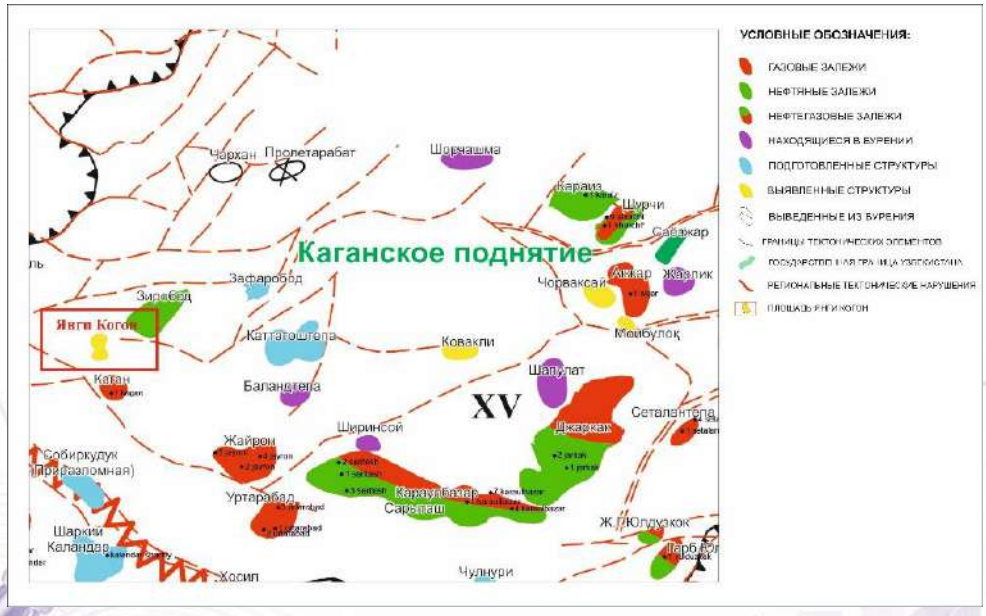


Рисунок 1 – Обзорно-тектоническая карта исследуемой территории

ISSN 3030-3907

Структура Янги Когон выявлена в результате сейсморазведочных работ МОГТ-2Д Хазарбогской сейсмопартией с/п 23/23-26. Структура подготовлена по двум отражающим горизонтам: по отражающему горизонту T_2, приуроченному к кровле XIII горизонта; по отражающему горизонту T_3, приуроченному к кровле верхних ангидритов. Структура представляет собой двухкупольную антиклинальную складку, субширотного простирания. Размеры южной складки: по ОГ T_2, по замкнутой изогипсе «-1025 м» составляют 4,5 х 3,0 км, амплитуда 50 м, площадь 9,5 кв.км.; по ОГ T_3, по замкнутой изогипсе «-1325 м» составляют 4,8 х 3,5 км, амплитуда 50 м, площадь 12,0 кв.км. Размеры северной складки: по ОГ T_2, по замкнутой изогипсе «-1000 м» составляют 4,6 х 2,1 км, амплитуда 50 м, площадь 7,7 кв.км.; ОГ T_3, по замкнутой изогипсе «-1300 м» составляют 4,7 х 2,5 км, амплитуда 50 м, площадь 9,4 кв.км. [4]

Ближайшими к изучаемой территории являются месторождения Каган и Зиробод. Геолого-геофизические материалы по данным месторождениям были детально проанализированы и использованы при построении трёхмерной геологической модели площади Янги Когон.

Следует отметить, что на месторождении Каган промышленная газоносность установлена в XV горизонте верхнеюрских отложений. Дебиты газа варьируют от 5,3 тыс. м³/сут (скв. № 2, штуцер диаметром 5 мм) до 142,3 тыс. м³/сут (скв. № 1, штуцер диаметром 12 мм). На месторождении Зиробод промышленная газоносность также приурочена к XV горизонту верхнеюрских отложений. Дебит газа по скв. № 1 составил 51 тыс. м³/сут при диаметре штуцера 7,5 мм.

В результате переинтерпретации сейсморазведочных материалов МОГТ-2Д [5] с привлечением данных бурения и испытания скважин, расположенных в пределах исследуемой территории, построены структурные карты по кровле XII и XV горизонтов. Полученные картографические построения послужили основой для формирования структурного каркаса. (рис. 2).

На базе сформированного каркаса разработана трёхмерная геологическая модель, результаты которой свидетельствуют о подтверждении ранее установленного структурного плана

Трёхмерная геологическая модель построена в программном комплексе Petrel с использованием данных сейсморазведки и бурения. В модели учтены структурные поверхности по кровле XII, XV и XVa горизонтов, а также по терригенной толще юры (Jтер) и палеозойским отложениям. Построение поверхностей выполнено на основе разбивок по скважинам с их последующей увязкой с сейсмическими данными.

ISSN 3030-3907

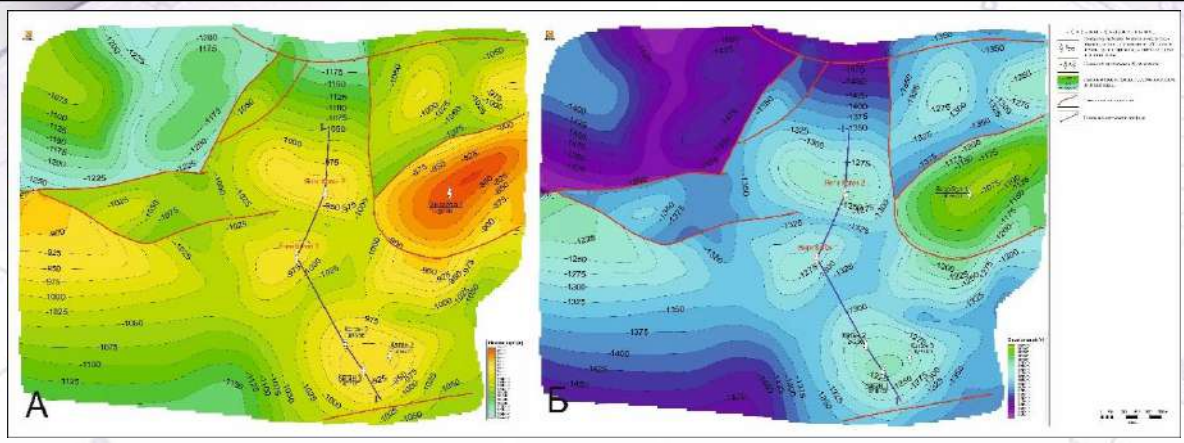


Рисунок 2 – Структурные карты по кровле XII (А) и XV (Б) горизонтов

Сформированная модель обеспечила целостное представление о строении разреза и пространственном положении основных стратиграфических комплексов в пределах структуры. (Рис.3).

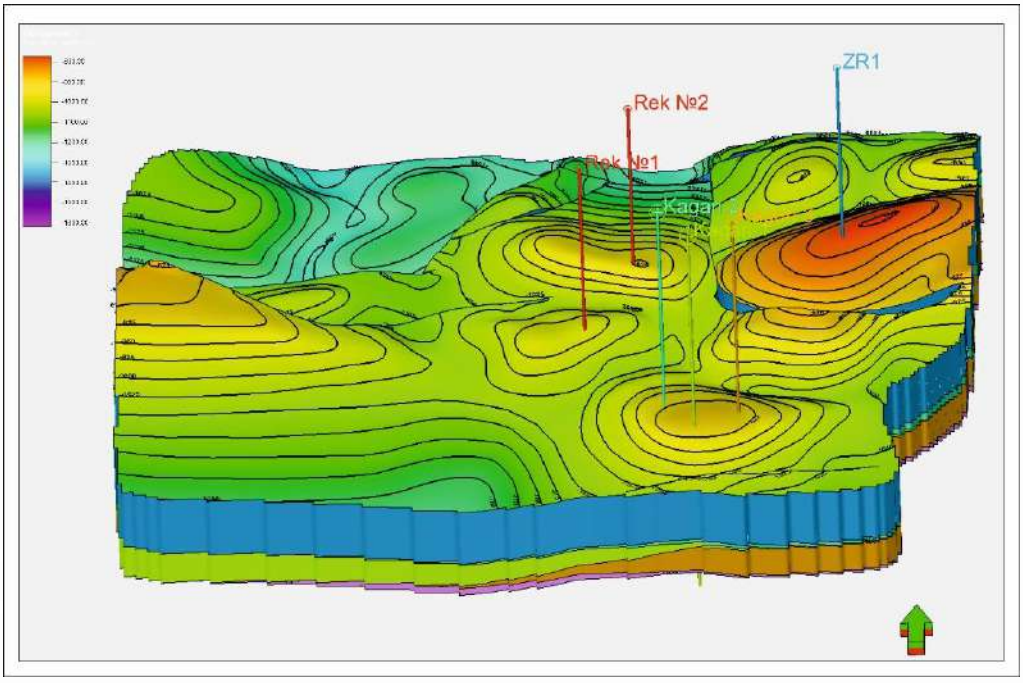


Рисунок 3 – Трёхмерная геологическая модель

На основании построенной трёхмерной модели выполнен геологический профиль по линии I–I. На профиле отображены скважины №1 и №2 месторождения Каган, рекомендуемые скважины №1 и №2 площади Янги Когон, а также скважина №1 месторождения Зиробод. Профиль показывает вертикальное строение разреза и последовательность стратиграфических горизонтов XII, XV, XVa, XVI, а также отложений терригенной юры (Jтер) и палеозоя. По профилю наглядно прослеживаются различия в мощности стратиграфических комплексов в пределах исследуемой территории.

ISSN 3030-3907

В районе скважин месторождения Каган верхнеюрские отложения характеризуются большей мощностью по сравнению с районом скважин площади Янги Когон. В то же время терригенные отложения имеют обратную закономерность: их мощность возрастает в районе скважин Янги Когон и уменьшается в районе месторождения Каган. Меловые отложения в целом выдержаны по мощности и существенных колебаний по профилю не демонстрируют.

Таким образом, выявленные различия позволяют предварительно оценить распределение пластов и особенности залегания продуктивных горизонтов. Однако детальная стратиграфическая разбивка и уточнение геологического строения в районе скважин Янги Когон возможны только после проведения буровых работ и получения фактических геолого-геофизических данных. Не исключено, что по результатам бурения существующая интерпретационная модель может быть скорректирована. (Рис.4).

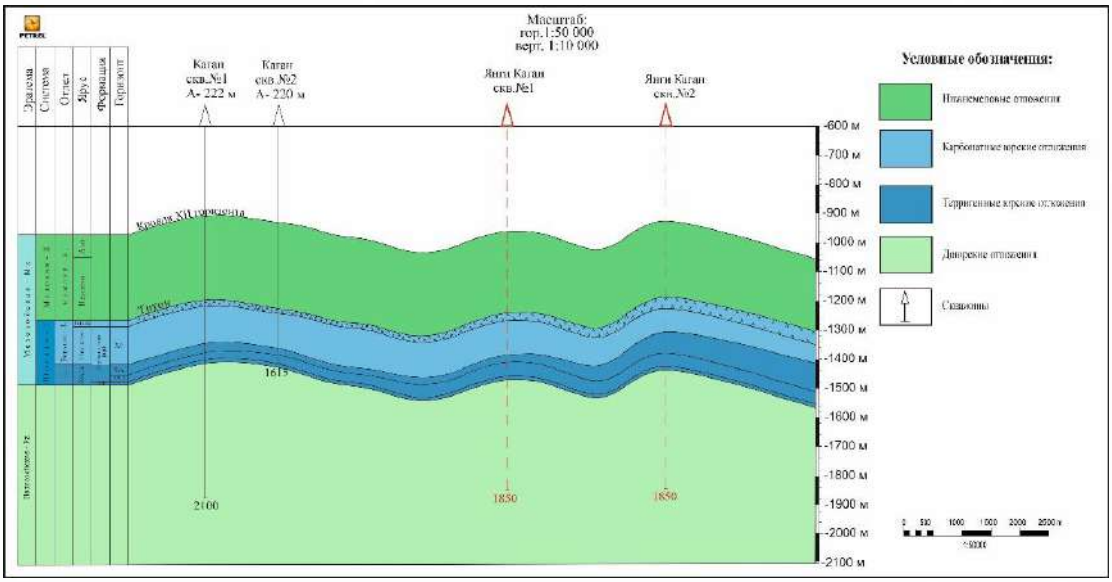


Рисунок 4 – Геологический профиль по линии I-I

Подводя итог, можно сделать вывод, что изучаемая структура Янги Когон находится в перспективной зоне с точки зрения поисково-разведочных работ. Промышленные залежи УВ на площади Янги Когон, по аналогии с близлежащими месторождениями, ожидаются в нижнемеловых и юрских отложениях. По результатам построенной трёхмерной модели, анализа геолого-геофизических данных и выполненных структурных карт выявлены оптимальные места заложения поисковых скважин №1 и №2, а также уточнены стратиграфическое строение и пространственное распределение пластов. Это позволяет обосновать дальнейшие работы по оценке газоносности и планированию поискового бурения на площади.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. // –М.: ООО «ИПЦ «Маска»», 2009. с. 375.
2. Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н., Эйдельнант Н.К. Месторождения нефти и газа Республики Узбекистан // – Ташкент, «Zamin Nashr», 2019. с. 820.
3. Абабков К.В. Построение карт геолого-геофизических параметров и геометризация залежей нефти и газа. // Учебное пособие. – Уфа: Нефтегазовое дело. с. 289.
4. Мамиров Ж.Р. «Создание электронной карты тектонического районирования нефтегазоносных регионов Республики Узбекистан», Фонды ГУ «ИГИРНИГМ», Фонды ГУ «ИГИРНИГМ», г.Ташкент, 2021г.
5. Кирилов А.С., Закревский К.Е. Практикум по сейсмической интерпретации в PETREL // – Москва-2014. с. 288.

ISSN 3030-3907

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN THE SYSTEM OF COMPENSATING MATERIAL AND MORAL DAMAGES CAUSED TO EMPLOYEES BY OCCUPATIONAL ACCIDENTS

Eshmukhamedov Latif Makhmayusufovich
Senior Lecturer at Karshi State Technical University
E-mail: latifbek95@gmail.com
Sadikov Akramjon Ro‘ziboyevich
Associate Professor of Karshi State Technical University
E-mail: Sadikov1902@gmail.com

Abstract. This article provides a comprehensive legal and practical analysis of the mechanisms for compensating damages caused to the life and health of employees due to occupational accidents. Within the framework of labor legislation, the conditions of employer liability, compensation frameworks, and the efficacy of the compulsory insurance system are critically examined. Furthermore, by evaluating the current legal foundations of the Republic of Uzbekistan in comparison with international standards, this study proposes actionable frameworks for digitalizing the compensation system and mitigating bureaucratic bottlenecks.

Keywords: Occupational injury, compensation for damages, recourse claim, employment contract, social protection, employer's liability.

Annotatsiya. Maqolada ishlab chiqarishdagi baxtsiz hodisalar oqibatida xodimlarning hayoti va sog‘lig‘iga yetkazilgan zararni qoplash mexanizmlarining kompleks huquqiy va amaliy tahlili taqdim etilgan. Mehnat qonunchiligi doirasida ish beruvchining javobgarlik shartlari, zararni qoplash tuzilmalari, shuningdek, majburiy sug‘urta tizimining samaradorligi tanqidiy ko‘rib chiqilgan. Bundan tashqari, O‘zbekiston Respublikasining amaldagi huquqiy asoslarini xalqaro standartlar bilan qiyoslagan holda baholash asosida, tadqiqotda kompensatsiya tizimini raqamlashtirish va byurokratiya to‘siqlarini kamaytirishning amaliy mexanizmlari taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: ishlab chiqarish jarohati, zararni qoplash, regressiv talab, mehnat shartnomasi, ijtimoiy himoya, ish beruvchi majburiyati.

Аннотация. В статье представлен комплексный правовой и практический анализ механизмов компенсации вреда, причиненного жизни и здоровью работников в результате несчастных случаев на производстве. В рамках трудового законодательства критически рассматриваются условия ответственности работодателя, структуры возмещения ущерба, а также эффективность системы обязательного страхования. Кроме того, на основе оценки действующих правовых основ Республики Узбекистан в сравнении с международными стандартами, в исследовании предлагаются

практические механизмы цифровизации системы компенсации и снижения уровня бюрократических барьеров.

Ключевые слова: производственный травматизм, возмещение ущерба, регрессное требование, трудовой договор, социальная защита, ответственность работодателя.

INTRODUCTION.

Against the backdrop of modern industrial expansion and increasingly complex technological processes, occupational accidents and diseases remain among the most pressing challenges within the global labor market. Human life, health, and dignity in the workplace fundamentally transcend any economic interests. The Constitution of the Republic of Uzbekistan explicitly guarantees that "everyone has the right to decent work, to free choice of profession and activity, and to favorable working conditions that meet safety and hygiene requirements." Grounded in this constitutional norm, ensuring occupational safety and hygiene standards constitutes a primary and mandatory obligation for employers. Nevertheless, statistical data indicate that hundreds of individuals in our republic sustain injuries or lose their lives due to workplace accidents each year [1]. This grim reality underscores the critical need to analyze and improve the mechanisms for fairly compensating the damages inflicted upon affected employees and their families.The objective of this study is to examine the mechanisms for compensating damages resulting from workplace accidents within the framework of labor legislation, identify legal and practical gaps in the existing system, and develop scientifically grounded recommendations to enhance the national framework in alignment with international standards.

RESEARCH METHODOLOGY.

This study utilizes a comprehensive methodological framework, integrating a systemic approach, comparative-legal analysis, and logical and statistical methods. The regulatory foundation of the research is grounded in the Labor Code of the Republic of Uzbekistan, the Law "On Occupational Safety," and relevant resolutions of the Cabinet of Ministers. Furthermore, to evaluate international legal standards, a comparative analysis method was applied to the International Labour Organization (ILO) Employment Injury Benefits Convention (No. 121), as well as the occupational safety models of advanced foreign nations, including Germany, the United States, and Japan.

RESULTS.

1. Legal Foundations of Compensation Payments in National Legislation. According to the legislation of the Republic of Uzbekistan, occupational accidents and professional diseases must undergo mandatory investigation and registration [2, 3]. In accordance with Article 352 of the Labor

ISSN 3030-3907

Code, ensuring safe working conditions is a strict obligation of the employer, and the employer is deemed liable for injuries sustained due to the non-fulfillment of this duty.

Under the current mechanism, the components of damage compensation are categorized into the following groups:

1. Temporary Disability: Pursuant to Article 291 of the Code, in addition to paying temporary disability benefits, the employer must cover all verified expenses incurred for the employee's medical, social, and professional rehabilitation, in an amount not less than the actual expenditures incurred [2].

2. Monthly Payments: These are paid monthly as a percentage of the employee's pre-injury average monthly wage, calculated in accordance with the degree of loss of professional capacity for work (based on the findings of the Medical-Labor Expert Commission – MLEC).

3. Lump-Sum Allowances:

- In the event of employee injury: Paid in the amount specified in the collective bargaining agreement, but not less than the employee's average annual wage.
- In the event of employee death: A one-time allowance is paid to the dependents of the deceased in an amount not less than six times their average annual wage.

Furthermore, the legislation stipulates that if gross negligence on the part of the victim is established, the compensation amount may be reduced in proportion to their degree of fault; however, this reduction cannot exceed 50 percent.

2. Comparative Analysis with International Standards

The ILO Employment Injury Benefits Convention (No. 121) defines progressive principles for the social protection of workers [9]. A comparative analysis of the core criteria between national legislation and the ILO Convention is presented in the table below:

Table 1.

Evaluation Criteria	**Legislation of the Republic of Uzbekistan [2, 11]**	**ILO Convention No. 121 Standards [9]**
Survivor's Benefit Amount (Loss of Breadwinner)	Calculated as a percentage directly proportional to the lost earnings.	Must constitute at least 60% of the monthly wage in the event of total disability.

ISSN 3030-3907

Survivor's Benefit Amount (Loss of Breadwinner)	A lump-sum payment of at least 6 times the annual wage + proportional shares for dependents.	Must be provided in the form of regular periodical payments equal to at least 50% of the monthly wage.
Dependence on Insurance Record	Independent of the record; the employer's liability is subject to compulsory insurance.	Independent of the record. The worker is entitled from day one, even if no contributions have been paid.
Long-Term Occupational Diseases	Compensated upon the diagnosis of an occupational disease, supported by MLEC conclusions.	Covered even if the latent damage manifests after decades (e.g., 20–50 years due to asbestos exposure).
Commuting Injuries (To and From Work)	Considered a material liability only if transported by the employer's vehicle.	Accidents occurring on the direct route between the residence and the workplace are equated to occupational accidents.

DISCUSSION

Examining international experience reveals that compensation systems in developed nations operate under distinct, well-established models:

- Germany: The occupational safety and insurance systems are comprehensively integrated. Specialized sectoral cooperatives (*Berufsgenossenschaften*) cover all medical expenses, thereby guaranteeing long-term financial stability.
- United States: The "Workers' Compensation" system functions through dedicated legal and insurance programs, where disputes are predominantly expedited via specialized judicial frameworks.
- Japan: The social insurance system is strictly regulated by the state, providing comprehensive medical and financial assistance to employees through an integrated approach.

Compared to these advanced frameworks, specific legal and institutional gaps become evident within Uzbekistan's current practice.

First, the mechanism for recognizing commuting accidents (whether occurring on private or public transport) as work-related is significantly narrower than ILO standards, as it is strictly limited to instances involving the employer's provided transport.

ISSN 3030-3907

Second, the legal algorithm for identifying long-term latent occupational diseases and allocating subsequent compensation remains underdeveloped.

Third, substantial bureaucratic hurdles persist in gathering the required documentation (e.g., invoices, official certificates) for compensation claims, which inherently delays the social protection of the affected employee.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS.

The analyses conducted in this study demonstrate that while a system for the social protection of employees exists within Uzbekistan's labor legislation, enhancing its practical efficiency remains an imperative demand of the contemporary era. Based on the findings of this research, the following recommendations are proposed:

1. Digitalization of Insurance Mechanisms: Fully digitalizing the system of compulsory employer civil liability insurance and establishing a unified electronic database integrated between the Medical-Labor Expert Commission (MLEC) and insurance companies to dramatically reduce paper-based red tape and bureaucracy.

2. Economic Incentivization of Employer Liability: Drawing on the experience of developed nations, implementing a dynamic insurance tariff system where premium rates are reduced for enterprises with low workplace accident rates, and conversely, increased for those with poor safety records.

3. Streamlining Compensation Procedures: Establishing strict, expedited timeframes for payment of benefits to affected employees and their families, and legally institutionalizing a mechanism to continuously index compensation amounts in correlation with inflation rates.

LIST OF REFERENCES

1. Labour Code of the Republic of Uzbekistan.
2. Law of the Republic of Uzbekistan on Labour Protection. // Collection of Legislation of the Republic of Uzbekistan – Tashkent: 2016.
3. International Labour Organization (ILO). Occupational Safety and Health Statistics and Reports.
4. ILO. Global Estimates of Work-Related Accidents and Diseases.
5. International Labour Organization (ILO). Safety and Health at Work reports and guidelines
6. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan No. 60 dated February 11, 2005, “On Approval of the Rules for Reimbursement of Damage Caused to Employees by Injury, Occupational Disease or Other Health Damage Related to the Performance of Their Labor Duties
7. A. Mark , P. Friend James Fundamentals of Occupational Safety and Health. Bernan Press. Germaniya, 2007

ISSN 3030-3907

8. Resolution No. 62 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated 8 February 2022
9. www.ziyo.edu.uz – Website of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan
10. www.ilo.org – Official website of the International Labour Organization
11. www.lex.uz

ISSN 3030-3907

SUV RESURSLARIDAN SANOAT MAQSADIDA FOYDALANISHNING SURXONDARYO VILOYATIDAGI HUDUDIY MUAMMOLARI VA YECHIMLARI

Abilov Elyor Ermamatovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti t.f.f.d (PhD), dotsent v.b.
E-mail: elyor.abilov.90@mail.ru
Tel: +99899-674-05-93
Usmonov Said Furqat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchi
Email: Jonsaid9708@gmail.com
Tel: +99891-903-00-55

Annotatsiya. Ushbu maqolada Surxondaryo viloyati tabiiy iqlimi bo‘yicha ma’lumotlar keltirib o‘tilgan. Hudud uchun yer usti va yer osti suv resurslari manbaalari, hajmi haqida batafsil yoritilgan. Shuningdek, viloyatning sanoati va uning rivojlanishi haqida ham to‘xtalib o‘tilgan. Sanoat maqsadida suv resurslaridan foydalanishdagi muammolar ushbu hudud uchun asoslab berilgan. Xulosa qismida ushbu muammolarga yechimlar taklif qilingan.

Kalit so‘zlar. Surxondaryo viloyati, sanoat korxonalari, suv resurslari, yer usti suvlari, daryolar, kanallar, suv omborlari, yer osti suvlari, suv quduqlari, quduq debiti.

Abstract. This article provides information on the natural climate of Surkhandarya region. The sources and volumes of surface and underground water resources for the region are described in detail. The industry of the region and its development are also discussed. The problems of using water resources for industrial purposes are substantiated for this region. In the conclusion, solutions to these problems are proposed.

Keywords: Surkhandarya region, industrial enterprises, water resources, surface water, rivers, canals, reservoirs, groundwater, water wells, well flow.

Аннотация. В данной статье представлена информация о природном климате Сурхандарьинской области. Подробно описаны источники и объемы поверхностных и подземных водных ресурсов региона. Также рассмотрена промышленность региона и ее развитие. Обоснованы проблемы использования водных ресурсов в промышленных целях для данного региона. В заключении предлагаются решения этих проблем.

Ключевые слова: Сурхандарьянская область, промышленные предприятия, водные ресурсы, поверхностные воды, реки, каналы, водохранилища, грунтовые воды, колодцы, дебит колодцев.

KIRISH.

Jahonda global iqlim isish natijasida suv resurslari taqchilligi yildan-yilga oshib bormoqda. Sanoat korxonalarida suv tejamkor texnologiyalarini qo‘llash, suv ta’minoti tizimlaridagi suv isrofining oldini olish, ulardan samarali foydalanish eng muhim masalalardan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda respublikamizda jumladan, Surxondaryo viloyatida xam sanoat korxonalari soni oshib bormoqda, ularning suv resurslari iste’mol ulushi ham sezilarli oshgan, ammo, mintaqada suv resurslari bilan bog‘liq muammolar tufayli ulardan sanoat maqsadida samarador foydalanish izchil ilmiy izlanishlar olib borishni talab qiladi.

ASOSIY QISM. So‘nggi o‘n yilliklarda ekologik tadqiqotlarning izchil rivojlanishi insoniyat uchun yerning biologik resurslaridan foydalanishga bo‘lgan dolzarb ehtiyojlari bilan bog‘liq bo‘lib, shaxarlarning rivojlanishi, sanoat va qishloq xo‘jaligining o‘sishi tufayli ba’zi hollarda suv resurslari ayanchli holatga kelib qolgan. Shu bilan birga, tobora ko‘proq intensiv ekspluatatsiya va ifloslanishga duchor bo‘lgan suv omborlari va suv oqimlarining hozirgi va kelajakdagi holatiga ekologik baho berish hamda suvning tabiiy holatini saqlash dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolmoqda.

O‘zbekistonning tog‘ va tog‘oldi hududlari orasida Surxondaryo viloyatining o‘rni alohidadir. Viloyat respublika hududlarining 5% ga yaqinini egallangani holda uning tog‘ va tog‘oldi hududlari mamlakatdagi shunday maydonning 14% ni tashkil etadi. Surxondaryo viloyati iqlimi nisbatan issiq hisoblanishi bilan ajralib turadi. Tekislik qismining iqlimi quruq subtropik. Yozi jazirama issiq va uzoq, qishi iliq va qisqa. Yillik o‘rtacha 16—18 ºC. Iyulning o‘rtacha temperaturasi 28—32ºC, yanvarniki 2,8—3,6 ºC. O‘zbekistonda eng issiq harorat ham shu viloyat hududida kuzatilgan (1914 y. 21 iyunda Termizda 49,5 ºC issiq bo‘lgan). Yil davomida bulutsiz kunlarning ko‘p bo‘lishi va quyosh nurining tik tushishi effektiv nurlar yig‘indisi yuqori bo‘lishiga olib keladi. 10 ºC dan yuqori quyoshli kunlar tekislik qismida 290-320 kun davom etadi.

Surxondaryo viloyatida yillik yog‘ingarchilik miqdori bir xil emas. Viloyatning janubiy tekisliklarida yiliga 130– 140 mm, Hisor tog‘lari yon bag‘irlarida 445–625 mm yog‘in yog‘adi. Yog‘inning asosiy qismi qish va bahorda tushadi. Surxondaryo To‘polondaryo bilan Qoratog‘ daryolarining qo‘shilishidan vujudga keladi. Amudaryogacha 196 km, shu masofada o‘ng tomondan Sangardak va Xo‘jaipok irmoqlarini qo‘shib oladi. Uning o‘rtacha yillik suv sarfi sekundiga 54,6 m^3, eng ko‘pi sekundiga 470 m^3, eng kami 5,7 m^3 [1]. Ushbu daryolarning vujudga kelishi turli nuqtalardan boshlanadi. Surxondaryo, asosan, qor-muzlarning erishidan to‘yinib, o‘rtacha ko‘p yillik suv sarfi Qorovultepa qishlog‘i yonida sekundiga 70,2 m^3 ni tashkil etadi, eng katta suv sarfi sekundiga 600 m^3, eng kami sekundiga 0,1 m^3 bo‘ladi. Yog‘ingarchilikda

ISSN 3030-3907

suvlari ko‘payib ketadi. Sheroboddaryo Boysun tog‘i va uning davomi hisoblangan Ko‘hitang tog‘ining sharqiy yonbag‘ridan boshlanuvchi Irg‘oyli va Qizilsoy daryolari qo‘shilishidan vujudga keladi. Uning uzunligi 186 km bo‘lib, o‘rtacha ko‘p yillik suv sarfi sekundiga 7,5 m^3 [2]. Surxondaryo viloyatida joylashgan asosiy yirik daryolar haqidagi ma’lumotlar 1- jadvalda ifodalangan. Shuningdek, hududda kanallari, kollektorlar va suv omborlari manvjud (ular haqidagi ma’lumotlar 2 va 3 – jadvallarda keltirib o‘tilgan).

1-jadval

Surxondaryo viloyatining asosiy yirik daryolarining gidrografik ko‘rsatkichlari

Daryolar	Irmoqlari	Uzunligi (km)	Suv to‘plash maydoni (km^2)	Nishabligi
Surxondaryo		175	13500	10
	To‘polondaryo	112	3080	19
	Sangardakdaryo	106	932	35
	Halqajar	91	765	48
	Xongaronsoy	82	491	92
	Oqqapchig‘ay	61	588	94
Sherobodaryo		117	2850	15
	Laylakonsoy	46	271	27
	Maydon	42	312	22
	Panjob	37	241	31
	Xo‘jao‘lkan	30	106	29

2-jadval

Surxondaryo viloyatining asosiy kanallari va kollektorlarining gidrografik ko‘rsatkichlari

T/R	Kanal, kollektorning nomi	Uzunligi (km)	Eng katta suv o‘tkazish qobilyati (m^3/sek)
1	Zang kanali	88	86
2	Sherobod kan.	62	80
3	Amu-Zang kan.	57	120
4	Hazarbog‘ kan.	54	80
5	Qumqo‘rg‘on kan.	53	30

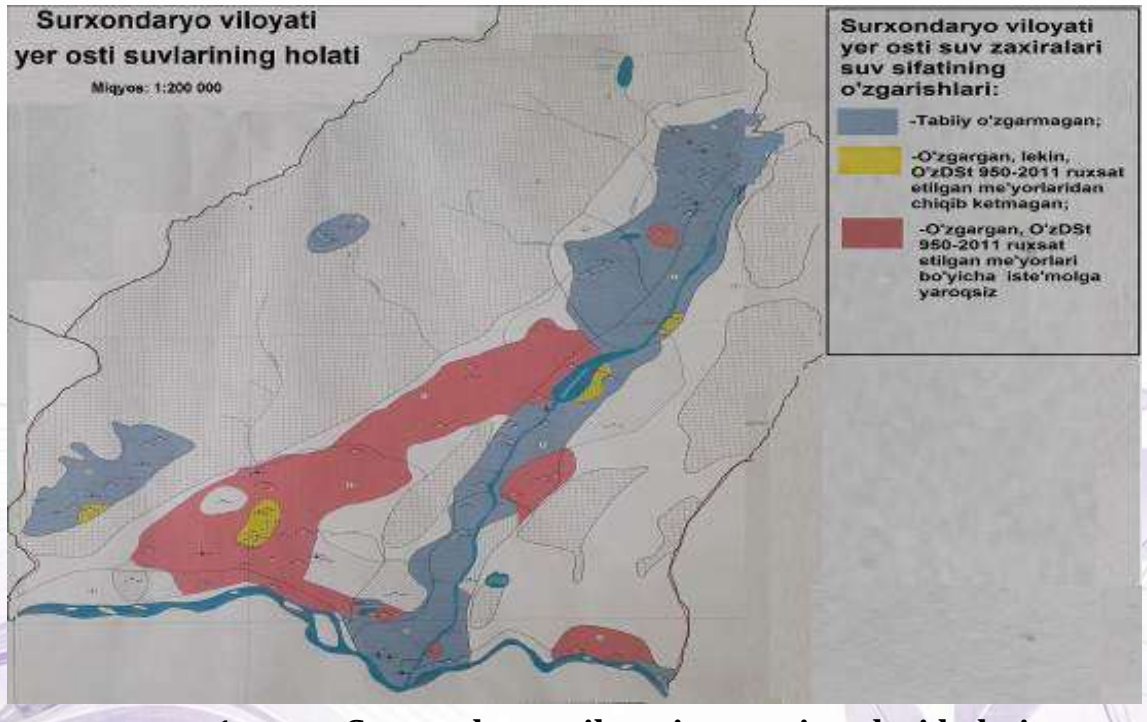
ISSN 3030-3907

3-jadval

Surxondaryo viloyati suv omborlari va ularning asosiy ko‘rsatkichlari

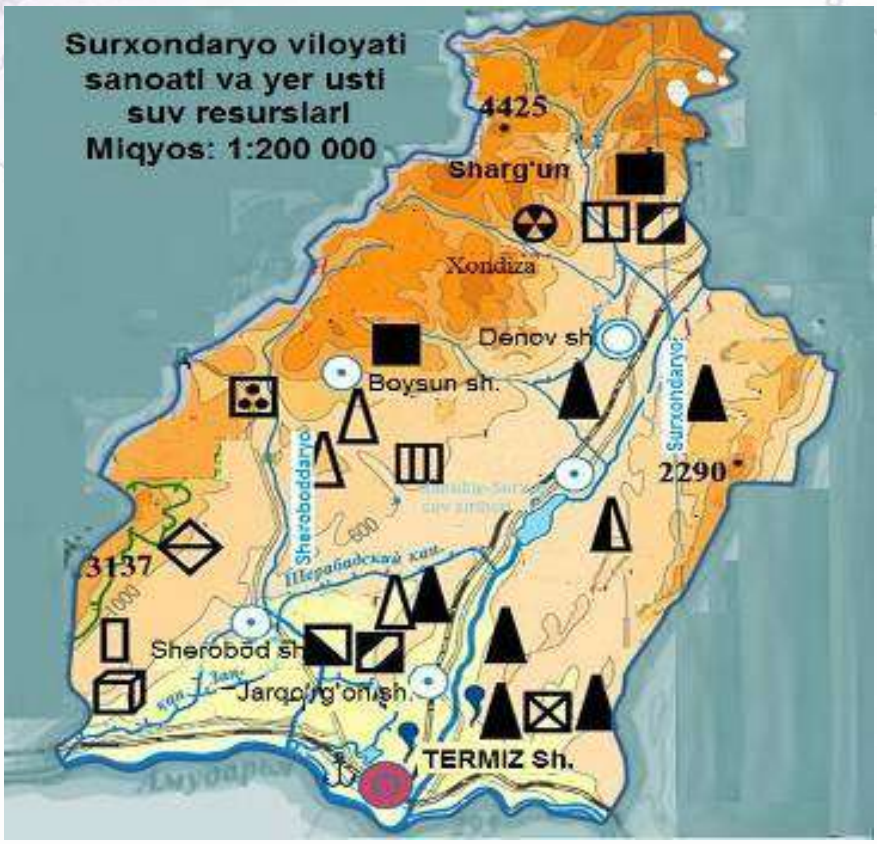
№	Suv ombori	Ishga tushgan yili	Suv sig‘imi, mln. m^3	Amaldagi suv sig‘imi, mln.m^3	To‘g‘on	
					Uzunligi, km	Balandligi, m
1	Janubiy Surxon	1967	800	503	5,2	30
2	To‘palang	1986	500	120	0,17	167
3	Uchqizil	1984	160	160	4	11,5
4	Oqtepa	1982	120	83	4,6	3
5	Degrez	1962	12,8	12,8	3,5	12,7

Surxondaryo viloyati asosiy suv manbaasi hisoblangan yer osti suvlari zaxiralariga to‘xtaladigan bo‘lsak. Yer osti suvlari tog‘ va tuproq jinslaridan filtrlanib yig‘iladi, hududda mavjud Omonxona tabiiy bulog‘i bunga misol bo‘la oladi. Yer osti suvlari har xil davr yotqiziqlari orasida uchraydi. Paleogen va neogen davri yotqiziqlari orasidagi 140-150 m chuqurlikdan chuchuk suv chiqadi. Bo‘r davri yotqiziqlari orasidagi 1000-2000 m chuqurlikdan chiquvchi mineral shifobaxsh suv harorati +60 +70°C ga yetadi. Surxondaryo viloyatida Shimoliy Surxondaryo, Janubiy Surxondaryo, Amudaryo, Tog‘li massivlar, Pashxo‘rt, Kofirinsoy yer osti chuchuk suv konlari mavjud.



1-rasm. Surxondaryo viloyati yer osti suvlari holati

ISSN 3030-3907



2-rasm. Surxondaryo viloyati asosiy yer usti suv resurslari va sanoatining joylashishi

Viloyat sanoatining yetakchi tarmoqlari: paxta tozalash, paxtani qayta ishlash korxonalaridir. Yirik sanoat korxonalari: “Surxonsement” AJ, OKMK AJ ga qarashli “Sherobod sement zavodi”, "Jarqo‘rg‘onneft" boshqarmasi, Sherobod keramika badiiy buyumlar, Denov yog‘ekstraksiya, Sariosiyo tosh saralash zavodlari, Sho‘rchi un kombinati, Jarqo‘rg‘on yigiruv-to‘quv va Termiz tikuvchilik fabrikalari, Sharg‘un ko‘mir, Xo‘jaikon tuz, Xondiza polimetal ruda konlari korxonalari va boshqalardan tarkib topgan [3]. Hududning yer osti suvlarining hozirgi holati 1-rasmda keltirib o‘tilgan. Viloyatning sanoatlashishi va yer usti suv zaxiralari 2-rasm tasvirlangan. Ushbu ma’lumotlarga asoslanib tahlil ishlarini bajarsak, quyidagi xulosalarga kelishimiz mumkin:

- yer usti suvlaridan Xondiza polimetall kombinati (Sangardak daryo), shuningdek, qurilish jarayonida bo‘lgan Angor tumanida joylashgan yiliga 12 mlrd kW*h elektr energiya ishlab chiqaruvchi issiqlik elektr stansiyasi foydalanish imkoniyati nisbatan yuqori va amalda ham ushbu suv resurslaridan foydalanilmoqda;
- “Surxonsement”, “Sherobod sement zavodi”, “Jarqo‘rg‘onneft” boshqarmasi, Sherobod keramika badiiy buyumlar, Sho‘rchi un kombinati, Jarqo‘rg‘on yigiruv-to‘quv va Termiz tikuvchilik fabrikalari, shuningdek, hozirda qurilish bosqichida bo‘lgan ”Mustaqillikning 25-yilligi” gazni qayta ishlash zavodlarida nisbatan yer osti suvlaridan foydalanishga majbur bo‘linmoqda [4];

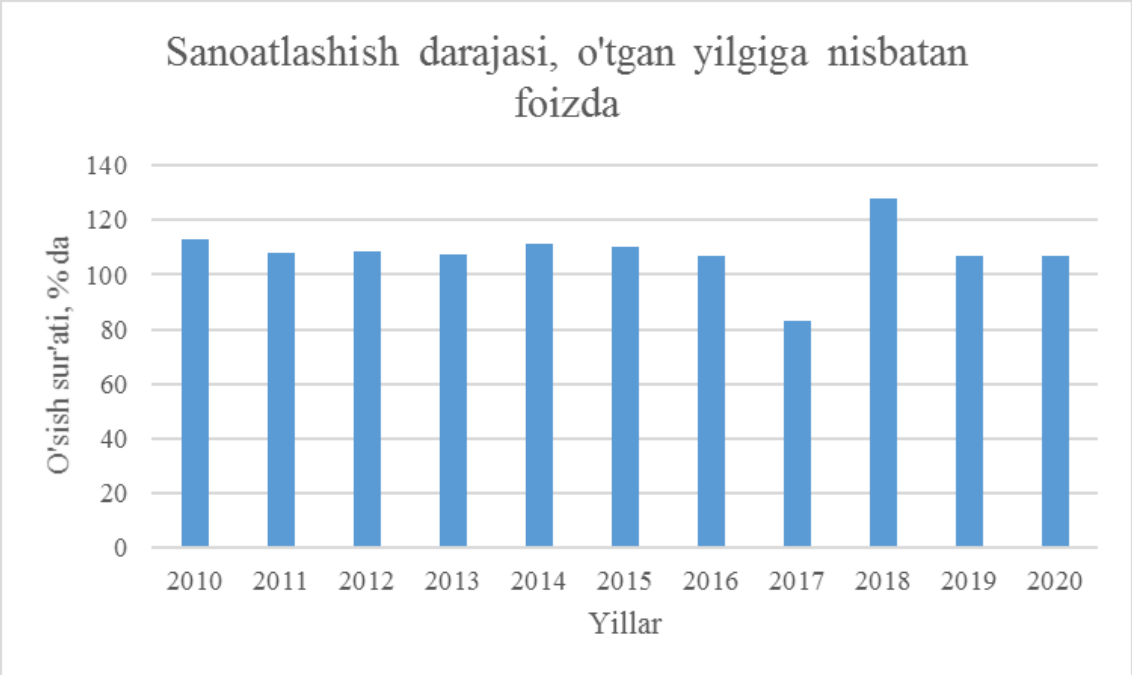
ISSN 3030-3907

- viloyatdagi kanallar, kollektorlar va suv omborlaridan (shu jumladan Amudaryo suvidan xam) asosan qishloq xo‘jaligi maqsadida ishlatiladi va ulardagi suvning asosiy ko‘rsatkichlarini sanoat maqsadida foydalanish uchun tozalsh va qayta ishlash qiymati yuqori (birigina Amudaryo suvining mavsumiy loyqaligi 3,9 kg/m^3 yetishi mumkin);

- yer osti suvlarining sifati o‘zgarishi tufayli (1-rasmga qaralsin) kelajakda ushbu suv resurslaridan foydalanish qiymati xam yuqorilashishi mumkin;

- viloyat janubidan o‘tgan Amudaryo suvi xam turli daryolardan transchegaraviy foydalanish muammolari (Tojikiston Respublikasi hududidagi Norak va Rog‘un GESI uchun suv omborlari qurilishi va Afg‘oniston hududida qurilayotgan Qo‘shtepa kanali) tufayli yaqin kelajakda kamayib ketish ehtimoli mavjud;

NATIJALAR. Surxondaryo viloyati sanoatlashish darajasi yuqoridir. 3-rasmda Surxondaryo viloyati Statistika boshqarmasining bergan ma’lumotida viloyatdagi sanoat hajmining o‘sish ko‘rsatkichlari keltirilgan [5].



3-rasm. Surxondaryo viloyati sanoat hajmining o‘sish ko‘rsatkichlari

Yer osti suvlarining Respublika miqyosidagi foydalanish hajmi yildan yilga oshib bormoqda. 4- rasmda O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligining yer osti suv resurslaridan foydalanish haqidagi ma’lumoti taqdim etilgan [6].

ISSN 3030-3907



4-rasm. Yer osti suv resurslaridan foydalanish hajmi

Demak, sanoatlashish ulushi oshgan sari suv resurslariga, shu jumladan yer osti suvlari iste'mol talabi xam oshib bormoqda. Sanoat korxonalari yer osti suvlaridan oqilona foydalanish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borish zarur hisoblanadi.

XULOSA. Surxondaryo viloyati suv resurslaridan sanoat maqsadida foydalanishdagi muammolari sifatida:

❖ viloyatdagi yer usti suv resurslarining sanoatlashishga nisbatan noteks taqsimlanganligi;

❖ suvdan transchegaraviy foydalanishdagi geosiyosiy murakkab jarayonlar;

❖ asosiy sanoat korxonalarining yer osti suvlaridan foydalanish talabining oshib borishi;

❖ yer osti suvlarining sifat ko'rsatkichlari o'zgarishlarini keltirishimiz mumkin.

Xulosaviy tavsiyalar. Ushbu muammolarga yechim sifatida:

✓ sanoat korxonalari suv ta'minoti tizimida suvdan takror foydalanish usullari va texnologiyalarini ishlab chiqish;

✓ mintaqada mavjud yer osti suv konlaridan sanoat maqsadida foydalanishda diversifikatsiyalashga alohida e'tibor berish;

✓ yer osti suvlarini doimiy monitoring qilib borish;

✓ suvdan tejamkorlik bilan foydalanishda xalqaro aloqalarni yo'lga qo'yish.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. https://geografiya.uz/ozbekiston-tabiiy-geografiyasi/11611-surxondaryo-tabiiy-geografik-okrugi.html
2. O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, 1- jild 2001, 124-bet.
3. Abror Gadaev, Norpulat Toshmatov and Elyor Abilov. Water sources in industrial enterprises and methods of increasing their reliability (on the ehample of Sherabad cement plant). Cite as: AIP Conference Proceedings 2432, 030117 (2022); https://doi.org/10.1063/5.0089543 . Published Online: 16 June 2022. 030117-1.
4. Abilov, E. E. (2022). Causes and Consequences of Losses in the Water Supply System of Cement Manufacturing Enterprises. European Journal of Life Safety and Stability (2660-9630), 14, 166-172. Retrieved from http://www.ejlss.indexedresearch.org/index.php/ejlss/article/view/477
5. https://surxonstat.uz/media/com_dropfiles/284/10.pdf
6. https://www.uznature.uz/uz/posts?categoryId=6&page=14&per-page=6

ISSN 3030-3907

KON MASHINALARI RADIATOR QURILMASINING SOVUTISH TIZIMIDA TEMPERATURA DATCHIKLARINI QO‘LLASH VA TIZIM SAMARADORLIGINI OPTIMALLASHTIRISH

Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.
Eshmurodov Madamin Azamat o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti 19a-21 TMJ guruhi talabasi.
E-mail: olympic9492@gmail.com

Anotatsiya. Ushbu maqolada kon mashinalari radiator qurilmasining sovutish tizimida temperatura datchiklarini qo‘llash, ularning turlari, ishlash prinsipi va ulanish sxemalari nazariy jihatdan tahlil qilinadi. Konchilik sanoatida foydalaniladigan gidravlik ekskavatorlar, avtosamosvallar, burg‘ilash qurilmalari va boshqa og‘ir texnikalar yuqori yuklama, changli muhit, harorat o‘zgarishi hamda uzluksiz ish rejimida ishlaydi. Bunday sharoitda dvigatel va gidravlik tizimlarda katta miqdorda issiqlik hosil bo‘ladi. Ushbu issiqlikni o‘z vaqtida tashqi muhitga chiqarish va haroratni me’yoriy darajada ushlab turish radiator sovutish tizimining asosiy vazifasi hisoblanadi. Maqolada radiator sovutish tizimining asosiy elementlari, ya’ni radiator yadrosi, sovutish suyuqligi, suv nasosi, termostat, ventilyator, quvurlar va temperatura datchiklarining vazifasi yoritiladi. Ayniqsa, temperatura datchiklarining analog va raqamli turlari, shuningdek termoelektrik, yarimo‘tkazgichli, pirometrik, termorezistiv, akustik va piezoelektrik datchiklarning ishlash prinsiplari ko‘rib chiqiladi. Bundan tashqari, ikki simli, uch simli, dvigatel temperatura datchigi va raqamli datchik ulanish sxemalari tahlil qilinadi. Tadqiqotda radiator samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida radiator plastinalarining changlanishi, sovutish suyuqligi sifati, termostat nosozligi, suv nasosi va ventilyator samaradorligining pasayishi hamda temperatura datchiklarining noto‘g‘ri ishlashi ko‘rib chiqiladi. Sovutish tizimini optimallashtirish uchun radiatorni muntazam tozalash, sifatli sovutish suyuqligidan foydalanish, temperatura datchiklarini kalibrlash, termostat va suv nasosini diagnostika qilish, ventilyatorni nazorat qilish hamda avtomatik boshqaruv tizimlarini qo‘llash tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: Kon mashinalari, radiator, sovutish tizimi, temperatura datchigi, gidravlik ekskavator, termoelektrik datchik, yarimo‘tkazgich datchik, ulanish sxemasi, issiqlik almashinuvi, optimallashtirish.

Аннотация. В данной статье теоретически анализируется применение температурных датчиков в системе охлаждения радиаторного устройства горных машин, а также рассматриваются их виды, принцип работы и схемы подключения. Гидравлические экскаваторы, автосамосвалы, буровые

установки и другая тяжёлая техника, используемая в горнодобывающей промышленности, работают в условиях высокой нагрузки, запылённой среды, изменения температуры и непрерывного режима эксплуатации. В таких условиях в двигателе и гидравлических системах образуется большое количество тепла. Своевременный отвод этого тепла во внешнюю среду и поддержание температуры на допустимом уровне являются основными задачами радиаторной системы охлаждения. В статье освещаются основные элементы системы охлаждения радиатора: сердцевина радиатора, охлаждающая жидкость, водяной насос, термостат, вентилятор, трубопроводы и температурные датчики. Особое внимание уделяется аналоговым и цифровым видам температурных датчиков, а также принципам работы термоэлектрических, полупроводниковых, пирометрических, терморезистивных, акустических и пьезоэлектрических датчиков. Кроме того, анализируются двухпроводные, трёхпроводные схемы подключения, схемы подключения датчика температуры двигателя и цифрового температурного датчика. В исследовании в качестве основных факторов, влияющих на эффективность радиатора, рассматриваются загрязнение пластин радиатора пылью, качество охлаждающей жидкости, неисправность термостата, снижение эффективности водяного насоса и вентилятора, а также неправильная работа температурных датчиков. Для оптимизации системы охлаждения рекомендуется регулярная очистка радиатора, использование качественной охлаждающей жидкости, калибровка температурных датчиков, диагностика термостата и водяного насоса, контроль работы вентилятора, а также применение автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: Горные машины, радиатор, система охлаждения, температурный датчик, гидравлический экскаватор, термоэлектрический датчик, полупроводниковый датчик, схема подключения, теплообмен, оптимизация.

Annotation. This article theoretically analyzes the application of temperature sensors in the radiator cooling system of mining machines, as well as their types, operating principles, and connection diagrams. Hydraulic excavators, dump trucks, drilling rigs, and other heavy equipment used in the mining industry operate under high load, dusty environments, temperature variations, and continuous working conditions. Under such conditions, a large amount of heat is generated in engines and hydraulic systems. Timely removal of this heat into the external environment and maintaining the temperature at a permissible level are the main functions of the radiator cooling system. The article describes the main elements of the radiator cooling system, including the radiator core, coolant, water

ISSN 3030-3907

pump, thermostat, fan, pipelines, and temperature sensors. Special attention is paid to analog and digital types of temperature sensors, as well as the operating principles of thermoelectric, semiconductor, pyrometric, thermoresistive, acoustic, and piezoelectric sensors. In addition, two-wire and three-wire connection diagrams, engine temperature sensor connection diagrams, and digital temperature sensor connection diagrams are analyzed. The study considers the main factors affecting radiator efficiency, such as dust accumulation on radiator fins, coolant quality, thermostat malfunction, reduced efficiency of the water pump and fan, and incorrect operation of temperature sensors. To optimize the cooling system, regular radiator cleaning, the use of high-quality coolant, calibration of temperature sensors, diagnostics of the thermostat and water pump, fan operation control, and the application of automated control systems are recommended.

Keywords: Mining machines, radiator, cooling system, temperature sensor, hydraulic excavator, thermoelectric sensor, semiconductor sensor, connection diagram, heat exchange, optimization.

KIRISH.

Konchilik sanoatida qo‘llaniladigan zamonaviy kon mashinalari ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligi va samaradorligini ta’minlovchi asosiy texnik vositalardan biri hisoblanadi. Gidravlik ekskavatorlar, avtosamosvallar, burg‘ilash qurilmalari, buldozerlar va boshqa og‘ir texnikalar yuqori yuklama, changli muhit, haroratning o‘zgarishi va uzoq muddatli ish rejimida faoliyat yuritadi. Bunday sharoitlarda mashinaning dvigateli, gidravlik tizimi va boshqa ishchi mexanizmlarida katta miqdorda issiqlik hosil bo‘ladi. Hosil bo‘lgan issiqlikni o‘z vaqtida tashqi muhitga chiqarish esa mashinaning ishonchli va xavfsiz ishlashida muhim ahamiyatga ega.

Kon mashinalarida sovutish tizimining asosiy vazifasi dvigatel va gidravlik agregatlarda hosil bo‘ladigan ortiqcha issiqlikni kamaytirish, ishchi qismlarning me’yoriy haroratda ishlashini ta’minlash hamda texnikaning xizmat muddatini uzaytirishdan iborat. Ushbu tizimning muhim elementi radiator qurilmasidir. Radiator sovutish suyuqligi orqali dvigatel yoki gidravlik tizimdan issiqlikni qabul qilib, uni tashqi havo oqimi yordamida sovitadi. Agar radiator samarali ishlamasa, dvigatel qizib ketishi, moylash materiallarining xossalari yomonlashishi, gidravlik suyuqlik yopishqoqligi o‘zgarishi va mexanik detallar yeyilishi tezlashishi mumkin.

Radiator sovutish tizimining barqaror ishlashida temperatura datchiklari alohida ahamiyatga ega. Ular sovutish suyuqligi yoki dvigatel haroratini aniqlaydi, olingan signalni boshqaruv blokiga uzatadi va zarur holatda ventilyator ish rejimini avtomatik tartibga solishga yordam beradi. Zamonaviy kon

ISSN 3030-3907

mashinalarida temperatura datchiklaridan foydalanish nafaqat haroratni nazorat qilish, balki nosozliklarni erta aniqlash, dvigatelning qizib ketishining oldini olish va texnik xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Temperatura datchiklari ishlash prinsipi va signal uzatish usuliga ko‘ra turli turlarga bo‘linadi. Jumladan, termoelektrik, yarimo‘tkazgichli, pirometrik, termorezistiv, akustik va piezoelektrik datchiklar sanoat va transport texnikalarida keng qo‘llaniladi. Har bir datchik turi o‘ziga xos qurilma, sezgirlik, aniqlik va ulanish xususiyatlariga ega. Shu sababli kon mashinalarida radiator sovutish tizimi uchun datchik turini to‘g‘ri tanlash, uning ulanish sxemasini moslashtirish va ish holatini doimiy nazorat qilish muhim hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi kon mashinalari radiator qurilmasining sovutish tizimida temperatura datchiklarini qo‘llash, ularning turlari, ishlash prinsipi va ulanish sxemalarini nazariy jihatdan tahlil qilish hamda tizim samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot davomida radiator sovutish tizimining asosiy elementlari, temperatura datchiklarining vazifasi, ikki simli va uch simli ulanish sxemalari, raqamli datchiklarning avtomatik boshqaruv tizimidagi o‘rni hamda sovutish tizimini optimallashtirish choralari ko‘rib chiqiladi.

Mazkur tadqiqotda kon mashinalarining radiator qurilmasini sovutish tizimini nazariy tahlil qilish va optimallashtirish masalasi tizimli yondashuv asosida o‘rganildi. Tadqiqot obyekti sifatida gidravlik ekskavatorlar, avtosamosvallar, burg‘ilash qurilmalari va boshqa og‘ir kon texnikalarida qo‘llaniladigan radiator sovutish tizimi tanlandi. Tadqiqot predmeti esa radiator qurilmasida kechadigan issiqlik almashinuvi, sovutish suyuqligining aylanishi, ventilyator yordamida havo oqimini hosil qilish, termostatning ish rejimi hamda temperatura datchiklari orqali haroratni nazorat qilish jarayonlaridan iborat.

Metodologik yondashuvda sovutish tizimi alohida texnik elementlar bo‘yicha tahlil qilindi. Bunda radiator yadrosi, sovutish suyuqligi, suv nasosi, termostat, ventilyator, quvurlar va temperatura datchiklarining vazifasi o‘rganildi. Har bir elementning sovutish samaradorligiga ta’siri nazariy jihatdan baholandi. Ayniqsa, kon sharoitida radiator plastinalarining chang va mayda zarrachalar bilan qoplanishi, havo oqimining kamayishi, sovutish suyuqligi sifatining pasayishi va datchiklarning noto‘g‘ri ishlashi asosiy ta’sir omillari sifatida ajratib olindi.

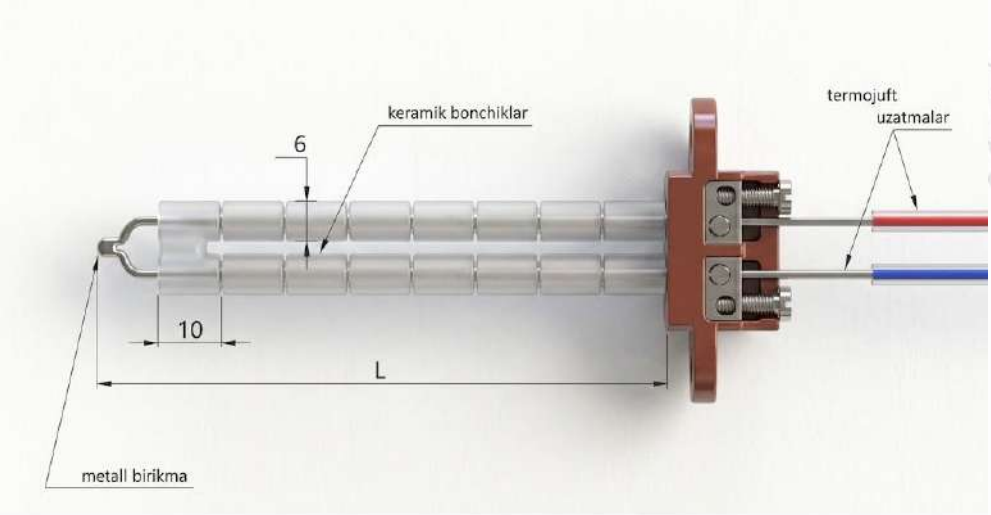
1. Temperatura datchiklarining turlari va ishlash prinsipini tahlil qilish

Tadqiqot davomida temperatura datchiklarining turlari, qurilmasi va ishlash prinsipi alohida ko‘rib chiqildi. Haroratni o‘lchash ma’lumotlarini uzatish va ko‘rsatish usuliga ko‘ra datchiklar analog va raqamli turlarga bo‘linadi. Ishlash prinsipiga ko‘ra esa termoelektrik, yarimo‘tkazgichli, pirometrik, termorezistiv,

ISSN 3030-3907

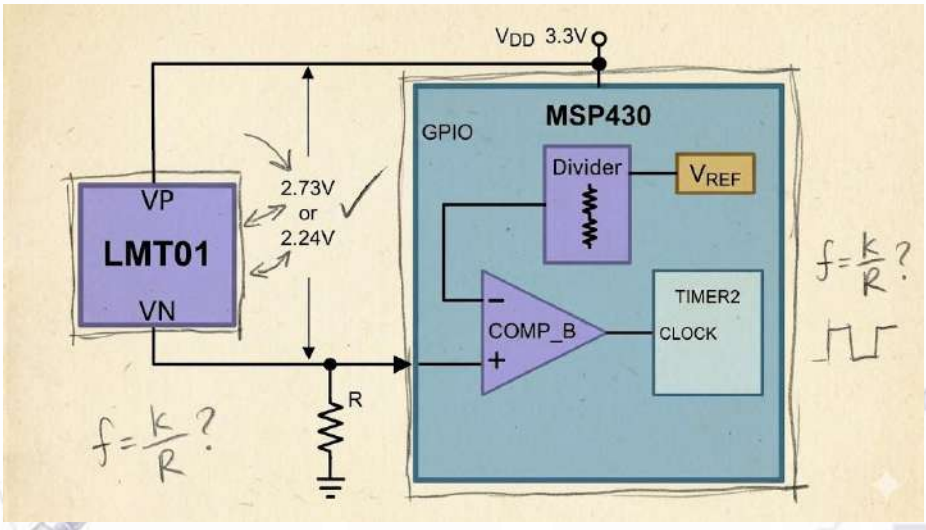
akustik va piezoelektrik datchiklar tahlil qilindi. Ushbu datchiklarning umumiy vazifasi sovutish suyuqligi yoki dvigatel haroratini aniqlash, olingan signalni boshqaruv blokiga uzatish va tizimning xavfsiz ish rejimini ta’minlashdan iborat.

Termoelektrik datchikning ishlashi termojuft prinsipiga asoslanadi. Bunda turli metallarning birikish nuqtasi qizdirilganda potensiallar farqi yuzaga keladi va harorat qiymatini aniqlash imkoniyati paydo bo‘ladi. Bunday datchiklar yuqori haroratli muhitlarda ishlashga mosligi bilan ajralib turadi.



1-rasm. Termoelektrik temperatura datchigining umumiy ko‘rinishi

Yarimo‘tkazgichli temperatura datchiklari esa volt-amper xususiyatiga ega kristallar asosida ishlaydi. Harorat oshishi bilan yarimo‘tkazgich elementining elektr parametrlari o‘zgaradi va bu o‘zgarish kuchaytirgich yoki mikrokontroller orqali qayta ishlanadi. Bunday datchiklar kichik o‘lchamli, yuqori sezgirlikka ega va avtomatik boshqaruv tizimlariga qulay integratsiya qilinadi.

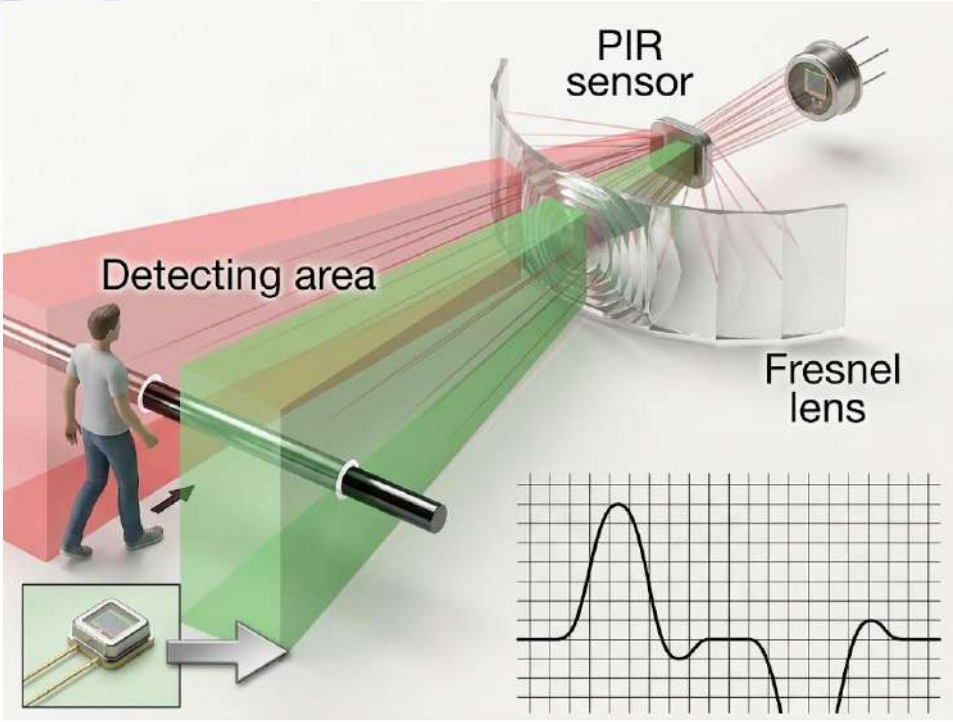


2-rasm. Yarimo‘tkazgich temperatura datchigini kuchaytirgich orqali ulash sxemasi

Pirometrik datchiklar obyekt bilan bevosita kontaktsiz holda ishlaydi. Ular sirt haroratidagi o‘zgarishni infraqizil nurlanish yoki ma’lum chastota oralig‘idagi

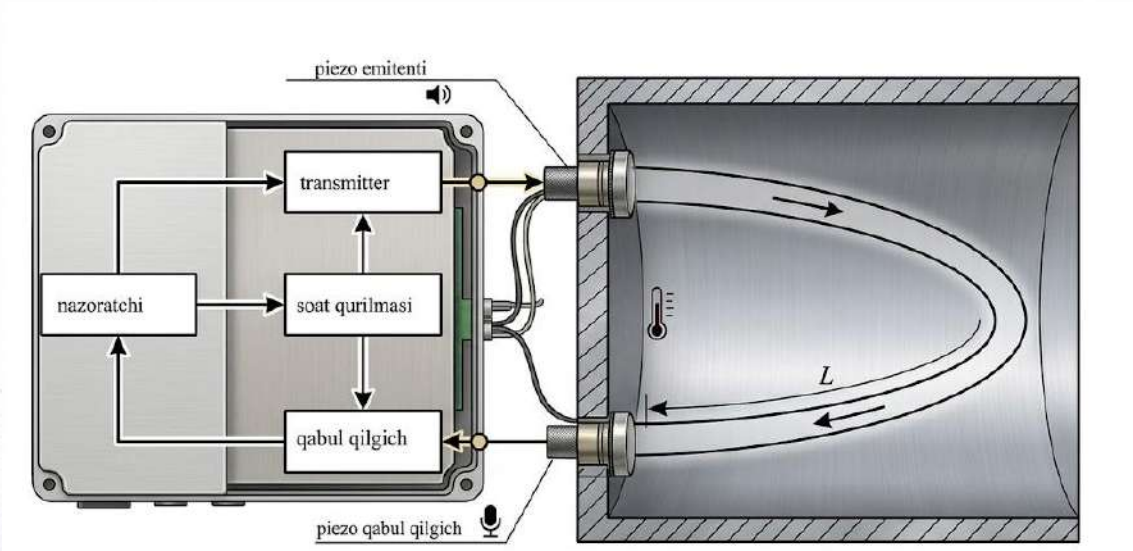
ISSN 3030-3907

signal orqali aniqlaydi. Kon mashinalarida bunday yondashuv qizigan sirtlarni masofadan nazorat qilish va xavfli zonalarga yaqinlashmasdan diagnostika olib borish imkonini beradi.



3-rasm. Pirometrik datchikning ishlash prinsipi

Akustik temperatura datchiklari material yoki sirt haroratiga qarab tovush tebranishlarining tarqalish tezligi o‘zgarishiga asoslanadi. Piezoelektrik element orqali yuborilgan signal qabul qilgich tomonidan qayd etiladi va tebranishlarning o‘tish vaqti bo‘yicha harorat baholanadi. Ushbu usul yirik konstruksiyalar va yopiq hajmlarda haroratni nazorat qilishda qo‘llanishi mumkin.



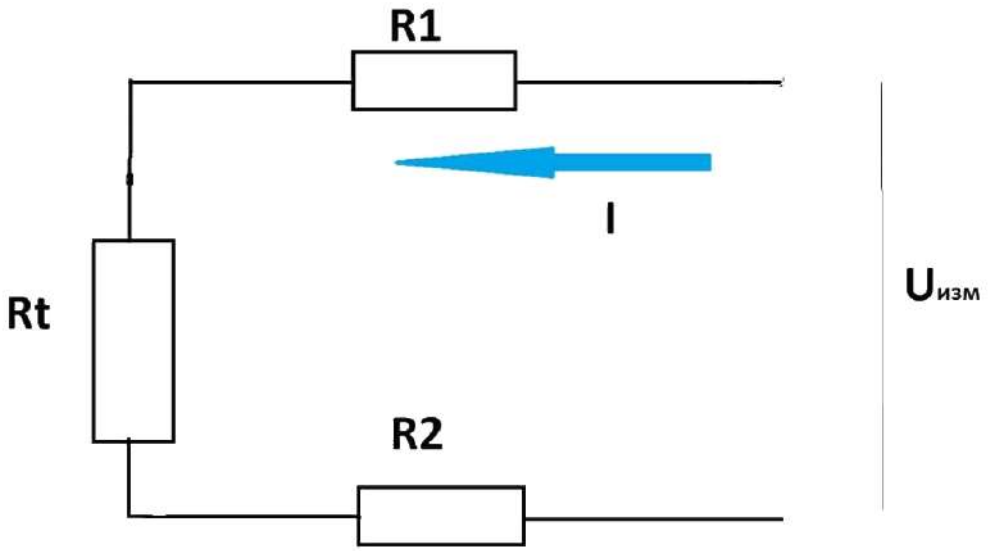
4-rasm. Akustik temperatura datchigining ishlash sxemasi

2. Temperatura datchiklarining ulanish sxemalarini tahlil qilish

Temperatura datchiklarining ulanish sxemasi o‘lchash aniqligi, masofa, signallarni uzatish sifati va boshqaruv blokining konstruktiv xususiyatlariga

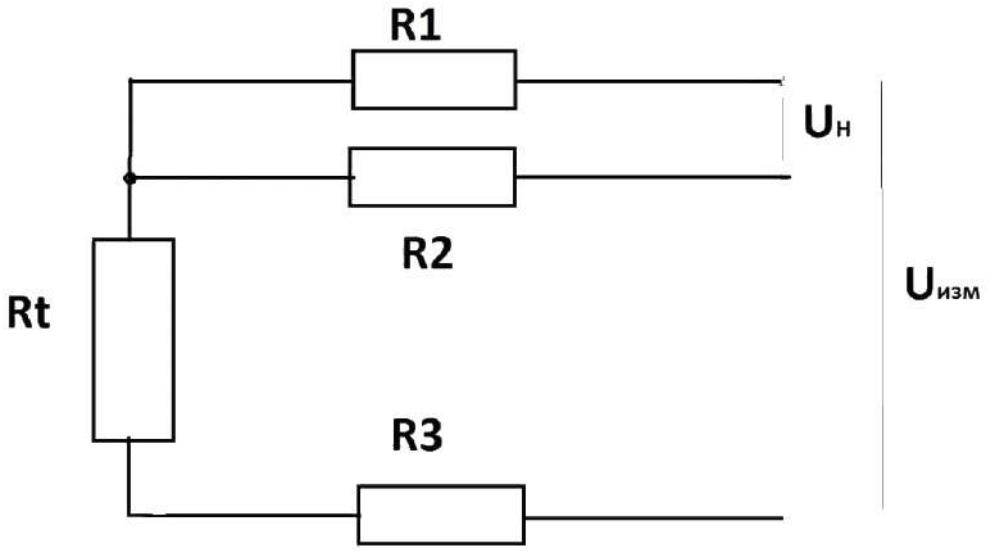
ISSN 3030-3907

bog‘liq holda tanlanadi. Qisqa masofali nazorat tizimlarida ikki simli ulanish sxemasi qo‘llaniladi. Bu sxemada sezgir elementning qarshiligi va ulanish simlari qarshiligi o‘lchash natijasiga ta’sir ko‘rsatadi, lekin masofa qisqa bo‘lganda xatolik nisbatan kichik bo‘ladi.



5-rasm. Ikki simli temperatura datchigi ulanish sxemasi

Uzoq masofalarda, ayniqsa 150 metr va undan ortiq masofada, uch simli ulanish sxemasidan foydalanish maqsadga muvofiq. Bunda R1, R2 va R3 simlaridagi qarshilik xatosi kompensatsiya qilinadi va haroratni o‘lchash aniqligi oshadi. Kon mashinalarida datchik va boshqaruv bloki orasidagi masofa turlicha bo‘lishi mumkinligi sababli ushbu sxema amaliy jihatdan muhim hisoblanadi.

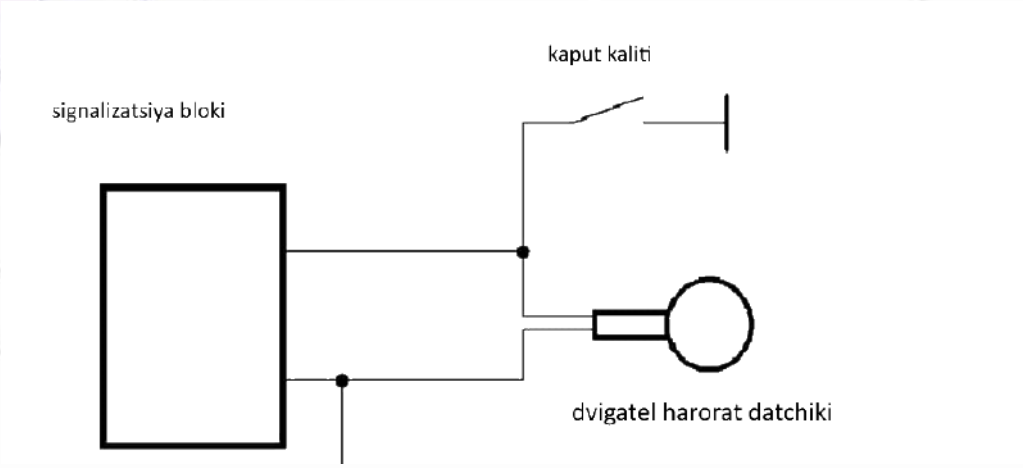


6-rasm. Uch simli temperatura datchigi ulanish sxemasi

Dvigatel temperatura datchigining ulanish sxemasi harorat parametrlarini doimiy nazorat qilishga xizmat qiladi. Datchik dvigatel yoki sovutish tizimining belgilangan nuqtasiga o‘rnatiladi va signalizatsiya bloki yoki elektron boshqaruv

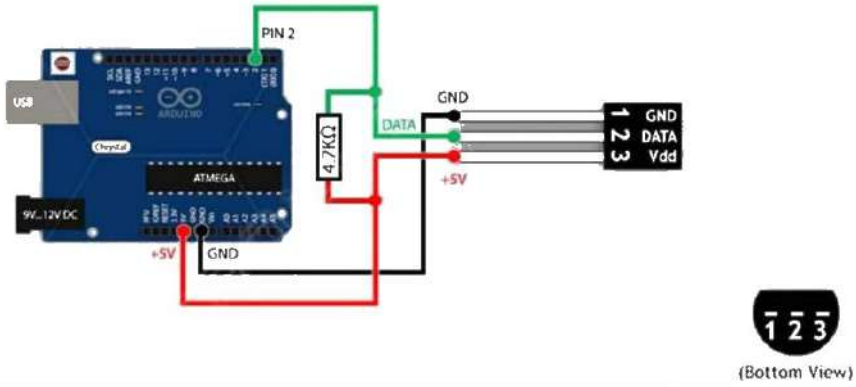
ISSN 3030-3907

blokiga signal uzatadi. Harorat me’yordan oshganda operator ogohlantiriladi yoki sovutish tizimining ish rejimi avtomatik tarzda o‘zgartiriladi.



7-rasm. Dvigatel temperatura datchigi ulanish sxemasi

Raqamli temperatura datchiklari zamonaviy avtomatik boshqaruv tizimlarida keng qo‘llaniladi. Bunday datchiklarda GND, DATA va +5 V chiqishlari orqali mikrokontroller bilan bog‘lanish amalga oshiriladi. DATA liniyasi orqali o‘lchangan harorat qiymati raqamli signal sifatida uzatiladi, bu esa ma’lumotni qayta ishlash va ventilyator ish rejimini avtomatik boshqarishni soddalashtiradi.



8-rasm. Raqamli temperatura datchigining mikrokontrollerga ulanish sxemasi

3.Radiator sovutish tizimi samaradorligini baholashda issiqlik almashinuvi jarayoni asosiy mezon sifatida qabul qilindi. Radiator plastinalarining tozaligi, havo oqimi tezligi, sovutish suyuqligining aylanishi, tashqi havo harorati va ventilyator ish rejimi tizim samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi. Kon sharoitida chang va mayda zarrachalar radiator plastinalari orasida to‘planib, havo almashinuvini yomonlashtiradi. Natijada issiqlik almashinuvi sekinlashadi va dvigatel yoki gidravlik tizim harorati oshishi mumkin.

Tadqiqotda radiatorni tozalash jarayoniga ham alohida e’tibor qaratildi. Radiatorning yupqa alyumin plastinalari qo‘pol cho‘tka, kuchli suv bosimi yoki agressiv yuvish vositalari ta’sirida deformatsiyalanishi mumkin. Shuning uchun

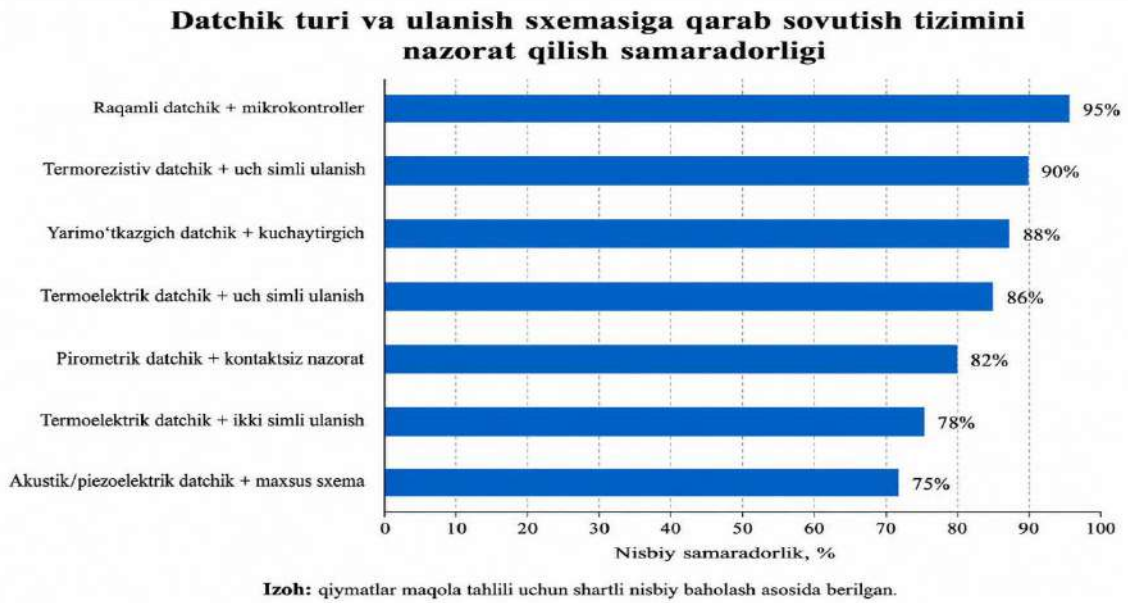
ISSN 3030-3907

tozalash jarayonida radiator yuzasiga zarar yetkazmaydigan usullardan foydalanish, siqilgan havo bosimini me’yorlash va texnik xizmat ko‘rsatish tartibiga rioya qilish talab etiladi.

4. Optimallashtirish yondashuvi

Optimallashtirish bosqichida radiatorni muntazam tozalash, sifatli sovutish suyuqligidan foydalanish, termostat va suv nasosini diagnostika qilish, ventilyator parraklari hamda muftasini tekshirish, temperatura datchiklarini kalibrlash yoki nosoz holatda almashtirish kabi chora-tadbirlar asosiy yo‘nalishlar sifatida belgilandi. Bundan tashqari, raqamli temperatura datchiklari va avtomatik boshqaruv tizimlaridan foydalanish sovutish jarayonini aniqroq nazorat qilish imkonini beradi.

Shunday qilib, tadqiqot metodologiyasi radiator sovutish tizimini alohida qismlar yig‘indisi sifatida emas, balki o‘zaro bog‘liq texnik tizim sifatida tahlil qilishga asoslandi. Bunday yondashuv kon mashinalarining haqiqiy ish sharoitida sovutish tizimi samaradorligini baholash, asosiy nosozlik omillarini aniqlash va radiator qurilmasini optimallashtirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini beradi.



9-rasm. Datchik turi va ulanish sxemasiga qarab sovutish tizimini nazorat qilish samaradorligi

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, radiator sovutish tizimida eng yuqori nazorat samaradorligi raqamli temperatura datchigi mikrokontroller orqali ulanganda kuzatiladi. Bunday ulanishda harorat signali elektron shaklda qayta ishlanadi, natijada ventilyator ish rejimini avtomatik boshqarish va operatorga ogohlantirish berish imkoniyati ortadi. Shu sababli raqamli datchiklar zamonaviy kon mashinalarida sovutish tizimini avtomatlashtirish uchun eng maqbul yechimlardan biri hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Termorezistiv datchikning uch simli ulanishi ham yuqori samaradorlikka ega, chunki uch simli sxema uzoq masofalarda ulanish simlaridagi qarshilik xatosini kamaytiradi. Bu esa harorat o‘lchovlarining aniqligini oshiradi va sovutish tizimining barqaror boshqarilishiga yordam beradi. Ikki simli ulanish esa tuzilishi sodda bo‘lsa-da, asosan qisqa masofalarda samarali hisoblanadi.

Yarimo‘tkazgichli datchiklar kuchaytirgich orqali ulanganda signalni qayta ishlash imkoniyati ortadi. Bu turdagi datchiklar kichik o‘lchamli, sxemalarga qulay joylashadigan va harorat o‘zgarishiga sezgir bo‘lganligi sababli radiator tizimida nazorat elementi sifatida foydali hisoblanadi.

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, kon mashinalarining radiator sovutish tizimida temperatura datchiklarini to‘g‘ri tanlash va ulanish sxemasini moslashtirish sovutish samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tahlil natijalariga ko‘ra, raqamli datchiklarning mikrokontroller orqali ulanishi sovutish tizimini avtomatik boshqarish, haroratni aniq nazorat qilish va dvigatel qizib ketishining oldini olishda eng samarali yechim hisoblanadi. Uch simli ulanish sxemasi esa uzoq masofalarda o‘lchash aniqligini oshirib, qarshilik xatolarini kamaytiradi. Shu sababli kon mashinalarida radiator sovutish tizimini optimallashtirishda raqamli datchiklar, uch simli ulanish sxemalari va avtomatik boshqaruv tizimlarini qo‘llash maqsadga muvofiqdir.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li, Raxmatov Ramazonjon Ravshan o‘g‘li. Gidravlik tizimlardagi ichki nosozliklardan suyuqlik oqib chiqishini ishqalanish kuchlari asosida matematik modelini ishlab chiqish. Diversity Research: Journal of Analysis and Trends. Vol. 2, pp. 46-49, https://academiaone.org/index.php/2/article/view/854

2. Nabijon Abduazizov, Kamol Xakimov, Sardor Turdiyev, Akbar Zhuraev, Adxam Ismatov. The impact of the amount of pollution of the fluid in the hydraulic system on the working resource of the quarry excavator. E3S Web of Conferences, 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705001

3. B.R Toshov, A.D Nietbaev, A.A Ismatov. Vintsimon harakatda qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining harakat tenglamasi va tezligi, Educational Research in Universal Sciences, c-473-476.

4. Ismatov A. A. (2025). Gidronasos porshen harakatining matematik tahlili va differensial modellashtirish. Development Of Science, 7(2), pp. 409-414. https://doi.org/0

5. Turanov E. Z., Zoxidov O. U., Xudoyberdiyev L. N. & Ismatov A. A. (2025). Kon mashinalari radiator qurilmasi gidravlik tizimini sovutishning zamonaviy texnik yechimi. Development Of Science, 10(1), pp. 378-383. https://doi.org/0

ISSN 3030-3907

6. Ismatov A. A. (2025). Gidravlik tizimdagi nasoslarning harakatlanish usullarining qiyosiy tahlillari . Development Of Science, 7(2), pp. 403-408. https://doi.org/0

7. S. Zhuraev, S. A. Turdiyev, S. T. Jurayev, and S.S. Q. Salimova, "Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of comparative analysis of experimental tests," Vibroengineering Procedia, Vol. 54, pp. 252–257, Apr. 2024, https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051.

8. Abdullayev Sardor Husniddinovich, Juraqulov Og‘abek Jurabek o‘g‘li, Kaxxarov Orif Odilovich, Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li. Suyuqlik haroratini tashqi ta'sir orqali suyuqlikning yopishqoqligini tahlili. Часть-45_ Том-3_ Май-2025. С.255-258.

9. Karshibaev A. I., Zokhidov O.U. Research of potential and effectiveness of renewable energy application at mining enterprises of the Republic of Uzbekistan. Australian Journal of Science and Technology, Volume 4; Issue 4; December 2020.

UDK: 621.548:620.91(575.1)

O‘ZBEKISTONDA SHAMOL ENERGETIKASINING RIVOJLANISH TENDENSIYALARI, MUAMMOLARI VA ISTIQBOLLARI

Eshbekov Muxriddin Mashrab o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, “Elektr Energetikasi” yo‘nalishi 3-bosqich talabasi
ORCID: 0009-0008-7076-3448
E-mail: mukhriddin7804@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekistonda shamol energetikasining hozirgi holati, qonunchilik bazasi, texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari va istiqbolli rivojlanish yo‘nalishlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Mamlakatning shamol resurslari geografik tarqalishi, mavjud va rejadagi qurilish loyihalari, qo‘yilmalar hajmi, tarmoqqa integratsiyalashuv muammolari va xalqaro hamkorlik tajribasi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, O‘zbekiston 2030 yilga qadar o‘rnatilgan shamol elektr stansiyalari quvvatini kamida 5 GVt ga yetkazishi mumkin, bu energetik mustaqillik va «yashil iqtisodiyot» maqsadlariga erishishda muhim omil bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: shamol energetikasi, qayta tiklanadigan energiya manbalari, shamol elektr stansiyasi, energetik siyosat, O‘zbekiston, «yashil iqtisodiyot», tarmoq integratsiyasi, investitsiya muhiti.

Аннотация. В данной статье научно проанализированы современное состояние, законодательная база, технико-экономические показатели и перспективные направления развития ветроэнергетики в Узбекистане. Рассмотрены географическое распределение ветровых ресурсов страны, существующие и планируемые проекты строительства, объемы инвестиций, проблемы интеграции в единую энергосистему, а также опыт международного сотрудничества. Согласно результатам исследования, Узбекистан к 2030 году может довести установленную мощность ветряных электростанций как минимум до 5 ГВт, что станет важным фактором в достижении энергетической независимости и целей «зеленой экономики».

Ключевые слова: ветроэнергетика, возобновляемые источники энергии, ветряная электростанция, энергетическая политика, Узбекистан, «зеленая экономика», интеграция в сеть, инвестиционный климат.

Abstract. This article provides a scientific analysis of the current state, legislative framework, technical-economic indicators, and prospective development directions of wind energy in Uzbekistan. The geographic distribution of wind resources, existing and planned construction projects, investment volumes, grid integration challenges, and international cooperation experience are examined. Research findings indicate that Uzbekistan can achieve an installed wind power

capacity of at least 5 GW by 2030, which will be a key factor in attaining energy independence and «green economy» goals.

Keywords: wind energy, renewable energy sources, wind power plant, energy policy, Uzbekistan, green economy, grid integration, investment climate.

KIRISH.

Jahon bo‘ylab iqlim o‘zgarishi muammolari, fosil yoqilg‘i zahiralarining kamayishi va energiya havfsizligini ta'minlash zaruriyati qayta tiklanadigan energiya manbalarini (QTEM) jadal rivojlantirishni taqozo etmoqda. Shamol energetikasi bugungi kunda QTEM sektorining eng tez rivojlanayotgan tarmog‘i bo‘lib, 2023 yil oxiriga kelib dunyo bo‘ylab o‘rnatilgan umumiy quvvat 1000 GVt dan oshdi (GWEC, 2024).

O‘zbekiston Respublikasi «2030 yilgacha bo‘lgan davrda qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish konsepsiyasi»da (2021) QTEM ulushini umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarishda 40 foizga yetkazish va o‘rnatilgan QTEM quvvatini 25 GVt ga oshirish maqsadini belgilagan. Ushbu maqsadda shamol energetikasiga 5 GVt dan ortiq ulush ajratilishi rejalashtirilgan.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — O‘zbekistondagi shamol energetikasi salohiyatini ilmiy asosda baholash, mavjud siyosiy va normativ muhitni tahlil qilish hamda texnik-iqtisodiy to‘siqlarni aniqlashdan iborat. Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy usul va miqdoriy baholash metodlaridan foydalanilgan.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Shamol energetikasini rivojlantirish masalasini o‘rganishga bag‘ishlangan xalqaro adabiyotlar anchagina keng qamrovlidir. IEA (2023) ma'lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘ylab shamoldan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi hajmi 2100 TVt·soatni tashkil etdi va bu umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarishning 7,6 foiziga tengdir.

Markaziy Osiyo mintaqasida Sovuq urush davridan meros qolgan energetik infratuzilma va «yashil iqtisodiyot» talablari o‘rtasidagi ziddiyatni o‘rganishda Bazilian va boshq. (2011) muhim nazariy asos yaratgan. Ular rivojlanayotgan mamlakatlar uchun QTEM bo‘yicha siyosiy sharoitni yaratishning iqtisodiy mantiqini asoslab bergan.

O‘zbekiston kontekstida Nurullayev va Xoliqov (2022) Navoiy va Qoraqalpog‘iston hududlarida o‘tkazilgan shamol anemometrik tadqiqotlar asosida o‘rtacha shamol tezligi 6–8 m/s ni tashkil etishini aniqlashgan. Shuningdek, IRENA (2022) O‘zbekistonda texnik salohiyat 100 GVt dan oshishi mumkinligini modellashtirish orqali ko‘rsatgan.

Ammo mavjud adabiyotlarda tarmoqqa integratsiyalashuv muammolari, xususan, o‘zgaruvchan shamol energiyasini stabillashtirish va energiya saqlash

ISSN 3030-3907

texnologiyalarining iqtisodiy tahlili yetarlicha yoritilmagan. Ushbu maqola ana shu bo‘shliqni to‘ldirish maqsadida yozilgan.

O‘zbekistonda shamol resurslari va geografik tarqalishi

O‘zbekistonning geografik o‘rni va relyefi shamol resurslarining notekis taqsimlanishiga sabab bo‘ladi. Eng yuqori salohiyatga ega hududlar asosan shimoliy-g‘arbiy tekisliklar (Qoraqalpog‘iston va Navoiy viloyati cho‘llari) va Farg‘ona vodiysi tog‘ dovonlari hisoblanadi.

1-jadvalda

O‘zbekistonning asosiy viloyatlari bo‘yicha shamol salohiyatining qisqacha ko‘rsatkichlari keltirilgan.

Hudud / viloyat	O‘rtacha shamol tezligi (m/s)	Yillik ishlab chiqarish salohiyati (TWh)	Rivojlanish imkoniyati
Qoraqalpog‘iston	6,5–8,0	500–700	Yuqori
Navoiy viloyati	5,5–7,5	400–600	Yuqori
Buxoro viloyati	5,0–6,5	350–550	O‘rta-yuqori
Qashqadaryo viloyati	4,5–6,0	300–480	O‘rta
Surxondaryo viloyati	4,0–5,5	250–420	O‘rta
Farg‘ona vodiysi	3,5–5,0	200–350	Past-o‘rta

Namangan, Andijon va Farg‘ona viloyatlarida aholi zichligi va qishloq xo‘jaligi erlari ko‘pligi sababli yirik stansiyalar qurilishi uchun yer ajratish qiyinroqdir. Shu bois, eng istiqbolli hududlar sifatida Qoraqalpog‘iston va Navoiy viloyati alohida e'tiborga loyiqdir.

Normativ-huquqiy baza va davlat siyosati.

O‘zbekistonda shamol energetikasini qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan bir qator muhim normativ hujjatlar qabul qilingan:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 1-martdagi PF-5680-son «Qayta tiklanadigan energiya manbalarini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi farmoni — tariff kafolatlari va erkin savdo zonasi imtiyozlarini joriy etdi.

2. 2021-yildagi «2030 yilgacha bo‘lgan davrda qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish konsepsiyasi» — 25 GVt umumiy QTEM quvvatiga erishish maqsadini belgiladi.

ISSN 3030-3907

3. «Qayta tiklanadigan energiya manbalari to‘g‘risida»gi Qonun (2019) — tarmoq bilan ulanish, tarif belgilash va litsenziyalash tartibini huquqiy jihatdan tartibga soladi.

4. 2022-yilda Raqobatbardosh elektr energiyasi bozorini yaratish bo‘yicha islohot doirasida «yashil sertifikat» tizimi joriy etildi.

Investorlar uchun kalit imtiyozlar quyidagilardir: 10 yillik bojxona to‘lovlaridan ozodlik, 5 yillik foyda solig‘idan imtiyoz, yerdan foydalanish bo‘yicha soddalashtirilgan tartib va mahsulot almashish shartnomasi (PPA) kafolati.

Hozirgi ahvol va rejalashtirilgan loyihalar.

2023 yilga kelib O‘zbekistonda o‘rnatilgan shamol elektr stansiyalari quvvati atigi 23,3 MVt ni tashkil etgan (Janubiy Qozog‘iston chegarasi yaqinidagi kichik ob'ektlar). Ammo 2024–2026 yillarda yirik loyihalarning amalga oshirilishi bilan bu ko‘rsatkich keskin o‘sishi kutilmoqda.

2-jadval.

O‘zbekistondagi asosiy shamol energetikasi loyihalari (2024–2026)

Loyiha nomi	Joylashuv	Quvvat	Rejalashtirilgan yil	Investor/Operator
Zarafshon-1 SHES	Navoiy	500 MVt	2024	Masdar (BAA)
Qoraqalpog‘iston SHES	Qo‘ng‘irot	1000 MVt	2025–2026	ACWA Power
Buxoro SHES	Buxoro	500 MVt	2025	Total Energies
G‘azli SHES	Buxoro	500 MVt	2026	Xalqaro tender
Karakul SHES	Buxoro	200 MVt	2026	Korea South Power

2-jadvalda keltirilgan loyihalar amalga oshirilganidan so‘ng o‘rnatilgan quvvat 2,7 GVt ga yetadi. BAA, Frantsiya, Janubiy Koreya kabi yirik investorlarning ishtirokida mamlakatning investitsiya jozibadorligi tasdiqlanmoqda.

Texnik-iqtisodiy tahlil va muammolar:

Texnik ko‘rsatkichlar.

Zamonaviy shamol turbinalari 3-5 MVt quvvatga ega bo‘lib, 100–150 m balandliklarida 100 m/s gacha parvoz tezligini ko‘taradigan pallalar bilan

ISSN 3030-3907

jihozlangan. O‘zbekiston uchun optimal turbina modellari sifatida Vestas V150-4.5 MW va Siemens Gamesa SG 5.0-145 ko‘rib chiqilmoqda, chunki ular quruq, qumli muhit sharoitiga moslashtirilgan.

O‘rtacha to‘liq yuklanish soatlari (FLH) Qoraqalpog‘istonda 2800–3200 soat/yil, Navoiy viloyatida 2400–2900 soat/yilga teng deb baholanmoqda. Qiyosiy ma'lumot uchun: Germaniyada ushbu ko‘rsatkich 1500–2000 soat, Daniyada 2500–3000 soatni tashkil etadi.

Iqtisodiy samaradorlik.

Levellized Cost of Energy (LCOE) ko‘rsatkichi bo‘yicha hisob-kitoblar shamol elektr stansiyalari uchun 2024-yil holatiga ko‘ra O‘zbekiston sharoitida 25–35 AQSh dollari/MVt·soat oraliqda ekanligini ko‘rsatmoqda (IRENA, 2023). Bu ko‘rsatkich an'anaviy gaz elektr stansiyalarining 45–60 AQSh dollari/MVt·soatdan past bo‘lib, raqobatbardoshlikni ta'minlaydi.

Zarafshon-1 loyihasi misoli: 500 MVt quvvat, taxminiy kapital sarfi — 650 mln dollar, yillik ishlab chiqarish — 1,5 TVt·soat, to‘lov muddati — 7–9 yil.

Asosiy muammolar.

1. Tarmoq integratsiyasi: O‘rta Osiyo energiya tizimining eskirgan infrastrukturasi o‘zgaruvchan QTEM yukini muvozanatlashga tayyor emas. Quvvat akkumulyatsiya tizimlari (BESS) joriy etilmasa, tarmoq chastotasi barqarorligi muammosi kuchayadi.

2. Mahalliy ishlab chiqarish yo‘qligi: turbina komponentlari hozircha to‘liq import qilinmoqda. Bu loyiha xarajatlarini 15–20 foizga oshiradi.

3. Malakali kadrlar tanqisligi: shamol turbinasini texnik xizmat ko‘rsatish va loyihalash bo‘yicha muhandislar etishmasligi kuzatilmoqda.

4. Yuqori uzatish yo‘qotishlari: O‘zbekistonning elektr uzatish tarmog‘ida texnik yo‘qotishlar 12–14 foizni tashkil etadi, bu Yevropa ko‘rsatkichidan 2–3 baravar yuqori.

Istiqbollar va tavsiyalar.

Yuqorida keltirilgan tahlillar asosida quyidagi stsenariylar ko‘rib chiqilishi mumkin:

Pessimistik stsenariy (2030): Hozirgi siyosat va investitsiya suratlari saqlanib qolsa, o‘rnatilgan quvvat 3 GVt ga yetadi. Bunda QTEM ulushi elektr ishlab chiqarishda 15–18 foizni tashkil etadi.

Asosiy stsenariy (2030): Davlat siyosati faollashtirilsa va tarmoq modernizatsiyasi boshlansa, o‘rnatilgan quvvat 5–6 GVt ga yetishi mumkin. QTEM ulushi 25–28 foiz bo‘ladi.

Optimistik stsenariy (2030): Mahalliy ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yilsa, BESS tizimlari keng joriy etilsa va mintaqaviy elektr bozori shakllansa, o‘rnatilgan quvvat 8–10 GVt ga yetadi va QTEM ulushi 35–40 foizga ko‘tariladi.

ISSN 3030-3907

Muallif tomonidan quyidagi tavsiyalar ishlab chiqilgan:

1. Energiya saqlash bo‘yicha davlat subsidiyasi dasturini yaratish va BESS korporativ loyihalarda majburiy qilinishini joriy etish.

2. Turbina qismlari mahalliy ishlab chiqarishini qo‘llab-quvvatlash maqsadida sanoat klasterlari va ilmiy-texnik markazlar tashkil etish.

3. Oliy ta'lim muassasalarida «shamol energetikasi muhandisligi» ixtisosligini ochish va qisqa muddatli qayta tayyorlash kurslarini yo‘lga qo‘yish.

4. O‘rta Osiyo yagona elektr bozorini yaratish uchun mintaqaviy diplomatiyadagi faollikni oshirish va Qozog‘iston, Qirg‘iziston bilan elektr energiyasi almashish shartnomalari tuzish.

5. Yirik qishloq xo‘jaligi ob'ektlari va sanoat korxonalari uchun «kichik shamol» (Small Wind) dasturini ishlab chiqish va agroenergetika modelini keng joriy etish.

XULOSA.

O‘zbekiston shamol energetikasi sohasida katta imkoniyatlarga ega bo‘lib, Qoraqalpog‘iston va Navoiy viloyatidagi texnik salohiyat yuz GVt dan ortiqdir. 2024–2026 yillarda amalga oshirilayotgan yirik loyihalar energetika tarkibida tub o‘zgarishlarga zamin yaratmoqda.

Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, normativ-huquqiy bazaning shakllanishi, xalqaro investorlarning faol ishtiroki va tarmoq modernizatsiyasi muammolarining hal etilishi sharoitida 2030 yilga kelib O‘zbekiston 5–8 GVt o‘rnatilgan shamol quvvatiga ega bo‘lishi realistikdir. Bu esa har yili 15–24 mln tonna CO_2 emissiyasining oldini oladi va energiya import xarajatlarini 1–1,5 mlrd dollar kamaytiradi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun anemometrik ma’lumotlar bazasini kengaytirish, quvvat prognozlash modellari va energiya saqlash tizimlari bo‘yicha texnik-iqtisodiy asoslar ishlab chiqish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. GWEC (Global Wind Energy Council). (2024). Global Wind Report 2024. Brussels: GWEC.
2. IEA (International Energy Agency). (2023). Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028. Paris: IEA.
3. IRENA (International Renewable Energy Agency). (2022). Renewable Power Generation Costs in 2022. Abu Dhabi: IRENA.
4. IRENA. (2022). Uzbekistan's Energy Transition Outlook: A Renewable Energy Roadmap. Abu Dhabi: IRENA.
5. Bazilian, M., Nussbaumer, P., Rai, H.M., et al. (2011). «More heat and light». Energy Policy, 39(10), 5938–5941.

ISSN 3030-3907

6. Nurullayev, A., & Xoliqov, B. (2022). O‘zbekistonning shimoliy-g‘arbiy hududlarida shamol energetikasi resurslari tahlili. Energetika va resurslardan foydalanish, 3(1), 12–24.
7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-5680-son Farmoni (2019-yil 1-mart). Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi.
8. O‘zbekiston Respublikasi «Qayta tiklanadigan energiya manbalari to‘g‘risida»gi Qonun (2019). Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi.
9. O‘zbekiston Respublikasi «2030 yilgacha bo‘lgan davrda qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish Konsepsiyasi» (2021). Toshkent.
10. O‘zHMI (O‘zbekiston Gidrogidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti). (2023). O‘zbekiston bo‘yicha shamol tezligi atlasi. Toshkent: O‘zHMI.
11. Masdar & O‘zbekenergo. (2023). Zarafshon Shamol Elektr Stansiyasi: Texnik-Iqtisodiy Asoslash. Abu Dhabi/Toshkent.
12. World Bank. (2023). Uzbekistan's Energy Sector: Investment Climate and Renewable Energy Opportunities. Washington D.C.: World Bank.
13. Styczynski, Z.A., & Orths, A. (2014). Integration of Renewable Energies into the Grid. Proceedings of IEEE Power & Energy Society. ISBN 978-1-4799-5871-7.
14. Wiser, R., & Bolinger, M. (2023). Land-Based Wind Market Report: 2023 Edition. US Department of Energy: Lawrence Berkeley National Laboratory.
15. Maqsadov, S., Tursunov, O., & Ergashev, D. (2023). Energetik siyosat islohotlari va QTEM rivojlanishi: O‘zbekiston tajribasi. Iqtisod va moliya, 5(2), 87–99.

ISSN 3030-3907