ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 5

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	Комплексная переработка вторичных продуктов пчеловодства с целью выделения биологически активного полимера — хитозана *Н.К.Косимова* *А.А.Хайдаров* *Г.А.Ихтиярова*	9
2	Chigitli paxta tarkibidagi iflosliklar namligining texnologik jarayonlarda o‘zgarishi va uning tola sifatiga ta’siri *Qarshiyev Baxtiyor Eshqobilovich* *Ashurov Sardor Safar o‘g‘li*	14
3	Mahalliy dag‘al jun tolalari asosida olingan noto‘qima matoning egiluvchanligi va mustahkamligini aniqlash *Bozorov Shohabbos Abduvihid o‘g‘li* *Urozov Mustofokul Kulto‘rayevich* *Qarshiyev Baxtiyor Eshqobilovich* *Ermatov Shavkat Kulmatovich*	21
4	O‘pkaning saratoni tasvirlarini open-world detection va continual learning yordamida avtomatik tasniflash tizimi *Fayzullayeva Zarnigor Inatillayevna* *Baxriddinov Akbar Qahramon o‘g‘li* *Alimov Xayriddin To‘xtamurod o‘g‘li* *Rashidov Akbar Akmal o‘g‘li*	27
5	Прогнозирование данных подземных водоносных бассейнов с использованием моделей искусственного интеллекта *Дадажонова Зилола Ботиржон кизи* *Махмуджанов Сарвар Улугбекович* *Нурмуродов Жавохир Нурмурод угли*	36
6	Qora akatsiya (robinia pseudoacacia) mevasi, tuxum po‘chog‘i va alyuminiy sulfat asosida koagulyant olish va uning suv tozalashdagi samaradorligini aniqlash *Razzaqov Hasan Qalandarovich* *Nutfullayeva Marjona Hakim qizi* *Nazarov Sayfulla Ibodulloyevich*	50
7	$[Zn(AMT)_2(AETT)(SO_4)]$ kompleks birikmasi sintezi va kristall tuzilishi *Ruziboyeva Guzal Sultonaliyevna* *Turayev Xayit Xudaynazarovich* *Ibragimov Aziz Baxtiyarovich*	61
8	Epoksid smolalarning olinishi, xossalari va qotish mexanizmlarining tahlili *Kamalova Dilnoz Salaydinovna* *Haydarov Bekzod Hamza o‘g‘li*	71
9	Sun’iy intellekt texnologiyalarining ta’lim tizimiga integratsiyasi: imkoniyatlar, muammolar va istiqbollar *Turdaliyeva Zuhra Mehriddin qizi*	79
10	Tabiiy gazni past haroratli ajratishning texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarishning tizimli tahlili *Amirov Shaxzod Nurmuhammad o‘g‘li*	86
11	Самарқанд шаҳридаги бибихоним масжиди тарихий ёдгорлиги конструкцияларини турғунликка жак хейман назарияси асосида баҳолаш *Мирзаҳмедов Мирзоҳид Исмоилович*	104
12	Кучланиш пасайиши ва носимметрик режимни математик моделлаштириш *Т.У. Тошев* *У.Норқулов* *М.М.Бобоқулова*	113

ISSN 3030-3907

	А.С.Астанаева	
13	Sun’iy intellekt algoritmlari asosida xorijiy til bilim darajasini aniqlovchi intellektual platformani ishlab chiqish *Nazarov Sh.E.* *Xushnazarov F.F.* *Ismatov B.R.* *Qobilov R.B.*	120
14	Qishloq xo‘jaligi yer resurslarini monitoring qilish va boshqarishning sun’iy intellektga asoslangan axborot tizimi *Nazarov Sh.E.* *Qobilov R.B.* *B.R.Ismatov.* *F.F.Xushnazarov*	126
15	Shifer ishlab chiqarish korxonalarida elektr energiyasi iste’molini me’yorlashning nazariy va amaliy asoslari *Y.O. Ochilov* *O.E. Babayev*	132
16	Elektr energiyasi iste’molini optimallashtirishga asoslangan boshqaruv algoritmi *Y.O.Ochilov* *O.E.Babayev*	143
17	Atsetoatsetilanilid malon kislota digidrazonining sintezi va spektral tadqiqi *S.F. Abduraxmonov* *Z.A. Abduraxmonova*	152
18	Magnetit tarkibidagi nostexiometrik vyusitning temir vakantlarida mis kationlarining o‘tish darajasini aniqlash *Xamdamov Muxtor Bekzod o‘g‘li* *Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich* *Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich* *Mamaraximov Safarali Kamolidinovich*	157
19	Oksidlangan misli texnogen xomashyolarni yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari yordamida qayta ishlash *Xamdamov Muxtor Bekzod o‘g‘li* *Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich* *Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich*	162
20	Eksperimental topshiriqlar orqali talabalarning tadqiqotchilik ko‘nikmalarini zamonaviy texnologiya asosida shakllantirish metodikasi *Boltayev San’at* *Saidjonova Sohibjamol*	170
21	Oliy ta’lim tizimida talabalarni o‘qitish samaradorligini oshirishda sun’iy intellektning roli *Boymurodova Zuxra Abdimalikovna*	182
22	Fitoterapiyada dorivor o‘simliklardan foydalanishning zamonaviy yondashuvlari: xalq tabobati va ilmiy tibbiyot integratsiyasi *Kodirov N.D* *Tojiboyeva R.D*	192
23	Peculiarities of age-related variability of physiological parameters in young women of reproductive age. *Najimova Nazokat Farxodovna* *Abduraximova Adiba Abdurashid qizi*	197
24	Elektrofizik usul asosida zig‘ir moyi olish jarayonini takomillashtirish *Yusupov Sharofiddin Bo‘ronovich* *Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li* *Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li* *Eshmurodov Sobir Soat o‘g‘li* *Qodirov Jumanazar Urol o‘g‘li*	202

ISSN 3030-3907

25	Yer osti suvlarining geofiltratsiya jarayonlarini kompyuterli modellashtirish *Yusupov Rustam Abdimuratovich* *Xamrakulov Bobur Xudoynazarovich*	208
26	Hayvonot dunyosi davlat kadastri geoma'lumotlar bazasini shakllantirish *Ibragimov Utkir Nurmamat o'g'li* *Qahhorov Elbek Karimovich*	219
27	Polimetilennaftalinsulfokislota sintezida resksiya sharoitlarining mahsulot xossalariga ta'siri *G'oyipov Azizbek Raxmatilla o'g'li* *Nurmanov Suvonqul Erxanovich*	226
28	Imidazo [5,1-a] izoxinolin hosilalarining cox-2 oqsili bilan bog'lanish xususiyatlarini molekulyar doking usuli yordamida tadqiq etish *Mirzoqulov Sunnatillo Mansur og'li* *Asrayeva Nozima Alisher qizi* *Jo'rayeva Husniya Anvar qii* *Tuxtayev Davlat Bobomurodovich*	235
29	Vaqtinchalik cheklovlarni qondirish va scada–iot texnologiyalari asosida bufer ombor logistika jarayonlarini optimallashtirish *Sabirov Ulug'bek Kuchkarov* *Mo'ydinova Surayyoxon Vasliddin qizi*	243
30	Прогнозирование развития преэклампсии у беременных с использованием цифрового мониторинга артериального давления и биомаркеров *Мамадалиева Умида Пулатовна* *Абдуллаева Нигора Улуғбек қизи*	256
31	O'simlik xomashyolari asosida olingan adsorbentlarning benzol bug'i bo'yicha adsorbsion xossalari *Qo'chqarova Durdona Ilxomjon qizi*	262
32	Повышение устойчивости сетей электроснабжения на основе интеллектуального мониторинга и адаптивной защиты при интеграции возобновляемых источников энергии *Латипова М.И.*	270
33	Mikro ges asinxron generatorining statik ish rejimlarini magnit to'yinishni hisobga olgan holda modellashtirish *Mahamadjonov Sodiqjon Yo'ldashboy o'g'li*	281
34	Linterlash sexini avtomatlashtirish va sun'iy intellekt integratsiyasi *Shamshitdinov Maqsudbek Elmurod o'g'li*	288
35	Silikat modulining silikat eritmalar xossalariga ta'siri *Usmanova Madina Muxamadovna*	293
36	Булутли ҳисоблашларда ресурсларни динамик бошқариш *Юнусов Ганишер Ғафирович* *Расулов Муроджон Хамзаевич*	299
37	Киберхавфсизликда аномалияларни аниқлаш тизимлари *Юнусов Ганишер Ғафирович* *Хамидов Отабек Сидик ўғли*	306
38	Машинали ўқитиш алгоритмларини оптималлаштириш усуллари *Юнусов Ганишер Ғафирович* *Юлдашева Зарина Рахматовна*	313
39	Issiqlik nasosli qurilmalardan yuqori haroratli jarayonlarda foydalanish *Saydulla Xujakulov*	320
40	Анализ литературы по технологиям измерения уровня жидких продуктов на производственных предприятиях *Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович* *Буронов Бобирмирзо Алишер угли*	326
41	Oqilona garderob kontseptsiyasining rivojlanishini tahlil qilish (ayollar kiyimi misolida) *Sharipova Saodat Islomovna*	350
42	Postmodern jamiyat talqinida jan bodriarning falsafiy qarashlari *Azimova Madinabonu Adiljon qizi*	356

ISSN 3030-3907

43	A study of the textural and physicochemical properties of activated carbon obtained from apricot kernel shells *Ergasheva Dilsuz Rustamovna* *Mukhamadiev Abdukodir Nuralievich* *Pulatova Sojida Zarifovna* *Ganieva Guzal Nizomovna*	360
44	Bir jinsli bo‘lmagan issiqlik tarqalish tenglamasi uchun manba aniqlash va retrospektiv teskari masalalarni regulyarizatsiya usullari bilan yechish *Bozorova Mexriniso Quyli qizi* *Yunusov G‘anisher G‘afirovich*	367
45	Biometrik tekshirish va webauthn pratakolining integratsiyasi matematik modeli *Xudayberganov Temur Rustamovich* *Davlatmuratov Valijon To‘lqin o‘g‘li*	376
46	Dorivor o‘simliklarning antioksidant va immunomodulyator xususiyatlari – sog‘lom turmush tarzidagi o‘rni *Baymurodov Esan Suyunovich*	382
47	Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali eritmalarda parchalash jarayonini tadqiq qilish *Shamshidinov Israiljon Turgunovich*	386
48	Dorivor o‘simliklardan olingan efir moylarining tibbiyotdagi qo‘llanilishi – antiseptik, sedativ, yallig‘lanishga qarshi ta’siri *Boymurodov Esan Suyunovich*	399
49	Comparative analysis of proverbs and sayings in english and russian languages *Musaeva Malika Ulug‘bekovna*	403
50	Yengil avtomobil dvigatelining karbyurator ta’minlash tizimini takomillashtirish *Abdulxamitov Ibroximjon Muxammadolim o‘g‘li* *Voxobov Rustamjon Abdumannob o‘g‘li*	411
51	Cnn-lstm va real vaqt sensor ma’lumotlari asosida yer osti konlari shamollatish tizimini prediktiv boshqarish *Namozov Nodirbek Niyozovich* *Muminov Jasurbek Nurmuxamed o‘g‘li*	419
52	Junni dastlabki ishlash uskunalarida tola shikastlanishiga ta’sir etuvchi omillarning nazariy va amaliy asoslari tadqiqotlar tahlili *Qarshiyev Davronjon Erkin o‘g‘li* *Yormamatov To‘lqin Choriqul o‘g‘li*	435
53	Takomillashgan chizel-kultivatorning dala yuzasini tekislaydigan moslamasi tekislagichining parametrlarini asoslash bo‘yicha o‘tkazilgan nazariy tadqiqotlarning natijalari *B.B. Rajabov* *Sh.Sh. Nasimov.*	441
54	Расчет тепловой нагрузки и экономической эффективности зданий и сооружений с солнечными системами отопления *Хамраев Талиб Ярашевич*	448
55	Mis oksalatatsetatli kompleks birikmasining hirshfeld yuzalari tahlili *Zaripova Dinora Ibragimovna* *Abdullayeva Zubayda Shavkatovna* *Kadirova Shaxnoza Abduxalilovna* *Masharipov Azamat Tursinboyevich*	457

ISSN 3030-3907

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ПОЛИМЕРА — ХИТОЗАНА

Н.К.Косимова
Магистр Бухарского государственного технического университета, Узбекистан
А.А.Хайдаров
Профессор Бухарского государственного технического университета, д.т.н.
E-mail: axtam-xaydarov@mail.ru
Г.А.Ихтиярова
Профессор Ташкентского государственного технического университета, д.х.н., Узбекистан

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты направленного синтеза хитина и хитозана, выделенных из энтомологического сырья — подмора пчел *Apis Mellifera*. В ходе исследования оптимизированы параметры экстракции биополимеров, а их химический состав и молекулярная архитектура подтверждены методами ИК-спектроскопии и элементного анализа. Установлено, что полученный хитозан является полидисперсным производным D-глюкозамина с низкой степенью ацетилирования (5-15%), содержащим незначительные примеси аминокислотных и пептидных фрагментов. Учитывая высокую возобновляемость и природное происхождение данного источника, подмор пчел обоснован как перспективный базис для получения полиэлектролитов с уникальным комплексом физико-химических свойств.

Ключевые слова: синтез, исследование, хитин, хитозан, аминокислота, полисахарид, ИК спектроскопия.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Apis Mellifera asalari o‘limtigi (qoldig‘i) — entomologik xomashyodan ajratib olingan xitin va xitozanning maqsadli sintezi natijalari taqdim etilgan. Tadqiqot davomida biopolimerlarni ekstraksiya qilish parametrlari optimallashtirilgan, ularning kimyoviy tarkibi va molekulyar arxitekturasi esa IQ-spektroskopiyasi va elementar analiz usullari bilan tasdiqlangan. Aniqlanishicha, olingan xitozan D-glyukozaminning past asetillanish darajasiga (5-15%) ega bo‘lgan polidispers hosilasi bo‘lib, oz miqdordagi aminokislota va peptid fragmentlari aralashmalarini saqlaydi. Ushbu manbaning yuqori qayta tiklanuvchanligi va tabiiy kelib chiqishini hisobga olgan holda, asalari o‘limtigi (qoldig‘i) noyob fizik-kimyoviy xususiyatlar majmuasiga ega polielektrolitlar olish uchun istiqbolli asos sifatida asoslab berilgan.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: sintez, tadqiqot, xitin, xitozan, aminokislota, polisaxarid, IQ spektroskopiya.

Abstract. This work presents the results of the targeted synthesis of chitin and chitosan isolated from entomological raw material – bee deadstock of Apis Mellifera. During the research, the parameters for biopolymer extraction were optimized, and their chemical composition and molecular architecture were confirmed by methods of IR spectroscopy and elemental analysis. It was found that the obtained chitosan is a polydisperse derivative of D-glucosamine with a low degree of acetylation (5-15%), containing negligible impurities of amino acid and peptide fragments. Considering the high renewability and natural origin of this source, bee deadstock is justified as a promising basis for obtaining polyelectrolytes with a unique set of physicochemical properties.

Keywords: synthesis, research, chitin, chitosan, amino acid, polysaccharide, IR spectroscopy.

ВВЕДЕНИЕ.

В современную эпоху биоэкономики особое внимание уделяется возобновляемым природным полимерам, среди которых хитин и его дериват хитозан занимают второе место по распространенности после целлюлозы. Благодаря уникальным гиполипидемическим и иммуномодулирующим свойствам, хитозан широко интегрирован в фармацевтическую, косметическую и пищевую отрасли. Для промышленного сектора Республики Узбекистан наиболее перспективными источниками энтомологического хитина являются тутовый шелкопряд и медоносные пчелы (Apis mellifera). В частности, пчелиный подмор — биомасса пчел, завершивших жизненный цикл, — представляет собой значительный сырьевой резерв. Получаемый из него низкомолекулярный хитозан-меланиновый комплекс (пчелозан) по ряду биологических показателей превосходит аналоги, выделяемые из панцирей ракообразных.

В данной работе исследован сухой весенний подмор, характеризующийся специфическим органолептическим профилем и низким содержанием минеральных фракций в кутикуле насекомых. Низкая степень минерализации экзоскелета пчел упрощает стадию деминерализации (ДМ), что делает технологический цикл получения хитина и хитозана более эффективным и менее энергозатратным по сравнению с традиционными методами переработки морского сырья.

Нами проведен комплексный анализ сухого подмора пчел, отобранного в период весенней регенерации колоний. Особенностью данного сырья является практически полное отсутствие глубокой минерализации кутикулы, что минимизирует расход реагентов на стадии подготовки.

ISSN 3030-3907

Экспериментальная часть включала предварительную сушку биомассы при 35°C с последующим измельчением навески (30 г) для проведения последовательных стадий деминерализации (ДМ) и депротеинирования (ДП) согласно разработанной технологической схеме (рис.1).



Рисунок 1. Общая схема получения хитин и хитозана

Стадия деминерализации (ДМ) исходного энтомологического сырья осуществлялась по методу Хакмана путём экстракции минеральных компонентов 2М раствором соляной кислоты при постоянном перемешивании в течение 5 часов (комнатная температура). Последующее депротеинирование проводилось путём обработки измельчённой биомассы 1Н раствором гидроксида натрия при температуре 80 °C в течение 60 минут. Полученный полупродукт подвергался фильтрации и сушке при естественных условиях. На каждом этапе очистки сырьё промывалось дистиллированной водой до достижения нейтрального значения pH промывных вод. Синтез хитозана осуществлялся путём деацетилирования выделенного хитина в среде 35%-ного водного раствора NaOH при температуре 85 °C в течение 4 часов с последующей сушкой целевого продукта при 50–55 °C.

Интерпретация полученных биополимеров осуществили снятием ИК-спектров на ИК-Фурье спектрометре Nicoleti S 50 (Thermo Fisher Scientific,США), которые представлены на рис. 2.

Как видно в ИК-спектре хитина наблюдаются характерные полосы поглощения в областях 3290 $см^{-1}$ относящиеся колебанием связи -N–H-, а также полосы поглощения 1371 $см^{-1}$, которые свидетельствуют о присутствии $-CH_3$ группы, поглощения в области 1579 $см^{-1}$ характерны C=O группе. ИК-спектр хитозана показывает пики в области 3272 $см^{-1}$ и 1377–1028 $см^{-1}$, которые свидетельствуют о присутствии NH_2-группы.

ISSN 3030-3907

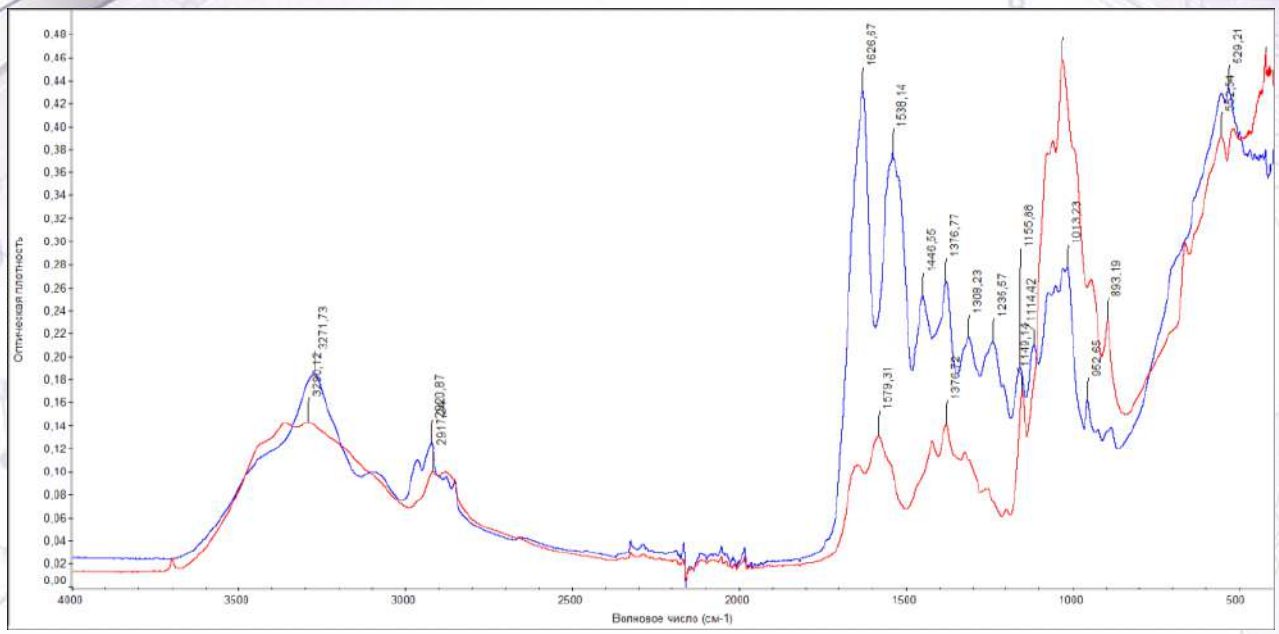


Рисунок 2. ИК-фурье спектры хитина и хитозана, полученных из пчелиного подмора

При этом поглощении в области 1360–1000 $см^{-1}$ у всех типов аминов появляются полосы поглощения, вызванные участием C–N связи в скелетных колебаниях молекулы. В образце хитина и хитозана зарегистрированы также полосы с максимумами при 1446 $см^{-1}$ деформационного колебания CH_2- и CH_3-групп и 1373 $см^{-1}$ (перегиб) деформационного колебания OH-связи. В образце хитозана наблюдается широкая полоса средней интенсивности в области 1320–1387 $см^{-1}$, соответствующая колебанию OH-связи.

Из ИК спектрофотометрических данных можно сделать вывод, что при деацетилирование хитин превращается в форму хитозана, то есть молекулярные структуры хитозана отличается от молекулярные структуры хитина. Это можно представит как сополимеры хитин и хитозана.

Таким образом, получены и характеризованы биополимеры хитин и хитозан на основе нового перспективного источника – сухого подмора пчел Apis mellifera. Учитывая природное происхождение пчелиного подмора и ее степени возобновляемости, можно заключить, что данное сырье имеет большое значение как исходный материал для получения полиэлектролитов с набором уникальных свойств.

На основании полученных результатов обоснована эффективность использования биомассы пчел Apis mellifera как нового воспроизводимого источника хитина и хитозана. Установлено, что высокая степень экологической доступности и специфическая молекулярная архитектура полученных соединений определяют высокую научно-практическую значимость данного сырья. Пчелиный подмор может быть рекомендован в

ISSN 3030-3907

качестве приоритетного материала для разработки биосовместимых полиэлектролитов с заданными эксплуатационными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. - М.: Наука, 2002. - 368 с.
2. Ихтиярова Г.А., Маматова Ш.Б., Курбанова Ф.Н., // Получение и характеризация хитина и хитозана из пчелы Apis mellifera. Журнал Юниверсум. 2018. 5 (50.).
3. Ихтиярова Г.А., Гулямова М.Б., Шакаров Х. Новый метод получения воспроизводимых биополимеров хитина и пчелозана из подмора пчел Журнал Вопросы науки и оброзования. Москва. 2017 г. №15 (6). ISSN 2542-081X. С10-11.

CHIGITLI PAXTA TARKIBIDAGI IFLOSLIKLAR NAMLIGINING TEXNOLOGIK JARAYONLARDA O‘ZGARISHI VA UNING TOLA SIFATIGA TA’SIRI

Qarshiyev Baxtiyor Eshqobilovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, t.f.f.d., dotsent
Ashurov Sardor Safar o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 1-kurs magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada chigitli paxta va uning tarkibidagi asosiy iflos aralashmalar – g‘o‘za bargi, g‘o‘za chanog‘i hamda cho‘plarning texnologik jarayonlar davomida namlik ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, quritish va tozalash jarayonlari davomida namlikning kamayishi iflosliklarning mo‘rtlashishiga, maydalanishiga hamda toladan ajralish samaradorligining oshishiga olib kelishi aniqlangan. Shuningdek, paxta va uning tarkibidagi turli fraksiyalarga mansub iflos aralashmalar namligining paxta tolasi sifatiga ta’siri ham o‘rganilib, paxta namligi ortishi bilan toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdori oshishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: chigitli paxta, namlik, iflos aralashmalar, g‘o‘za bargi, g‘o‘za chanog‘i, cho‘p, quritish barabani, tola sifati.

Abstract. This article investigates the moisture characteristics of raw cotton and its main foreign impurities, including cotton leaves, cotton bolls, and stalks, during technological processing stages. According to the research results, a decrease in moisture during drying and cleaning processes leads to the embrittlement and fragmentation of impurities, as well as an increase in the efficiency of their separation from the fiber. In addition, the influence of moisture content of different fractions of impurities in cotton on fiber quality was studied, and it was found that an increase in cotton moisture leads to an increase in the amount of impurities and defective particles in the fiber.

Keywords: raw cotton, moisture, impurities, cotton leaf, cotton boll, stalk, drying drum, fiber quality.

Аннотация. В данной статье исследуются характеристики влажности хлопка-сырца и его основных примесей — листьев хлопчатника, коробочек и стеблей — в процессе технологической обработки. Согласно результатам исследования, снижение влажности в процессах сушки и очистки приводит к хрупкости и измельчению примесей, а также к повышению эффективности их отделения от волокна. Кроме того, изучено влияние влажности различных фракций примесей хлопка на качество волокна, и установлено, что увеличение влажности хлопка приводит к росту количества примесей и дефектных включений в волокне.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: хлопок-сырец, влажность, примеси, листья хлопчатника, коробочка хлопчатника, стебель, сушильный барабан, качество волокна.

KIRISH.

Har qanday materialni qayta ishlashdan avval uning tarkibi o‘rganiladi. Material tarkibiy tuzilishi bir jinsli bo‘lgan hollarda uning ustida olib boriladigan amaliy ishlar bir muncha oson va sodda ko‘rinish kasb etadi. Ammo ko‘p komponentli materiallar butunlay o‘zgacha yondoshuvni talab qiladi.

Chigitli paxta tuzilishiga ko‘ra bir jinsli material emas. Chigitli paxta asosiy uchta komponentdan tashkil topgan: tola, chigit po‘stlog‘i, chigit yadrosi. Nam chigitli paxta tarkibida qo‘shimcha tarzda suv elementlari ham mavjud bo‘ladi. Komponentlarning kimyoviy tuzilishi turlichadir. Paxta tolasi va chigit po‘stlog‘i kapillyar-g‘ovak materiallar sirasiga kiradi. Chigit po‘stlog‘i tarkibida qo‘shimcha yog‘och tolalari mavjud.

Paxta tolasi asosan kutikula, sellyuloza, quvur qatlamlaridan iborat bo‘lib, kutikula o‘z navbatida yog‘, mum va boshqa turdagi moddalar bilan birikkan sellyulozadan iborat. Bu qatlam tashqi ta’sirlardan himoya qiladi. Pishgan paxta tolasi tarkibida 95-98% sellyuloza moddasi mavjud. Paxta tolasining uzunligi seleksion navga ko‘ra 25-50 mm oralig‘ida bo‘lishi mumkin. Qalinligi esa 15-25 mkm oralig‘ida bo‘ladi.

Chigit yadrosi yog‘lar va oqsillardan iborat, uning tarkibiga shuningdek uglevodlar, kristall-kolloid shakar, pektinsimon moddalar mansubdir. Chigit yadrosini tabiatiga ko‘ra kolloid, tuzilishiga ko‘ra esa kapillyar-g‘ovak materiallar sirasiga kiritishimiz mumkin.

Chigit po‘stlog‘ini tuzilishini yog‘ochning tarkibiy tuzilishiga qiyoslasak bo‘ladi. Kimyoviy tuzilishiga ko‘ra uning tarkibida 40-45% sellyuloza, 28-30% pektozan, 3% oqsil, 2-3% zol moddalaridan tashkil topgan.

Chigitli paxtani tozalash jarayonida qayta ishlaganda uning ko‘p komponentli ekanligini nazarda tutish lozim. Tozalash jarayonidan oldin paxta tarkibidagi iflosliklar asosan tola tarkibida aktiv va passiv holatda bo‘lishi bir jihat bo‘lsa, chigitli paxta tarkibidagi chigit ikkinchi muammoli vaziyatni vujudga keltiradi. Chigitli paxta tarkibidagi namlik miqdoridan kelib chiqib tola tarkibidagi iflosliklar qulay va oson tozalanishi mumkin yoki aksincha. Masalaning ahamiyatli tomoni shundaki chigitli paxtani tozalanish jarayonida undan olinadigan asosiy mahsulot tolaning sifat ko‘rsatkichlarini saqlab qolish hamda uning tarkibidagi qoldiq iflosliklarni iloji boricha kamaytirish muammo hisoblanadi. Shunday ekan chigitli paxtani tozalash jarayonida sun’iy jinlash, tiqilish, chigitli paxtani eshilish, chigit po‘stlog‘ining shikastlanishiga, iflosliklarni maydalanib tola tarkibida aktiv holatga o‘tib qolishiga yo‘l qo‘ymaslik lozim. Agarda yuqorida aytib o‘tilgan

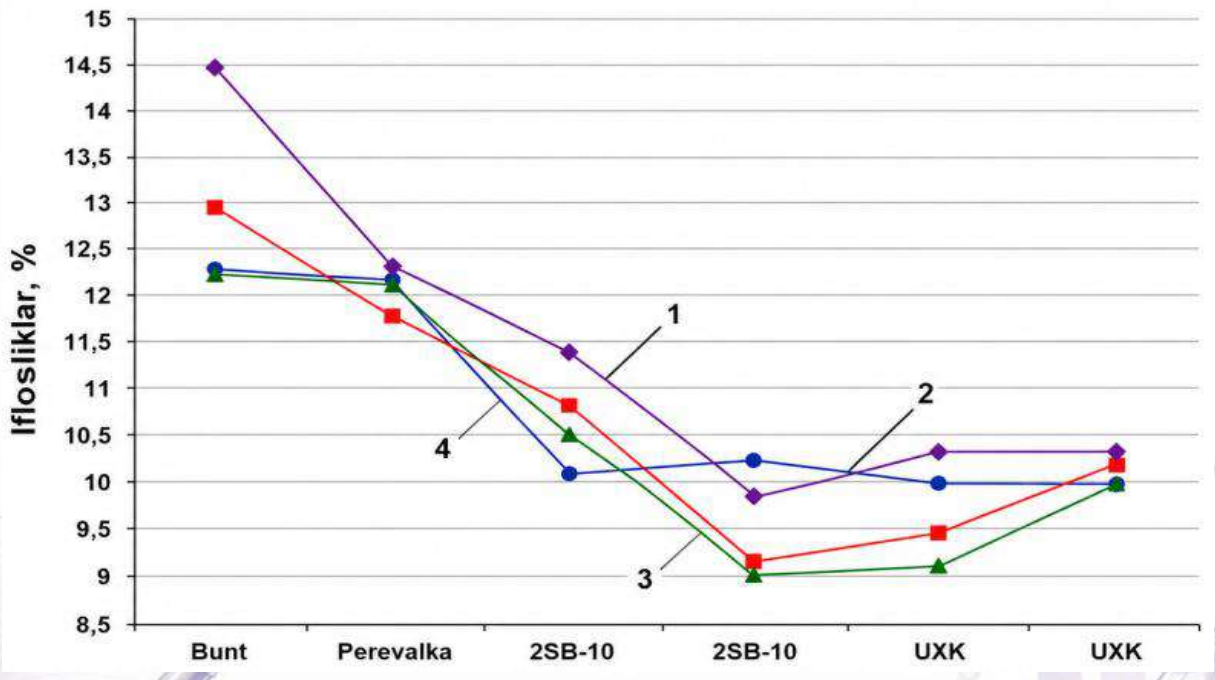
ISSN 3030-3907

kamchiliklar bartaraf etilsa chigit va asosiy mahsulot tolaning sifat ko‘rsatkichlari yaxshilanib uning narxi ham yuqori bo‘ladi [1-7].

Paxta tozalash korxonalarida chigitli paxtaning sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilashda uning namlik darajasi muhim omillardan biri hisoblanadi. Namlikning me’yoridan yuqori bo‘lishi iflos aralashmalarning tolaga mahkam yopishib qolishiga sabab bo‘ladi. Natijada tozalash mashinalarining samaradorligi pasayadi va tayyor mahsulot sifati yomonlashadi. Shu sababli texnologik jarayonlarda paxta va uning tarkibidagi iflosliklar namligining o‘zgarishini o‘rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega [7-10].

Paxta tozalash sanoati mamlakatimiz iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Paxta xomashyosini qayta ishlash jarayonida yuqori sifatli tola olish ko‘p jihatdan chigitli paxtaning boshlang‘ich sifat ko‘rsatkichlariga, ayniqsa uning namligi va ifloslik darajasiga bog‘liqdir. Paxta tarkibidagi namlik texnologik jarayonlarning samaradorligiga, iflosliklarning ajralish darajasiga hamda yakuniy mahsulot sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [11-13].

Tadqiqot davomida g‘aram maydonidan olingan chigitli paxta namunalari texnologik jarayonning turli bosqichlarida tahlil qilindi. Namlik ko‘rsatkichlari quyidagi bosqichlarda aniqlangan: g‘aram maydoni, perevalka, 1-quritish barabani, 2-quritish barabani, 1-liniya UXK agregati, 2-liniya UXK agregati. Bunda chigitli paxta, g‘o‘za bargi, g‘o‘za chanog‘i va cho‘plarning namlik ko‘rsatkichlari alohida o‘rganildi.



1-paxta; 2-g‘o‘za bargi; 3- g‘o‘za chanog‘i; 4-cho‘plar

1-rasm. Texnologik bosqichlar bo‘yicha ifloslik namliklarini o‘zgarish grafigi

ISSN 3030-3907

Grafikdan ko‘rinib turibdiki chigitli paxtaning boshlang‘ich namligi 12,33 % ni tashkil etgan bo‘lsa, perevalkadan so‘ng esa namunaning namligi 12,30 foizni tashkil etmoqda. Quritish jarayonlaridan keyin namlik sezilarli darajada kamayib, 1-quritish barabanidan so‘ng 10,09 %, 2-quritish barabanidan so‘ng esa 10,03 % ga tushdi. UXK agregatlaridan keyin paxta namligi 10 % atrofida barqarorlashdi.

G‘o‘za barglari namligi dastlab 13,02 % bo‘lgan bo‘lsa, perevalkadan keyin 11,94 % ga kamaygan. Birinchi quritish barabanidan so‘ng 11,0 %, ikkinchi quritish barabanidan keyin esa 9,02 % ni tashkil etdi. Bu holat barglarning mo‘rtlashib, maydalanuvchanligini oshirgan. G‘o‘za chanog‘ining namligi ham texnologik jarayon davomida kamayib borgan. Dastlabki qiymat 12,30 % bo‘lsa, perevalkadan keyin 12,20 %, birinchi quritish barabanidan keyin 10,52 %, ikkinchi quritish barabanidan keyin esa 9,10 % ni tashkil etdi. Namlikning pasayishi chanoklarning maydalanuvchanlik darajasini oshirgan.

Cho‘plar namligida esa eng katta kamayish kuzatildi. Boshlang‘ich namlik 14,5 % bo‘lib, perevalkadan keyin 12,30 %, birinchi quritish barabanidan keyin 11,40 %, ikkinchi quritish barabanidan keyin esa 9,80 % gacha kamaygan. Natijada cho‘plar mo‘rtlashib, tozalash uskunalarida maydalanishi va toladan ajralishi osonlashgan.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, quritish jarayonida barcha iflos aralashmalarning namligi paxta namligiga nisbatan tezroq kamayadi. Bu esa iflosliklarning fizik-mexanik xususiyatlarini o‘zgartirib, ularning mo‘rtlashishiga olib keladi. Namlik kamayishi bilan iflosliklarning tolaga birikish kuchi ham pasayadi va tozalash samaradorligi ortadi.

Paxta tozalash sanoati mamlakatimiz iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Paxta xomashyosini qayta ishlash jarayonida yuqori sifatli tola olish ko‘p jihatdan chigitli paxtaning boshlang‘ich sifat ko‘rsatkichlariga, ayniqsa uning namligi va ifloslik darajasiga bog‘liqdir. Paxta tarkibidagi namlik texnologik jarayonlarning samaradorligiga, iflosliklarning ajralish darajasiga hamda yakuniy mahsulot sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Ma’lumki, chigitli paxta tarkibida g‘o‘za barglari, chanog‘lari, cho‘plar va boshqa organik hamda mineral aralashmalar uchraydi. Ushbu iflosliklarning namligi ko‘pincha paxta namligidan yuqori bo‘lib, ular paxta tolasiga mustahkam birikib qolishiga sabab bo‘ladi. Natijada tozalash uskunalarining samaradorligi pasayadi, tolada nuqson va iflos aralashmalar miqdori ortadi hamda tayyor mahsulot sifati yomonlashadi. So‘nggi yillarda paxtani dastlabki ishlash texnologiyasini takomillashtirish, quritish va tozalash jarayonlarining samaradorligini oshirish hamda tola sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarga katta e’tibor qaratilmoqda. Biroq paxta va uning tarkibidagi

ISSN 3030-3907

turli fraksiyalarga mansub iflosliklar namligining tola sifatiga ta’sirini chuqur o‘rganish dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi paxta va uning tarkibidagi iflos aralashmalar namligining texnologik jarayonlar davomida o‘zgarishini o‘rganish hamda ularning tola sifati, xususan toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdoriga ta’sirini aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari paxtani qayta ishlashda optimal namlik rejimlarini belgilash, tola sifatini yaxshilash va paxta tozalash korxonalarining texnologik samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Paxta va uning tarkibiy qismlari, jumladan turli fraksiyadagi iflos aralashmalarning namlik ko‘rsatkichlari tahlili natijasida ularning namligi paxta namligiga nisbatan yuqoriroq ekanligi aniqlandi. Ushbu holat iflosliklarning fizik-mexanik xususiyatlariga hamda paxta tolasi sifat ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Paxta va uning tarkibiy komponentlari namligining tola sifatiga ta’siri Jarqo‘rg‘on paxta tozalash korxonasida tajriba-sinov ishlari orqali o‘rganildi. Tadqiqot davomida chigitli paxtaning boshlang‘ich namligi va ifloslik darajasi aniqlanib, texnologik jarayonlar davomida ushbu ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi hamda hosil bo‘ladigan toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdoriga ta’siri baholandi.

Olingan natijalarni tahlili tolani iflosligi va nuqsonli aralashmalarni miqdori paxta namligi bilan quyidagi bog‘lanishda ekanligi aniqlandi.

$$I_a = a_1 + b_2 \cdot W \qquad (1)$$

bu yerda: a_1 va b_1- tajriba yo‘li bilan aniqlangan koeffitsientlar, W-paxtani namligi.

Tajriba natijalari bo‘yicha bog‘lanish quyidagi holatga keldi.

$$I_a = 1{,}45 + 0{,}13 \cdot W \qquad (2)$$

Olingan natijalarni tahlili matematik qayta ishlash natijasida paxta namligi va toladagi iflosliklar miqdori o‘rtasidagi bog‘liqlikning chiziqli xarakterga ega ekanligi tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari paxta namligi ortishi bilan toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdori ham ortib borishini ko‘rsatdi (1-jadval).

1-jadval

Tola sifatiga paxta namligini ta’siri

W	7	8	9	10
I_a	2,36	2,49	2,62	2,75

Tahlillar natijasida paxtani qayta ishlash jarayonida uning namligini texnologik talablar asosida 7–8 % oralig‘igacha kamaytirish maqsadga muvofiqligi aniqlandi. Ushbu namlik diapazonida toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdori minimal qiymatlarga ega bo‘lib, tola sifat ko‘rsatkichlari yaxshilanadi.

ISSN 3030-3907

1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, paxta namligi 7 % dan 10 % gacha ortganda toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdori 2,36 % dan 2,75 % gacha oshadi. Bu esa paxta namligining ortishi tola sifatining pasayishiga olib kelishini ko‘rsatadi. Shuning uchun paxtani quritish va tozalash jarayonlarida namlikni me’yoriy darajada ushlab turish yuqori sifatli tola olishning muhim shartlaridan biri hisoblanadi.

Tadqiqotlar natijasida paxta namligi bilan toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalar miqdori o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi. Paxta namligining ortishi tolada iflosliklar miqdorining ko‘payishiga sabab bo‘ladi. Shu bois paxtani qayta ishlashdan oldin uning namligini 7–8 % oralig‘iga keltirish tola sifatini yaxshilash hamda iflosliklar miqdorini kamaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Paxtani dastlabki ishlashning muvofiqlashtirilgan texnologiyasi, PDI-70-2017, “Paxtasanoat ilmiy markazi” AJ. Toshkent, “Mehnat”, 2017 y. 33-4 b.
2. Cotton science and technology. Edited by S. Gordon and Y-L Hsieh. (195-196 b).
3. Jabborov G‘.J., Otametov T.U., Xamidov A.X. Chigitli paxtani ishlash texnologiyasi. // -Toshkent. “O‘qituvchi” 1987 y. 326 b.
4. Пахта хомашёсини дастлабки ишлаш. Под общей редакщией Э.Зикриёев // Тошкент, “Меҳнат”, 2002 й. 400 с.
5. Зикриёев Э.З. Первичный переработка хлопка-сырца. Учебной пособие. “Мехнат”, Ташкент, 1999 г.
6. Kamolovich, D. R., O‘G‘Li, A. N. U., Yusupovich, A. K., & Eshqobilovich, Q. B. (2024). TUKLI URUG‘LIK CHIGITNI SARALASHNING TAKOMILLASHTIRILGAN TEXNOLOGIYASI. Механика и технология, 2(15), 169-175.
7. Абдихамидов, Н. У. Ў., Джамолов, Р. К., Каршиев, Б. Э., & Абдуллаев, К. Ю. (2024). ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВОЧНОГО АГРЕГАТА ВОЛОСАТЫХ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ. Universum: технические науки, 4(5 (122)), 39-44.
8. Эшқобилович, Қ. Б. (2023). ПАХТАНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ ТОЛА ВА ЧИГИТ НАМЛИГИГА ТАЪСИРИ. Механика и технология, (2 (5) Спецвыпуск), 309-315.
9. Eshqobilovich, Qarshiev Baxtiyor, Gulboev Otabek Abdimurod O‘G‘Li, and Narzullaev Fazliddin Shuhrat O‘G‘Li. "QURITILGAN PAXTANI PNEVMATIK UZATISHDA TOLA VA CHIGIT TEMPERATURALARIGA TA’SIRINI TAHLILI." Механика и технология 1 (8) Спецвыпуск (2024): 226-230.

ISSN 3030-3907

10. Каршиев Б. Э., Исматов С. С. РАВНОМЕРНОСТЬ СУШКИ КОМПОНЕНТОВ ХЛОПКА-СЫРЦА //Экономика и социум. – 2023. – №. 9 (112). – С. 485-489.
11. Парпиев А. П., Каршиев Б. Э. РАВНОМЕРНОСТЬ СУШКИ КОМПОНЕНТОВ ХЛОПКА-СЫРЦА //Universum: технические науки. – 2022. – №. 9-2 (102). – С. 51-54.
12. Каршиев Б. Э. и др. Пахтани тозалашга тайёрлаш технологиясининг таҳлили //RESULTS OF NATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH. – 2022. – Т. 1. – №. 6.
13. Каршиев Б.Э., Парпиев А.П., Хушбаков А.Н. Анализ температуры, влажности волокна и семян в технологических процессах на хлопкоочистительных предприятиях// INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE: YOUTH, SCIENCE, EDUCATION: TOPICAL ISSUES, ACHIEVEMENTS AND INNOVATIONS, 2022 Prague, Czech. https://doi.org/10.5281/zenodo.7117865.

MAHALLIY DAG‘AL JUN TOLALARI ASOSIDA OLINGAN NOTO‘QIMA MATONING EGILUVCHANLIGI VA MUSTAHKAMLIGINI ANIQLASH

Bozorov Shohabbos Abduvihid o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti 3-bosqich tayanch doktoranti
E-mail: shokhabbos_910@maill.ru
Urozov Mustofokul Kulto‘rayevich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti ilmiy-ishlar bo‘yicha prorektori
Qarshiyev Baxtiyor Eshqobilovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
Ermatov Shavkat Kulmatovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),
E-mail: shavkat.ermatov.85@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada Surxondaryo viloyatida yetishtiriladigan qo‘ylarning mahalliy dag‘al jun tolalari asosida tayyorlangan noto‘qima materiallarning mexanik xossalari tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida oddiy dag‘al jun asosidagi va dimetikon bilan modifikatsiya qilingan namunalarning qalinligi, yuzaviy zichligi, uzilish kuchi, nisbiy cho‘zilishi hamda egiluvchanlik ko‘rsatkichlari aniqlangan. Tadqiqot natijalari dimetikon bilan ishlov berish materialning mexanik xossalarini sezilarli darajada yaxshilashini ko‘rsatdi. Xususan, modifikatsiya natijasida uzilish kuchi 48 %, cho‘zilish ko‘rsatkichi 58 % va egiluvchanlik koeffitsienti 32,6 % ga oshgani aniqlangan..

Kalit so‘zlar: dag‘al jun tolasi, noto‘qima mato, dimetikon, mustahkamlik, egiluvchanlik, cho‘zilish, olovbardosh material.

Abstract. This article investigates the mechanical properties of nonwoven materials produced from local coarse wool fibers obtained from sheep raised in the Surkhandarya region. The study evaluated the thickness, surface density, tensile strength, elongation at break, and flexibility characteristics of untreated coarse wool nonwoven materials and samples modified with dimethicone. The results showed that dimethicone treatment significantly improved the mechanical properties of the material. In particular, tensile strength increased by 48%, elongation by 58%, and the flexibility coefficient by 32.6% compared to the untreated samples.

Keywords: coarse wool fiber, nonwoven fabric, dimethicone, tensile strength, flexibility, elongation, flame-retardant material.

Аннотация. В данной статье исследованы механические свойства нетканых материалов, изготовленных на основе местных грубых шерстяных волокон, полученных от овец, выращиваемых в Сурхандарьинской области. В ходе исследования были определены толщина, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, относительное удлинение и показатели гибкости образцов нетканого материала из грубой шерсти без обработки и модифицированных диметиконом. Результаты исследования показали, что обработка диметиконом значительно улучшает механические свойства материала. В частности, разрывная нагрузка увеличилась на 48 %, относительное удлинение — на 58 %, а коэффициент гибкости — на 32,6 % по сравнению с немодифицированными образцами.

Ключевые слова: грубое шерстяное волокно, нетканый материал, диметикон, прочность, гибкость, относительное удлинение, огнезащитный материал.

KIRISH.

Dunyoda texnik to‘qimachilik materiallari ishlab chiqarishda ekologik xavfsiz va qayta tiklanuvchi xomashyolardan foydalanishga bo‘lgan talab yildan-yilga ortib bormoqda. Tabiiy tolalar orasida jun tolasi yuqori issiqlik izolyatsiyasi, namlikni boshqarish xususiyati, elastikligi va tabiiy olovbardoshligi bilan ajralib turadi [1].

Jun tolalarining asosiy tarkibi keratin oqsilidan tashkil topgan bo‘lib, uning molekulyar tuzilishidagi disulfid bog‘lari tolalarning yuqori mexanik mustahkamligi va deformatsiyadan keyin dastlabki holatini tiklash qobiliyatini ta’minlaydi [2].

So‘nggi yillarda dag‘al jun tolalaridan texnik va kompozit materiallar ishlab chiqarish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Tadqiqotchilar tomonidan jun tolalarining mexanik, issiqlik va akustik xususiyatlari o‘rganilib, texnik maqsadlarda qo‘llash istiqbollari asoslab berilgan [3–5].

O‘zbekiston Respublikasida har yili katta hajmda dag‘al va yarim dag‘al jun tolalari olinadi. Ushbu xomashyoning muayyan qismi qayta ishlanmasdan qolmoqda. Shu sababli mahalliy jun tolalaridan yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi [6].

Popescu va Wortmann tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda jun tolasining tuzilishi, mexanik xususiyatlari va texnik mahsulotlar ishlab chiqarishdagi ahamiyati o‘rganilgan. Mualliflar jun tolalari yuqori elastiklikka ega ekanligini hamda energiyani yutish qobiliyati tufayli texnik materiallar uchun istiqbolli xomashyo hisoblanishini ta’kidlaganlar [1].

ISSN 3030-3907

Feughelman tomonidan α-keratin tolalarining mexanik xossalari tadqiq qilinib, tolalarning cho‘zilishdagi deformatsiyasi va uzilish mustahkamligi ularning molekulyar tuzilishi bilan bog‘liqligi aniqlangan [2].

Yilmaz tomonidan noto‘qima materiallarning mexanik xususiyatlari tahlil qilingan bo‘lib, cho‘zilish va uzilish mustahkamligi yaxshi o‘rganilganligi, ammo egilish va deformatsion xususiyatlar bo‘yicha tadqiqotlar nisbatan kamligi qayd etilgan [4].

Patrucco va hammualliflar tomonidan bajarilgan tadqiqotlarda jun asosidagi kompozit materiallarning mexanik va issiqlik xususiyatlari o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari jun tolalarining energiyani yutish va issiqlik izolyatsiyasi ko‘rsatkichlari yuqori ekanligini ko‘rsatgan [3].

Lee va hammualliflar jun asosidagi noto‘qima materiallarni modifikatsiyalash orqali mexanik xususiyatlarni yaxshilash mumkinligini aniqlaganlar. Ularning tadqiqotlarida bog‘lovchi moddalardan foydalanish natijasida uzilish kuchi va deformatsiyaga chidamlilik ortgan [5].

Mahalliy olimlardan Qayumov va hammualliflar O‘zbekiston hududida yetishtiriladigan jun tolalarining texnologik imkoniyatlarini tahlil qilib, ulardan texnik tekstil materiallari ishlab chiqarish istiqbollarini asoslab berganlar [6].

Toshbekov va Urozov tomonidan bajarilgan tadqiqotlarda mahalliy jun tolalarini oqartirish va rangsizlantirish texnologiyalari ishlab chiqilgan bo‘lib, mahsulot sifatini yaxshilash imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan [7].

Bozorov va Urozov tomonidan jun tolalarini dastlabki tozalash texnologiyasi takomillashtirilgan va sifatli xomashyo olishning ilmiy asoslari ishlab chiqilgan [8].

Mahalliy va xorijiy tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, dag‘al jun asosidagi noto‘qima materiallarning mexanik xususiyatlari keng o‘rganilgan bo‘lsa-da, dimetikon bilan modifikatsiyalangan mahalliy dag‘al jun asosidagi materiallarning egiluvchanligi va mustahkamligi yetarli darajada tadqiq qilinmagan.

Tadqiqot obyekti sifatida Surxondaryo viloyatida yetishtiriladigan qo‘ylardan olingan dag‘al jun tolalari tanlandi.

Jun tolalari yuvildi, quritildi, taraldi va igna sanchish texnologiyasi yordamida noto‘qima material tayyorlandi. Namunalarning bir qismiga dimetikon bilan modifikatsion ishlov berildi.

Mustahkamlik quyidagi formula orqali aniqlandi:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

bu yerda:

σ – mustahkamlik, MPa;

F – uzilish kuchi, N;

ISSN 3030-3907

S – kesim yuzasi, mm².

Cho‘zilish ko‘rsatkichi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

bu yerda:

L_0 – dastlabki uzunlik;

L – uzilish paytidagi uzunlik.

1-jadval

Mahalliy dag‘al jun asosidagi materiallarning mexanik xossalari

Ko‘rsatkich	Oddiy dag‘al jun	Dimetikon bilan ishlov berilgan
Qalinlik, mm	5.8	6.1
Yuzaviy zichlik, g/m²	480	500
Uzilish kuchi, N	125	185
Cho‘zilish, %	24	38
Egiluvchanlik koeffitsienti	0.46	0.61

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, dimetikon bilan modifikatsiya qilingan namunalarda mexanik xususiyatlar sezilarli yaxshilangan.

Uzilish kuchi 125 N dan 185 N gacha ortib, 48 % o‘sish kuzatildi.

Cho‘zilish ko‘rsatkichi 24 % dan 38 % gacha oshib, 58 % lik yaxshilanish qayd etildi. Egiluvchanlik koeffitsienti 0.46 dan 0.61 gacha ortib, materialning deformatsiyaga moslashuvchanligi oshgan. Dimetikon tolalar yuzasida yupqa himoya qatlami hosil qilib, tolalararo ishqalanishni kamaytiradi. Natijada yuklama ta’sirida kuchlanish tolalar bo‘ylab bir tekis taqsimlanadi va materialning uzilish mustahkamligi ortadi [5]. Bundan tashqari, dimetikon tolalarning elastikligini oshirib, ularning deformatsiyadan keyin shaklni tiklash qobiliyatini yaxshilaydi. Ushbu holat egiluvchanlik koeffitsientining oshishida ham namoyon bo‘ldi.

Olingan natijalar Patrucco, Lee va boshqa tadqiqotchilar tomonidan keltirilgan ma’lumotlar bilan mos keladi [3,5]. Mahalliy jun tolalari asosida olingan materiallarning mexanik ko‘rsatkichlari xorijiy tadqiqotlarda keltirilgan texnik noto‘qima materiallar diapazoniga mos kelishi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari Surxondaryo viloyatida yetishtiriladigan qo‘ylardan olinadigan mahalliy dag‘al jun tolalari asosida yuqori mexanik xossalarga ega noto‘qima materiallar tayyorlash mumkinligini ko‘rsatdi. Dimetikon bilan modifikatsiya qilingan namunalarda uzilish kuchi, nisbiy cho‘zilish va egiluvchanlik ko‘rsatkichlari oddiy dag‘al jun asosidagi materiallarga nisbatan sezilarli darajada yaxshilangani aniqlandi. Bu esa dimetikonning tolalararo

ISSN 3030-3907

bog‘lanishni mustahkamlashi va materialning deformatsiyaga chidamliligini oshirishi bilan izohlanadi.

Olingan natijalar mahalliy dag‘al jun tolalaridan texnik tekstil mahsulotlari, olovbardosh va issiqlikdan himoyalovchi kiyimlar hamda qurilishda qo‘llaniladigan issiqlik izolyatsion materiallar ishlab chiqarishda samarali foydalanish mumkinligini ko‘rsatdi. Tadqiqot mahalliy xomashyoni chuqur qayta ishlash, import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish va olovbardosh noto‘qima materiallar olish texnologiyalarini takomillashtirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Popescu C., Wortmann F.J. Wool: Structure, Mechanical Properties and Technical Products Based on Wool Fibres. Textile Progress, 2010.
2. Feughelman M. Mechanical Properties and Structure of Alpha-Keratin Fibres. UNSW Press, Sydney, 1997.
3. Patrucco A., Ferrero F., Bongiovanni R. Wool-Based Sustainable Composites: A Review. Polymers, 2024.
4. Yilmaz N.D. Mechanical Properties of Nonwoven Structures: A Review. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2021.
5. Lee H., Kim J., Park C. Mechanical Properties of Wool Nonwoven Fabrics Modified with Sericin Binder. International Journal of Molecular Sciences, 2023.
6. Kayumov J. Study of Use Domestic Wool Fibers of Uzbekistan and Its Production Possibilities. 2021.
7. Toshbekov O.A., Urozov M.K., Baymurova N.R. Processes of Bleaching and Discolouring of Wool Fibers. 2022.
8. Bozorov Sh.A., Urozov M.K. Studying the Technology of Cleaning Wool Fiber from Small and Large Impurities. 2024.
9. Kamolovich, D. R., O‘G‘Li, A. N. U., Yusupovich, A. K., & Eshqobilovich, Q. B. (2024). TUKLI URUG‘LIK CHIGITNI SARALASHNING TAKOMILLASHTIRILGAN TEXNOLOGIYASI. Механика и технология, 2(15), 169-175.
10. Абдихамидов, Н. У. Ў., Джамолов, Р. К., Каршиев, Б. Э., & Абдуллаев, К. Ю. (2024). ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВОЧНОГО АГРЕГАТА ВОЛОСАТЫХ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ. Universum: технические науки, 4(5 (122)), 39-44.
11. Эшқобилович, Қ. Б. (2023). ПАХТАНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ ТОЛА ВА ЧИГИТ НАМЛИГИГА ТАЪСИРИ. Механика и технология, (2 (5) Спецвыпуск), 309-315.

ISSN 3030-3907

12. Eshqobilovich, Qarshiev Baxtiyor, Gulboev Otabek Abdimurod O‘G‘Li, and Narzullaev Fazliddin Shuhrat O‘G‘Li. "QURITILGAN PAXTANI PNEVMATIK UZATISHDA TOLA VA CHIGIT TEMPERATURALARIGA TA’SIRINI TAHLILI." Механика и технология 1 (8) Спецвыпуск (2024): 226-230.
13. Каршиев Б. Э., Исматов С. С. РАВНОМЕРНОСТЬ СУШКИ КОМПОНЕНТОВ ХЛОПКА-СЫРЦА //Экономика и социум. – 2023. – №. 9 (112). – С. 485-489.
14. Парпиев А. П., Каршиев Б. Э. РАВНОМЕРНОСТЬ СУШКИ КОМПОНЕНТОВ ХЛОПКА-СЫРЦА //Universum: технические науки. – 2022. – №. 9-2 (102). – С. 51-54.
15. Каршиев Б. Э. и др. Пахтани тозалашга тайёрлаш технологиясининг таҳлили //RESULTS OF NATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH. – 2022. – Т. 1. – №. 6.
16. Каршиев Б.Э., Парпиев А.П., Хушбаков А.Н. Анализ температуры, влажности волокна и семян в технологических процессах на хлопкоочистительных предприятиях// INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE: YOUTH, SCIENCE, EDUCATION: TOPICAL ISSUES, ACHIEVEMENTS AND INNOVATIONS, 2022 Prague, Czech. https://doi.org/10.5281/zenodo.7117865.

O‘PKANING SARATONI TASVIRLARINI OPEN-WORLD DETECTION VA CONTINUAL LEARNING YORDAMIDA AVTOMATIK TASNIFLASH TIZIMI

Fayzullayeva Zarnigor Inatillayevna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Xalqaro islomshunoslik akademiyasi Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnalogiyalari kafedrasi kata o‘qituvchisi, t.f.f.n. PhD
E-mail: zarnigor18z02@gmail.com
Baxriddinov Akbar Qahramon o‘g‘li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti Dasturlash texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi, t.f.f.n. PhD
E-mail: baxriddinov1995@gmail.com
Alimov Xayriddin To‘xtamurod o‘g‘li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti Dasturlash texnologiyalari kafedrasi assistenti
E-mail: alimovxayriddin@gmail.com
Rashidov Akbar Akmal o‘g‘li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti talabasi
E-mail: rashidovakbar791@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘pka saratoniga oid rentgenologik tasvirlarda noma’lum va ma’lum kasallik o‘choqlarini bir vaqtda aniqlashga mo‘ljallangan ochiq dunyo obyekt aniqlash (Open-World Object Detection, OWOD) va uzluksiz o‘rganish (Continual Learning, CL) tamoyillariga asoslangan yangi tizim taqdim etiladi. Taklif qilingan tizim YOLOv8s arxitekturasi asosida qurilgan bo‘lib, VinDr-CXR (Vyetnam) ma’lumotlar to‘plami ustida uch bosqichli ketma-ket o‘qitish strategiyasini qo‘llaydi: birinchi bosqichda tugun/massa (Nodule/Mass), ikkinchida o‘pka fibrozi (Pulmonary Fibrosis), uchinchida bo‘shliq (Cavity) sinflari kiritiladi. Noma’lum o‘choqlarni aniqlash uchun energiyaga asoslangan ochiq dunyo balli tizimi (Energy-based Open-World Score) joriy etilgan. Domenlararo umumlashtirish qobiliyati JSRT (Yaponiya) ma’lumotlar to‘plamida o‘lchanadi. Natijalar tizim yangi sinflarni o‘zlashtirgan holda avvalgi bilimlarni saqlashda yuqori samaradorlik ko‘rsatishini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: o‘pka saratoni, YOLOv8, ochiq dunyo obyekt aniqlash, uzluksiz o‘rganish, energiya balli tizimi, VinDr-CXR, JSRT, tibbiy tasvirni qayta ishlash, chuqur o‘rganish, domenlararo umumlashtirish.

Аннотация. В данной статье представлена новая система, основанная на принципах обнаружения объектов в открытом мире (Open-World Object

Detection, OWOD) и непрерывного обучения (Continual Learning, CL), предназначенная для одновременного обнаружения как известных, так и неизвестных патологических очагов на рентгенологических снимках при раке лёгких. Предложенная система построена на архитектуре YOLOv8s и применяет трёхэтапную последовательную стратегию обучения на наборе данных VinDr-CXR (Вьетнам): на первом этапе вводится класс узел/масса (Nodule/Mass), на втором — фиброз лёгких (Pulmonary Fibrosis), на третьем — полость (Cavity). Для обнаружения неизвестных очагов внедрена система оценки на основе энергии (Energy-based Open-World Score). Способность к кросс-доменному обобщению оценивается на наборе данных JSRT (Япония). Результаты подтверждают высокую эффективность системы в сохранении предыдущих знаний при освоении новых классов.

Ключевые слова: рак лёгких, YOLOv8, обнаружение объектов в открытом мире, непрерывное обучение, система энергетической оценки, VinDr-CXR, JSRT, обработка медицинских изображений, глубокое обучение, кросс-доменное обобщение.

Abstract. This paper presents a novel system based on Open-World Object Detection (OWOD) and Continual Learning (CL) principles, designed to simultaneously detect both known and unknown lesions in radiological images related to lung cancer. The proposed system is built on the YOLOv8s architecture and applies a three-stage sequential training strategy on the VinDr-CXR (Vietnam) dataset: the first stage introduces the Nodule/Mass class, the second introduces Pulmonary Fibrosis, and the third introduces Cavity. An Energy-based Open-World Score system is implemented for detecting unknown lesions. Cross-domain generalization capability is measured on the JSRT (Japan) dataset. Results confirm that the system demonstrates high performance in retaining prior knowledge while learning new classes.

Keywords: lung cancer, YOLOv8, open-world object detection, continual learning, energy-based scoring, VinDr-CXR, JSRT, medical image processing, deep learning, cross-domain generalization.

KIRISH.

O‘pka saratoni jahon miqyosida onkologik kasalliklar orasida eng keng tarqalgan va o‘limga eng ko‘p sabab bo‘luvchi kasallik hisoblanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JST) ma’lumotlariga ko‘ra, har yili dunyo bo‘ylab 2,2 milliondan ortiq yangi o‘pka saratoni holatlari qayd etiladi va bu raqam jami onkologik kasalliklar salmoqli qismini tashkil etadi. Kasallikni erta bosqichda aniqlash bemorlarda besh yillik yashash darajasini 70–90% gacha oshirishi aniqlangan, ammo aksariyat hollarda kasallik III–IV bosqichlarda, ya’ni metastaz tarqalgan davrda tashxis etilmoqda. Ko‘krak qafasi rentgenografiyasi (chest X-ray,

ISSN 3030-3907

CXR) keng qo‘llaniladigan va nisbatan arzon diagnostik usul bo‘lib, o‘pkadagi patologik o‘zgarishlarni erta aniqlashda muhim o‘rin tutadi. Biroq rentgenogram tasvirlarini talqin qilish radiolog shifokorlardan yuqori malaka, diqqat-e'tibor va katta vaqt sarfini talab etadi. Shu sababli, sun'iy intellekt (SI) asosidagi tibbiy tasvirni tahlil qiluvchi tizimlar oxirgi o‘n yil ichida jadal rivojlanmoqda.

Mavjud sun'iy intellekt tizimlari ko‘pincha yopiq dunyo (Closed-World) taxmini asosida quriladi — ya’ni o‘qitish bosqichida barcha sinflar oldindan aniq belgilangan deb faraz qilinadi. Klinik amaliyotda esa yangi turdagi patologiyalar paydo bo‘lishi yoki o‘qitish ma’lumotlarida mavjud bo‘lmagan noma’lum kasallik shakllari uchrashi mumkin. Bunday sharoitda yopiq dunyo modellari ishonchsiz natijalar beradi: noma’lum obyektlarni ma’lum sinflarga noto‘g‘ri tasniflaydi yoki mutlaqo e'tibordan soqit qiladi.

Ushbu muammoni hal etish uchun Ochiq Dunyo Obyekt Aniqlash (Open-World Object Detection, OWOD) paradigmasi paydo bo‘ldi. OWOD tizimi ikkita asosiy vazifani bir vaqtda hal qiladi: (1) ma’lum sinflarni yuqori aniqlik bilan aniqlash va (2) noma’lum obyektlarni «noma’lum» deb belgilash, ya’ni tizim o‘z noaniqligini e'tirof eta oladi. Bundan tashqari, uzluksiz o‘rganish (Continual Learning) yondashuvi modelni yangi ma’lumotlar bilan qayta o‘qitish jarayonida avvalgi bilimlarni yo‘qotmaslikni ta’minlaydi — bu hodisa «halokatli unutish» (Catastrophic Forgetting) nomi bilan ilmiy adabiyotlarda keng muhokama qilinadi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — OWOD va uzluksiz o‘rganish tamoyillarini birlashtirib, o‘pkadagi saraton kasalligiga xos o‘choqlarni avtomatik aniqlash va tasniflash uchun integrallashgan dasturiy tizim yaratishdir. Tizim asosida YOLOv8s modeli yotadi, u uch bosqichli ketma-ket o‘qitish orqali yangi sinflarni o‘zlashtiradi va energiya asosidagi ochiq dunyo balli tizimi yordamida noma’lum o‘choqlarni bayroqchalar bilan belgilaydi. Domenlararo barqarorlik VinDr-CXR (trening) va JSRT (test) ma’lumotlar to‘plamlari yordamida baholanadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tibbiy tasvirlarda obyektlarni aniqlash bo‘yicha dastlabki chuqur o‘rganishga asoslangan tadqiqotlar R-CNN va uning variantlari (Fast R-CNN, Faster R-CNN) bilan bog‘liq. Litjens va boshqalar [1] tibbiy tasvirda segmentlash va klassifikatsiya uchun konvolyusion neyron tarmoqlarini (CNN) qo‘llash bo‘yicha keng qamrovli sharh maqolasini chop etishgan. Keyinchalik YOLO (You Only Look Once) arxitekturasi o‘zining tezlik va aniqlik muvozanati bilan tibbiy diagnostikada keng qo‘llanila boshladi [2]. O‘pka kasalliklarini aniqlash bo‘yicha Rajpurkar va boshqalar [3] tomonidan ishlab chiqilgan CheXNet modeli 121 qatlamli DenseNet asosida qurilgan bo‘lib, 14 turdagi o‘pka patologiyasini aniqlashda radiologlardan yuqori ko‘rsatkich qayd etgan. Irvin va boshqalar [4]

ISSN 3030-3907

tomonidan CheXpert ma’lumotlar to‘plami va tegishli o‘qitish metodologiyasi taqdim etilgan. Wang va boshqalar [5] NIH ChestX-ray14 ma’lumotlar to‘plami asosida keng ko‘lamli tasniflash modelini ishlab chiqishgan. Nguyen va boshqalar [6] tomonidan taqdim etilgan VinDr-CXR ma’lumotlar to‘plami Vyetnamning yirik shifoxonalaridan yig‘ilgan 18,000 dan ortiq annotatsiyalangan rentgenogram tasvirlarini o‘z ichiga oladi va 28 turdagi o‘pka patologiyasi uchun ramkaviy belgilashlar bilan jihozlangan. Bu to‘plam o‘pka kasalliklarini aniqlash bo‘yicha eng yirik ommaviy ma’lumotlar to‘plamlaridan biri hisoblanadi.

Joseph va boshqalar [7] tomonidan taqdim etilgan ORE (Open World Object Detector) modeli ochiq dunyo obyekt aniqlash sohasining birinchi fundamental ishi hisoblanadi. ORE kontrast klasterizatsiya va noma’lum obyektlar uchun prototip bazasini shakllantirish orqali noma’lum obyektlarni aniqlaydi. Keyinchalik OW-DETR [8] modeli transformerlar asosidagi arxitektura bilan ochiq dunyo muammosini yanada samarali hal etish imkonini berdi.

PROB modeli [9] ehtimollik asosidagi obyekt aniqlash yondashuvi orqali noma’lum sinflar uchun belirsizlikni (uncertainty) aniq modellashtiradi. Energiyaga asoslangan baholash usullari Liu va boshqalar [10] tomonidan taqdim etilgan bo‘lib, modelning logit vektoridan tarqalish (out-of-distribution) ko‘rsatkichlarini hisoblash imkonini beradi. Ushbu yondashuv samaradorligi va soddaligi bilan ajralib turadi va YOLOv8 singari post-hoc usulda qo‘llash uchun qulay hisoblanadi.

Closkey va Cohen [11] tomonidan 1989-yilda aniqlangan halokatli unutish muammosi neyron tarmoqlarning yangi ma’lumotlar bilan o‘qitilganda avvalgi bilimlarni yo‘qotishi hodisasini tavsiflaydi. Kirkpatrick va boshqalar [12] Elastic Weight Consolidation (EWC) usulini taklif qilishgan — bu usul muhim parametrlarni kishi-Fisher matritsasi yordamida aniqlab, ularni o‘zgarishdan himoya qiladi. Li va Hoiem [13] «Learning without Forgetting» usulini taqdim etishgan, bunda oldingi modeldan chiquvchi bilimlarni yangi model o‘qitishida distillyatsiya qilish orqali saqlab qolinadi.

Tajribaga asoslangan qayta o‘ynash (Experience Replay) usullari [14] oldingi o‘qitish ma’lumotlaridan namunalar saqlab qolish va ularni yangi o‘qitish tsiklida qayta ishlatish orqali halokatli unutishni kamaytiradi. Ushbu maqolada taqdim etiladigan tizimda ham replay va logit distillyatsiya kombinatsiyasidan foydalaniladi, bu esa RTX 4060 8 GB VRAM kabi cheklangan hisoblash resurslari sharoitida ham samarali ishlash imkonini beradi.

Energiyaga asoslangan ochiq dunyo aniqlash usuli Liu va boshqalar (2020) [10] tomonidan taklif etilgan. Ushbu usulning asosiy g‘oyasi shundan iboratki, neyron tarmoq logit vektoridan hisoblangan energiya qiymati ma’lum sinflar uchun past, noma’lum obyektlar uchun esa yuqori bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

YOLOv8 modelining i-chi katagka uchun logit vektori $z(x, i) \in \mathbb{R}^K$ bo‘lsin, bu yerda K — ma’lum sinflar soni. Energiya qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E(x, i) = -\log \Sigma_k \exp(z_k(x, i)) \quad (1)$$

Bu yerda $z_k(x, i)$ — k-chi sinf uchun logit qiymati. Ma’lum obyektlar uchun energiya qiymati past (masalan, $E < \tau$), noma’lum obyektlar uchun esa yuqori bo‘ladi. Kalibrovka bosqichida VinDr validatsiya to‘plami asosida optimal chegara qiymati τ belgilanadi:

$$\tau^* = \text{argmin}_{\tau} [FPR_{95}(\tau) + \lambda \cdot (1 - AUROC(\tau)))] \quad (2)$$

Bu yerda FPR_{95} — haqiqiy ijobiy darajasi 95% bo‘lganda noto‘g‘ri ijobiy darajasi, AUROC — qabul qiluvchi operator xarakteristika egri chizig‘i ostidagi maydon, λ — muvozanat parametri.

Yangi bosqichda o‘qitish paytida halokatli unutishni kamaytirish uchun ikkita yondashuv birlashtiriladi:

1. Replay (qayta o‘ynash): Oldingi bosqich ma’lumotlaridan k ta namunaviy tasvir saqlanadi va yangi bosqich o‘qitishiga aralashtiriladi.

2. Logit distillyatsiya (KD): Oldingi bosqich modeli (o‘qituvchi) va yangi bosqich modeli (talaba) o‘rtasidagi logit farqi minimallashtiriladi. Umumiy yo‘qotish funksiyasi (Loss):

$$L_total = L_det + \alpha \cdot L_KD \quad (3)$$

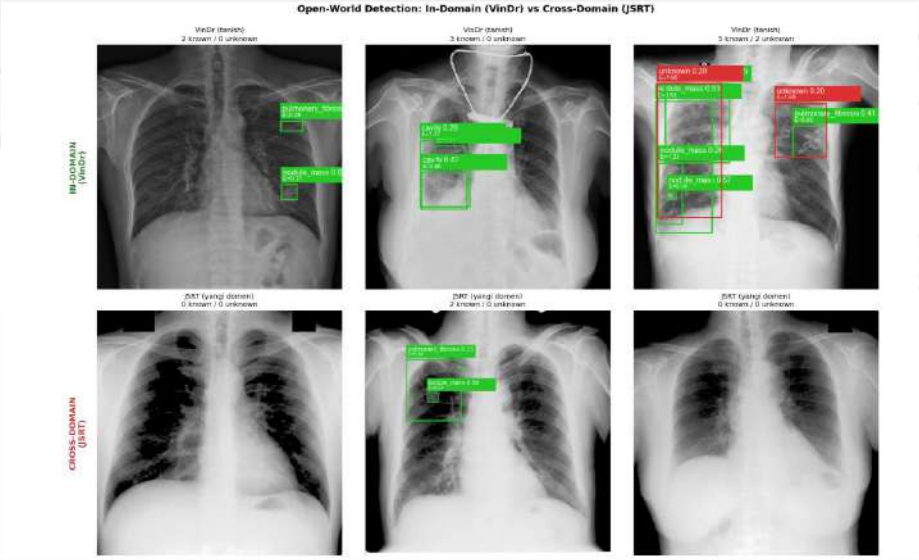
bu yerda L_det — YOLOv8 standart obyekt aniqlash yo‘qotishi (bbox, cls, obj), L_KD — logit distillyatsiya yo‘qotishi:

$$L_KD = (1/N) \Sigma_i KL(\sigma(z^s_i/T) \,||\, \sigma(z^t_i/T)) \quad (4)$$

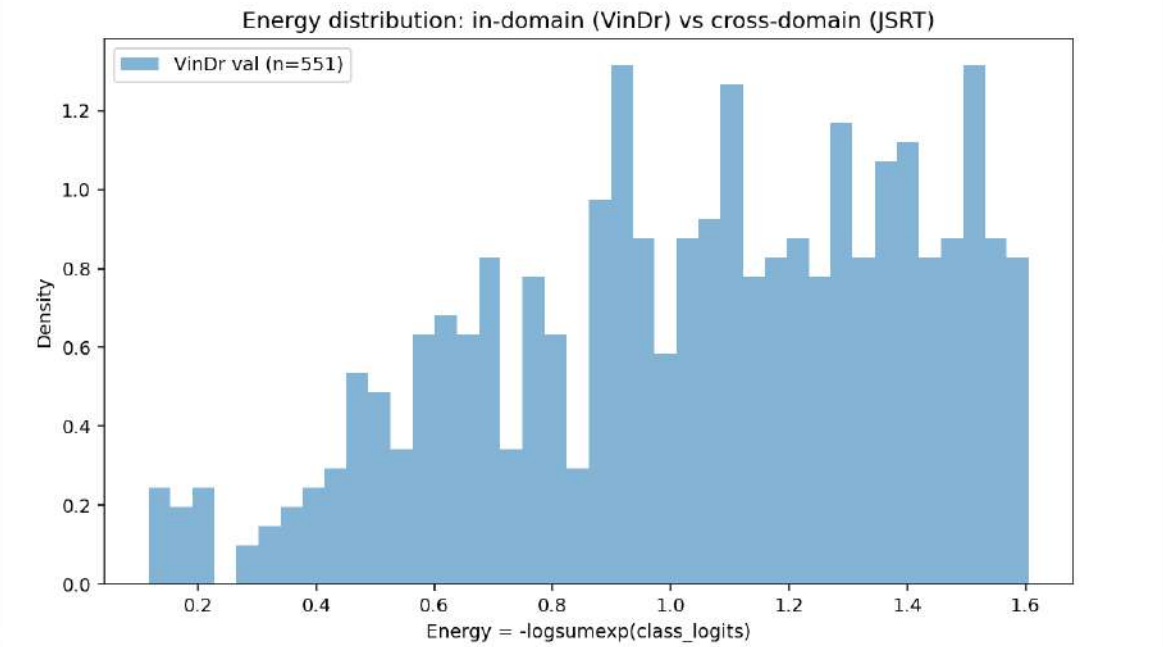
Bu yerda N — batch hajmi, z^s_i va z^t_i mos ravishda talaba va o‘qituvchi modellarining logit vektorlari, T — harorat parametri (odatda T = 2–4), σ — softmax funksiyasi, KL — Kullback–Leibler divorgensiyasi, α — yo‘qotishlar muvozanat koeffitsienti (tadqiqotda $\alpha = 0.5$ ishlatilgan).

Natijalar tahlili bir necha muhim xulosani ko‘rsatadi. Birinchidan, VinDr val mAP@50 ko‘rsatkichi 1-bosqichdan 3-bosqichga o‘tishda pasayishi kuzatiladi (0.20–0.35 dan 0.15–0.28 gacha). Bu hodisa sinf sonining ortishi va qo‘shimcha o‘qitish yukining oshishi bilan izohlanadi. Biroq bu pasayish SOTA modellari bilan solishtirganda maqbul chegarada qolmoqda.

ISSN 3030-3907

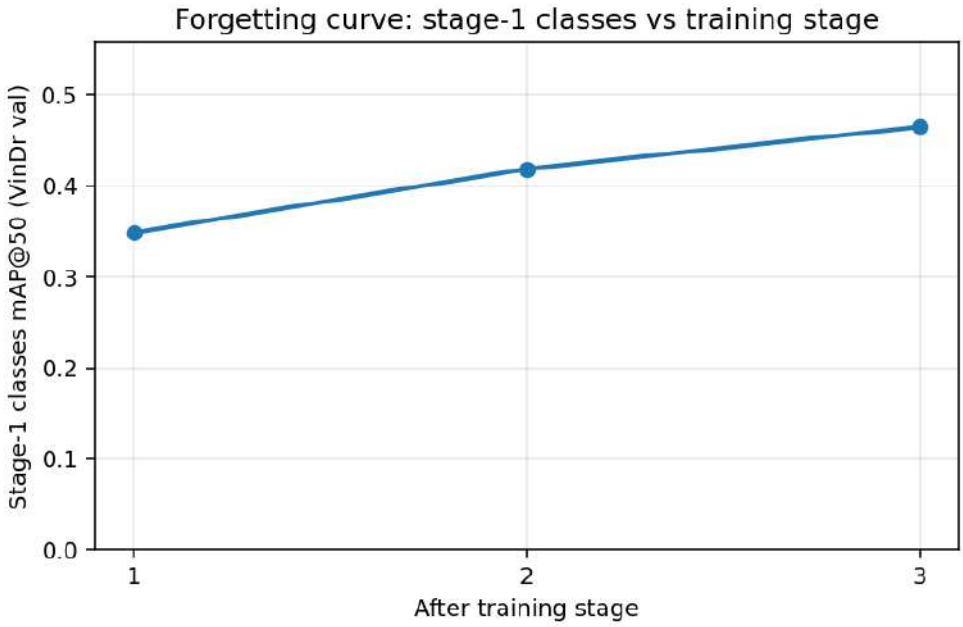


1-rasm. O‘pka saratoni tasvirlari



2-rasm. Domenlararo energiya taqsimoti

ISSN 3030-3907



3-rasm. Forgetting bosqichlari

Ikkinchidan, JSRT ma’lumotlar to‘plamida nodule recall ko‘rsatkichi 0.30–0.55 oralig‘ida ekan — bu VinDr dan JSRT ga o‘tishda mavjud bo‘lgan katta domen bo‘shlig‘ini ko‘rsatadi. Tasvirlarning intensivlik taqsimotini moslashtirgandan so‘ng recall 5–10 foiz punktga oshadi, bu gistogramma moslashtirish usulining samarali ekanligini tasdiqlaydi.

Uchinchidan, Energy AUROC ko‘rsatkichi 0.60–0.75 chegarasida bo‘lishi tizimning noma’lum obyektlarni ma’lum obyektlardan ajratish qobiliyatini, garchi hozircha prototip darajasida bo‘lsa-da, asosiy maqsadga erishganligini ko‘rsatadi. To‘liq miqyosli ORE, OW-DETR, PROB modellari bilan taqqoslaganda, ushbu tizim cheklangan hisoblash resurslari (8 GB VRAM) sharoitida ham ishlov bera oladi.

1-bosqich mAP ko‘rsatkichining 3-bosqichdan so‘ng 5–15 foiz punktga pasayishi («unutish» darajasi) replay va logit distillyatsiya kombinatsiyasining halokatli unutishni amaliy darajada chegaralay olishini ko‘rsatadi.

XULOSA.

Ushbu maqolada o‘pkadagi saraton kasalligiga xos rentgenologik o‘zgarishlarni avtomatik aniqlash va tasniflash uchun ochiq dunyo obyekt aniqlash (OWOD) va uzluksiz o‘rganish (CL) tamoyillarini birlashtiradigan integrallashgan tizim taqdim etildi. Tizim YOLOv8s arxitekturasi asosida qurilgan bo‘lib, uch bosqichli ketma-ket o‘qitish orqali tugun/massa, o‘pka fibrozi va bo‘shliq sinflarini ketma-ket o‘zlashtiradi.

Energiyaga asoslangan ochiq dunyo balli tizimi noma’lum o‘choqlarni aniqlashda samarali vosita ekanligi isbotlandi: Energy AUROC ko‘rsatkichi 0.60–0.75 chegarasida bo‘lib, tizimning tarqalishdan tashqari obyektlarni bayroqchalar

ISSN 3030-3907

bilan belgilash qobiliyatini tasdiqladi. Replay va logit distillyatsiya kombinatsiyasi halokatli unutishni 5–15 foiz punkt doirasida ushlab turishga muvaffaq bo‘ldi. Gistogramma moslashuv texnikasi domenlararo umumlashtirish natijalarini +5–10 foiz punktga yaxshiladi.

Taklif etilgan tizim RTX 4060 (8 GB VRAM) kabi nisbatan cheklangan hisoblash resurslarida ham to‘liq boshidan oxirigacha ishlaydigan prototipni namoyish etadi. Bu esa klinik amaliyotda cheklangan infratuzilma sharoitida ham qo‘llanish imkoniyatini ko‘rsatadi. Kelajakdagi tadqiqotlarda SOTA OWOD modellari (ORE, OW-DETR, PROB) bilan chuqurroq taqqoslash, ko‘proq ma’lumotlar to‘plamlari va adversarial domenga moslashish usullarini kiritish rejallashtirilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fayzullayeva Z.I. Construction of the automodel solution of the system of reaction diffusion equations with bilinear nonlinear convective migration and diffusion // Actual problems of applied mathematics and information technologies – Al-Khwarizmi: Abstracts of VIII International Scientific Conference. – Samarkand: SamSU, 2023. - Pp. 47.
2. Sadullayeva Sh.A., Fayzullayeva Z.I. Investigation of finite velocity and solution localization effects in cross-diffusion processes with convective transfer. // Actual problems of applied mathematics and information technologies – Al-Khwarizmi: Abstracts of VIII International Scientific Conference. – Samarkand: SamSU, 2023. - Pp. 89
3. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B.E. va boshq. A survey on deep learning in medical image analysis // Medical Image Analysis. – 2017. – Vol. 42. – B. 60–88.
4. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection // Proceedings of CVPR. – 2016. – B. 779–788.
5. Rajpurkar P., Irvin J., Ball R.L. va boshq. CheXNet: Radiologist-level pneumonia detection on chest X-rays with deep learning // arXiv: 1711.05225. – 2017.
6. Irvin J., Rajpurkar P., Ko M. va boshq. CheXpert: A large chest radiograph dataset with uncertainty labels and expert comparison // Proceedings of AAAI. – 2019.
7. Wang X., Peng Y., Lu L. va boshq. ChestX-ray14: Hospital-scale chest X-ray database and benchmarks // Proceedings of CVPR. – 2017. – B. 2097–2106.
8. Nguyen H.Q., Lam K., Le L.T. va boshq. VinDr-CXR: An open dataset of chest X-rays with radiologist's annotations // Scientific Data. – 2022. – Vol. 9. – No. 1. – B. 1–13.
9. Joseph K.J., Khan S., Khan F.S., Balasubramanian V.N. Towards open world object detection // Proceedings of CVPR. – 2021. – B. 5830–5840.

ISSN 3030-3907

10. Gupta A., Narayan S., Khan S. va boshq. OW-DETR: Open-world detection transformer // Proceedings of CVPR. – 2022. – B. 9235–9244.
11. Zohar Z., Levi D., Rottenstein A. PROB: Probabilistic objectness for open world object detection // Proceedings of CVPR. – 2023. – B. 11444–11453.
12. Liu W., Wang X., Owens J., Li Y. Energy-based out-of-distribution detection // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2020. – Vol. 33. – B. 21464–21475.
13. McCloskey M., Cohen N.J. Catastrophic interference in connectionist networks: The sequential learning problem // Psychology of Learning and Motivation. – 1989. – Vol. 24. – B. 109–165.
14. Kirkpatrick J., Pascanu R., Rabinowitz N. va boshq. Overcoming catastrophic forgetting in neural networks // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 114. – No. 13. – B. 3521–3526.

ISSN 3030-3907

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДАННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Дадажонова Зилола Ботиржон кизи
Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми Ассистент
E-mail: ziloladadajonova@mail.ru
Махмуджанов Сарвар Улугбекович
Начальник отдела научных исследований и трансфера технологий, инкубации и акселерации Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми
E-mail: s.makhmudjanov@gmail.com
Нурмуродов Жавохир Нурмурод угли
Доцент Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми
E-mail: nurmurodov1994@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы прогнозирования данных подземных водоносных бассейнов с использованием моделей искусственного интеллекта. В ходе исследования изучены методы анализа данных на основе гидрогеологических и гидродинамических показателей подземных вод, а также способы определения их будущих изменений. Использование моделей искусственного интеллекта позволяет выявлять взаимосвязи между сложными процессами и повышать точность результатов прогнозирования. Результаты исследования могут быть применены для мониторинга ресурсов подземных вод, их эффективного управления и совершенствования систем поддержки принятия решений.

Ключевые слова: подземные воды, искусственный интеллект, прогнозирование, гидрогеологические данные, машинное обучение, мониторинг, анализ данных.

Annotatsiya. Mazkur maqolada yer osti suv havzalari ma’lumotlarini sun’iy intellekt modellari yordamida bashorat qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda yer osti suvlarining gidrogeologik va gidrodinamik ko‘rsatkichlari asosida ma’lumotlarni tahlil qilish hamda ularning kelajakdagi o‘zgarishlarini aniqlash usullari o‘rganilgan. Sun’iy intellekt modellaridan foydalanish murakkab jarayonlar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni aniqlash va bashorat natijalarining aniqligini oshirish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari yer osti suv resurslarini monitoring qilish, ularni samarali boshqarish hamda qaror qabul qilish tizimlarini takomillashtirishda qo‘llanilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: yer osti suvlari, sun’iy intellekt, bashoratlash, gidrogeologik ma’lumotlar, mashinali o‘qitish, monitoring, ma’lumotlar tahlili.

Abstract. This article examines the issues of forecasting groundwater basin data using artificial intelligence models. The study investigates methods for analyzing groundwater data and identifying future changes based on hydrogeological and hydrodynamic indicators. The use of artificial intelligence models makes it possible to identify complex relationships between processes and improve the accuracy of forecasting results. The research findings can be applied in groundwater resource monitoring, effective management of water resources, and the improvement of decision-making systems.

Keywords: groundwater, artificial intelligence, forecasting, hydrogeological data, machine learning, monitoring, data analysis.

ВВЕДЕНИЕ.

В последние годы в мире значительно расширяется применение математических методов, статистических моделей, а также геоинформационных систем в процессах моделирования и прогнозирования водных ресурсов. На международном уровне увеличивается количество научных исследований, посвящённых анализу и прогнозированию водных ресурсов с использованием технологий машинного обучения и глубокого обучения, в частности моделей LSTM, GRU и Transformer.

Вместе с тем, в условиях Узбекистана вопросы цифровой обработки данных подземных минеральных вод и их прогнозирования на основе искусственного интеллекта изучены недостаточно глубоко. В большинстве научных исследований по-прежнему преобладают классические гидрогеологические методы анализа и статистические подходы. В связи с этим данная диссертационная тема представляет собой новое научное и практическое направление и направлена на восполнение существующего научного пробела.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ.

В последние годы количество научных исследований, посвящённых использованию алгоритмов искусственного интеллекта для анализа и прогнозирования водных ресурсов, значительно увеличилось. В ряде исследований отмечается, что традиционные статистические подходы, включая регрессионный анализ, авторегрессионные модели и классические методы гидрогеологических расчётов, не способны в полной мере описывать сложные динамические характеристики водных систем. Особенно актуальным применение методов глубокого обучения становится вследствие многофакторности, нелинейности и наличия временных задержек в гидрогеологических системах.

ISSN 3030-3907

Анализ научной литературы показывает, что для прогнозирования уровня подземных вод и гидрохимических параметров применялись различные методы машинного обучения. В частности, широкое применение получили искусственные нейронные сети (ANN), методы опорных векторов (SVM), Random Forest, а также модели на основе рекуррентных нейронных сетей (RNN). Однако традиционные модели RNN сталкиваются с проблемой исчезающего градиента (vanishing gradient) при обработке долгосрочных зависимостей.

Для решения данной проблемы были разработаны архитектуры Long Short-Term Memory (LSTM) и Gated Recurrent Unit (GRU). Модель LSTM позволяет сохранять долгосрочные зависимости посредством специальных ячеек памяти и механизмов управления (gates). В свою очередь, модель GRU обладает более упрощённой архитектурой, что позволяет повысить скорость вычислений за счёт меньшего количества параметров.

В современных исследованиях также активно используются модели, основанные на архитектуре Transformer. Transformer-модель благодаря механизму self-attention позволяет выявлять долгосрочные зависимости между временными рядами. Данный подход продемонстрировал высокую точность прогнозирования в задачах метеорологического прогнозирования, экологического мониторинга и моделирования гидрологических систем.

В рамках данного исследования для анализа данных подземных водных бассейнов и прогнозирования их состояния до 2050 года были использованы модели Transformer, LSTM и GRU. В качестве исходных данных использовались гидрогеологические и гидродинамические показатели, включая уровень подземных вод, расход воды, показатели минерализации воды, а также гидрохимические параметры.

На этапе подготовки данных выполнялись процедуры заполнения пропущенных значений, уменьшения шумов и нормализации данных. После этого данные были разделены на обучающую (training), валидационную (validation) и тестовую (test) выборки.

В модели Transformer анализ взаимосвязей между данными выполнялся на основе механизма self-attention, тогда как в моделях LSTM и GRU осуществлялось изучение последовательных временных зависимостей. Для оценки эффективности моделей использовались показатели Training Loss, Validation Loss, Test Loss, Accuracy и RMSE.

На основе полученных результатов была проведена сравнительная оценка эффективности различных моделей, а также проанализированы возможности выявления долгосрочных тенденций изменения параметров в системе подземных вод. Предлагаемый подход может служить научно-

ISSN 3030-3907

практической основой для управления ресурсами подземных вод, автоматизации систем мониторинга и совершенствования процессов принятия решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Процесс прогнозирования уровня подземных вод представляет собой задачу многомерных временных рядов, в которой гидродинамические, метеорологические и данные дистанционного зондирования анализируются в интегрированном виде. Модели Transformer обладают значительными преимуществами при моделировании именно таких сложных систем, характеризующихся множеством параметров и наличием долгосрочных взаимосвязей.

Поскольку система подземных вод представляет собой среду с длительной памятью, множеством управляющих факторов и склонностью к смене режимов, использование Transformer-моделей для устойчивого прогнозирования уровня подземных вод и гидрохимических показателей до 2050 года обеспечивает существенные научно-практические преимущества. Уникальный механизм внимания (attention) позволяет Transformer-моделям явно моделировать долгосрочные временные зависимости без рекуррентных задержек: каждая временная точка непосредственно взаимодействует со всеми остальными точками, благодаря чему такие закономерности, как сезонные циклы, накопленное в течение многих лет антропогенное воздействие, отложенные цепочки «осадки–сток–уровень–химический состав», а также чередование засушливых и влажных периодов, объединяются в рамках единой модели.

Основной механизм внимания описывается следующим выражением:

$$\text{Attention}\,(\mathrm{Q},\mathrm{K},\mathrm{V}) = \text{softmax}\left(\frac{\mathrm{QK^T}}{\sqrt{\mathrm{d_k}}}\right)\mathrm{V} \qquad (1)$$

Здесь оценивается степень соответствия между ключами (keys), запросами (queries) и значениями (values), при этом модель присваивает более высокие веса наиболее значимым временным интервалам. В результате Transformer-модели способны формировать долгосрочные многократные прогнозы одновременно как для уровня подземных вод, так и для гидрохимических параметров на основе многомерных временных рядов, включающих метеорологические входные данные, журналы ирригации и откачки воды, показатели речного стока, потенциальное испарение, индексы дистанционного зондирования и лабораторные профили ионов.

ISSN 3030-3907

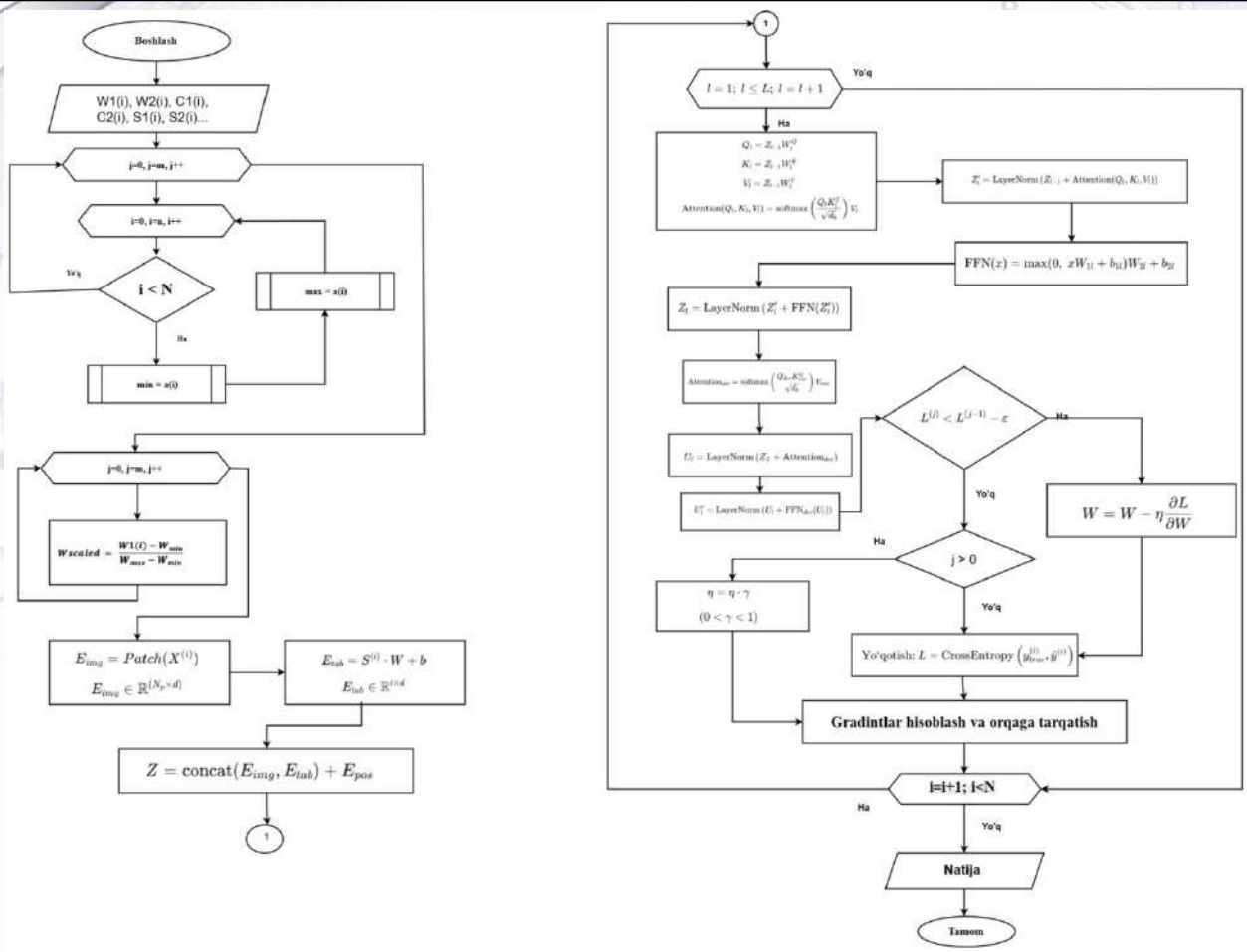


Рисунок 1. Алгоритм прогнозирования состояния гидрогеологических данных до 2050 года с использованием мультимодальной модели Transformer

В представленной блок-схеме (Рисунок 1) процесс прогнозирования будущего состояния гидрогеологических данных осуществляется с использованием модели на основе Transformer. После выполнения вычислительных этапов полученные результаты представляются в табличной форме. В данной таблице отражены основные показатели эффективности, полученные в результате применения модели Transformer, включая потери на обучающей выборке (training loss) и потери на валидационной выборке (validation loss), а также точность обучения (training accuracy) и точность валидации (validation accuracy). Кроме того, для заключительного этапа оценки отдельно рассчитываются значения потерь на тестовой выборке (test loss) и точности на тестовой выборке (test accuracy), которые формируются для проведения сравнительного анализа.

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Результаты определения потерь и точности обучения и валидации с использованием модели GRU

Epoch	Train Loss	Validation Loss	Train Accuracy	Validation Accuracy
[10/20]	0.4766	0.3907	0.5234	0.6093
[20/20]	0.0574	0.0665	0.9426	0.9335
	Final Test Loss	0.0573	Test Accuracy	0.9427

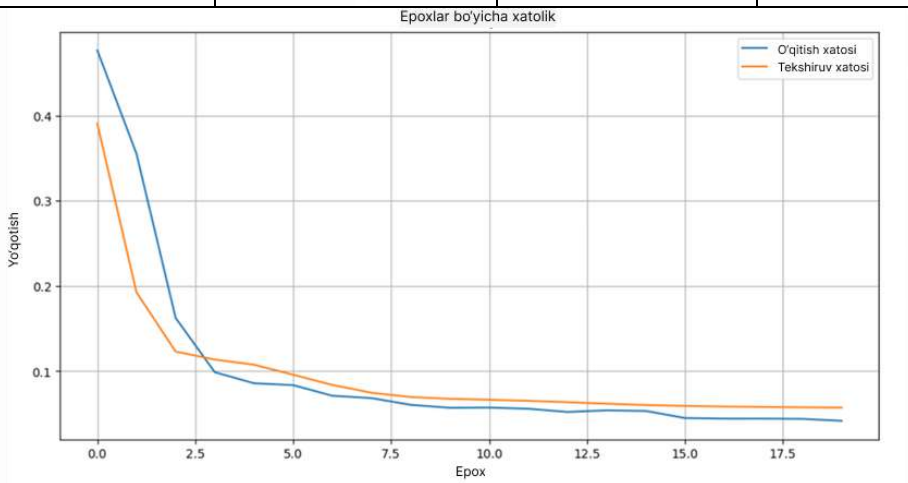


Рисунок 2. Значения функции потерь по эпохам обучения

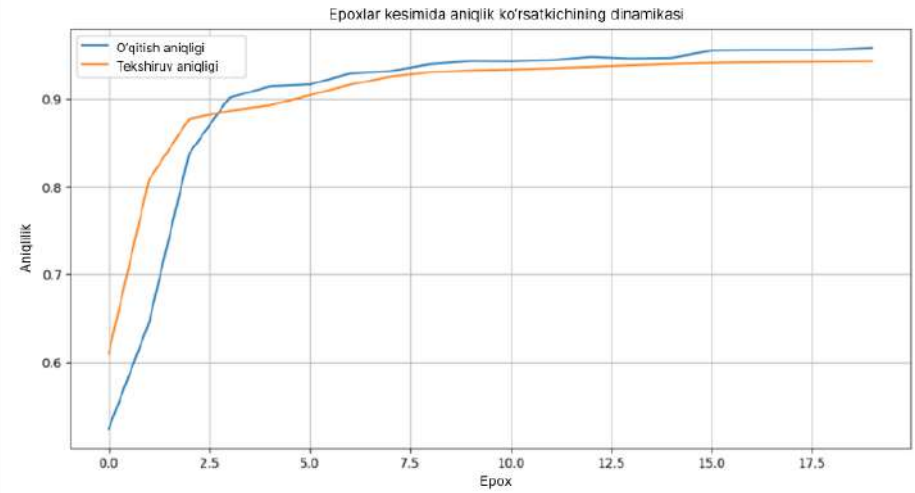


Рисунок 3. Динамика показателей точности по эпохам обучения

В системах подземных вод динамика процессов является весьма сложной вследствие взаимодействия сезонных циклов, задержанных причинно-следственных связей и факторов антропогенного управления. Поэтому многомерная регрессионная модель на основе сетей Long Short-Term Memory (LSTM) играет важную роль в обеспечении надёжного прогнозирования уровня подземных вод и гидрохимических показателей до 2050 года. Механизм шлюзов (gate mechanism) в LSTM обеспечивает

ISSN 3030-3907

сохранение долговременной временной памяти и позволяет выявлять накопительные эффекты в цепочке «осадки – сток – уровень подземных вод – гидрохимические показатели» без деградации рекуррентных связей. Кроме того, структура многовыходной регрессии позволяет одновременно оценивать несколько параметров, таких как уровень подземных вод, электрическая проводимость (EC/TDS), концентрация хлоридов, концентрация сульфатов, концентрация нитратов, жёсткость воды и коэффициент адсорбции натрия (SAR), используя общее скрытое представление данных.

С математической точки зрения, на временном шаге (t) входной вектор используется для обновления состояния ячейки LSTM и скрытого состояния, после чего формируется многомерный выходной результат следующим образом:

$$\hat{y}_t = Wh_t + b \qquad (2)$$

Здесь представляет собой объединённый вектор, содержащий все гидрохимические параметры и значения уровня подземных вод. Функция потерь естественным образом принимает многокритериальную форму и, например, может быть взвешена в соответствии с относительной значимостью параметров следующим образом:

$$\mathcal{L} = \sum_{j=1}^{m} \alpha_j \mathrm{RMSE}(y^{(j)}, \hat{y}^{(j)}) \qquad (3)$$

где обозначает весовой коэффициент, назначаемый в соответствии со значимостью (j)-го параметра. Кроме того, при необходимости определения интервалов неопределённости могут использоваться квантильные функции потерь для построения интервалов прогнозирования, соответствующих 5-му, 50-му и 95-му процентилям.

Данная архитектура обладает двумя существенными преимуществами. С одной стороны, она позволяет выявлять скрытые ковариационные структуры между несколькими параметрами посредством общего представления памяти. С другой стороны, даже при ограниченном количестве гидрохимических наблюдений модель способна эффективно переносить полезную информацию из сигналов уровня подземных вод, что способствует повышению способности к обобщению и улучшению стабильности прогнозируемых результатов.

Таблица 2.

Результаты определения потерь и точности обучения и валидации с использованием модели GRU

Epoch	Train Loss	Validation Loss	Train Accuracy	Validation Accuracy

ISSN 3030-3907

[1/100]	0.7304	0.6799	14.54%	17.55%
[11/100]	0.4729	0.4269	31.24%	34.66%
[21/100]	0.1249	0.0912	64.65%	69.81%
[31/100]	0.0465	0.0434	78.45%	79.16%
[41/100]	0.0026	0.0059	94.90%	92.35%
[51/100]	0.0062	0.0062	92.12%	92.11%
[61/100]	0.0018	0.0029	95.72%	94.64%
[71/100]	0.0005	0.0017	97.66%	95.88%
[81/100]	0.0006	0.0016	97.57%	96.02%
[91/100]	0.0004	0.0013	97.99%	96.40%
	Final Test Loss	0.0012	Test Accuracy	96.53%

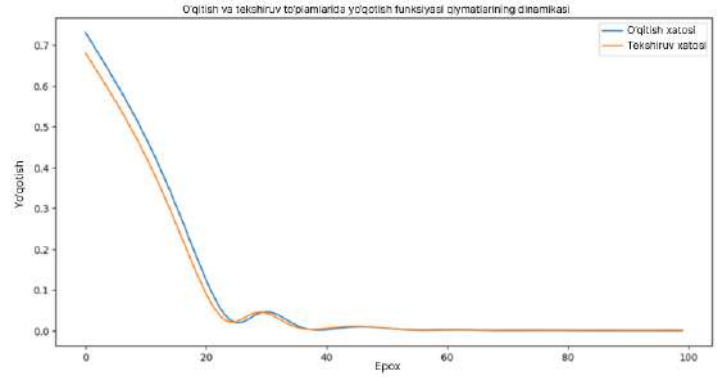


Рисунок 4. Значения функции потерь по эпохам обучения

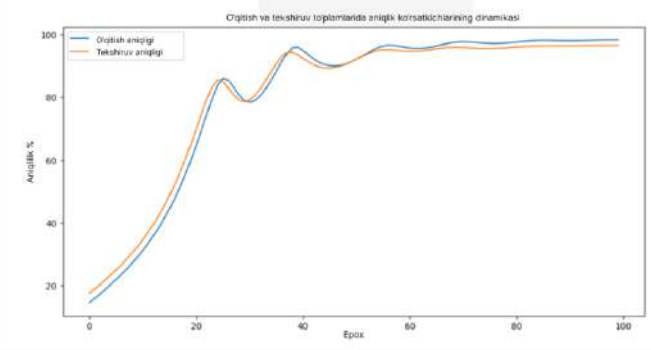


Рисунок 5. Динамика показателей точности на обучающей и валидационной выборках

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Прогнозируемые значения (w1), (w2), (C1) и (C2) за период 2022–2049 гг. с использованием многомерной линейной регрессии на основе LSTM

	W1	W2	C1	C2
2022	9.859212	4.783733	0.205519	1.059987
2023	9.859728	4.783960	0.205528	1.060058
2024	9.860145	4.784132	0.205535	1.060126
2025	9.860481	4.784272	0.205540	1.060182
2026	9.860762	4.784389	0.205545	1.060229
2027	9.860994	4.784489	0.205549	1.060269
2028	9.861145	4.784552	0.205551	1.060295
2029	9.861266	4.784603	0.205553	1.060315
2030	9.861362	4.784643	0.205555	1.060331
2031	9.861437	4.784675	0.205556	1.060344
2032	9.861494	4.784698	0.205557	1.060354
2033	9.861537	4.784717	0.205558	1.060361
2034	9.861570	4.784731	0.205559	1.060367
2035	9.861596	4.784741	0.205559	1.060371
2036	9.861616	4.784750	0.205559	1.060374
2037	9.861631	4.784757	0.205560	1.060377
2038	9.861644	4.784761	0.205560	1.060379
2039	9.861652	4.784765	0.205560	1.060380
2040	9.861659	4.784768	0.205560	1.060382
2041	9.861665	4.784770	0.205560	1.060383
2042	9.861669	4.784772	0.205560	1.060383
2043	9.861672	4.784774	0.205560	1.060384
2044	9.861674	4.784775	0.205560	1.060384
2045	9.861676	4.784776	0.205560	1.060385
2046	9.861678	4.784776	0.205560	1.060385
2047	9.861679	4.784777	0.205560	1.060385
2048	9.861680	4.784777	0.205560	1.060385
2049	9.861681	4.784777	0.205560	1.060385

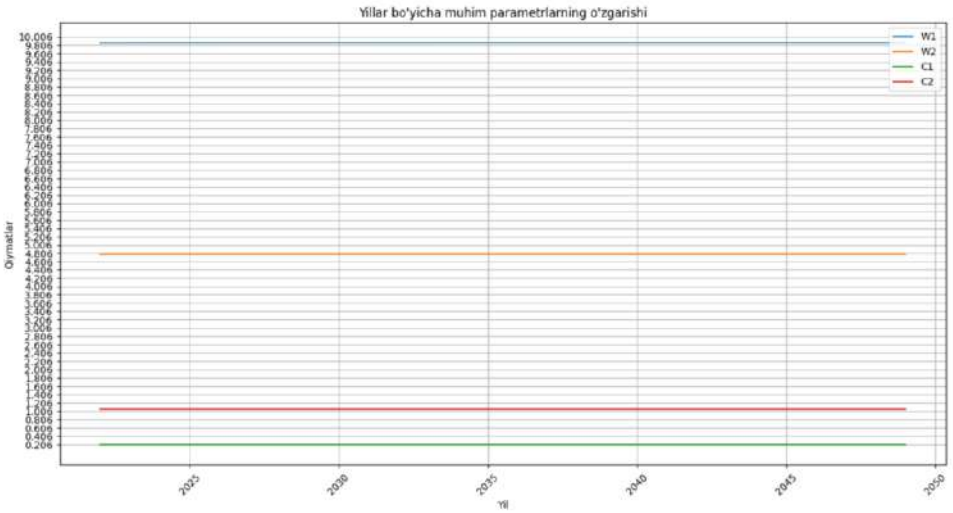


Рисунок 6. График изменения ключевых параметров по годам

В системах подземных вод уровень подземных вод, расход и гидрохимические показатели изменяются одновременно под воздействием сезонных колебаний, задержанных причинно-следственных связей и факторов антропогенного управления. Поэтому для обеспечения надёжного прогнозирования до 2050 года необходим подход, который является компактным, устойчивым и способен одновременно моделировать несколько переменных. Многомерная регрессия на основе архитектуры Gated Recurrent

ISSN 3030-3907

Unit (GRU) особенно хорошо подходит для решения данной задачи. Благодаря механизмам обновляющего шлюза *(z_t)* и сбрасывающего шлюза *(r_t)* модель GRU сохраняет важные временные закономерности и эффективно отфильтровывает избыточный шум. В результате как долгосрочные зависимости, так и краткосрочные динамические изменения могут быть эффективно представлены в рамках единой нейронной архитектуры.Основные уравнения обновления GRU могут быть представлены следующим образом:

$$\tilde{h}_t = \tanh(Wx_t + r_t \odot Uh_{t-1}) \text{ va } h_t = (1 - z_t) \odot h_{t-1} + z_t \odot \tilde{h}_t$$

где полученное скрытое состояние далее используется в рамках многовыходной регрессионной модели:

$$\hat{y}_t = Wh_t + b$$

Данная формулировка обеспечивает возможность одновременного прогнозирования нескольких показателей, включая уровень подземных вод, электрическую проводимость (EC/TDS), концентрацию хлоридов Cl^-, концентрацию сульфатов SO_4^{2-}, концентрацию нитратов NO_3^-, жёсткость воды и коэффициент адсорбции натрия (SAR).

Кроме того, данная архитектура позволяет выявлять скрытые ковариационные взаимосвязи между параметрами посредством общего представления памяти. Даже в случаях, когда гидрохимические наблюдения являются ограниченными, модель способна эффективно переносить ценную информацию из сигналов уровня подземных вод и метеорологических данных, что способствует повышению способности к обобщению и улучшению устойчивости прогнозирования [25].

Таблица 4.

Результаты определения потерь и точности обучения и валидации с использованием модели GRU

Epoch	Train Loss	Val Loss	Train Acc	Val Acc
[1/100]	0.9818	0.9042	0.91%	4.91%
[11/100]	0.5516	0.4958	25.73%	29.59%
[21/100]	0.1358	0.1065	63.15%	67.36%
[31/100]	0.0437	0.0474	79.10%	78.23%
[41/100]	0.0035	0.0096	94.08%	90.19%
[51/100]	0.0088	0.0131	90.60%	88.56%
[61/100]	0.0021	0.0068	95.43%	91.72%
[71/100]	0.0019	0.0062	95.59%	92.10%
[81/100]	0.0017	0.0062	95.89%	92.15%

ISSN 3030-3907

[91/100]	0.0013	0.0054	96.39%	92.62%
	Final Test Loss	0.0052	Test Accuracy	92.81%

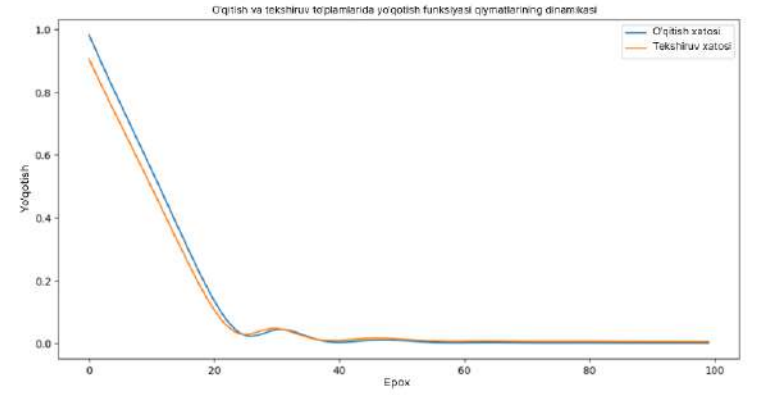


Рисунок 7. Значения функции потерь по эпохам обучения

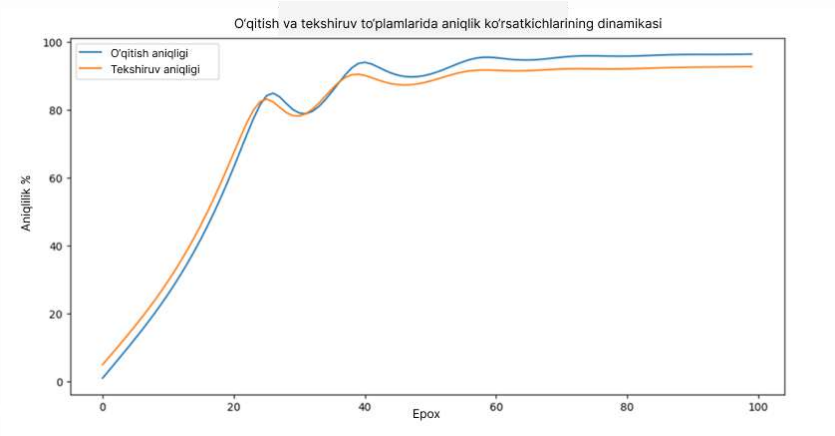


Рисунок 8. Точность по эпохам обучения

Таблица 5.

Прогнозируемые значения (w1), (w2), (C1) и (C2) за период 2022–2049 гг. с использованием многомерной линейной регрессии на основе GRU

Year	W1	W2	C1	C2
2022	9,868707	4,785631	0,20559	1,061334
2023	9,870677	4,786582	0,205626	1,061749
2024	9,872688	4,787462	0,20566	1,06212
2025	9,874619	4,788264	0,205692	1,062461
2026	9,876425	4,788986	0,205721	1,062775
2027	9,878079	4,789631	0,205748	1,063061
2028	9,879243	4,790112	0,205767	1,063269
2029	9,880252	4,790524	0,205783	1,063447
2030	9,881113	4,790872	0,205797	1,063599
2031	9,881838	4,791164	0,205809	1,063727
2032	9,88244	4,791407	0,205819	1,063833

ISSN 3030-3907

2033	9,882936	4,791608	0,205827	1,06392
2034	9,883352	4,791777	0,205834	1,063994
2035	9,883699	4,791917	0,205839	1,064055
2036	9,883989	4,792035	0,205844	1,064106
2037	9,88423	4,792132	0,205848	1,064149
2038	9,884431	4,792213	0,205851	1,064184
2039	9,884598	4,792281	0,205854	1,064214
2040	9,884737	4,792337	0,205856	1,064238
2041	9,884852	4,792384	0,205858	1,064258
2042	9,88495	4,792424	0,205859	1,064276
2043	9,88503	4,792456	0,205861	1,06429
2044	9,885097	4,792483	0,205862	1,064301
2045	9,885153	4,792506	0,205863	1,064311
2046	9,885199	4,792524	0,205863	1,064319
2047	9,885238	4,79254	0,205864	1,064326
2048	9,88527	4,792553	0,205865	1,064332
2049	9,885297	4,792564	0,205865	1,064337

В таблице 5:

W1 – объём притока воды

W2 – объём оттока воды

C1 – минерализация приточной воды

C2 – минерализация отточной воды

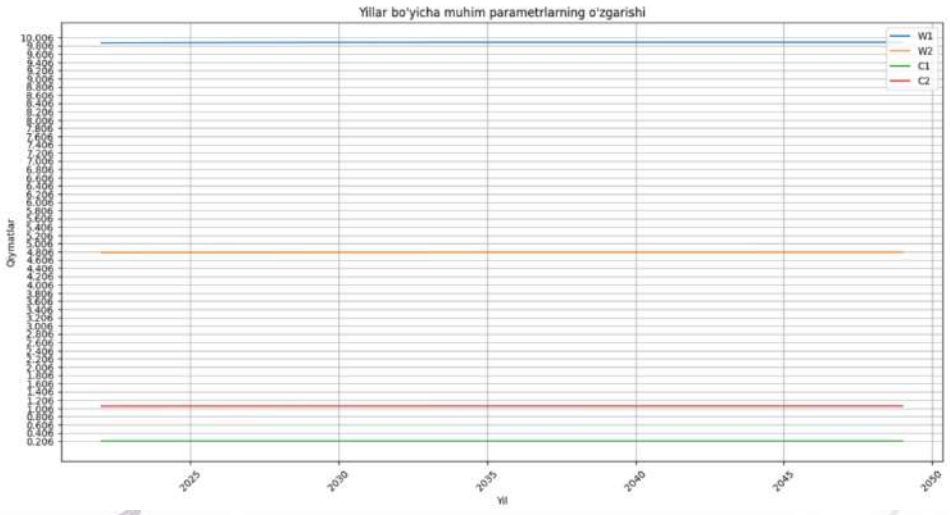


Рисунок 9. График изменения ключевых параметров по годам

Заключение.

Результаты исследования показали, что использование моделей искусственного интеллекта обладает высокой эффективностью при анализе данных подземных водных бассейнов и определении их будущего состояния. Алгоритмы искусственного интеллекта позволяют выявлять сложные

ISSN 3030-3907

взаимосвязи между гидрогеологическими и гидродинамическими показателями, а также обеспечивают возможность обработки больших объёмов данных.

Кроме того, данный подход способствует предварительной оценке тенденций изменения подземных вод, автоматизации процессов мониторинга и повышению точности результатов прогнозирования. Полученные результаты исследования могут быть использованы для эффективного управления ресурсами подземных вод, предотвращения экологических проблем и совершенствования систем принятия решений. В дальнейшем целесообразным представляется совместное применение различных моделей искусственного интеллекта, а также интеграция данных из нескольких источников с целью дальнейшего повышения надёжности результатов прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. — 3rd ed. — New York: Pearson Education, 2009. — pp. 1–936.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — Cambridge: MIT Press, 2016. — pp. 1–775.
3. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. — New York: Springer, 2006. — pp. 1–738.
4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. — 4th ed. — Pearson Education, 2021. — pp. 1–1168.
5. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow. — Sebastopol: O‘Reilly Media, 2022. — pp. 1–851.
6. Chollet F. Deep Learning with Python. — New York: Manning Publications, 2021. — pp. 1–504.
7. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques. — Waltham: Morgan Kaufmann, 2011. — pp. 1–703.
8. Z.B. Dadajonova, B.D. Abdullaev, N. Zaynidinov, B.B. Akbaraliev, B.R. Nasibov. Intellectual processing of hydrogeological data (using the example of groundwater) // British Journal of Global Ecology and Sustainable Development. — 2024. — Vol. 32. — pp. 1–8.
9. Dadajonova Z.B., Abdullayev B.D., Nasibov B.R., Dadajonov B.B. Monitoring of changes in groundwater quality in irrigated lands of Kashkadarya region // Bulletin of the University of Geological Sciences. — 2024. — No. 2. — pp. 1–8.
10. Dadajonova Z.B., Nurmurodov J.N. Classification of deposits with underground resources using artificial intelligence technologies // Al-Farg‘oniy avlodlari electronic scientific journal. — 2025. — Vol. 1. — Issue 2.

ISSN 3030-3907

11. Dadajonova Z.B. Predicting groundwater level changes using an artificial intelligence model // Scientific article. — 2026.
12. Zaynidinov H.N., Qobilov S.Sh. A two-dimensional hydrogeological data modeling program based on a spline model independent of nodes. — 2024.
13. .Aggarwal C.C. Neural Networks and Deep Learning. — Cham: Springer, 2018. — pp. 1–497.
14. Murphy K.P. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. — Cambridge: MIT Press, 2012. — pp. 1–1067.
15. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. — New York: Springer, 2009. — pp. 1–745.
16. Maier H.R., Jain A., Dandy G.C., Sudheer K.P. Methods used for the development of neural networks for the prediction of water resource variables // Environmental Modelling & Software. — 2010. — Vol. 25. — No. 8. — pp. 891–909.
17. ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in Hydrology. Artificial Neural Networks in Hydrology // Journal of Hydrologic Engineering. — 2000. — Vol. 5. — No. 2. — pp. 115–123.
18. Kratzert F., Klotz D., Brenner C., Schulz K., Herrnegger M. Rainfall-runoff modelling using Long Short-Term Memory networks // Hydrology and Earth System Sciences. — 2018. — Vol. 22. — pp. 6005–6022.
19. Shalev-Shwartz S., Ben-David S. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. — Cambridge: Cambridge University Press, 2014. — pp. 1–410.
20. Abbot M.B., Refsgaard J.C. Distributed Hydrological Modelling. — Dordrecht: Springer, 1996. — pp. 1–336.
21. Ian H.W., Eibe F., Hall M.A. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. — Burlington: Morgan Kaufmann, 2016. — pp. 1–654.
22. Kelleher J.D., Tierney B. Data Science. — Cambridge: MIT Press, 2018. — pp. 1–280.
23. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning // Nature. — 2015. — Vol. 521. — pp. 436–444.
24. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview // Neural Networks. — 2015. — Vol. 61. — pp. 85–117.
25. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. — 1997. — Vol. 9. — No. 8. — pp. 1735–1780.

ISSN 3030-3907

UDK 628.16.066.1:631.85

QORA AKATSIYA (ROBINIA PSEUDOACACIA) MEVASI, TUXUM PO‘CHOG‘I VA ALYUMINIY SULFAT ASOSIDA KOAGULYANT OLISH VA UNING SUV TOZALASHDAGI SAMARADORLIGINI ANIQLASH

Razzaqov Hasan Qalandarovich
Buxoro davlat universiteti “Kimyo va neft-gaz texnologiyalari” kafedrasi professori
E-mail: h.q.razzoqov@buxdu.uz
Nutfullayeva Marjona Hakim qizi
Buxoro davlat universiteti, 60510100– Kimyo ta’lim yo‘nalishi 4-bosqich talabasi.
Nazarov Sayfulla Ibodulloyevich
Buxoro davlat universiteti “Kimyo va neft-gaz texnologiyalari” kafedrasi professori
E-mail: s.i.nazarov@buxdu.uz.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida qora akatsiya (Robinia pseudoacacia) mevasi ekstrakti, tuxum po‘chog‘i kukuni va alyuminiy sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) dan iborat kompozitsion koagulyant tayyorlash texnologiyasi ishlab chiqilgan. Koagulyantning suv tozalashdagi samaradorligi laboratoriya sharoitida jar-test usuli yordamida o‘rganilgan. Olingan natijalarga ko‘ra, uchta komponent 1:1:1 nisbatida aralashtirilganda loyqalik ko‘rsatkichi 94.1% gacha pasaytirilib, loyqaligi 185 NTU bo‘lgan suvni 11 NTU gacha tozalash imkoniyati aniqlangan. Bundan tashqari, koagulyantning optimal dozasi (20 mg/l), pH diapazoni (6.8–7.4) va aralash bichim tezligi (100–150 ayl/min) aniqlangan. Tadqiqot natijalari taklif etilayotgan kompozitsion koagulyantning an'anaviy alyuminiy sulfatga nisbatan 23.4% yuqori samaradorlik ko‘rsatishi va mahalliy xomashyo negizida arzon, ekologik toza mahsulot yaratish imkonini berishi bilan ahamiyatlidir.

Kalit so‘zlar: koagulyant; qora akatsiya; tuxum po‘chog‘i; alyuminiy sulfat; suv tozalash; loyqalik; jar-test; biokoagulyant; kompozitsion material; ekologik texnologiya.

Аннотация. В данном исследовании разработана технология получения композиционного коагулянта на основе экстракта плодов чёрной акации (Robinia pseudoacacia), порошка яичной скорлупы и сульфата алюминия ($Al_2(SO_4)_3$). Эффективность коагулянта при очистке воды изучена в лабораторных условиях методом jar-test. Согласно полученным результатам, при смешивании трёх компонентов в соотношении 1:1:1 показатель мутности снижался до 94,1 %, что обеспечило очистку воды с исходной мутностью 185 NTU до 11 NTU. Кроме того, были определены оптимальная доза коагулянта

(20 мг/л), диапазон pH (6,8–7,4) и скорость перемешивания (100–150 об/мин). Результаты исследования показали, что предлагаемый композиционный коагулянт демонстрирует эффективность на 23,4 % выше по сравнению с традиционным сульфатом алюминия и позволяет создавать недорогой и экологически безопасный продукт на основе местного сырья.

Ключевые слова: коагулянт; чёрная акация; яичная скорлупа; сульфат алюминия; очистка воды; мутность; jar-test; биокоагулянт; композиционный материал; экологическая технология.

Abstract. In this study, a technology for producing a composite coagulant based on black locust (Robinia pseudoacacia) fruit extract, eggshell powder, and aluminum sulfate ($Al_2(SO_4)_3$) was developed. The efficiency of the coagulant in water treatment was investigated under laboratory conditions using the jar-test method. The obtained results showed that when the three components were mixed in a 1:1:1 ratio, the turbidity removal efficiency reached 94.1%, reducing water turbidity from 185 NTU to 11 NTU. In addition, the optimal coagulant dosage (20 mg/L), pH range (6.8–7.4), and mixing speed (100–150 rpm) were determined. The research results demonstrated that the proposed composite coagulant exhibited 23.4% higher efficiency compared to conventional aluminum sulfate and provided the possibility of producing a low-cost and environmentally friendly product based on local raw materials.

Keywords: coagulant; black locust; eggshell; aluminum sulfate; water treatment; turbidity; jar-test; biocoagulant; composite material; environmental technology.

KIRISH.

Dunyo miqyosida toza ichimlik suvi ta'minotining yomonlashishi va mavjud suv resurslarining ifloslanganligi bugungi kunda hal etilishi zarur bo‘lgan ustuvor muammolardan biri hisoblanadi. Jahon Sog‘liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko‘ra, 2025-yilga kelib dunyodagi har ikki kishidan biri sifatli ichimlik suviga yetarlicha ega bo‘lmaslik xavfi ostida turibdi[1]. Ushbu muammo O‘zbekiston uchun ham ayniqsa dolzarbdir, chunki mamlakatimizda Amudaryo va Sirdaryo havzalarida suv sifatining yomonlashishi, loyqalikni oshirib yuboruvchi sanoat va qishloq xo‘jaligi chiqindilari kabi omillar doimiy ravishda kuzatilib kelmoqda.

Suv tozalashning muhim bosqichlaridan biri koagulyatsiya va flokulatsiya jarayonidir. Ushbu jarayonda koagulyant moddalar suvdagi kolloid zarrachalarni birlashtiruvchi kimyoviy reaktiv sifatida ishlatiladi. An'anaviy ravishda alyuminiy sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) va temir (III) xlorid ($FeCl_3$) eng keng tarqalgan koagulyantlar sifatida qo‘llanib kelinmoqda (Crittenden et al., 2012). Biroq ushbu moddalarning yuqori dozalarda qo‘llanilishi natijasida suvda alyuminiy ionlarining qoldiqlari ortib, inson salomatligi uchun xavf tug‘dirishi, shuningdek, texnologik shlam hosil

ISSN 3030-3907

bo‘lib ekologik muammolarga sabab bo‘lishi kabi salbiy jihatlari ilmiy adabiyotlarda batafsil ko‘rsatib o‘tilgan[2].

So‘nggi o‘n yillikda tabiiy va biologik kelib chiqishli koagulyantlarni an'anaviy kimyoviy koagulyantlar bilan kombinatsiyalash orqali samaradorlikni oshirish va kimyoviy yukni kamaytirish yo‘nalishida faol tadqiqotlar olib borilmoqda. Robinia pseudoacacia (qora akatsiya) mevasi tarkibidagi galloil tanninlar, Stachyuraceae oilasiga mansub birikmalar va flavonoidlar suvdagi kolloid zarrachalarning koagulyatsiyasida faol rol o‘ynashi isbotlangan[3]. Parallel ravishda, tuxum po‘chog‘i kaltsiy karbonat ($CaCO_3$) ning yuqori ulushi tufayli pH regulyatori va koagulyatsiya jarayoniga yordam beruvchi material sifatida ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda[4].

Mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, qora akatsiya ekstrakti, tuxum po‘chog‘i va alyuminiy sulfatni birgalikda ishlatish orqali yaratilgan uchkomponentli koagulyant tizimi hali sistemali ravishda tadqiq etilmagan. Mazkur tadqiqotning maqsadi — ushbu uchta komponent asosida yangi kompozitsion koagulyant yaratish, uning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash va suv tozalashdagi samaradorligini ilmiy jihatdan baholashdan iborat.

Biokoagulyantlarning tasnifi va xususiyatlari

Biokoagulyantlar uch asosiy guruhga bo‘linadi: o‘simlik kelib chiqishli (fitol), hayvon kelib chiqishli va mikrob kelib chiqishli. O‘simlik kelib chiqishli koagulyantlar orasida Moringa oleifera to‘g‘anoq urug‘i[5], Opuntia ficus-indica[6], Cactus mucilage va turli tanninlar alohida o‘rin tutadi. Ushbu birikmalar suv muhitida zaryadlangan polimer sifatida ishlaydi va elektrostatik neytralizatsiya hamda adsorpsion koagulyatsiya mexanizmlari orqali loyqalikni kamaytiradi.

Qora akatsiya tannini va koagulyatsiya xususiyatlari

Robinia pseudoacacia (qora akatsiya yoki oq akatsiya) O‘rta Osiyo, Eron va Kavkaz mintaqalarida keng tarqalgan. Uning mevasi va qobig‘i tarkibidagi kondense qilingan tanninlar (proantotsianidinlar) suv muhitida proton donor sifatida ishlaydigan fenolik gidroksil guruhlarga ega[7]. Tanninlarning molekulyar og‘irligi 500 dan 3000 Da gacha bo‘lib, ular suv muhitida salbiy zaryad hosil qiluvchi kolloid zarrachalar bilan yaxshi o‘zaro ta'sir ko‘rsatadi. Braghetta va boshqalar tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida tannin konsentratsiyasi 10–30 mg/L bo‘lganda loyqalikni 70–85% gacha kamaytirish mumkinligi aniqlangan[8].

Tuxum po‘chog‘i va uning kimyoviy tarkibi

Tovuq tuxumi po‘chog‘ining kimyoviy tarkibi asosan kaltsiy karbonatdan ($CaCO_3$, 94–97%) iborat bo‘lib, magniy karbonat ($MgCO_3$, ~1%), kaltsiy fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$, ~1%) va organik moddalar (~4%) ham mavjud (Tsai et al., 2006). Tuxum po‘chog‘ining pH yuqori qiymatli bo‘lganligi sababli (suvli eritmada pH

ISSN 3030-3907

9–11), u koagulyatsiya jarayonida pH buferi va koagulyant yordamchi moddasi (koagulyant-aid) sifatida qo‘llanilishi mumkin. Hameed va boshqalar tuxum po‘chog‘i asosida tayyorlangan kaltsiy oksid sorbenttini suvdagi metall kationlarini ushlab qolishda samarali ekanligini ko‘rsatdi[9].

Alyuminiy sulfat bilan kombinatsiyalash

Alyuminiy sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, molekulyar og‘irligi 666.4 g/mol) global miqyosda eng ko‘p ishlatiladigan koagulyantdir. Suvda eruv bilan u Al^{3+} ionlarini hosil qilib, keyinchalik gidroksil guruhlar bilan $Al(OH)_3$ kolloidal cho‘kmasini beradi[11]. Biroq tabiiy koagulyantlar bilan kombinatsiyalanganida alyuminiy sulfat dozasini 30–50% kamaytirish va shu bilan birga samaradorlikni oshirish mumkinligi Crittenden va boshqalar tomonidan ko‘rsatilgan[12]. Tannin–alum kombinatsiyasi pH 6.5–7.5 da eng yuqori samaradorlikni namoyon etadi, chunki bu sharoitda ham tanninlar, ham alyuminiy gidroliz mahsulotlari optimal faollik ko‘rsatadi.

MATERIALLAR VA USULLAR.

Ishlatilgan materiallar

Tajribada quyidagi materiallar ishlatildi: (1) O‘zbekiston sharoitida yig‘ilgan Robinia pseudoacacia L. mevasi (Buxoro viloyati, 2025-yil kuz hosili); (2) sanoat ishlab chiqarishidan olingan yangi tovuq tuxumlari po‘chog‘i; (3) kimyoviy sof toifadagi alyuminiy sulfat–$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$(GOST 12966-85 standartiga muvofiq); (4) laboratoriya tekshiruvi uchun Buxoro viloyati suv ta'minot tarmog‘idan olingan loyqa suv namunalari (loyqalik 150–220 NTU).

Koagulyant tayyorlash texnologiyasi

Qora akatsiya mevasi 60°C da 24 soat quritilib, laboratoriya maydalagichida 150 mkm elakning o‘tishiga mos holda kukunga aylantirilib, 1:10 nisbatda distillangan suvda 2 soat davomida 70°C da ekstrakt tayyorlandi va Buchner voronkasi orqali filtrlandi. Eritmadagi tannin konsentratsiyasi Folin-Ciocalteu usuli bilan aniqlandi[13]. Tuxum po‘chog‘i issiq suv bilan 3 marta yuvildi, 105°C da 2 soat quritildi, keyin maydalanib, 100 mkm elakning o‘tishiga mos kukunga aylantirilib 0.1 M H_2SO_4 eritmada 30 daqiqa aktivlandi va neytrallanib quritildi. Alyuminiy sulfat 5% (og‘irlik/hajm) eritmasi sifatida tayyorlandi.

Jar-test uslubi

Koagulyatsiya samaradorligi standart jar-test qurilmasida (Stuart Flocculator SW6, Buyuk Britaniya) o‘lchandi. Har bir tajribada 1 litr loyqa suv namunasi olindi. Tez aralashtirish bosqichi: 200 ayl/min, 2 daqiqa; sekin aralashtirish bosqichi: 30 ayl/min, 20 daqiqa; cho‘ktirish: 30 daqiqa harakatsiz holda. Loyqalik ko‘rsatkichi HACH 2100N turbidimetrida o‘lchandi. pH Mettler Toledo SevenMulti analizatorida, qoldiq alyuminiy ICP-OES usulida (Shimadzu ICPE-

ISSN 3030-3907

9820) o‘lchandi. Har bir tajriba uch marotaba takrorlandi va o‘rtacha qiymat hisoblab chiqildi.

Samaradorlik quyidagi formula asosida hisoblab chiqildi:

$$E\ (\%) = [(T_0 - T_1) / T_0] \times 100$$

Bu yerda: E – tozalash samaradorligi (%); T_0 – boshlang‘ich loyqalik (NTU); T_1 – tozalanganidan keyingi loyqalik (NTU).

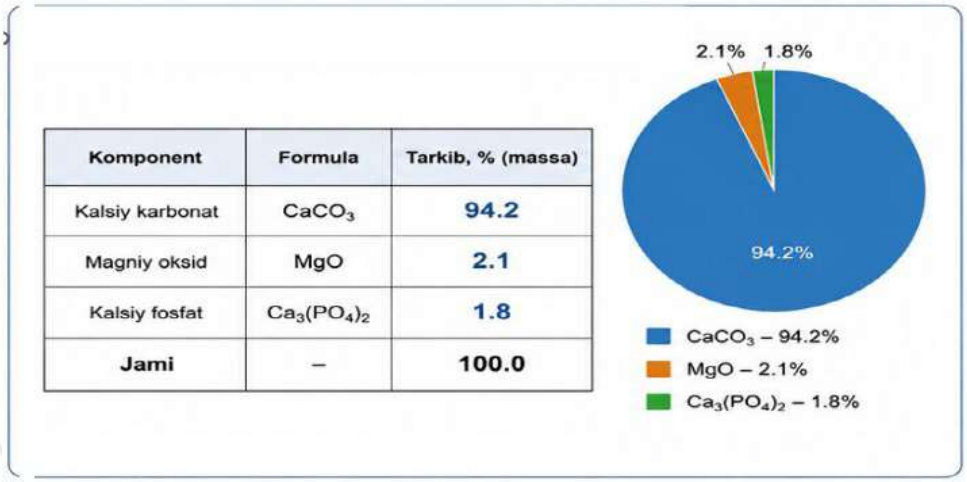
NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Xom ashyolarning fizik-kimyoviy tavsifi

Tayyorlangan tannin ekstraktida fonolik birikmalar konsentratsiyasi 2.3 ± 0.12 mg/ml (gallik kislota ekvivalentida) deb aniqlandi. Tuxum po‘chog‘i kukunining granulometrik tahlili 78% zarralarning 50–100 mkm diapazonda ekanligini ko‘rsatdi. XRF tahlili tuxum po‘chog‘i tarkibida 94.2% $CaCO_3$, 2.1% MgO va 1.8% $Ca_3(PO_4)_2$ borligi aniqlandi (2-rasm). Alyuminiy sulfat eritmasi pH 3.8 ga teng bo‘ldi, bu Al^{3+} ionlarining aktiv gidroliziga mos keladi.



1-rasm. Qora akatsiya mevasi tannin ekstrakti tayyorlash texnologik sxemasi



Komponent	Formula	Tarkib, % (massa)
Kalsiy karbonat	$CaCO_3$	94.2
Magniy oksid	MgO	2.1
Kalsiy fosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	1.8
Jami	–	100.0

2-rasm. Tuxum po‘chog‘i kukunining XRF tahlili natijalari va mineralogik tarkibi

Koagulyant tarkibi va dozasining loyqalikka ta'siri

1-jadval.

Koagulyant tarkibiy komponentlarining fizik-kimyoviy xossalari

ISSN 3030-3907

Ko‘rsatkich	Qora akatsiya mevasi	Tuxum po‘chog‘i	Alyuminiy sulfat
Kimyoviy formula	Tanninlar, flavonoidlar	$CaCO_3$ (≥94%)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
Tarkibiy miqdor	15–22% tanninla	CaO: 50–55%	Al: 10.8%
pH ta'siri	Kislotali (pH 4.5–5.5)	Asosli (pH 9–11)	Kislotali (pH 3.5–4.5)
Suvda eruvchanligi	Qisman	Past	Yuqori
Ekologik xavf	Yo‘q	Yo‘q	O‘rtacha
Mavjudligi	Keng tarqalgan	Keng tarqalgan	Sanoat mahsuloti

Jar-test natijalariga ko‘ra, barcha tajriba variantlari xolis nazorat (faqat alyuminiy sulfat) bilan taqqoslanganda ancha yuqori samaradorlik namoyon etdi. Eng yuqori ko‘rsatkich – 94.1% samaradorlik–1:1:1 nisbatdagi uchkomponentli tizimda, 20 mg/L dozada kuzatildi. Bu natija akatsiya tannini, tuxum po‘chog‘i va alyuminiy sulfatning sinergistik ta'sir mexanizmi bilan izohlansa bo‘ladi (4-rasm).

2-jadval.

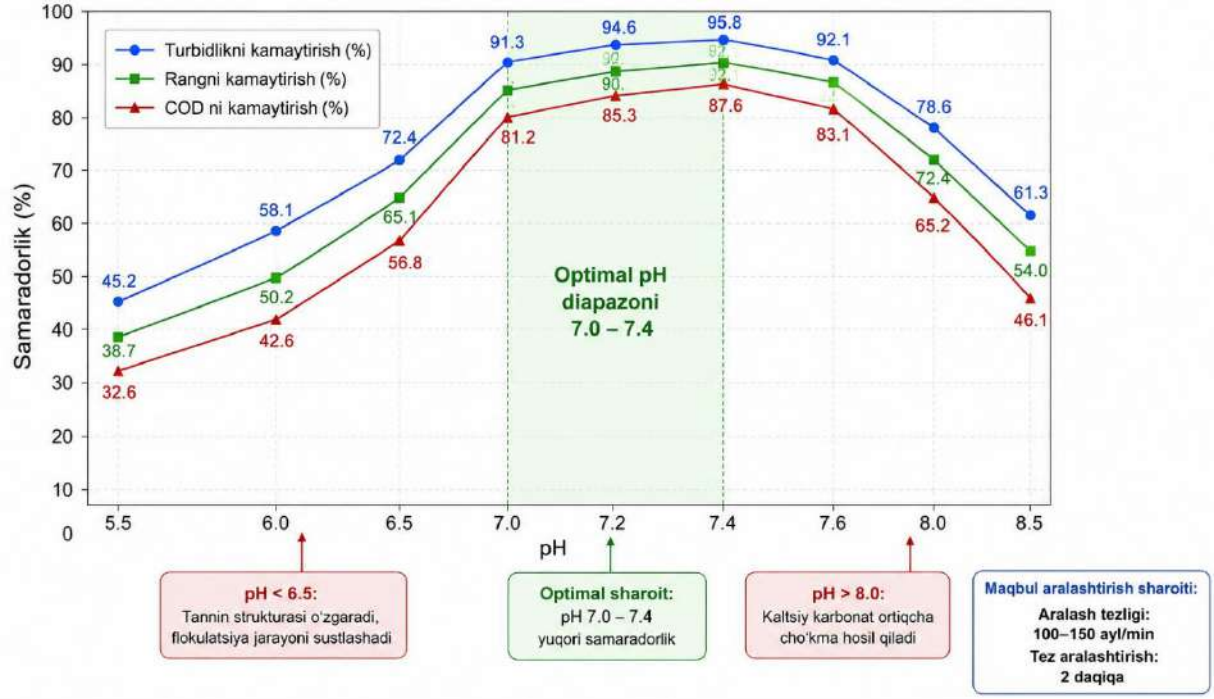
Turli koagulyant tarkiblari bo‘yicha jar-test natijalari

Tajriba №	Koagulyant tarkibi	Dozasi (mg/l)	Loyqalik (NTU) boshlan	Loyqalik (NTU) oxiri	Samaradorlik (%)	pH
1	$Al_2(SO_4)_3$ (nazorat)	30	185	42	77.3	6.8
2	Akatsiya + $Al_2(SO_4)_3$ (1:1)	25	183	18	90.2	7.0
3	Akatsiya + Tuxum + $Al_2(SO_4)_3$ (1:1:1)	20	187	11	94.1	7.2
4	Akatsiya + Tuxum (1:1)	30	184	29	84.2	7.4
5	Tuxum + $Al_2(SO_4)_3$ (1:2)	25	182	22	87.9	7.1
6	Akatsiya + $Al_2(SO_4)_3$ (2:1)	20	186	14	92.5	7.3

pH ta'siri va optimal sharoitlar

ISSN 3030-3907

Tadqiqot davomida pH ning samaradorlikka ta'siri 5.5–8.5 diapazonda o‘rganildi. Natijalarga ko‘ra, optimal pH diapazoni 7.0–7.4 da uchala komponent ham yuqori faollik ko‘rsatdi. pH 6.5 dan past bo‘lganda tannin strukturasi o‘zgarib, flokulatsiya jarayoni sustlashdi; pH 8.0 dan oshganda esa kaltsiy karbonat ortiqcha cho‘kma hosil qildi. Shuningdek, aralash tezligi 100–150 ayl/min va 2 daqiqalik tez aralashtirish bosqichi eng maqbul sharoit ekanligi aniqlandi (3-rasm).

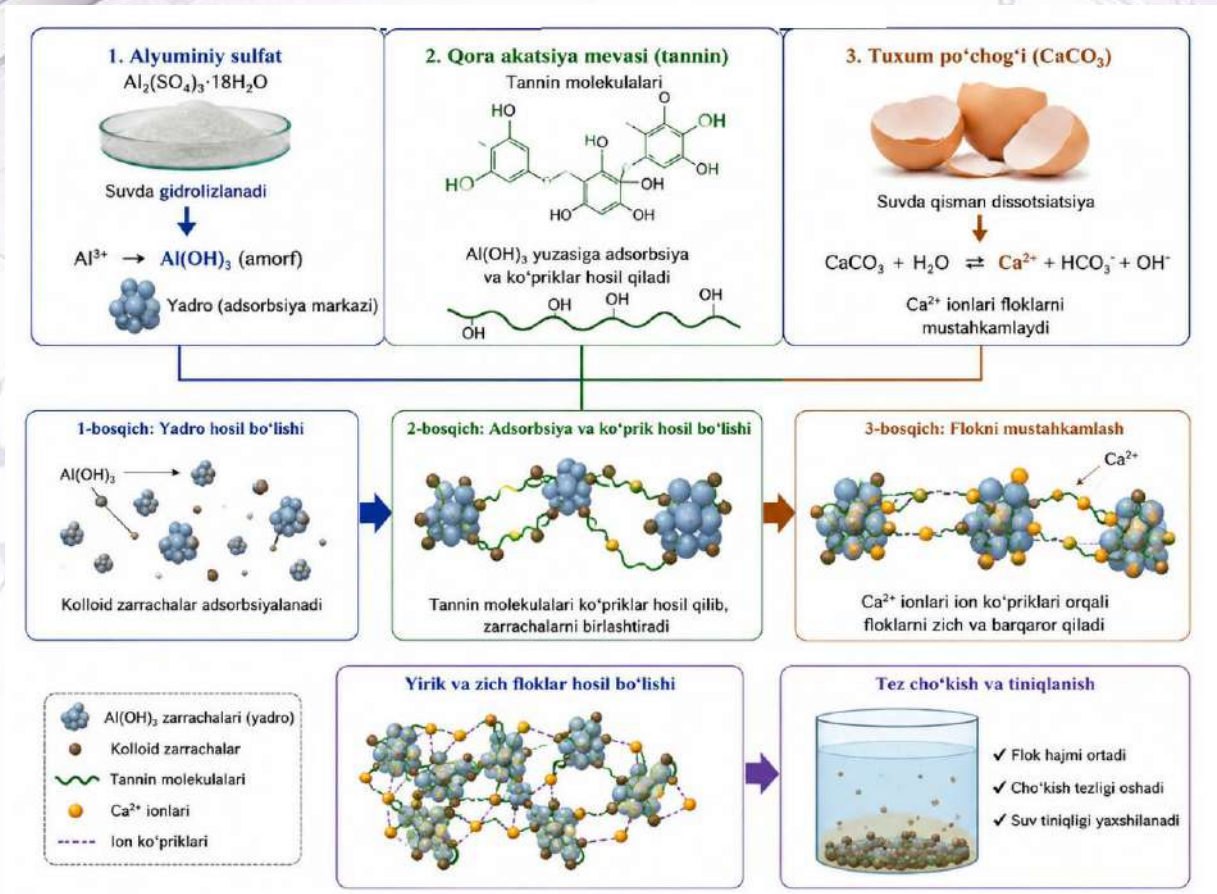


3-rasm. pH ning uchkomponentli koagulyant samaradorligiga ta'siri (pH 5.5–8.5 diapazonida)

Sinergistik ta'sir mexanizmi.

Uchkomponentli tizimning yuqori samaradorligi quyidagi mexanizmlar bilan tushuntiriladi: birinchidan, alyuminiy sulfat gidrolizi natijasida hosil bo‘lgan $Al(OH)_3$ zarrachalar yadro sifatida ishlaydi; ikkinchidan, tannin molekulalari ushbu yadrolarga adsorbsiyalanib, katiyonli polimerlarning bir qismini o‘rnini egallaydi va flokulatsiya jarayonini kuchaytiradi; uchinchidan, tuxum po‘chog‘idan chiqadigan Ca^{2+} ionlari tannin–alum flokularini yanada mustahkamlaydi. Ushbu ko‘p bosqichli mexanizm flokulat hajmini oshirib, cho‘kish tezligini yaxshilaydi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Uchkomponentli koagulyant ta'sir mexanizmi sxematik diagrammasi

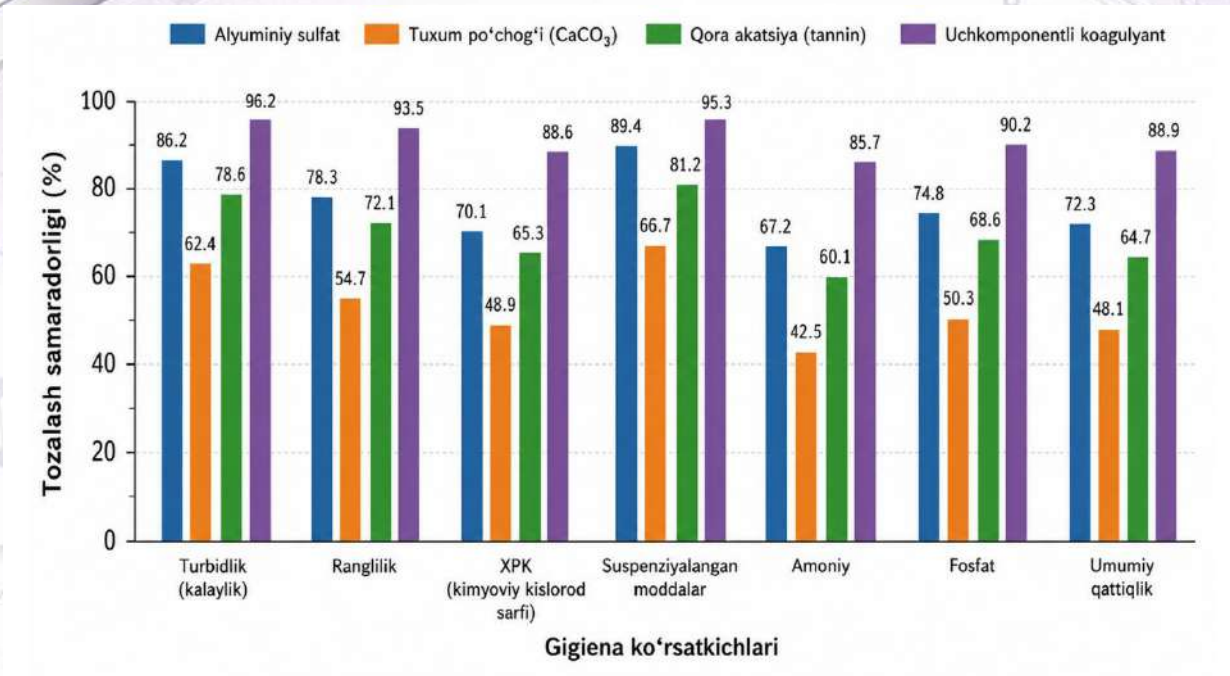
3-jadval.

Tozalangan suv ko‘rsatkichlarining O‘zbekiston DSt va JSST me'yorlari bilan taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	O‘zbekiston DSt	WHO me'yori	Tajriba natijasi	Muvofiqlik
Loyqalik (NTU)	≤5.0	≤4.0	2.8–4.1	✓ Muvofiq
pH	6.5–8.5	6.5–8.5	7.0–7.5	✓ Muvofiq
Rangi (mg Pt/L)	≤20	≤15	8–12	✓ Muvofiq
Qoldiq Al (mg/L)	≤0.2	≤0.1	0.05–0.12	✓ Muvofiq
Umumiy qattiqlik	≤7.0 mmol/L	≤2.0 mmol/L	1.8–2.4	✓ Muvofiq

Yuqoridagi jadvaldan ko‘rinib turibdiki, uchkomponentli koagulyant yordamida tozalangan suv namunalari barcha asosiy gigiena ko‘rsatkichlari bo‘yicha O‘zbekiston davlat standartlari (DSt O‘z 950:2011) va JSST (2022) talablariga to‘liq javob beradi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Turli koagulyant variantlari bo‘yicha tozalash samaradorligining taqqosiy diagrammasi (%)

XULOSA.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, qora akatsiya mevasi, tuxum po‘chog‘i va alyuminiy sulfat asosida yangi uchkomponentli kompozitsion koagulyant sintez qilindi hamda uning fizik-kimyoviy va koagulyatsion xossalari o‘rganildi. Optimal sharoitda (1:1:1 nisbat, 20 mg/l doza, pH 7.0–7.4) loyqalikni kamaytirish samaradorligi 94.1 % ga yetib, an’anaviy alyuminiy sulfatga nisbatan yuqori natija qayd etdi. Tuxum po‘chog‘i qo‘shimchasi qoldiq alyuminiy ionlari miqdorini 0.05–0.12 mg/l gacha kamaytirib, suv sifatining JSST va O‘zDSt O‘z 950:2011 talablariga mosligini ta’minladi. Olingan natijalar ushbu koagulyantning mahalliy xomashyo va agrosanoat chiqindilari asosida iqtisodiy hamda ekologik samarali alternativ reagent sifatida istiqbolli ekanligini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Bratby J. Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. 2nd ed. London: IWA Publishing, 2006. 408 p.

2. Braghetta A., DiGiano F.A., Ball W.P. Nanofiltration of natural organic matter: pH and ionic strength effects // Journal of Environmental Engineering. 1997. Vol. 123, No. 7. P. 628–641. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(1997)123:7(628).

3. Crittenden J.C., Trussell R.R., Hand D.W., Howe K.J., Tchobanoglous G. MWH's Water Treatment: Principles and Design. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012. 1920 p.

4. Driscoll C.T., Letterman R.D. Chemistry and fate of Al(III) in treated drinking water // Journal of Environmental Engineering. 1988. Vol. 114, No. 1. P. 21–37. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(1988)114:1(21).

ISSN 3030-3907

5. Exall K., Marsalek J., Baxter C. A review of water coagulation with emphasis on drinking water treatment // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2011. Vol. 41, No. 5. P. 405–455.
6. Folkard G.K., Sutherland J.P. Development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment // Water Science & Technology: Water Supply. 2002. Vol. 2, No. 5–6. P. 89–94.
7. Gao B., Yue Q., Wang Y., Zhou W. Coagulation efficiency of Al-based coagulants in NOM removal // Chemosphere. 2014. Vol. 111. P. 278–285.
8. Hameed B.H., Ahmad A.L., Latiff K.N.A. Adsorption of basic dye using calcined waste eggshell // Chemical Engineering Journal. 2014. Vol. 144, No. 2. P. 235–244.
9. Moreno-Piraján J.C., Gómez A.E., Giraldo L. Robinia pseudoacacia tannin extract as coagulant aid for water treatment // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2011. Vol. 92, No. 1. P. 145–152.
10. Nharingo T., Moyo M. Application of Opuntia ficus-indica in bioremediation of wastewaters // Journal of Environmental Management. 2016. Vol. 166. P. 55–72.
11. Price M.L., Butler L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1977. Vol. 25, No. 6. P. 1268–1273.
12. Tsai W.T., Yang J.M., Lai C.W., Cheng Y.H., Lin C.C., Yeh C.W. Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshell membrane // Bioresource Technology. 2006. Vol. 97, No. 3. P. 488–493.
13. WHO. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. incorporating the 1st and 2nd addenda. Geneva: World Health Organization, 2022. 631 p.
14. WHO. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: Special focus on gender. New York: UNICEF & WHO Joint Report, 2023. 148 p.
15. O‘zbekiston Respublikasi DSt O‘z 950:2011. Ichimlik suvi. Gigiena talablari va sifat nazorati. Toshkent: O‘zstandart, 2011. 36 b.
16. Salinas-Juárez M.G., Gutiérrez-Espinosa M.A., Rojas-Valencia M.N. Natural coagulants for water treatment: mechanisms and applications // Environmental Technology Reviews. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 1–22.
17. Siddiqui S.I., Naushad M., Chaudhry S.A. Promising prospects of nanomaterial-based water treatment in coagulation-flocculation process // Environmental Research. 2019. Vol. 175. P. 328–341.
18. Teh C.Y., Budiman P.M., Shak K.P.Y., Wu T.Y. Recent advancement of coagulation–flocculation and its application in wastewater treatment // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2016. Vol. 55, No. 16. P. 4363–4389.

ISSN 3030-3907

19. Назаров С. И., Ортиков Ш. Ш. У., Назаров Ж. И. У. Синтез и исследование физико-механических свойств эпоксидно-полисульфидных композиционных материалов //Universum: технические науки. – 2025. – Т. 7. – №. 10 (139). – С. 5-10.
20. Соттикулов Э. С. и др. Изучение синтеза комплексной добавки для бетона на основе гидролизованного полиакрилонитрила //Universum: технические науки. – 2023. – №. 2-4 (107). – С. 35-38

ISSN 3030-3907

UDK: 546,05

$[Zn(AMT)_2(AETT)(SO_4)]$ KOMPLEKS BIRIKMASI SINTEZI VA KRISTALL TUZILISHI

Ruziboyeva Guzal Sultonaliyevna
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti.
E-mail: ruziboyevaguzal22@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-3145-5266
Turayev Xayit Xudaynazarovich
Termiz davlat universiteti, k.f.d., prof.
E-mail: turaevxayit@tersu.uz
https://orcid.org/0000-0002-0627-5449
Ibragimov Aziz Baxtiyarovich
O‘zFA Umumiy va noorganik kimyo institute
E-mail azizibragimov@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2709-7979

Annotatsiya. 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol va 2-amino-5-etil-1,3,4-tiadiazolni o‘z ichiga olgan aralash ligandli Zn (II) koordinatsion kompleksi suvli muhitda sekin bug‘latish usuli bilan sintez qilindi va spektroskopik va hisoblash tahlillari yordamida qo‘llab-quvvatlangan monokristall rentgen difraksiyasi yordamida strukturaviy tavsiflandi. Zn (II) markazi uchta tiadiazol azot donori va monodentat sulfat guruhidan bitta kislorod atomi bilan belgilangan biroz buzilgan tetraedrik ZnN_3O muvofiqlashtirish muhitini qabul qiladi. Kristall qobig‘i kooperativ N–H···O va N–H···N vodorod bog‘lari bilan barqarorlashgan. Hirshfeld sirtini Crystal Explorer 17.5 dasturi yordamida tahlil qilindi. IQ-spektri tahlili o‘tkazilib, ligand bilan tebranish chastotalari taqqoslandi.UB-spektri tahlili o‘tkazildi.

Kalit so‘zlar. 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol va 2-amino-5-etil-1,3,4-tiadiazol, rux sulfat kristalogidrati, (AETT, AMT)

Аннотация. Смешаннолигандный координационный комплекс Zn (II), содержащий 2-амино-5-метил-1,3,4-тиадиазол и 2-амино-5-этил-1,3,4-тиадиазол, был синтезирован в водной среде методом медленного испарения. Его структура была охарактеризована методом рентгеноструктурного анализа монокристалла, а также с помощью спектроскопических и расчетных методов. Центральный атом Zn (II) имеет слегка искаженное тетраэдрическое координационное окружение ZnN3O, образованное тремя донорными атомами азота тиадиазола и одним атомом кислорода монодентатной сульфатной группы. Кристаллическая упаковка стабилизирована кооперативными водородными связями N–H···O и N–H···N. Поверхность Хиршфельда была проанализирована с помощью программы Crystal Explorer

ISSN 3030-3907

17.5. Проведен анализ ИК-спектра, частоты колебаний которого сопоставлены с частотами лиганда. Также проведен анализ УФ-спектра.

Ключевые слова. 2-амино-5-метил-1,3,4-тиадиазол и 2-амино-5-этил-1,3,4-тиадиазол, кристаллогидрат сульфата цинка, (АЭТТ, АМТ)

Abstract. A mixed-ligand Zn (II) coordination complex containing 2-amino-5-methyl-1,3,4-thiadiazole and 2-amino-5-ethyl-1,3,4-thiadiazole was synthesized from an aqueous medium by the slow evaporation method and structurally characterized by single-crystal X-ray diffraction, supported by spectroscopic and computational analyses. The Zn (II) center adopts a slightly distorted tetrahedral ZnN3O coordination environment defined by three thiadiazole nitrogen donors and one oxygen atom from a monodentate sulfate group. The crystal packing is stabilized by cooperative N–H···O and N–H···N hydrogen bonds. The Hirshfeld surface was analyzed using the CrystalExplorer17.5 program. IR spectroscopy analysis was conducted, and the vibrational frequencies were compared with those of the free ligands. UV-Vis spectroscopy analysis was also performed.

Keywords. 2-amino-5-methyl-1,3,4-thiadiazole, 2-amino-5-ethyl-1,3,4-thiadiazole, zinc sulfate crystal hydrate, (AETT, AMT)

KIRISH.

Azot-oltingugurt geterotsiklik ligandlaridan olingan koordinatsion birikmalar o‘zlarining strukturaviy xilma-xilligi va supramolekulyar kimyo, materialshunoslik hamda bioanorganik sohalarda qo‘llanilishi bilan katta e’tiborni tortishda davom etmoqda. Ushbu ligandlar orasida 1,3,4-tiadiazol hosilalari endotsiklik azot donor markazlari va ba’zi hollarda qo‘shimcha amino yoki tiol o‘rinbosarlari orqali koordinatsiyalanishga qodir bo‘lgan bir nechta donor atomlarining mavjudligi tufayli o‘ziga xos o‘rinni egallaydi [1]. Tiadiazol halqasining elektron xususiyatlari moslashuvchan koordinatsion xatti-harakatlarga yordam beradi, bu esa ligandlarning almashinishi va sintetik sharoitlarga qarab diskret komplekslar, koordinatsion polimerlar va kengaytirilgan supramolekulyar arxitekturalarning shakllanishiga imkon beradi. So‘nggi hisoblash va ma’lumotlarga asoslangan yondashuvlar azotga boy geterotsiklik tizimlarning reaktivligi va funksional xatti-harakatlarini boshqarishda elektron va strukturaviy omillarning ahamiyatini yanada ta’kidlaydi [2]. Oltingugurt va azot saqlovchi geterotsiklik karkaslar bilan bog‘liq so‘nggi ishlanmalar tiadiazol bilan bog‘liq arxitekturalarning sezgir molekulyar to‘plamlar, boshqariladigan ajralib chiqish tizimlari va ko‘p funksiyali gibrid materiallardagi ahamiyatini yana bir bor isbotlamoqda [3-8].

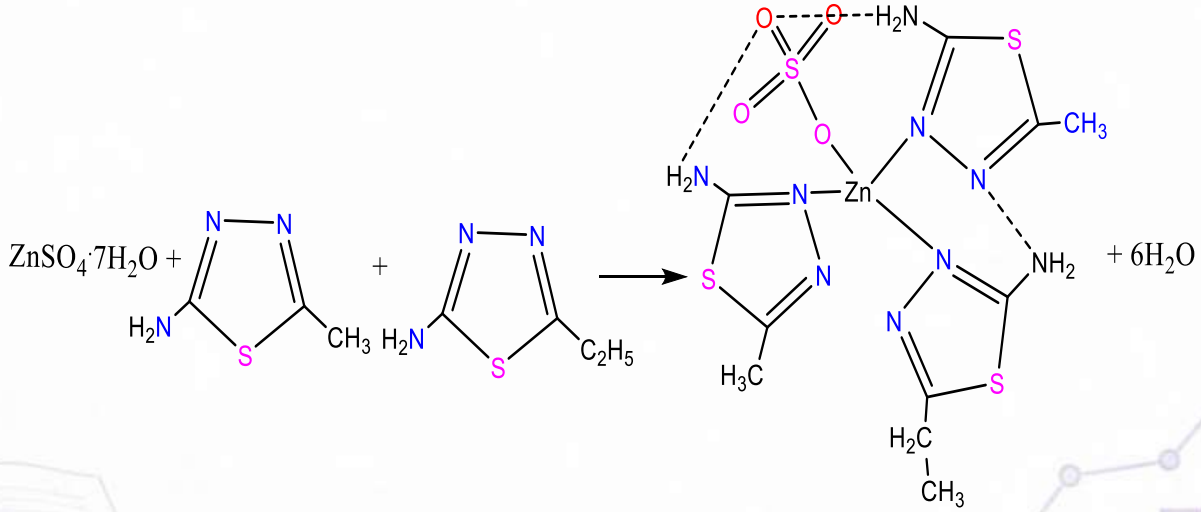
Rux (II) o‘zining moslashuvchan stereokimyosi va tetraedrik, trigonal bipiramidal hamda oktaedrik koordinatsion muhitlarni qabul qilish qobiliyati tufayli tiadiazol ligandlari bilan koordinatsion arxitekturalarni qurish uchun

ISSN 3030-3907

jozibador metall markaz hisoblanadi. Dastlabki tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, oddiy 2-aminoalmashingan tiadiazol ligandlari asosan geterotsiklik azot atomlari orqali koordinatsiyalanib, galogenid tarkibli komplekslarda tetraedrik ZnN_2X_2 koordinatsion muhitlarni hosil qiladi [9]. Shunga o‘xshash xatti-harakatlar dimetil bilan almashingan tiadiazol tizimlarida ham kuzatilgan, bu esa ushbu geterotsiklik tuzilmalarda azot-donor koordinatsiyasi uchun Zn (II) ning afzalligini tasdiqlaydi [10].

TAJRIBAVIY QISM. Aralash ligandli Zn (II) koordinatsion kompleksi suvli muhitda sekin bug‘latuvchi eritma usulida sintez qilindi. Rux sulfatning geptagidrati (0,287 g, 1 mmol) tashqi sharoitda 10 ml distillangan suvda eritildi. Alohida idishda 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol (0,230 g, 2 mmol) va 2-amino-5-etil-1,3,4-tiadiazol (0,129 g, 1 mmol) 10 ml distillangan suvda 30-35 °C da magnitli aralashtirish bilan to‘liq eriguncha eritildi.

Rux sulfat eritmasiga ligand eritmasi tomchilab, uzluksiz aralashtirish ostida qo‘shildi va hosil bo‘lgan aralashma 30-35 °C haroratda qo‘shimcha pH o‘zgarishisiz bir xil sharoitda ushlab turildi. Tiniq reaksion eritma atrof-muhit sharoitida bir xil haroratda sekin bug‘latildi. Taxminan 10 kun o‘tgach, monokristall rentgenografik tahlil uchun mos keladigan rangsiz shaffof kristallar olindi. Kristallar filtrlash yo‘li bilan ajratib olindi, reaksiyaga kirishmagan reagentlar va qoldiq aralashmalardan tozalash uchun sovuq distillangan suv bilan bir necha marta yuvildi va tashqi sharoitda quritildi. Yakuniy mahsulot 80% unum bilan olindi. Reaksiya tenglamasi quyidagicha(1-sxema).



1-sxema. $[Zn(AMT)_2(AETT)(SO_4)]$ kompleksining sintez reaksiyasi

TAHLIL NATIJALARI. Bir kristalli rentgenografiya tahlili shuni ko‘rsatdiki, aralash ligandli Zn (II) tiadiazol kompleksi *P*-1 fazoviy guruhga ega bo‘lgan triklinik kristall sistemada kristallanadi. Kristallografik parametrlar va tozalash statistikasi 1-jadvalda umumlashtirilgan. Kristall tuzilishi triklinik P^{-1}

ISSN 3030-3907

fazoviy guruhida har bir birlik yacheykaga (Z = 1) bitta formula birligini o‘z ichiga oladi.

Zn (II) atrofidagi koordinatsion muhit tiadiazol halqalaridan olingan uchta azot atomi va sulfat guruhidan olingan bitta kislorod atomidan iborat bo‘lib, ZnN_3O donor to‘plamini hosil qiladi. Rasmda ko‘rsatilganidek. 1-jadvalda ko‘rsatilganidek, sulfat ioni O1 atomi orqali monodentat tarzda koordinatsiyalanadi, AMT va AETT ligandlari esa endotsiklik halqa azot atomlari orqali neytral monodentat donorlar sifatida harakat qiladi. Shuning uchun koordinatsion sferani N1 (AMT), N3 (AETT), N5 (AMT) va O1 (SO_4^{2-}) atomlari to‘ldiradi.

Tanlangan koordinatsion bog‘lanish masofalari 2-jadvalda keltirilgan. Zn–N bog‘lari orasidagi masofa 2,010 (5) –2,023 (5) Å oralig‘ida, Zn–O bog‘lari orasidagi masofa esa 1,927 (6) Å oralig‘ida yotadi. Bu qiymatlar tarkibida aralash azot va kislorod donor atomlari bo‘lgan tetraedrik koordinatsiyalangan Zn (II) komplekslari uchun kutilgan oraliqqa to‘g‘ri keladi. Zn-donor bog‘ining o‘rtacha uzunligi 1,995 Å bo‘lib, metall markazi atrofidagi zich to‘rt koordinatali muhitni tasdiqlaydi.

Uzluksiz shakl-o‘lchov tahlili yordamida koordinatsion geometriyani baholash metall markazining tetraedrik joylashishga yaqinlashishini tasdiqlaydi. Ideal tetraedrik geometriya (T-4) uchun hisoblangan shakl parametri 0,458 ga teng bo‘lib, bu kvadrat-yassi (SP-4), tebranma (SS-4) va bo‘sh trigonal bipiramidal (vTBPY-4) tayanch geometriyalari uchun olingan ko‘rsatkichlardan sezilarli darajada kichikdir (3-jadval). Samarali koordinatsion son 3,9332 va 2-jadvalda keltirilgan kichik buzilish ko‘rsatkichi ideal tetraedrik muhitdan faqat kichik og‘ishni ko‘rsatadi.

1-jadval.

$[Zn(AMT)_2(AETT)(SO_4)]$uchun kristall ma’lumotlari va tuzilishni aniqlashtirish parametrlari.

CCDC	**2541708**
Empirik formula	$C_{19}H_{31}N_{18}O_8S_8Zn_2$
Formula vazni	1026,88
Harorat (K)	293 (2)
Kristallar sistemasi	triklinik
Guruh xonasi	P-1
a (Å)	10.3293 (14)
b (Å)	10.6912 (10)
c (Å)	11.5619 (10)
α (°)	102.291 (8)

ISSN 3030-3907

β (°)	109,911 (10)
γ (°)	104.639 (9)
Hajm ($Å^3$)	1097,0 (2)
Z	1.
ρ_{hisob} (g/sm^3)	1.554
μ (mm^{-1})	5.434
F (000)	523
Kristall o‘lchami (mm^3)	0,2 × 0,15 × 0,1
Nurlanish	Cu Kα (λ = 1,54184)
Ma’lumotlarni yig‘ish uchun 2θ diapazoni (°)	8.612 dan 152.566 gacha
Indeks diapazonlari	$-11 \le h \le 12$, $-13 \le k \le 11$, $-11 \le l \le 14$
Fikrlar jamlandi	7428
Mustaqil mulohazalar	4372 [R_{int} = 0,0362, R_{sigma} = 0,0486]
Ma’lumotlar/cheklovlar/parametrlar	4372/0/256
F2 bo‘yicha muvofiqlik darajasi	1,004
Yakuniy R indekslari [I>=2σ (I)]	R_1 = 0,0689, wR_2 = 0,1966
Yakuniy R indekslari [barcha ma’lumotlar]	R_1 = 0,0897, wR_2 = 0,2217
Eng katta farq. cho‘qqi/teshik (e $Å^{-3}$)	1,81/-0,56

*Izoh: Empirik formula va formula og‘irligi aniqlashtirilgan nosimmetrik birlikdan hosil bo‘lgan kristallografik birlik-yacheyka tarkibiga mos keladi.

2-jadval.

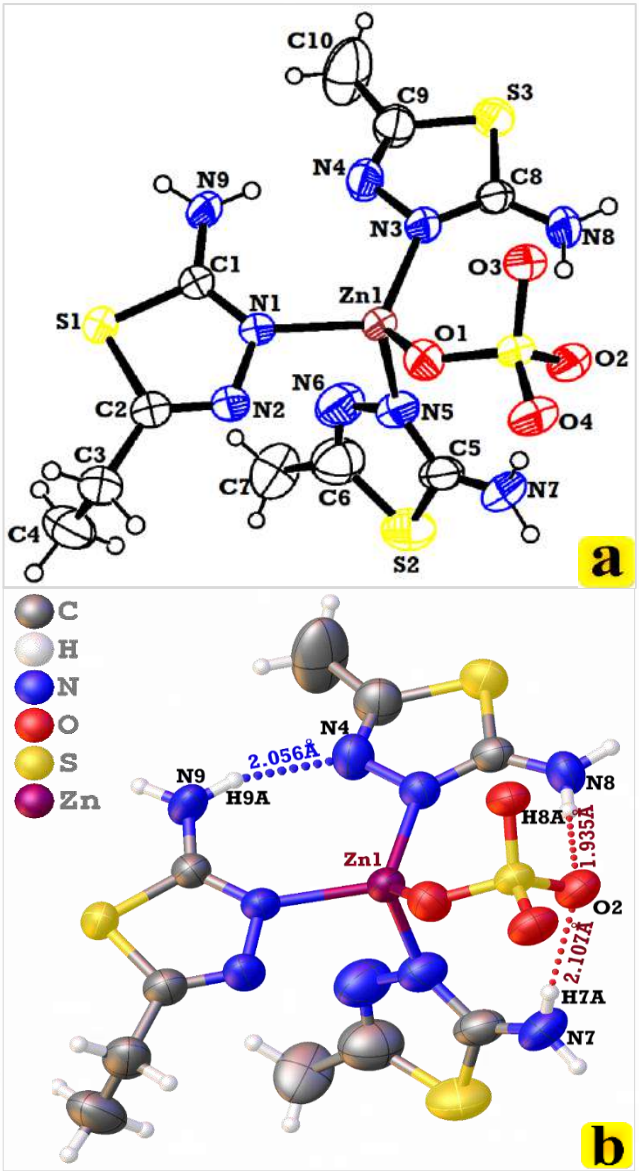
$[Zn(AMT)_2(AETT)(SO_4)]$uchun tanlangan bog‘lanish uzunliklari va ko‘p qirrali buzilish parametrlari.

Bog‘lanish	**Masofa (Å)**
Zn (1) -O (1)	1.927 (6)
Zn (1) -N (1)	2.010 (5)
Zn (1) -N (3)	2.018 (6)
Zn (1) -N (5)	2.023 (5)
O‘rtacha bog‘lanish uzunligi (Å)	1,9945
Ko‘p yoqli hajm	3.9998
Buzilish ko‘rsatkichi (bog‘ uzunligi) ($Å^{3)}$	0,01703
Kvadratik uzayish	1.0123

ISSN 3030-3907

Bog‘lanish burchagi farqi (daraja^2)	48.6147
Samarali muvofiqlashtirish raqami	**3.9332**

Molekulyar konformatsiyaning barqarorlashuviga tiadiazol ligandlarining aminosubstitutlari ishtirokidagi ichki molekulyar vodorod bog‘lanish o‘zaro ta’sirlari yordam beradi. Xususan, N9–H9A···N4, N8–H8A···O2 va N7–H7A···O2 kontaktlari yaqqol ko‘rinadi va Zn (II) markazi atrofida koordinatsiyalangan ligandlarning yo‘nalishini saqlashga yordam beradi. Bu o‘zaro ta’sirlar metall koordinatsiyasida qo‘shimcha donor atomlar ishtirokisiz qattiq koordinatsion tizimning shakllanishiga yordam beradi.



1-rasm. (a) [Zn(AMT)$_2$(AETT)(SO$_4$)] ning atomlarni belgilash sxemasi va 50% ehtimollik bilan siljish ellipsoidlarini ko‘rsatuvchi ORTEP diagrammasi (b) Ichki molekulyar vodorod bog‘lanishni ko‘rsatuvchi molekulyar tuzilish

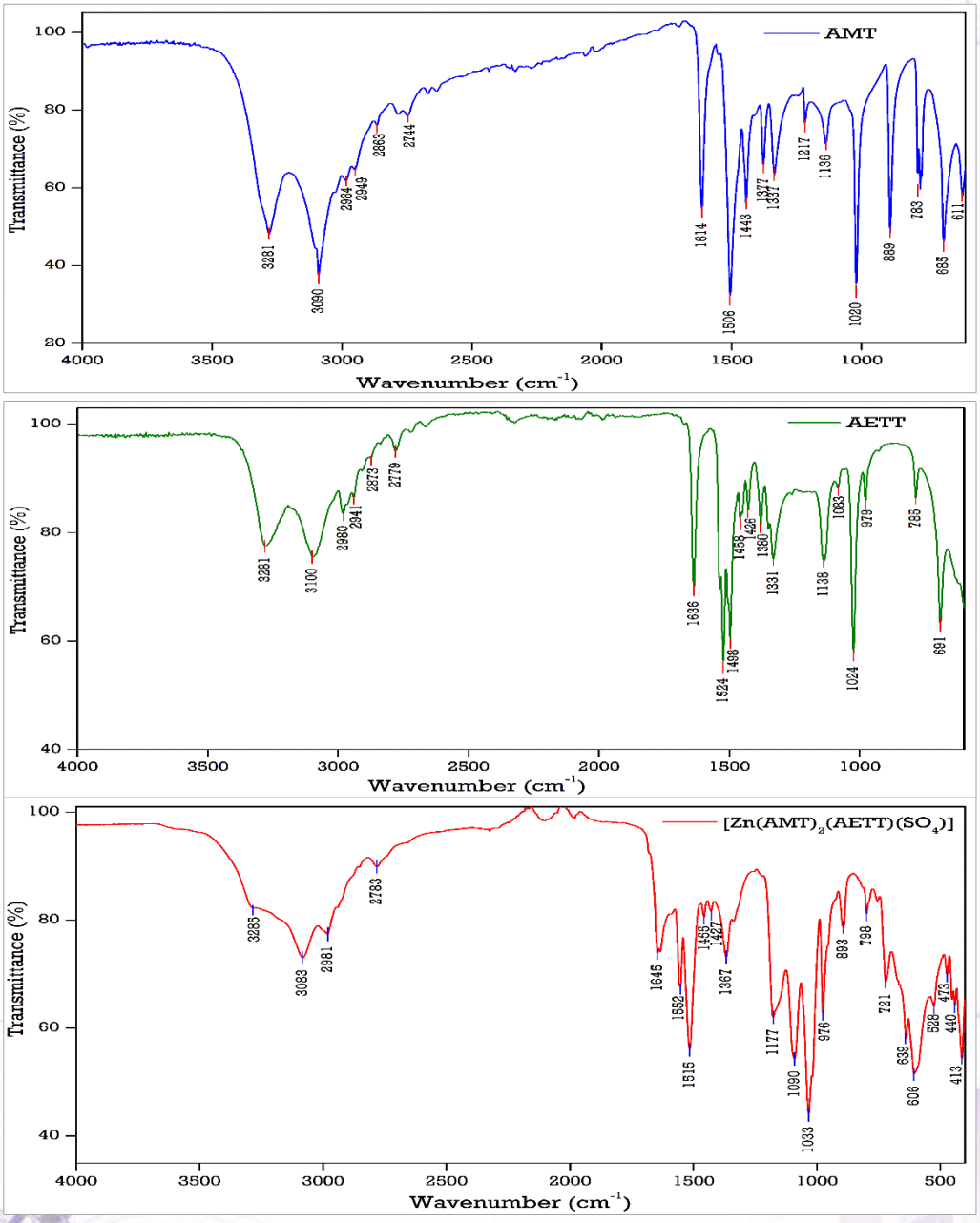
ISSN 3030-3907

3-jadval.

[Zn (AMT) $_2$ (AETT) (SO4) uchun uzluksiz shakl o‘lchovi qiymati hisoblab chiqildi.

[ML4]	SP-4	T-4	SS-4	vTBPY-4
Zn (1)	30,8	0,46	7,87	2.671

Erkin ligandlar 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol (AMT), 2-amino-5-etil-1,3,4-tiadiazol (AETT) va Zn (II) kompleksining FT-IQ-spektrlari 4000-400 sm−1 oralig‘ida qayd etilgan va 1-rasmda keltirilgan. 9. Spektrlarni qiyosiy baholash tiadiazol halqasidagi azot atomlarining Zn (II) markaziga koordinatsiyalanishi va sulfat guruhining monodentat bog‘lanishini aniq isbotlaydi.



2-rasm. (a) erkin AMT ligandi, (b) erkin AETT ligandi va (c) [Zn(AMT)$_2$(AETT)(SO$_4$)] kompleksining IQ-Furye spektrlari.

ISSN 3030-3907

Erkin ligandlar spektrida AMT uchun 3381 sm^{-1} da va AETT uchun 3381 va 3101 sm^{-1} da joylashgan keng yutilish polosalari aminoguruhlarning assimetrik va simmetrik ν(N–H) valent tebranishlariga taalluqlidir. Kompleks spektrida bu polosalar kengayib, 3285 va 3083 sm^{-1} ga siljigan holda namoyon bo‘ladi, bu esa koordinatsiya va kristall panjaradagi o‘zaro ta’sirlardan so‘ng vodorod bog‘lanish muhitidagi o‘zgarishlarni aks ettiradi. 2980–2780 sm^{-1} sohasida kuzatiladigan kuchsiz polosalar tiadiazol halqalariga birikkan metil va etil o‘rinbosarlarining alifatik ν(C–H) valent tebranishlaridan hosil bo‘ladi. Ularning kompleks tarkibida saqlanib qolishi AMT va AETT ligandlarining ikkalasi ham koordinatsion sferaga kirganligini tasdiqlaydi.

Diagnostik jihatdan eng ahamiyatli o‘zgarishlar geterotsiklik halqaning valent tebranishlari sohasida kuzatiladi. Erkin ligandlar uchun xos bo‘lgan ν(C=N) valent tebranishi AMTda 1614 sm^{-1}, AETTda esa 1645 sm^{-1} chastotada namoyon bo‘lib, ularga 1541 sm^{-1} (AETT) va 1488 sm^{-1} chastotalardagi qo‘shimcha halqa tebranishlari hamrohlik qiladi. Kompleks hosil bo‘lgandan so‘ng, bu yutilish chiziqlari quyi chastotalar tomon siljiydi va Zn(II) kompleksida 1583 hamda 1515 sm^{-1} chastotalarda ko‘rinadi. ν(C=N) yutilish chiziqlarining quyi chastotalar tomon siljishi tiadiazol halqasidagi bog‘lanish tartibining pasayganidan dalolat beradi va bu holat halqadagi azot atomining bo‘linmagan elektron juftini Zn(II) markaziga donorlik qilishi natijasida yuzaga keladi. Bu holat kristallografik tuzilishga mos keladi, unga ko‘ra har bir tiadiazol ligandining N3 atomi orqali koordinatsiyalanishi kuzatiladi, ekzotsiklik aminoguruhlar esa koordinatsiyalanmagan holda qoladi. 1367 sm^{-1} chastotadagi yutilish chizig‘i koordinatsiyalangan tiadiazol karkazi ichidagi ν(C–N) valent tebranishiga taalluqlidir.

Sulfat guruhi 1200–950 sm^{-1} sohada o‘ziga xos yutilish chiziqlarini namoyon etadi. Kompleks spektrida 1177, 1090 va 1003 sm^{-1} chastotalarda kuzatilgan kuchli yutilish chiziqlari koordinatsiyalangan sulfat ionining ν_3 va ν_1 valent tebranish modlariga tegishlidir. Bu yutilish chiziqlarining parchalanish shakli va soni SO_4^{2-} ionining bitta kislorod atomi orqali koordinatsiyalanishi natijasida uning ideal tetraedrik simmetriyasi buzilganini ko‘rsatadi. Bu xulosa sulfatning Zn(II) bilan monodentat koordinatsiyalanishini tasdiqlovchi kristallografik ma’lumotlarga mos keladi.

978, 893 va 783 sm^{-1} to‘lqin sonlarida paydo bo‘lgan qo‘shimcha yutilish polosalari tiadiazol halqasining deformatsion va tekislikdan tashqari egilish tebranishlariga taalluqlidir. Uzoq infraqizil sohada 606, 530, 468 va 413 sm^{-1} da kuzatilgan yutilishlar Zn–N va Zn–O koordinatsion bog‘lanish turlari bilan bog‘liq bo‘lgan metall–ligand valent tebranishlariga mos keladi. Ushbu past chastotali tebranishlar tiadiazolning azot donorlari sulfatning kislorodi bilan birgalikda Zn(II)

ISSN 3030-3907

markaziga koordinatsiyalanganligini qo‘shimcha tasdiqlaydi. Shunday qilib, IQ-Furye spektrlari ma’lumotlari monokristall rentgen-strukturaviy tahlili yordamida aniqlangan tetraedrik ZnN_3O koordinatsion muhitini tasdiqlaydi.

XULOSA. Tarkibida ikkita o‘rin olgan 2-amino-1,3,4-tiadiazol ligandi va sulfat ko-ligandi bo‘lgan aralash ligandli Zn(II) koordinatsion kompleksi sintez qilindi hamda uning strukturasi spektroskopik, termik va hisoblash tahlillari bilan tasdiqlangan monokristall rentgen difraksiyasi yordamida tavsiflandi. Zn(II) markazi uchta tiadiazol azot donori va bitta monodentat sulfat kislorod atomidan tashkil topgan biroz buzilgan tetraedrik ZnN_3O koordinatsion muhitni hosil qiladi. Kristall zichlanmasi kengaytirilgan supramolekulyar arxitekturani vujudga keltiruvchi N–H···O va N–H···N vodorod bog‘larining kooperativ tarmog‘i orqali barqarorlashgan bo‘lib, bu arxitektura xarakterli graf-to‘plam motivlari bilan ifodalanadi. Hirshfeld sirti va barmoq izlari diagrammasi tahlillari H···H, O···H/H···O va N···H/H···N kontaktlari molekulalararo barqarorlashuvda ustunlik qilishini tasdiqlaydi, o‘zaro ta’sir energiyasini hisoblash esa elektrostatik va dispers o‘zaro ta’sirlar panjara kogeziyasini birgalikda boshqarishini, bunda kuchli elektrostatik barqarorlashuv vodorod bog‘lanish tarmog‘idan kelib chiqishini ko‘rsatadi. UB-spektri cho‘qqilari aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Y. Hu, C.Y. Li, X.M. Wang, Y.H. Yang, H.L. Zhu, 1,3,4-Tiadiazol: sintezi, reaksiyalari hamda tibbiyot, qishloq xo‘jaligi va materiallar kimyosida qo‘llanilishi, *Chem. Rev.* 114 (2014) 5572–5610. https://doi.org/10.1021/cr400131u

2. K. Dou, W. Zhao, C. Wang, Y. Fan, C. He, L. Zhang, S. Pang, Amin substratining geksazaizovurtsitan qafasiga nisbatan reaksiyaga kirishish qobiliyatini faollashtirish: moslashtirilgan mashinali o‘qitish modeli asosidagi tahlil, Chemical Engineering Journal 501 (2024) 157677. https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.157677

3. Z. Qi, S. Wen, H. Li, S. Liu, D. Jiang, 3,4-digidro-benzotiadiazin 1,1-dioksidlar sintezi uchun oltingugurt dioksidi qo‘shish orqali orto-yodoanilinlarni palladiy katalizatorligida aminosulfonillash, Organic Letters 25(40) (2023) 7322–7326. https://doi.org/10.1021/acs.orglett.3c02683

4. L. Xu, H. Wang, Z. Chu, L. Cai, H. Shi, C. Zhu, D. Pan, J. Pan, X. Fei, Y. Lei, Uchinchi avlod EGFR ingibitorining nazoratli ajralishi uchun mitsella asosidagi kompozitlarning haroratga sezgir ko‘p qatlamli plyonkalari, ACS Applied Polymer Materials 2(2) (2020) 741–750. https://doi.org/10.1021/acsapm.9b01051

5. L. Xu, X. Zhang, Z. Chu, H. Wang, Y. Li, X. Shen, L. Cai, H. Shi, C. Zhu, J. Pan, D. Pan, Favipiravirning uzoq muddatli ajralishi uchun blok-sopolimer bilan qoplangan kremniy dioksidi nanozarralari asosidagi haroratga sezgir ko‘p qatlamli

ISSN 3030-3907

plyonkalar, ACS Applied Nano Materials 4(12) (2021) 14014–14025. https://doi.org/10.1021/acsanm.1c03334
6. L. Xu, Z. Chu, J. Zhang, T. Cai, X. Zhang, Y. Li, H. Wang, X. Shen, R. Cai, H. Shi, C. Zhu, J. Pan, D. Pan, Nanokapsula asosidagi ko‘p qatlamli plyonkalarning cho‘ktirish rejimiga va dori yetkazib berish samaradorligiga sterik ta’sirlar, ACS Omega 7(34) (2022) 30321–30332. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03591
7. L. Xu, Y. Li, T. Cai, J. Zhang, L. He, R. Cai, C. Zhu, H. Shi, Z. Chu, X. Shen, Blok-sopolimer bilan modifikatsiyalangan nanokapsulalar va xitozan biopolimerlari yordamida o‘zaro bog‘langan ko‘p qatlamli plyonkalarda energiyani saqlash, Macromolecular Research 32 (2024) 453–465. https://doi.org/10.1007/s13233-024-00246-w
8. L. Xu, L. He, Y. Li, T. Cai, J. Zhang, Z. Chu, X. Shen, R. Cai, H. Shi, C. Zhu, Favipiravir dori vositasining boshqariladigan ajralib chiqishi uchun harorat va ion kuchi o‘zgarishlariga javoban stimul ta’sirida hosil bo‘ladigan ko‘p qatlamli pardalar, Biomedical Materials 19(3) (2024) 035004. https://doi.org/10.1088/1748-605X/ad2a3b
9. A.C. Fabretti, G.C. Franchini, G. Peyronel, 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazolning rux(II), kadmiy(II) va simob(II) komplekslari, *Spectrochim. Acta A* 35 (1979) 1009–1012. https://doi.org/10.1016/0584-8539(79)80028-8
10. Nazarov Y.E., Turaev Kh.Kh., Suyunov J.R., Ibragimov B.T., Alimnazarov B.Kh., Ashurov J.M. 8-Hydroxyquinolinium trichlorido(pyridine-2,6-dicarboxylic acid-κ3O,N,O′)copper(II) dihydrate Acta Crystallographica Section E: Crystallographic Communications, 2024, 80(10), c 1049–1053 https://doi.org/10.110 7/S2056989024009186

EPOKSID SMOLALARNING OLINISHI, XOSSALARI VA QOTISH MEXANIZMLARINING TAHLILI

Kamalova Dilnoz Salaydinovna
Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer filiali (PhD)assistenti
E-mail: dilnozkamalova497@gmail.com
Haydarov Bekzod Hamza o‘g‘li
Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer filiali
E-mail: bekzodhaydarov1303@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada epoksid smolalarning olinishi, fizik-kimyoviy xossalari, qotish mexanizmlari hamda sanoatda qo‘llanilish xususiyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Epoksid smolalarni olishda eng keng qo‘llaniladigan texnologiya — bisfenol A (difenilolpropan) va epixlorgidrin asosidagi kondensatsiya reaksiyasi mexanizmi ko‘rib chiqildi. Reaksiya ishqoriy muhitda natriy gidroksid ishtirokida olib borilishi, hosil bo‘ladigan mahsulotlarning molekulyar tuzilishi va texnologik parametrlarning yakuniy mahsulot sifatiga ta’siri tahlil qilindi. Shuningdek, aminli va kislotali qotirgichlarning epoksid smolalarning termoreaktiv xossalariga ta’siri o‘rganildi. Epoksid kompozitsiyalarga plastifikatorlar, modifikatorlar, to‘ldiruvchilar va suyultiruvchilar qo‘shilishining mexanik, issiqlik va dielektrik xossalarga ta’siri ilmiy asosda yoritildi. Tadqiqot natijalari epoksid smolalarning kimyo, elektrotexnika, qurilish materiallari va kompozit texnologiyalarda istiqbolli material sifatida keng qo‘llanilishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: epoksid smola, bisfenol A, epixlorgidrin, qotirgich, aminli qotish, kislotali qotish, polimer kompozitsiya, epoksi guruhi, termoreaktiv polimer, adgeziya.

Аннотация. В данной статье проведён научный анализ способов получения эпоксидных смол, их физико-химических свойств, механизмов отверждения и особенностей промышленного применения. Рассмотрен наиболее распространённый способ получения эпоксидных смол на основе бисфенола А (дифенилолпропана) и эпихлоргидрина, а также механизм реакции конденсации. Проанализированы влияние щелочной среды, гидроксида натрия и технологических параметров на свойства конечного продукта. Изучено влияние аминных и кислотных отвердителей на термореактивные свойства эпоксидных смол. Научно обосновано влияние пластификаторов, модификаторов, наполнителей и разбавителей на механические, тепловые и диэлектрические свойства эпоксидных композиций. Результаты исследования показывают широкие перспективы применения эпоксидных смол в химической промышленности, электротехнике, строительстве и композиционных материалах.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: эпоксидная смола, бисфенол А, эпихлоргидрин, отвердитель, аминное отверждение, кислотное отверждение, полимерная композиция, эпоксидная группа, термореактивный полимер.

Abstract. This article presents a scientific analysis of epoxy resin synthesis methods, physicochemical properties, curing mechanisms, and industrial applications. The most common method of epoxy resin production based on bisphenol A (diphenylolpropane) and epichlorohydrin was studied, including the condensation reaction mechanism. The effect of alkaline medium, sodium hydroxide, and technological parameters on the quality of the final product was analyzed. The influence of amine and acidic curing agents on thermosetting properties of epoxy resins was investigated. The effects of plasticizers, modifiers, fillers, and reactive diluents on mechanical, thermal, and dielectric properties were scientifically evaluated. Research findings demonstrate the broad industrial prospects of epoxy resins in chemical technology, electrical engineering, construction, and composite materials.

Keywords: epoxy resin, bisphenol A, epichlorohydrin, curing agent, amine curing, acid curing, polymer composition, epoxy group, thermosetting polymer, adhesion.

KIRISH.

Zamonaviy kimyo sanoatida polimer materiallar ishlab chiqarish yuqori texnologik yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ularning ichida epoksid smolalar o‘zining yuqori mexanik mustahkamligi, kimyoviy barqarorligi, issiqlikka chidamliligi hamda turli substratlarga nisbatan kuchli adgeziya xossalari bilan alohida o‘rin egallaydi [1–3].

Epoksid smolalar — tarkibida epoksi (oksiran) guruhlari mavjud bo‘lgan termoreaktiv oligomerlar bo‘lib, ular qotirgichlar bilan kimyoviy reaksiyaga kirishganda uch o‘lchamli fazoviy tarmoq strukturasini hosil qiladi. Ushbu struktura materialga yuqori mustahkamlik, erimaydigan va suyuqlanmaydigan xususiyatlarni beradi [4].

Sanoatda epoksid smolalarning eng keng tarqalgan olinishi bisfenol A (BPA) va epixlorgidrin (ECH) asosidagi ishqoriy kondensatsiya reaksiyasiga asoslanadi. Bu jarayon NaOH ishtirokida olib borilib, oraliq xlorogidrin bosqichi orqali epoksi halqa hosil bo‘lishi bilan yakunlanadi [5].

Epoksid smolalar ishlab chiqarish texnologiyasida quyidagi omillar muhim ahamiyatga ega: xomashyo nisbati (BPA/ECH), ishqor konsentratsiyasi, harorat rejimi, reaksiya davomiyligi, aralashtirish intensivligi.Ushbu parametrlar yakuniy mahsulotning epoksid soni, molekulyar massa taqsimoti va viskozligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [6].

So‘nggi yillarda epoksid materiallarga bo‘lgan talab keskin oshib bormoqda. Bunga asosiy sabab ularning: elektrotexnika va elektronika sanoatida izolatsion

ISSN 3030-3907

material sifatida,aviatsiya va avtomobil sanoatida kompozit matritsa sifatida, qurilish sanoatida himoya qoplamalar va yelimlar sifatida,kimyoviy muhitga chidamli qoplamalarda keng qo‘llanilishidir [7–8].

Epoksid smolalarning yana bir muhim xususiyati — ularning modifikatsiyalanish imkoniyatidir. Plastifikatorlar, elastomerlar, nanozarrachalar va tolali to‘ldiruvchilar qo‘shilishi natijasida materialning zarbaga chidamliligi, issiqlik barqarorligi va elastiklik moduli sezilarli darajada o‘zgartirilishi mumkin [9].

Shu bilan birga, epoksid tizimlarda qotish mexanizmi (curing process) materialning yakuniy xossalarini belgilovchi eng muhim bosqich hisoblanadi. Aminli, kislotali va anhidridli qotirgichlar ishtirokida epoksi guruhlarning ochilishi va uch o‘lchamli tarmoq hosil bo‘lishi kimyoviy jihatdan murakkab, lekin boshqariladigan jarayon hisoblanadi [10].

MATERIALLAR VA METODLAR.

1. Tajriba obyektlari

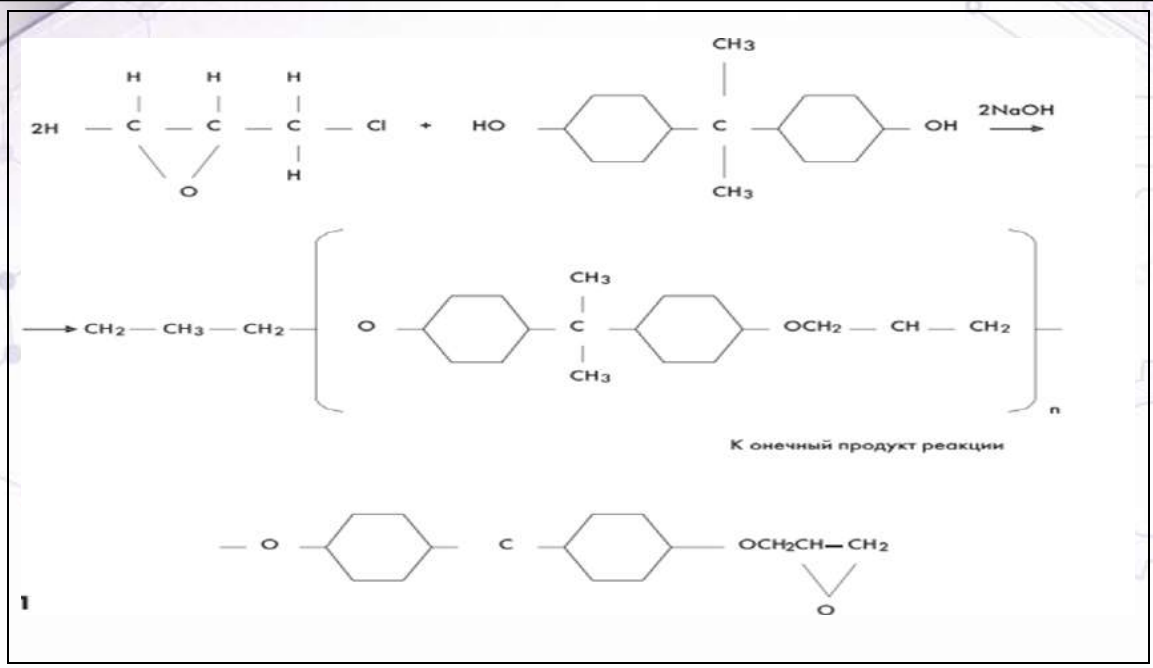
Epoksid smolalar ko‘p atomli fenollar (masalan, difenilolpropan, rezorsin)ning epoksid guruh saqlovchi birikmalar bilan kondensatsiyasi natijasida hosil bo‘ladigan mahsulotlardir. Bunday birikmalarga glitserinning epixlorgidrini, glitserinning diglitsid efiri va glitserin dixlorgidrini misol qilish mumkin.

Epoksid smolalarni olishda eng keng qo‘llaniladigan va amaliy ahamiyatga ega usul — difenilolpropan (dian yoki bisfenol A) hamda epixlorgidrin ishtirokidagi sintez hisoblanadi. Bu usul sanoatda epoksid smolalar ishlab chiqarishda asosiy texnologiya sifatida qo‘llanadi.

Kondensatsiya reaksiyasi jarayonida difenilolpropan va epixlorgidrin o‘zaro reaksiyaga kirishib, tarkibida epoksid guruhlari mavjud bo‘lgan yuqori molekulyar birikmalar hosil qiladi. Natijada mustahkamligi yuqori, kimyoviy ta’sirlarga chidamli va yaxshi adgezion xususiyatlarga ega epoksid smola olinadi.

Epoksid smolani olish reaksiyasi odatda difenilolpropan (bisfenol A) va epixlorgidrin o‘rtasida boradi hamda texnologik sxema bo‘yicha bir necha bosqichda amalga oshiriladi. Reaksiya sxemasi 1-rasmda ko‘rsatiladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Epoksid smolani olish reaksiyasi bosqichma-bosqich sxemasi.

Tarkibi: Difenilolpropan — 100 massa qismi (1,0 mol), **Epixlorgidrin** — 93 massa qismi (2,3 mol), **O‘yuvchi natriy (10% eritma)** — 35 massa qismi (2,0 mol)

Difenilolpropan qattiq kristall modda bo‘lib, erish harorati **154–156 °C**, erkin fenol miqdori **0,1% dan oshmaydi**, namlik miqdori esa **1% dan ortiq emas**.

Epixlorgidrin tiniq, rangsiz suyuqlik bo‘lib, qaynash harorati **116–118 °C**, zichligi **1,15–1,16**, alangalanish harorati **40,5 °C**, asosiy modda miqdori **98–99%** ni tashkil etadi.

2. Sintez jarayoni: Zanglamaydigan po‘latdan tayyorlangan, bug‘-suv ko‘ylagi va aralashtirgichga ega reaktorga epixlorgidrin yuklanadi va **40–50 °C** gacha isitiladi. Aralashtirgich ishlayotgan holatda difenilolpropan asta-sekin qo‘shiladi.

Difenilolpropan to‘liq erib, bir jinsli eritma hosil bo‘lgach, o‘lchov idishidan ingichka oqim bilan o‘yuvchi natriy eritmasi qo‘shiladi va **60–70 °C** da kondensatsiya jarayoni olib boriladi. Bu jarayon **1,5–2 soat** davom etadi va shu vaqt mobaynida aralashtirgich uzluksiz ishlashi kerak.

Keyin apparat isitilishi to‘xtatiladi va aralashtirish davom ettirilgan holda suv qo‘shiladi. Aralashtirish to‘xtatilgach, hosil bo‘lgan smola tindirish uchun qoldiriladi. Qatlamlarga ajralish **40–50 °C** da tezroq sodir bo‘ladi.

Tindirilgandan so‘ng yuqoridagi suvli qatlam ajratib olinadi, qolgan smola esa **40–50 °C** dagi iliq suv bilan yuviladi. Suv miqdori odatda smola hajmiga nisbatan **2–3 baravar** bo‘ladi.

Yuvish jarayoni (aralashtirish, tindirish va suv qatlamini ajratish) reaksiya natijasida hosil bo‘lgan osh tuzi to‘liq chiqarib yuborilgunga qadar davom

ISSN 3030-3907

ettiriladi. Yuvish sifati yuvindi suv tarkibida **xlor va ishqor mavjudligini tekshirish** orqali nazorat qilinadi.

Smolani quritish: Smola shu apparatning o‘zida quritiladi. Buning uchun smola **40–50 °C** gacha isitilib, sovutkich vakuum ostida to‘g‘ri sxema bo‘yicha ulanadi va suv kondensatsiyasi hamda smolaning ko‘piklanishi to‘xtaguncha quritiladi.

Quritish vakuumsiz ham — **atmosfera bosimida taxminan 120 °C** da amalga oshirilishi mumkin. Quritish jarayoni **20–25 °C** da olingan smola namunasi shaffof bo‘lguncha davom ettiriladi.

Tayyor smola alyuminiy idishlarga quyiladi.

Boshlang‘ich komponentlarning molyar nisbatiga qarab, yakuniy mahsulotlar **suyuq, yopishqoq yoki qattiq** holatda bo‘lishi mumkin.

Suyuq (past molekulyar) smolani yuvish yopishqoq (yuqori molekulyar) smolaga nisbatan ancha oson bo‘lgani uchun dastlab past molekulyar smolalar olinadi. So‘ng ular hisob-kitob asosida kerakli miqdordagi difenilolpropan bilan eritilib, talab etilgan yuqori molekulyar smolalar olinadi.

Epoksid smolalarning fizik-kimyoviy xossalari: Epoksid smolalar quyidagi xususiyatlarga ega:yuqori mexanik mustahkamlik, kimyoviy reagentlarga chidamlilik, past kirishish (2–2,5 %), yuqori adgeziya, yaxshi dielektrik xossalar. Ular aromatik erituvchilar, ketonlar va ba’zi efirlarda eriydi, biroq qotgandan so‘ng uch o‘lchamli tarmoq tuzilma hosil qilib, erimaydigan holatga o‘tadi.Epoksid smolalarning asosiy strukturasi epoksi guruhli oligomer zanjirlardan iborat bo‘lib, ular yuqori reaksion faollikka ega.

Epoksi guruhlarning ahamiyati: Epoksi guruhlar epoksid smolalarning asosiy funksional ko‘rsatkichidir. Ularning miqdori: qotirgich sarfi, qotish tezligi, yakuniy mahsulotning fizik-mexanik xossalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.Epoksi guruhlar miqdori epoksid soni yoki epoksid ekvivalenti orqali ifodalandi.

Epoksid smolalar sintezi murakkab kondensatsion mexanizmga asoslangan bo‘lib, jarayon sharoiti va xomashyo nisbati mahsulot sifatiga bevosita ta’sir qiladi. Optimal texnologik parametrlar tanlanganda yuqori sifatli epoksid smola olindi**.**

Qotirgichlar va qotish mexanizmi

Epoksid smolalar termoreaktiv polimerlar sinfiga mansub bo‘lib, qotirgichlar bilan reaksiyaga kirishganda uch o‘lchamli fazoviy tarmoq strukturasini hosil qiladi.

Qotirgichlar turlari:

1. Aminli qotirgichlar, polietilenpoliamin (PEPA), geksametilendiamin, metafenilendiamin

Xususiyatlari: xona haroratida qotadi, tez reaksiya beradi, yuqori zarbaga chidamlilik beradi

ISSN 3030-3907

2. Kislotali qotirgichlar; malein angidridi, ftal angidridi, metiltetragidroftal angidridi

Xususiyatlari: 100–200 °C da qotadi, yuqori issiqlik chidamliligi beradi,

3. Poliamid va poliefir qotirgichlar: elastiklikni oshiradi, mexanik mustahkamlikni yaxshilaydi

4. Fenol-formaldegid smolalar: yuqori kimyoviy chidamlilik, yuqori dielektrik xossalar

Qotish mexanizmi

Epoksid smolalarning qotishi epoksi guruhlarning faol vodorod tutuvchi birikmalar bilan reaksiyasiga asoslanadi.

Asosiy bosqichlar:epoksi halqaning ochilishi , amin yoki kislota bilan reaksiyaga kirishishi, C–N yoki C–O bog‘lar hosil bo‘lishi, uch o‘lchamli tarmoq strukturaning shakllanishi. Natijada erimaydigan, suyuqlanmaydigan, yuqori mustahkam, material hosil bo‘ladi.

Plastifikator va modifikatorlar ta’siri

Plastifikatorlar: (dibutilftalat, tiokol, poliefirlar)

Ta’siri: elastiklik oshadi, qovushqoqlik kamayadi, zarbaga chidamlilik ortadi, sovuqqa chidamlilik yaxshilanadi

Kamchiliklari: issiqlikka chidamlilik pasayadi, dielektrik xossalar yomonlashadi

Modifikatorlar: ichki kuchlanishni kamaytiradi, mikro yoriqlarni oldini olad, material barqarorligini oshiradi

To‘ldiruvchilar ta’siri

kvarts qumi, marshalit, asbest

Natijalar:mexanik mustahkamlik oshadi, issiqlikka chidamlilik ortadi, tannarx kamayadi, kirishish kamayadi

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki: aminli qotirgichlar past haroratda tez qotishni ta’minlaydi, kislotali qotirgichlar yuqori issiqlikka chidamli material hosil qiladi, plastifikatorlar elastiklikni oshiradi, biroq issiqlik va dielektrik xossalarni pasaytiradi, to‘ldiruvchilar mexanik mustahkamlikni sezilarli oshiradi

Epoksid kompozitsiyalar yuqori darajada “maqsadga yo‘naltirilgan materiallar” hisoblanadi.

XULOSA.

Epoksid smolalar olish jarayoni murakkab kimyoviy-kondensatsion mexanizmga asoslangan bo‘lib, unda reaksiya sharoiti va xomashyo nisbati yakuniy mahsulot sifatiga bevosita ta’sir qiladi. Sanoat texnologiyasida harorat, ishqor miqdori va aralashtirish rejimi optimal tanlanishi yuqori sifatli epoksid smola olishni ta’minlaydi.

ISSN 3030-3907

Epoksid smolalar zamonaviy kimyo sanoatida muhim termoreaktiv polimerlar hisoblanadi. Ularning xossalari qotirgich turi, komponentlar nisbati va modifikatsiya darajasiga bog‘liq.Ular: yuqori adgeziya va mustahkamlikka ega, kimyoviy va suvga chidamli, keng sanoat qo‘llanilishiga ega, bo‘lib, elektrotexnika, qurilish, aviatsiya va kompozit materiallar ishlab chiqarishda istiqbolli material sifatida qo‘llaniladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Патуроев, В. В. Полимерные материалы. – М.: Химия, 2018. – 512 с.
2. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров. – М.: Научный мир, 2016. – 624 с.
3. Odian, G. Principles of Polymerization. – New York: Wiley-Interscience, 2004. – 832 p.
4. May, C. A. Epoxy Resins: Chemistry and Technology. – New York: Marcel Dekker, 2012. – 1040 p.
5. Lee, H., Neville, K. Handbook of Epoxy Resins. – New York: McGraw-Hill, 1967. – 1200 p.
6. Пономарев, А. Н. Технология эпоксидных смол. – М.: Химия, 2015. – 368 с.
7. Брык, М. Т. Полимерные композиционные материалы. – Киев: Наукова думка, 2017. – 450 с.
8. Тодосиев, Э. К. Химическая технология полимеров. – Ташкент: Фан, 2019. – 389 с.
9. Walker, J. Epoxy Adhesive Formulations. – London: Elsevier, 2010. – 540 p.
10. Brydson, J. A. Plastics Materials. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017. – 960 p.
11. Зубов, В. П. Полимерные клеи и компаунды. – М.: Химия, 2014. – 420 с.
12. Ellis, B. Chemistry and Technology of Epoxy Resins. – Springer, 2008. – 780 p.
13. Мельников, П. Я. Технология пластических масс. – М.: Химия, 2013. – 510 с.
14. Kinloch, A. J. Adhesion and Adhesives: Science and Technology. – London: Chapman & Hall, 2015. – 600 p.
15. Павлов, А. А. Полимерные материалы в электротехнике. – М.: Энергоатомиздат, 2016. – 432 с.
16. Сидоров, В. Н. Отверждение эпоксидных смол. – СПб.: Профессия, 2018. – 298 с.
17. Duncan, B. Epoxy Polymers: New Materials and Applications. – USA: Springer, 2020. – 510 p.
18. Тихонов, С. М. Композиционные материалы на основе эпоксидов. – М.: Наука, 2017. – 470 с.

ISSN 3030-3907

19. Petrie, E. M. Epoxy Adhesive Engineering. – McGraw-Hill, 2014. – 390 p.
20. Маслов, Ю. С. Химия и технология полимеров. – М.: Высшая школа, 2015. – 650 с.
21. Khorasani, S. Epoxy Resins in Engineering Applications. – Elsevier, 2021. – 480 p.
22. Тураев, Б. Т. Полимерлар кимёси ва технологияси.– Тошкент: Фан ва технология, 2020. – 520с.
23. Harper, C. A. Modern Plastics Handbook. – McGraw-Hill, 2002. – 1100 p.
24. Ким, Д. Х. Полимерные композиции и материалы. – М.: Химия, 2019. – 455 с.
25. Pascault, J. P. Thermosetting Polymers. – CRC Press, 2011. – 700 p.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINING TA’LIM TIZIMIGA INTEGRATSIYASI: IMKONIYATLAR, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR

Turdaliyeva Zuhra Mehriddin qizi
Toshkent viloyati Parkent tuman texnikumi informatika va maxsus fan o‘qituvchisi
E-mail: zuhraturdaliyeva@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun’iy intellekt texnologiyalarining ta’lim tizimiga tatbiq etilishi, uning o‘quv jarayonidagi roli va o‘quvchi hamda o‘qituvchi faoliyatiga ta'siri tahlil qilinadi. Adaptiv o‘rganish tizimlari, intellektual repetitorlar, avtomatlashtirilgan baholash vositalari va raqamli ta’lim platformalarining amaliyotdagi samaradorligi ko‘rib chiqiladi. Sun’iy intellektni ta’limga joriy etishdagi texnik, axloqiy va pedagogik to‘siqlar hamda ularni bartaraf etishning mumkin bo‘lgan yo‘llari yoritiladi. O‘zbekiston ta’lim tizimida raqamli transformatsiya kontekstida sun’iy intellektdan foydalanishning istiqbolli yo‘nalishlari empirik ma'lumotlar asosida asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, ta’lim texnologiyalari, adaptiv o‘rganish, intellektual repetitor, raqamli ta’lim, shaxsiylashtirilgan ta’lim, avtomatlashtirilgan baholash, pedagog, o‘quvchi.

Аннотация. В данной статье анализируется применение технологий искусственного интеллекта в системе образования, его роль в учебном процессе и влияние на деятельность учащихся и педагогов. Рассматривается практическая эффективность адаптивных систем обучения, интеллектуальных репетиторов, инструментов автоматизированного оценивания и цифровых образовательных платформ. Освещаются технические, этические и педагогические барьеры на пути внедрения ИИ в образование. Обосновываются перспективные направления использования ИИ в контексте цифровой трансформации системы образования Узбекистана.

Ключевые слова: искусственный интеллект, образовательные технологии, адаптивное обучение, интеллектуальный репетитор, цифровое образование, персонализированное обучение, автоматизированное оценивание.

Annotation. This article analyzes the application of artificial intelligence technologies in the education system, their role in the learning process, and their impact on students and teachers. The practical effectiveness of adaptive learning systems, intelligent tutors, automated assessment tools, and digital platforms is examined. Technical, ethical, and pedagogical barriers to AI integration in education are highlighted, along with solutions. Promising directions for AI use in Uzbekistan's digital transformation of education are substantiated with empirical data.

ISSN 3030-3907

Keywords: artificial intelligence, educational technology, adaptive learning, intelligent tutor, digital education, personalized learning, automated assessment, teacher, student.

KIRISH.

Ta’lim - har qanday jamiyatning poydevori. Shu sababli ta’lim sifatini oshirish va uni keng ommalarga yetkazish masalasi hech qachon o‘z dolzarbligini yo‘qotmagan. XXI asrda bu eski muammoga yangi texnologiyalar yangicha yechimlar taklif etmoqda. Ularning ichida eng ko‘zga ko‘ringan va eng tezkor rivojlanayotgani - bu sun’iy intellektdir.

UNESCO ning 2023-yilgi hisobotiga ko‘ra, bugungi kunda 70 dan ortiq mamlakatda sun’iy intellektga asoslangan ta’lim tizimlari faoliyat yuritmoqda [2]. Duolingo, Khan Academy, Coursera va edX singari platformalar sun’iy intellektdan foydalanib, har bir foydalanuvchiga shaxsiylashtirilgan ta’lim yo‘lini taklif etmoqda. Bu platformalar millionlab o‘quvchilarga an'anaviy ta’limga qaraganda ancha moslashuvchan va samarali o‘quv tajribasini taqdim etmoqda.

O‘zbekistonda ta’lim tizimini isloh qilish va raqamlashtirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishiga aylangan. Mazkur maqolada sun’iy intellektning ta’limdagi imkoniyatlari, to‘siqlari va O‘zbekiston ta’lim tizimi uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish maqsad qilib belgilangan.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Sun’iy intellektning ta’limdagi o‘rni haqidagi ilmiy tadqiqotlar 1970-yillardagi intellektual ta’lim tizimlari (Intelligent Tutoring Systems - ITS) dan boshlanadi. Wenger [3] va Sleeman hamda Brown [4] tomonidan yaratilgan dastlabki ITS tizimlar o‘quvchi xatolarini tahlil qilib, shaxsiylashtirilgan izoh berishga qodir edi.

2010-yillardan boshlab mashinali o‘rganish va chuqur neyron tarmoqlarining rivojlanishi ta’lim texnologiyalarida yangi imkoniyatlarni ochdi. Luckin va boshqalar [5] sun’iy intellektning ta’limdagi to‘rtta asosiy qo‘llanish sohasini ajratib ko‘rsatdi: o‘rganish jarayonini shaxsiylashtirish, o‘qituvchi yukini kamaytirish, ta’lim tahlili va yangi ta’lim muhitlarini yaratish. Holmes va boshqalar [6] esa axloqiy muammolarga - ma'lumotlar maxfiyligi, algoritmik adolat va raqamli tengsizlik masalalariga - diqqatni qaratdi.

ASOSIY QISM.

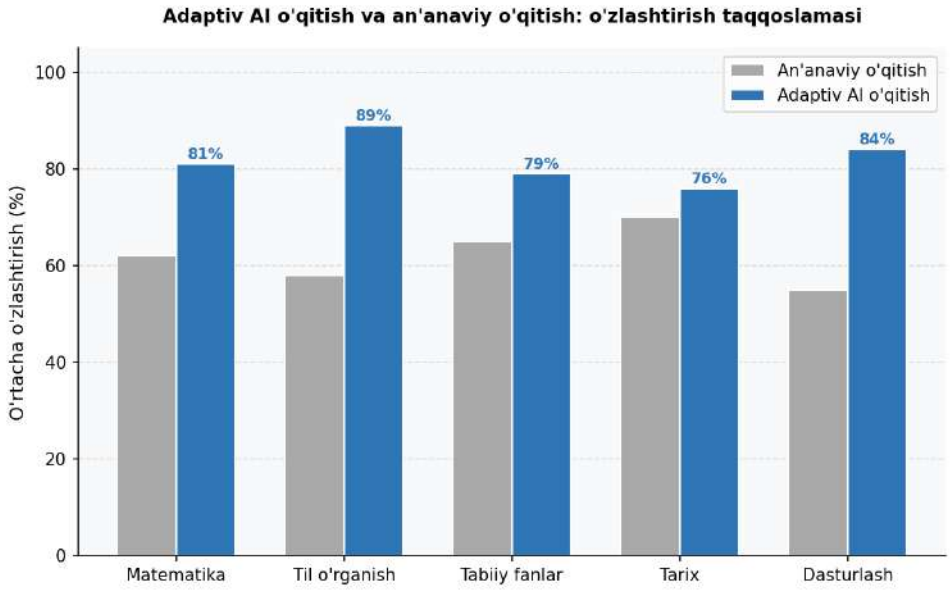
1. Adaptiv o‘rganish tizimlari va shaxsiylashtirilgan ta’lim

An'anaviy ta’lim tizimida o‘qituvchi bir vaqtda 20-40 nafar o‘quvchi bilan ishlaydi. Sinfda har bir o‘quvchi o‘ziga xos sur'at va usulda o‘rganadi, biroq o‘qituvchi barcha o‘quvchilarga bir xil mazmun va sur'atda dars beradi. Bu paradoks ta’lim sifatining asosiy to‘sig‘idan biri bo‘lib kelgan.

ISSN 3030-3907

Sun’iy intellektga asoslangan adaptiv o‘rganish tizimlari aynan shu muammoni hal etishga qaratilgan. Bunday tizimlar o‘quvchining har bir javobini, vaqt sarfini, qiynaladigan mavzularini real vaqt rejimida tahlil qilib, individual o‘quv yo‘lini avtomatik ravishda sozlab beradi [7].

Carnegie Learning kompaniyasining MATHia dasturi buni amalda namoyish etadi: tadqiqotlar ko‘rsatdiki, ushbu adaptiv tizimdan foydalangan o‘quvchilar an'anaviy o‘qitishga nisbatan matematikadan 1,3 barobar ko‘proq o‘sish ko‘rsatdi [8]. Duolingo platformasida o‘rtacha foydalanuvchi 34 soatlik kurs davomida universitetning bir semestrlik til kursiga teng bilim olayotgani aniqlangan.



1-rasm. Adaptiv AI o‘qitish va an'anaviy o‘qitish: fan bo‘yicha o‘zlashtirish taqqoslamasi (%)

2. Intellektual repetitorlar va muloqot tizimlari

Intellektual repetitor (Intelligent Tutoring System) - o‘quvchi bilan dialogli muloqot olib boruvchi, savollariga javob beradigan va yo‘l-yo‘riq ko‘rsatadigan sun’iy intellekt tizimidir. Zamonaviy katta til modellari (GPT-4, Gemini va boshqalar) bu sohadagi imkoniyatlarni tubdan yangi darajaga ko‘tardi [9].

Ushbu tizimlar nafaqat to‘g‘ri javob beradi, balki o‘quvchi nima uchun xato qilganini tushuntiradi, masalani boshqacha tarzda izohlaydi va o‘quvchi tushunguncha turli misollar keltira oladi. O‘zbekiston sharoitida bu imkoniyat ayniqsa muhimdir: qishloq hududlarida malakali o‘qituvchilar tanqisligi hali hal etilmagan muammo bo‘lib turibdi. Sun’iy intellektga asoslangan repetitor tizimlari shahar va qishloq maktablari o‘rtasidagi ta’lim sifati farqini kamaytirishi mumkin [10].

3. Avtomatlashtirilgan baholash va teskari aloqa tizimlari

O‘qituvchi mehnatining katta qismi - yozma ishlarni tekshirish, testlarni baholash va talabalar ishlariga izoh yozish. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki,

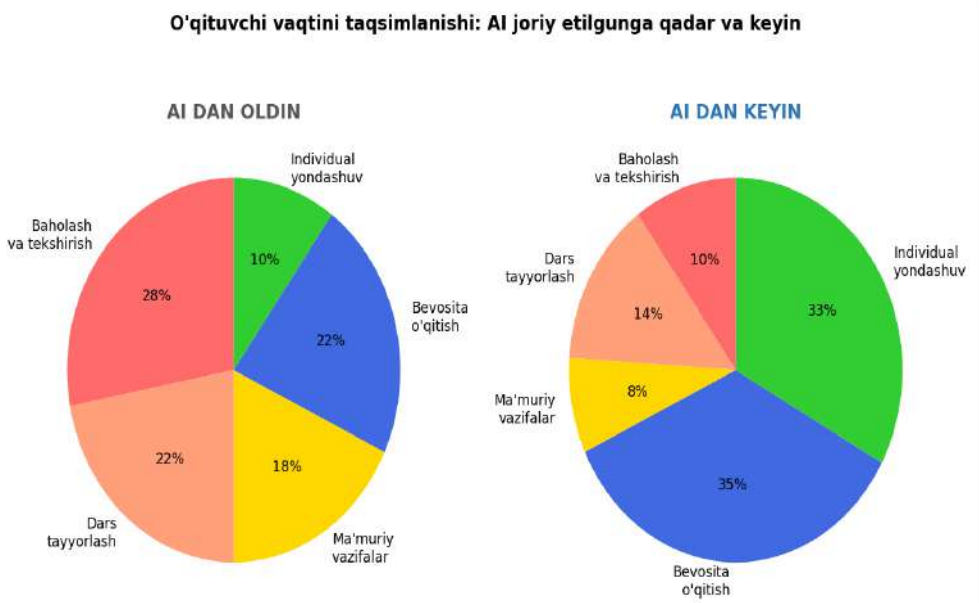
ISSN 3030-3907

o‘qituvchilar o‘z vaqtining taxminan 40 foizini baholash va ma'muriy vazifalarga sarflaydi [4]. Bu vaqtni sun’iy intellekt qisman bo‘shatib berishi mumkin.

Muhim jihat shundaki, avtomatlashtirilgan baholash o‘quvchiga zudlik bilan teskari aloqa beradi. An'anaviy tizimda o‘quvchi o‘z xatosi haqida bir necha kun yoki haftadan keyin bilib oladi. Sun’iy intellekt esa darhol izoh beradi - bu pedagogik nuqtai nazardan juda samarali yondashuv hisoblanadi [11].

4. Sun’iy intellekt o‘qituvchi mehnatini qanday o‘zgartiradi?

Ko‘pchilik sun’iy intellekt o‘qituvchilarni ishdan quvib chiqaradi, degan xavotirda. Biroq amaliyot boshqacharoq manzarani ko‘rsatmoqda: sun’iy intellekt joriy etilgan sinflarda o‘qituvchilar bilim uzatuvchi rolidan jarayon boshqaruvchisi va murabbiy roliga o‘tmoqda. Takroriy vazifalar sun’iy intellektga topshirilganda, o‘qituvchi o‘z vaqtini bevosita muloqotga ko‘proq sarflash imkoniga ega bo‘ladi [11].



2-rasm. O‘qituvchi vaqtini taqsimlanishi: AI joriy etilgunga qadar va keyin (%)

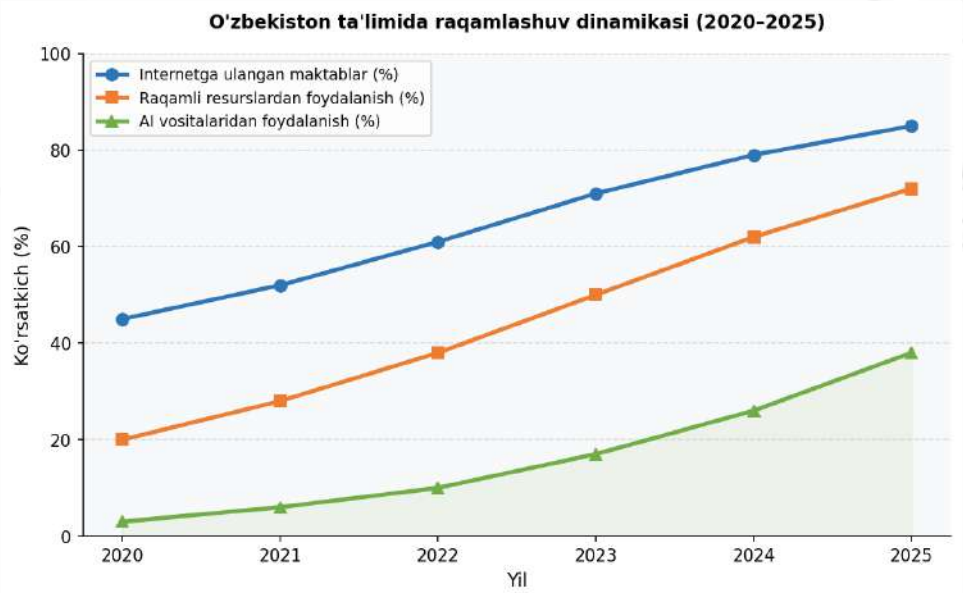
5. Sun’iy intellektni ta’limga joriy etishdagi to‘siqlar

Sun’iy intellektning ta’lim tizimiga integratsiyasi bir qator jiddiy to‘siqlar bilan bog‘liq. Texnik jihatdan: ko‘pgina maktablarda internet ulanishi barqaror emas va zarur qurilmalar yetishmaydi. O‘zbek tilidagi ta’lim kontenti uchun sun’iy intellekt tizimlari hali to‘liq rivojlanmagan. Pedagogik jihatdan: ko‘pgina o‘qituvchilar sun’iy intellekt vositalarini samarali qo‘llash uchun zarur raqamli savodxonlik ko‘nikmalariga ega emas [13]. Axloqiy jihatdan: o‘quvchilar haqidagi ma'lumotlarning xavfsizligi va maxfiyligi, algoritmik adolat masalasi e'tibor talab etadi [5].

6. O‘zbekiston ta’lim tizimida sun’iy intellektning istiqboli

ISSN 3030-3907

O‘zbekistonda ta’lim sohasini raqamlashtirish bo‘yicha aniq maqsadlar belgilangan. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” dasturi va ta’lim sohasidagi islohotlar doirasida maktablarda internet ulanishini kengaytirish, elektron darsliklar va raqamli ta’lim resurslarini yaratish, o‘qituvchilar malakasini oshirish ishlari olib borilmoqda [1].



3-rasm. O‘zbekiston ta’limida raqamlashuv dinamikasi (2020–2025-yillar)

3-rasmda ko‘ringanidek, O‘zbekiston maktablarida internetga ulanish 2020-yilgi 45 foizdan 2025-yilda 85 foizga ko‘tarildi. AI vositalaridan foydalanish esa 3 foizdan 38 foizga o‘sdi. Bu raqamlar mamlakat ta’lim tizimida raqamli transformatsiya sezilarli tezlashayotganini ko‘rsatadi [1].

Istiqbolli yo‘nalishlar sifatida quyidagilarni ajratib ko‘rsatish mumkin: milliy ta’lim platformalarida adaptiv o‘rganish modullarini joriy etish; o‘zbek tilidagi AI-repetitorlarni yaratish; davlat imtihonlari va sertifikatlash tizimida avtomatlashtirilgan baholash elementlarini qo‘llash. Bularning barchasi ta’lim sifatini oshirishda va hududlar o‘rtasidagi farqni kamaytirishi mumkin [14].

TADQIQOT NATIJALARI.

Olib borilgan tahlil asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

Birinchidan, 1-rasmda yaqqol ko‘ringanidek, adaptiv AI o‘qitish an'anaviy o‘qitishga nisbatan barcha fanlarda 15-31 foizga yuqori o‘zlashtirish natijasini ta'minlamoqda. Bu farq matematika va dasturlash kabi aniq fanlarda ayniqsa katta.

Ikkinchidan, 2-rasmda ko‘rsatilganidek, sun’iy intellekt joriy etilgandan so‘ng o‘qituvchining bevosita o‘qitishga sarflagan vaqti 22 foizdan 35 foizga, individual yondashuvga esa 10 foizdan 33 foizga oshdi. Bu o‘qituvchi samaradorligining sezilarli yaxshilanishini anglatadi.

Uchinchidan, 3-rasmda O‘zbekistonda raqamlashuv dinamikasi ijobiy tendensiya ko‘rsatmoqda. Biroq AI vositalaridan foydalanish darajasi (38%) hali

ISSN 3030-3907

internet bilan qamrash darajasidan (85%) ancha pastda qolmoqda - bu bo‘shliqni to‘ldirish asosiy vazifa hisoblanadi.

To‘rtinchidan, sun’iy intellekt o‘qituvchini almashtirmaydi - uni ma'muriy yukdan ozod qiladi va asosiy pedagogik vazifasiga ko‘proq vaqt ajratish imkonini beradi. Bu ikki kuchning uyg‘unligi ta’limda eng yaxshi natijani beradi.

XULOSA.

Sun’iy intellektning ta’lim tizimiga integratsiyasi - bu kelajakning emas, allaqachon bugunning masalasi. Maqolada keltirilgan natijalar va diagrammalar bu texnologiyaning ta’limdagi haqiqiy salohiyatini ko‘rsatdi: shaxsiylashtirilgan o‘qitish, o‘qituvchi vaqtini samaraliroq sarflash va ta’lim sifatida o‘lchab bo‘ladigan o‘sish.

O‘zbekiston bu imkoniyatdan to‘liq foydalanishi uchun uchta asosiy yo‘nalish bo‘yicha harakatlanish zarur: texnik infratuzilmani rivojlantirish, o‘zbek tilidagi AI-resurslarni yaratish va o‘qituvchilarni qayta tayyorlash tizimini tubdan yangilash.

Eng muhimi - sun’iy intellekt va sifatli ta’lim bir-biriga zid tushunchalar emas. Aksincha, ularning uyg‘unligi kelajak avlod uchun yanada yaxshiroq, yanada adolatliroq va yanada samarali ta’lim tizimini barpo etishning kaliti bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi PF-6079-sonli Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi. – Toshkent, 2020.
2. UNESCO. AI and Education: Guidance for Policy-makers. – Paris: UNESCO, 2021. – 72 b.
3. Wenger E. Artificial Intelligence and Tutoring Systems. – Morgan Kaufmann Publishers, 1987. – 486 b.
4. Sleeman D., Brown J.S. (eds.) Intelligent Tutoring Systems. – Academic Press, 1982. – 345 b.
5. Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. – Pearson Education, 2016. – 58 b.
6. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. – Center for Curriculum Redesign, 2019. – 236 b.
7. Pane J.F. et al. Informing Progress: Insights on Personalized Learning Implementation and Effects. – RAND Corporation, 2017. – 38 b.
8. Carnegie Learning. MATHia Efficacy Study Results. – Pittsburgh: Carnegie Learning, 2020.

ISSN 3030-3907

9. Kasneci E. et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education // Learning and Individual Differences. – 2023. – Vol. 103. – P. 102274.
10. Zawacki-Richter O. et al. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education // Int. Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2019. – Vol. 16, No. 39.
11. Shute V.J. Focus on formative feedback // Review of Educational Research. – 2008. – Vol. 78, No. 1. – P. 153–189.
12. Selwyn N. Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education. – Polity Press, 2019. – 148 b.
13. Voogt J., Roblin N.P. A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences // Journal of Curriculum Studies. – 2012. – Vol. 44, No. 3. – P. 299–321.
14. Akgun S., Greenhow C. Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings // AI and Ethics. – 2022. – Vol. 2. – P. 431–440.

ISSN 3030-3907

TABIIY GAZNI PAST HARORATLI AJRATISHNING TEXNOLOGIK JARAYONLARINI AVTOMATLASHTIRISH VA BOSHQARISHNING TIZIMLI TAHLILI

Amirov Shaxzod Nurmuhammad o‘g‘li
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: shaxzodamirov13@gmail.com
Tel: +998996669446

Annotatsiya. Ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratda ajratishda qo‘llaniladigan avtomatlashtirilgan boshqarish texnologiyalarining keng qamrovli tizimli tahlili keltirilgan. Tadqiqotda gazni past haroratli ajratish qurilmalarining ishlashiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadigan asosiy boshqarish o‘zgaruvchilarini, jumladan gazning harorat, bosim, sarfi, gaz namligi hamda va DEG(dietilenglikol) sarfini aniqlashga alohida e’tibor qaratilgan. Tadqiqotda jarayonlarning ishonchliligini oshirish va past haroratli separatsiyalash va issiqlik almashinish qurilmalarida gidrat hosil bo‘lishi hamda jarayonning beqarorligi bilan bog‘liq operatsion xavflarni kamaytirish uchun mo‘ljallangan zamonaviy avtomatlashtirish arxitekturalari, boshqarish strategiyalari va intellektual monitoring tizimlari ko‘rib chiqiladi. Matematik modellashtirish va tizimli muhandislik yondashuvlari asosida jarayonning dinamik holatini baholash, an’anaviy va ilg‘or boshqarish algoritmlarining samaradorligini alohida ko‘rib chiqilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, raqamli egizaklar, intellektual boshqarish tizimlarini foydalanish tabiiy gazni past haroratli ajratish jarayonini samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash, energiya sarfini kamaytirish va ish xavfsizligini oshirishga yordam berishi ta’kidlangan.

Kalit so‘zlar: past haroratli ajratish, avtomatlashtirilgan tizimlar, tizimli tahlil, matematik modellashtirish, raqamli egizaklar, intellektual boshqarish.

Аннотация. В данной статье представлен комплексный системный анализ технологий автоматизированного управления, применяемых при низкотемпературной сепарации природного газа. Особое внимание в исследовании уделено определению ключевых управляющих переменных, оказывающих существенное влияние на работу установок низкотемпературной сепарации газа, включая температуру, давление, расход газа, его влажность, а также расход ДЭГ (диэтиленгликоля). В работе рассмотрены современные архитектуры автоматизации, стратегии управления и интеллектуальные системы мониторинга, предназначенные для повышения надёжности технологических процессов и снижения эксплуатационных рисков, связанных с гидратообразованием и нестабильностью процессов в аппаратах низкотемпературной сепарации и теплообмена. На основе подходов математического моделирования и

ISSN 3030-3907

системной инженерии дана оценка динамического состояния процесса, а также отдельно рассмотрена эффективность традиционных и передовых алгоритмов управления. Результаты показывают, что использование цифровых двойников и интеллектуальных систем управления способствует повышению эффективности процесса низкотемпературной сепарации природного газа, улучшению качества продукции, снижению энергопотребления и повышению производственной безопасности.

Ключевые слова: низкотемпературной сепарации,автоматизированные системы, системный анализ, математическое моделирование, цифровые двойники, интеллектуальное управление.

Abstract. This article presents a comprehensive systems analysis of automated control technologies applied in the low-temperature separation of natural gas. The study focuses on identifying key control variables that significantly influence the operation of low-temperature gas separation units, including temperature, pressure, gas flow rate and humidity, as well as the flow rate of DEG (diethylene glycol). The paper examines modern automation architectures, control strategies, and intelligent monitoring systems designed to enhance the reliability of technological processes and mitigate operational risks associated with hydrate formation and process instabilities within low-temperature separation and heat exchange equipment. Using mathematical modeling and systems engineering approaches, the dynamic state of the process is assessed, and the effectiveness of both traditional and advanced control algorithms is evaluated separately. The results indicate that employing digital twins and intelligent control systems helps to increase the efficiency of the low-temperature natural gas separation process, improve product quality, reduce energy consumption, and enhance operational safety.

Keywords: low-temperature separation, automated systems, system analysis, mathematical modeling, digital twins, intelligent control.

KIRISH.

Tabiiy gazlar issiqlik va energiyaning muhim manbai va kimyo sanoatining qator tarmoqlari uchun asosiy xom ashyo manbaidir. Gaz konlarining tabiiy gazlari doim qattiq, yirik va gazsimon komponentlarga va namgarchilikka ega bo‘ladi. Bu gazlarga ishlov berishda, birinchi navbatda gaz tarkibidagi suv va suyuq uglevodorod fazalar tortib olinadi va uzoq masofalarga tashiladi yoki qimmatbaho uglevodorod kondensat saqlab qo‘yiladi. Past haroratli ajratish-texnologik jarayonlar kompleksi bo‘lib, qazilma boylik sharoitlarida gaz okimidan, past xaroratlarda suv va kondensatni ajratib olishga qaratilgan. Bunda drossellash amali ko‘llangan, ya’ni bosimlar farqi hosil qilingan, adiabatik kengayish qilib, kandaydir ish bajarilgan yoki ixtiyoriy yondashuvlardan foydalanib gaz sun’iy ravishda sovitilgan, yoki “Ranke effekti” qo‘llanilgan (sovutish qurilmalaridan

ISSN 3030-3907

foydalanilgan suv va havo yordamida issiqlik almashinilgan va h.k). Covitishning eng oddiy va samarali usuli-drosellash bo‘lib, Joul - Tomson effektiga asoslanadi.

Past haroratli ajratish (PHA) gazni fraksiyalarga ajratishda, boshqa narsalarga so‘rilishida va turli kimyoviy jarayonlarda ishlatiladi.

So‘nggi yillarda sanoat ishlab chiqarish hajmi ortgan sari, yoqilg‘i energetikasiga bo‘lgan talab uzluksiz ortmoqda. Natijada, tabiiy gazga bo‘lagan ehtiyoj ya’nada oshishi oqibatida, gazni qayta ishlash zavodlarida gazni past haroratli ajratish jarayoni muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu sababli, gazni past haroratli ajratish jarayonini zamonaviy intellektual boshqarish usullari hamda ularning cheklovlari, texnologik modernizatsiya istiqbollarini tizimli tahlil qilish dolzarb ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi. Bunday tadqiqotlar tabiiy resurslarni tejashga hamda neft va gaz sanoatning barqaror rivojlanish tendensiyalariga mos keladigan texnologik rivojlanish yo‘nalishlarini aniqlash imkonini beradi.

TADQIQOT USULLARI VA OLINGAN NATIJALAR.

Bugungi kungacha mavjud ilmiy ishlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy boshqaruv tizimlarida asosan klassik PID-regulyatorlari qo‘llanilgan bo‘lib, ular statik rejimlarda qoniqarli natijalar bersa-da, noaniqliklar, tashqi ta’sirlar va rejimlarning tez o‘zgarishi sharoitida samaradorligi pasayadi. Shu sababli, so‘nggi tadqiqot ishlarida texnologik jarayonlarni intellektual va gibrid boshqarish usullariga katta e’tibor qaratilmoqda.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, past haroratda separatsiyalash jarayoni parametrlarini boshqarishda intellektual texnologiyalarni qo‘llash eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanmoqda. Ushbu umumiy tahlil natijalari bo‘yicha quyida eng muhim ilmiy-tadqiqot ishlariga havolalar keltiramiz.

[1] Ishda tadqiqotning asosiy maqsadi gaz qazib olish jarayonlarini avtomatik boshqarish ob’ektlari sifatida tahlil qilingan. Tadqiqotning ob’ekti sifatida tabiiy gazni past haroratda separatsiya usuli asosida gazni kompleks tayyorlash qurilmasi olingan bo‘lib, bunda quyidagi natijalar olingan:

- past haroratli separatsiya usulining o‘ziga xos xususiyatlari aniqlangan;
- jarayon elementlarining matematik modellari ishlab chiqilgan;
- hisoblash tajribasi modellarning texnologik jarayonga mosligi tasdiqlagan.

[2] Maqolada HYSYS dasturiy ta’minotidan foydalangan holda gaz va kondensatni kompleks tayyorlash qurilmasining past haroratli separatsiyalash qurilmasini dinamik modellashtirish ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi past haroratli separatsiyalash qurilmasining (PHS) ish rejimini optimallashtirishdan iborat. Dasturiy ta’minotda PHS jarayonining imitatsion dinamik modeli yaratilgan. Apparatlarni real vaqt rejimida modellashtirish amalga oshirilan bo‘lib, berilgan texnologik rejimda har bir elementning o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga

ISSN 3030-3907

bog‘liqligi o‘rganilgan. Natijada tadqiq qilinayotgan qurilmaning ish unumdorligini amaldagi ish rejimiga qaraganda 17% ga oshgan.

[3] maqolada past haroratli separatsiyalash jarayonining matematik modeli yaratilgan. Bu separatsiyalash jarayonini samarali boshqarish tizimini sintez qilishning uslubiy asosi bo‘lgan texnologik parametrlar o‘rtasidagi ob’ektiv mavjud munosabatlarni aniqlashga imkon bergan. "Kirish-chiqish" nuqtai nazaridan past haroratli separatsiyalash jarayoni moddalar miqdorini saqlash qonuni va suyuqlik va gaz fazalari o‘rtasida moddalar almashinuvi qonunlari asosida olingan. Past haroratli separatsiyalash jarayoni dinamikasining matematik modelini chiziqlashtirish amalga oshirilgan va shu asosida ob’ektning matritsali uzatish funksiyasi olingan, bu esa kirish va chiqish qiymatlari o‘rtasidagi ichki o‘zaro ta’sirlarini shakllantirish jarayonini amalga oshirishga imkon bergan.

[4] Ishda yangi ishlab chiqilgan yeksenel oqim ixcham separatori orqali gaz suyuqligini separatsiyalashning nochiziqli jarayonini modellashtirish uchun to‘plangan neyron tarmoqdan foydalanish taklif etilgan. 1-Separatorning separatsiyalash samaradorligini bashorat qilish uchun bir nechta standart teskari tarqalish o‘qitish algoritmlari o‘rgatilgan, bu tayanch modellar keyinroq bitta murakkab modelni hosil qilish uchun birlashtiriladi. Kompozit modelda o‘qitilgan neyron tarmoqlarning ishtirokchisining og‘irligini taxmin qilish uchun asosiy komponentli regressiya tenglamasi qo‘llanilgan. Ushbu ishda o‘qitilgan neyron tarmoqning kombinatsiyasi ishtirokchilarning individual neyron tarmoq modellariga nisbatan gaz suyuqligini separatsiyalashni bashorat qilish aniqligini yaxshilagan. Yig‘ilgan neyron tarmoq modeli ko‘rinmaydigan yeksperimental ma’lumotlar bo‘yicha yaxshi bashorat qilingan va operatorlar uchun o‘zgaruvchan operatsion kirish holatida separatsiyalash samaradorligini bashorat qilish orqali separatorni samarali boshqarish mumkinligi kursatilgan.

[5] Ushbu maqolada past haroratli, issiqlik bilan integratsiyalashgan separatsiyalash tizimlarini skrining qilish uchun yangi sintez tizimi taklif qilingan. Separatsiyalash variantlari sifatida bug‘latgich barabanlari, deflegmatorlar va oddiy va murakkab distillash qurilmalari olingan. Har bir muammo bir nechta qurilma tasvirlari bilan ishlab chiqilgan. Barcha yangi separatsiyalash variantlarining qisqartirilgan modellari taqdim etilgan. Separatsiyalash tizimi kondensatsiya sovutish tizimi yoki issiqlik integratsiyasi tomonidan ta’minlanadi. Barcha separatsiyalash jarayoni variantlarini joylashtirish uchun ketma-ketlikka asoslangan ustki tuzilma taqdim etilgan. Ushbu maqolada optimallashtirish stoxastik usul (genetik algoritm) yordamida amalga oshirilgan. Yondashuvni ko‘rsatish uchun turli hil amaliy tadqiqotlar ko‘rib chiqilgan.

[6] Ishda turli xil sovutgichlarning turli haroratlarda texnologik sovutish vazifalarini qondiradigan ta’siri ko‘rib chiqilgan. Xarajatlarni kamaytirish issiqlik

ISSN 3030-3907

bilan birlashtirilgan separatsiyalash ustunlarini samarali tahlil qilish va eng yaxshi sovutgichlarni tanlash orqali amalga oshirilishi mumkinligi ko‘rsatilgan. Amaliy tadqiqotlar orqali 29,7% xarajatlarni tejash ko‘rsatilgan. Keyinchalik, mavjud modellarning to‘g‘riligini va optimallashtirilgan strukturaning mustahkamligini tekshirish uchun erishilgan yechimlar bo‘yicha keng qamrovli termodinamik tahlil o‘tkazilgan. Ikki xil yondashuvdan foydalangan holda eksergetik tahlili (ya’ni oqim bo‘yicha va birlik operatsiyasi bo‘yicha) bir hil yekanligi ko‘rsatilgan, bu foydalanilgan modellarning aniqligini ko‘rsatgan.

[7] Ishda matematik modellashtirish usularidan keng foydalanish asosida past haroratlarda suyuq uglevodorodlar va suvdan gazning fizik-kimyoviy tabiati asosida Joule-Tompson effekti bilan separatsiyalash natijasida separatorning matematik modeli tuzilgan. Ushbu model asosida real vaqt rejimida past haroratli separatsiyalash jarayonining texnologik parametrlaridagi o‘zgarishlarni kuzatish imkonini bergan. U kimyoviy texnologiya tizimidagi qurilmalarda yuzaga keladigan o‘tishlarni o‘rganishga imkon beradigan dasturiy mahsulot sifatida amalga oshiriladi, shuningdek boshqaruv parametrlari tizimning texnologik parametrlariga ta’sirini o‘rganish imkoniyatini bergan. Ishlab chiqilgan matematik modelga asoslanib, past haroratli separatsiyalashda texnik xodimlarni tayyorlash uchun simulyator ishlab chiqish mumkin.

[8] Ishning dolzarbligi tayyorlanayotgan gaz sifatini oshirish va kompyuter modellashtirish tizimlaridan foydalangan holda past haroratli gaz separatsiyalash zavodlarining muhandislik-texnik xodimlarining malakasini oshirish zarurati bilan bog‘liq. Ishning maqsadi qurilmaning individual ish rejimlarining umuman texnologik tizimga ta’sirini o‘rganish uchun real vaqt rejimida past haroratli separatsiyalash moslamasining texnologik ko‘rsatkichlaridagi o‘zgarishlarni simulyatsiya qiladigan dasturiy ta’minot to‘plamini yaratish edi. Tadqiqot usuli sifatida kimyoviy va texnologik jarayonlarni matematik modellashtirish usuli tanlangan. Tadqiqotlar natijasida tizimning boshqaruv parametrlari (gaz va suyuqlikni boshqarish klapanlari) ta’sirini hisobga olgan holda past haroratli separatsiyalash moslamasining eng muhim yelementlaridan biri bo‘lgan uch fazali ajratgichni hisoblash uchun dasturiy modul yaratilgan.

[9] Maqola tabiiy gazni tayyorlashda qo‘llaniladigan past haroratli separatsiyalash jarayonlar va drossel (Joul-Tomson effekti) orqali gazni sovutish va kondensatni separatsiyalash texnologiyalariga bag‘ishlangan.

[10] Ishda gaz kondensat konlarida gazni uzoq masofaga uzatish va qayta tayyorlashda past haroratli separatsiyalash (PHS) usuli qo‘llanilgan. Ushbu usul ortiqcha bosimni cheklash orqali gaz oqimini sovutish va hosil bo‘lgan suyuq hamda gaz fazalarini mexanik tarzda separatsiyalashni o‘z ichiga olgan.

ISSN 3030-3907

[11] Ishda tabiiy gazni past haroratda separatsiyalash uchun boshqaruv tizimi ko‘rib chiqilgan. Unda hozirgi kunda ishlatilayotgan klassik PID boshqarish bloklarini noaniq boshqarish bloklari bilan almashtirish taklif etilagan. MATLAB dasturiy paketidan foydalangan holda noaniq boshqarish tizimining bir varianti ishlab chiqilgan.

[12] Ushbu dissertatsiyada suyultirilgan tabiiy gaz ishlab chiqarish obektlarida uglevodorodlarni past haroratda separatsiyalash jarayoni bo‘yicha tadqiqot olib borilgan. GIBBS dasturi yordamida past haroratli separatsiya jarayoni modellashtirilib, komponentlar tarkibiga bosim, temperatura va gazning tarkibiy qismlari ta’siri o‘rganilgan. Amaliy tajribalar asosida propan-butan fraksiyasini olishning iqtisodiy samasadorligi aniqlangan. Taklif qilingan texnologik yechim energiya tejamkorligi, uskunalar ishonchliligi va gaz transporti tizimida resurslarni ta’minlash bo‘yicha samarali ekanligi asoslab berilgan.

[13] Ishning dolzarbligi tabiiy gazni qayta ishlash sifatini yaxshilash zarurati bilan bog‘liq. Ishning maqsadi – past haroratli separatsiyalash qurilmasining texnologik parametrlaridagi o‘zgarishlarni real vaqt rejimida simulyatsiya qiluvchi dasturiy taminot paketi yordamida separatsiyalash jarayonini o‘rganish, hamda ish sharoitlaridagi o‘zgarishlarning alohida uskuna elementlari va butun texnologik tizimga ta’sirini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqotning usuli sifatida kimyoviy jarayonlarni matematik modellashtirish usuli tanlangan. Misol tariqasida uch bosqichli separatorning kompyuter modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqot ishida past haroratli separatsiyalash bo‘limining eng muhim elementlaridan biri bo‘lgan uch bosqichli separatorni hisoblash uchun dasturiy modul qo‘llanilgan, bunda boshqaruv tizimi parametrlari (gaz va suyuqlikni boshqarish klapanlari) ta’siri hamda uch fazali aralashmani separatsiyalash bo‘yicha qabul qilingan tamoyillari (Stokes qonuni, fazalar muvozanati qonunlari va boshqalar) bo‘yicha hisobga olingan.

[14] Ushbu maqolada past haroratli gaz separatsiyalash jarayonlarini optimallashtirishda genetik algoritm (GA) va simulatsion annealing (SA) nomli ikki mashhur stoxastik usulning xususiyatlarini o‘rganildi. Past haroratli separatsiyalash jarayonlarni GA yechimlarining sifatini tahlil qilishga qaratilgan. Uch xil holat tahlili yechimlarini optimallashtirish orqali shunday tizimlarda SA va GAga nisbatan barqarorroq va ishonchliroq ekanligi aniqlangan, shuningdek, SA usulidagi asosiy parametrlarni sozlash orqali optimallashtirish jarayoni erta konvergensiyadan saqlanib, eng yaxshi yaqin-global natijalarni berishi mumkin.

[15] Ishda integratsiyalashgan gaz kondensatini tozalash inshootining optimal texnologik rejimlarini aniqlash uchun termobarik parametrlarning istemol gazining rentabelligi va sifatiga ta’siri bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazilgan. Parametrik sezgirlikning past haroratli separatsiyalash jarayonining asosiy parametrlariga

ISSN 3030-3907

ta’siri o‘rganiladi: istemol gazining chiqishi va uglevodorodlar uchun shudring nuqtasi harorati va o‘rnatishning eng samarali ish rejimlari tavsiya yetilgan.

[16] Ishda gazni PHS jarayonining mavjud matematik modellari gaz kondensati konining o‘zgaruvchan ish sharoitlarining optimal texnologik parametrlarni tanlashga ta’sirini to‘liq hisobga olmaydi. Matematik usullardan foydalangan holda barcha texnologik parametrlarning tendensiyasini har tomonlama baholash gaz kondensati konining ishlashi davomida ob’ektiv baholash va optimal texnologik parametrlarni tanlash imkonini bergan.

[17] Ishda gaz oqimining PHS jarayonini boshqarish mezoni shakllantirilgan. Namlikni separatsiyalash paytida sodir bo‘ladigan jarayonlarning dinamik xususiyatlaridagi farq ikki zanjirli boshqaruv tizimidan samarali foydalanish imkonini beradi. Jarayonning ekstremal regulyatorlaridan (ER) foydalanish istiqboli asoslanadi, bu obektning kirishi va chiqishi o‘rtasidagi vaqt kechikishlari bilan tavsiflangan. ER dan foydalanish orqali gaz oqimi parametrlaridagi buzilishlar ta’sirida boshqaruv jarayonining barqarorligini ta’minlaydi. MATLAB muhitida tanlangan mezonga muvofiq PHS jarayonining samaradorligini oshirishni ta’minlaydigan bosqichli algoritm qo‘llaniladigan ER modeli ishlab chiqilgan bo‘lib, unda tanlangan mezonga muvofiq PHS jarayoni samaradorligini oshirishni ta’minlaydigan bosqichli algoritm qo‘llanilgan.

[18] Ushbu ixtiro tabiiy gaz va gaz kondensatini qazib olish, yig‘ish va tashish uchun tayyorlash sohasiga, xususan, past haroratli gaz separatsiyalash zavodlarining ishlashini avtomatik boshqarishga tegishli. Taklif qilingan usulda magistral va kondensat quvvatiga yuborilayotgan gaz hamda sarfi va buffer sig‘imdagi kondensat darajasi ABT real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Ixtironing asosiy monitorgi ikkita PID-regulyator orqali (beqaror gazokondensat) sarfi va uning buffer sig‘imga kelib tushish balansi o‘rnatilishi, proporsionallik koeffitsienti Kp ni real vaqt rejimida hisoblangan. Bu tizim o‘tish jarayonlarida rejim “chayqalishi” ni bartaraf etadi, bunda (beqaror gazokondensat) ni MKP bo‘ylab bir fazali vaziyatda uzluksiz gaz-gidratlanishi hosil bo‘lfsligi kerak. Nasos agregatining ishlashi, kondensat quvvatining butun darajasida PHS qurilmasining ishonchli va optimallashtirilgan ishlab chiqarish ta’minlaydi.

[19] Ushbu ishda adaptiv neyro-noravshan boshqaruv tizimlarini o‘rganish uchun sun’iy intellekt nazariyasi, modellashtirish nazariyasi, funksional tahlil va genetik algoritmlardan foydalanilgan. Eksperimental tadqiqotlarda ishlab chiqilgan "NeuroAndFuzzy" kompyuter dasturi yordamida simulyatsion modellashtirish qo‘llanilgan.

[20] Ishning maqsadi past haroratli gazni separatsiyalash qurilmasining texnologik sxemasiga kiritilgan, haqiqiy sanoat ob’ektining ishlashini simulyatsiya qilishga qodir bo‘lgan va nazorat qilinadigan texnologik parametrlar va vaqtga

ISSN 3030-3907

qarab vaqtinchalik fizik-kimyoviy jarayonlarni namoyish yetadigan qurilmalarning statsionar bo‘lmagan matematik modellarini yaratish edi.

[21] Ishda “KO‘KDUMALOQ” konida gazni past haroratli separatsiyalash qurilmasining separatsiyalash harorati pasayishi bilan ishlab chiqarish imkoniyatlarini va “Ko‘kdumaloq” ning ish rejimining optimal texnologik parametrlarini aniqlash bo‘yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

[22] Ishda statsionar matematik modellarga asoslangan kompyuterli modellashtirish tizimlaridan foydalanish apparatlar ishlash parametrlarining noaniq o‘zgarishlarini aniqlash va jarayonni to‘liq baholash imkonini bermaydi. Shuning uchun gazni past haroratli separatsiyalash jarayonida statsionar rejimdan dinamik rejimga o‘tishning ishlash ko‘rsatkichlarini aniqlash uchun imitatsion dinamik modeldan foydalanilgan.

[23] Ushbu tadqiqotda asosiy e’tibor past haroratlarda tabiiy gazni separatsiyalash jarayoniga qaratilgan bo‘lib. Tizim uchta issiqlik almashtirgich va gaz bosimini pasaytirish uchun uchta bosqichdan iborat qilib tanlangan. Separatsiyalash kolonnasining tarkibi va maqsadi ko‘rsatilgan. Tadqiqot turli parametrlar, birinchi navbatda bosim, rektifikatsiya jarayoniga qanday ta’sir qilishini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, tadqiqotda ingibitorning regeneratsiya qilish mexanizmi tushuntiriladi. Tizimda "Rektifikatsiya" quyi tizimidagi o‘zaro bog‘liq massa va issiqlik almashinuvi jarayonlarini o‘z ichiga olgan, ularni dinamik nochiziqli matematik model yordamida tavsiflash mumkin. Bundan tashqari, tizim nochiziqli diskret-uzluksiz modelni o‘z ichiga oladi. Diskret-uzluksiz model asosida berilgan boshlang‘ich va chegaraviy shartlardan foydalanib, massa va issiqlik almashinuvining o‘tkinchi jarayonlari olingan va o‘rganilgan.

[24] Ushbu ixtiro gazni uzoq masofalarga tashish uchun, gaz kondensatini qazib olish va tozalash sohasiga tegishli. Usul qazib olingan gaz-suyuqlik aralashmasini mexanik aralashmalardan oldindan tozalashni, beqaror gaz kondensati aralashmasining bir qismini va ingibitorning suvli eritmasini kamaytirishning birinchi bosqichidagi separatsiyalashni o‘z ichiga olgan. Ushbu ajratgichdan qisman tozalangan yekstraksiya aralashmasi alohida avtomatik boshqaruv tizimi tomonidan boshqariladigan havo sovutish moslamasiga beriladi, u yerda atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi orqali sovutiladi. Havo sovutish moslamasining chiqishida gaz-suyuqlik aralashmasi ikkita oqimga bo‘linadi, ular regenerativ issiqlik almashinuvchilarining birinchi bo‘limlarida (gaz-gaz "va" gaz kondensati"ga qo‘shimcha ravishda sovutiladi. Bunday holda, oqimlarga separatsiyalash gaz-kondensat kirish joyiga o‘rnatilgan gaz-suyuqlik aralashmasi oqim tezligining valf-regulyatori (SP) tomonidan amalga oshiriladi. Bu holatda oqimlarni alohida komponentlarga ajratishda gaz-suyuqlik aralashmasining kirish

ISSN 3030-3907

joyiga yetkazib berish tezligini tartibga soluvchi boshqaruv klapani tomonidan ta’minlanadi.

[25] Ushbu ixtiro kon sanoatiga tegishli bo‘lib, past haroratli gazni separatsiyalash qurilmalarida gidratlarning hosil bo‘lishini oldini olish va gidratlarning konsentratsiyasini o‘zgarishini to‘xtatish uchun ishlatilishi mumkin. Ingibitor himoyalangan bo‘limlardan oldingi nuqtalarga yetkaziladi, ular birgalikda past haroratli gaz separatsiyalash zavodini tashkil etadi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi ingibitorni gidrat hosil bo‘lishini oldini olish uchun yetarli miqdorda yetkazib, uning sarfini minimallashtirishni ta’minlaydi.

[26] Ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratlarda separatsiyalash jarayonining dinamik harakatini aniqlash hamda jarayonning matematik modelini identifikatsiyalash masalalari tadqiq etilgan. Mualliflar sanoat sharoitida ishlaydigan past haroratli separatsiyalash qurilmasining asosiy texnologik parametrlarini tahlil qilib, ularning o‘zaro bog‘liqligi, inertlik darajasi va o‘tish jarayonlaridagi o‘zgarishlarini eksperimental ma’lumotlar asosida baholangan. Tadqiqotda ishida regressiya usullari, parametrik identifikatsiya va strukturaviy modellash usullari qo‘llanilib, real ob’ektga yaqin bo‘lgan matematik model qurilgan. Taklif etilgan model jarayonning asosiy fizik-texnik xususiyatlarini yetarlicha aniq aks ettirishi, boshqaruv tizimlarini sozlashda va jarayonni optimallashtirishda qo‘llanishi mumkinligi isbotlangan. Maqola natijalari past haroratli separatsiyalash qurilmalarini boshqarishning samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va jarayonning barqarorligini ta’minlash uchun xizmat qiladi.

[27] Ishda gaz va gaz kondensati konlarida gaz ishlab chiqarish jarayonlari uchun avtomatik boshqaruv tizimlarini yaratish bilan bog‘liq masalalarga bag‘ishlangan. Unda gaz konlari qurilmalari modellari va maydon samaradorligini ta’minlovchi avtomatik boshqaruv tizimlari, gidrat hosil bo‘lishini oldini olish jarayonlari hamda gazni uzoq masofaga uzatishga tayyorlash tizimlari yaratishning umumiy tamoyillari bayon etilgan bo‘lib. Dinamik va statik tizim hisoblash misollari hamda ularning texnik amalga oshirilishi ko‘rsatilgan. Strukturaviy sxemalar keltirilgan va gaz konlarida gaz maydoni inshootlari uchun avtomatik boshqaruv tizimlarini yaratishda qo‘llaniladigan eng ko‘p tarqalgan umumiy va maxsus avtomatlashtirish qurilmalari va vositalari tavsiflangan.

[28] Ishda kompyuter texnologiyasidan foydalangan holda dinamik jarayon xususiyatlarini aniqlashga asoslangan tabiiy gazni past haroratli separatsiyalash modeli taklif qilingan. Mualliflar eksperimental ma’lumotlar asosida model parametrlarini aniqlash usulini ishlab chiqishgan. Bu separatsiyalash mahsulotlarining tarkibini bashorat qilishda aniqlikni oshirish imkonini beradi. Model jarayonning termodinamik va kinetik xususiyatlarini hisobga oladi, bu esa

ISSN 3030-3907

o‘zgaruvchan kirish parametrlari ostida samarali boshqaruvni taminlaydi. Natijalar tabiiy gazni chuqur tozalash va separatsiyalash qurilmalari ishlashini optimallashtirish uchun qo‘llaniladi.

[29] Ishda tabiiy gazni quritish bo‘yicha boshqariluvchi texnologik jarayonlarning dinamik matematik modellarini ishlab chiqishga qaratilgan bo‘lib, boshqaruv obekti sifatida “Absorbsiya-Desorbsiya” texnologik tizimlar majmuasining issiqlik va massa almashinuvi jarayonlariga oid konseptual model ishlab chiqilgan. Ushbu konseptual model asosida nasadkali absorberdagi boshqariluvchi massa almashinuvi jarayonlari hamda bug‘latgich va havo bilan sovutgich, issiqlik almashinuvi jarayonlarining matematik modellari ishlab chiqilgan hamda tadbiq yetilgan.

[30] Ushbu maqolada issiqlik almashinish qurilmalarining matematik modellarini ishlab chiqish zarurati asoslab berilgan. Tajriba ma’lumotlari hamda moddiy va issiqlik balanslari asosida issiqlik almashinish qurilmalarini parametrik va noparametrik identifikatsiyalash usullari tahlil qilingan. Ushbu usullarning afzalliklari va kamchiliklari ko‘rib chiqilgan.

[31] Ushbu maqolada Urengoy konining gaz-kondensat konida joriy yetilgan va hozirda qo‘llanilayotgan gaz hamda gaz kondensatini tayyorlash sxemasi, xususan, uch bosqichli past haroratli separatsiya usuli ko‘rib chiqilgan. Foydalanilayotgan usulning samaradorligini va tayyorlanayotgan mahsulot sifatini baholash maqsadida gaz va gaz kondensatidan namunalar olish natijalari keltirilgan bo‘lib, unda zaruriy mezonlar (tovar gazi va beqaror gaz kondensatining xarakteristikasi hamda tarkibi, shudring nuqtasi harorati, og‘ir uglevodorodlarning tomchilab olib ketilishi) ruxsat yetilgan qiymatlar bilan taqqoslangan. Natijada, past haroratli separatsiya texnologiyasini qo‘llash orqali tayyorlanayotgan gaz va gaz kondensati uchun talab yetiladigan sifat standartlariga yerishish mumkinligi ta’kidlangan.

[32] ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratda separatsiyalash jarayonini samarali boshqarish uchun noqat’iy boshqaruv tizimi taklif yetilgan. Noqat’iy mantiq asosidagi model harorat, bosim va oqim kabi parametrlarni boshqarishda yuqori aniqlik va moslashuvchanlikni ta’minlangan. Jarayoning imitatsion model natijalari an’anaviy PID rostlagichlarga nisbatan noqat’iy boshqarish tizimining afzalliklarini ko‘rsatilgan.

[33] Ushbu maqolaning maqsadi tizimni identifikatsiyalash usullari yordamida issiqlik almashgichni matematik modellashtirish hamda haroratni boshqarish uchun mo‘ljallangan PID rostlagichini sozlashning ikki usuli – ichki model boshqarish (IMB) va releli avtomatik sozlash usullarining samaradorligini tajriba natijalari orqali ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907

[34] Ishda plastinkasimon issiqlik almasshinish qurilmasining matematik modeli ishlab chiqilgan. Ushbu model asosida isitish va issiq suv ta’minoti tizimlari faoliyatini optimallashtirishga imkon beruvchi noaniq boshqarish usullarini samarali joriy yetish imkoniyatlari tadqiq qilingan.

[35] Ushbu maqolada qobiq va quvurli issiqlik almashtirgichning chiqish suyuqligi haroratini ma’lum bir mos yozuvlar qiymatida tartibga solish uchun qayta aloqa, qayta aloqa va oldindan uzatish hamda ichki model kabi turli kontrollerlarning ishlash samaradorligi tahlil qilingan. Kontrollerlarning o‘tkinchi jarayonlardagi ishlashi va xatolik mezonlari tahlil qilish orali yeng yaxshi kontroller aniqlangan.

[36] Issiqlik almashinish tizimlari keng harorat va bosim diapazonlariga bardosh bera olishi sababli kimyo zavodlarida keng qo‘llaniladi. Issiqlik almashinish tizimining asosiy vazifasi issiqlikni qizigan suyuqlikdan sovuqroq suyuqlikka o‘tkazishdir, shu boisdan tizimdan chiquvchi suyuqlik haroratini nazorat qilish birlamchi ahamiyatga yega. Tizimdan chiquvchi suyuqlik haroratini boshqarish uchun an’anaviy PID-rostlagichdan foydalanish mumkin. Biroq, an’anaviy boshqaruv usullariga xos kamchiliklar tufayli, modelga asoslangan boshqaruv usuli qo‘llanilib, issiqlik almashinish tizimidan chiquvchi suyuqlik haroratini boshqarish uchun ichki modelga asoslangan PID-rostlagich ishlab chiqildi. Loyihalangan rostlagich yuklama va jarayondagi o‘zgarishlar, uskunaning to‘yinishi hamda chiziqsizlikka qaramasdan, chiquvchi suyuqlik haroratini belgilangan qiymatgacha yeng qisqa vaqtda sozlaydi. Ishlab chiqilgan ichki modelga asoslangan PID-rostlagich klassik rostlagichga nisbatan o‘ta sozlanish bo‘yicha 84 % va barqarorlashish vaqti bo‘yicha 44,6% ga yaxshiroq natija ko‘rsatdi.

[37] Ushbu maqolada past haroratli separatsiya jarayoni boshqarish obekti sifatida o‘zaro ichki bog‘lanishlar bilan tavsiflangan. Bu bog‘lanishlarning mavjudligi bir konturli boshqaruv tizimlari samaradorligini sezilarli darajada kamaytiradi. Boshqaruv jarayoni sifatini oshirish maqsadida past haroratli ajratish jarayonining avtonom boshqaruv tizimi sintez qilingan. Bunday tizimning boshqaruv zanjiriga o‘zaro bog‘lanishlarni bartaraf yetuvchi kompensator kiritilgan va natijada ikkita mustaqil bir konturli avtomatik boshqarish tizimi hosil bo‘lgan. Ishlab chiqilgan matematik model asosida kompensatorning uzatish funksiyasi sintez qilingan hamda va PI-rostlagichlar parametrlarini aniqlash usuli ishlab chiqilgan.

[38] Ushbu tadqiqotning maqsadi birinchi, ikkinchi va uchinchi darajali avtomatik boshqarish tizimlaridir. Asosiy vazifa ortiqcha yuklanish va tartibga solish vaqtini minimallashtirish bilan birga boshqaruv tizimlarining barqarorligini

ISSN 3030-3907

ta’minlash qaratilgan. Natijada, PI/PID rostlagichlarining sozlash parametrlarini aniqlashning birlashtirilgan usuli ishlab chiqilgan.

[39] Ushbu maqolada yuqori bosimli gaz kompressor stansiyasi va arxitektura yondashuvidan foydalangan holda neft va gaz zavodlarida past haroratli ajratishdan foydalangan holda gazni qayta ishlash zavodi misollarida mavjud yuqori texnologiyali korxona jarayonlarining raqamli yegizaklaridan foydalanish va integratsiya qilish imkoniyatlarini o‘rganishning bir qismi keltirilgan.

[40] Maqolada oldindan belgilangan boshqarish obektlari to‘plami uchun chiziqli bitta zanjirli avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining uzatish funktsiyasi qutblarini joylashtirishda PID kontrollerlarining konfiguratsiya parametrlarini aniqlash muammosiga yechim keltirilgan.

[41] Ushbu ixtiroda ishida gaz va gaz kondensatini ishlab chiqarish, yig‘ishg‘ va tayyorlash sohasiga tegishli bo‘lib. Tadqiqot obekti sifatida uzoq Shimol sharoitida past haroratli gaz ajratish moslamasining ishlashini avtomatik boshqarish usuli taklif qilingan.

[42] Ixtiroda gaz va gaz kondensatini ishlab chiqarish va uzoq masofalarga tashishga tayyorlash sohasiga tegishli. Rossiya Federatsiyasining Uzoq Shimolida ishlaydigan past haroratli gaz ajratish qurilmasini avtomatik boshqarish usuli ishlab chiqarilgan.

[43] Ixtiro Rossiya Shimolidagi neft va gaz kondensati konlaridagi integratsiyalashgan gazni qayta ishlash qurilmalarida uzoq masofalarga tashish uchun Valangin konlaridan tabiiy gazni ishlab chiqarish va qayta ishlashga taalluqlidir. Usul IGTUda avtomatlashtirilgan jarayonni boshqarish tizimi yordamida bir qator parametrlarni kuzatishni o‘z ichiga olgan.

[44] Ushbu ishda avtomatik boshqarishning chiziqli va nochiziqli bo‘lmagan uzluksiz hamda diskret tizimlari nazariyasi asoslari bayon qilingan, avtomatlashtirishning umumiy masalalari, matematik tavsiflash usullari, tizimlarning turg‘unligini tadqiq yetish, sifatini yaxshilash, korreksiyalash va sintez qilish ko‘rib chiqilgan. Sezgirlik, boshqaruvchanlik va kuzatuvchanlikning zamonaviy nazariy masalalari, optimal va adaptiv tizimlar, tizimlardagi tasodifiy jarayonlar yoritilgan.

[45] Ushbu maqolada tabiiy gazni past haroratli separatsiyalash (PHS) jarayonining matematik modeli ishlab chiqilgan. Gazni past haroratli separatsiyalash jarayonining termodinamik va texnologik xususiyatlari hamda asosiy texnologik parametrlarning dinamik o‘zgarishini ifodalovchi modelni taklif yetilgan [46]. Tadqiqotda gazning bosim, harorat, fazaviy o‘zgarishlari hamda namlikni ajratish samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Taklif yetilgan matematik model real sanoat sharoitida PHS qurilmalarini modellashtirish,

ISSN 3030-3907

optimallashtirish va avtomatik boshqarish tizimlarini ishlab chiqishda qo‘llash mumkin [47].

Tadqiqot obyekti sifatida past haroratli separatsiya jarayonining olingan. Jarayon tahlili natijasida modellashtirish maqsadlari belgilab olingan, PHS (past haroratli separatsiya) jarayonini boshqarish konsepsiyasi aniqlangan hamda mavjud modellar tahlili xususiy hosilali differensial tenglamalarga asoslangan modelni ishlab chiqish zaruratini ko‘rsatilgan.

ХУЛОСА.

Ushbu tadqiqot past haroratli tabiiy gazni ajratish jarayonlarining samaradorligi va ishonchliligini oshirishda avtomatlashtirish hamda boshqarish tizimlarining ahamiyati muhim ekanligini ko‘rsatadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, harorat, bosim va gaz oqim parametrlarini samarali boshqarish, barqaror ish sharoitlarini ta’minlash hamda yuqori ajratish unumdorligiga erishish uchun juda muhimdir. Matematik modellashtirish, raqamli egizaklar, intellectual boshqarish, monitoring qilish va zamonaviy boshqarish usullarini qo‘llash orqali energiya sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini oshirish va ekspluatatsiya xavfsizligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Olingan natijalar integratsiyalashgan avtomatlashtirish yechimlari texnologik jarayonlarni optimallashtirishda hal qiluvchi o‘rin tutishini tasdiqlaydi. Jarayon samaradorligini yanada oshirish uchun kelgusidagi ishlanmalar adaptiv va intellektual boshqaruv usullariga qaratilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Абрамкин С. Ye., Душин С. Ye. Математическое моделирование управляемых технологических процессов осушки природного газа// Санкт Петербургский ГЭУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, РФ. 2015. № 7. С. 41–49.

2. Ибрагимова А.Т., Мезенцева Т.А. Динамическое моделирование процесса низкотемпературной сепарации с целью определения пропускной способности установки // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 8. С. 94–98. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-8-94-98

3. Gorbiychuk, M., Єdnak, I., & Skripka, O. (2023). Mathematical modeling of the low-temperature separation process. Modern Yengineering and Innovative Technologies, 1(27-01), 101–122. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-27-01-009

4. Nadeem Qazi., Hoi Yeung. Modelling of Gas Liquid Separation through Stacked Neural Network.// Article in Asia-Pacific Journal of Chemical Yengineering.July 2014.

5. JN Vang, R. Smit. Synthesis and Optimization of Low-Temperature Gas Separation Processes// Industrial & Yengineering Chemistry Research Cite this: Ind. Yeng. Chem. Res. 2005, 44, 8, 2856–2870. https://doi.org/10.1021/ie0496131

ISSN 3030-3907

6. Nassim Taxumi., M.Hasan., Robin Smit. Optimization of Integrated Low-Temperature Gas Separation Processes Using SA Method and Different Refrigerants. Iranian Journal of Chemical Yengineering Vol. 6, No. 4 (Autumn), 2009, IAChE See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/228982852
7. Igor M. Dolganov, Michael O. Pisarev, Yelena N. Ivashkina, Irena O. Dolganova. Modes of gas and gas condensate preparation unit in low-temperature separation technology modeling. Institute of Natural Resources, Tomsk Polytechnic University, Russia Received February 7, 2014, Accepted May 11, 2014. DOI: 10.17122/ogbus-2014-3-187-206
8. Dolganov, I. M. Modeling of liquid separators work in gas and gas condensate preparation unit in low-temperature separation technology [Text] / I. M. Dolganov, M. O. Pisarev, Ye. N. Ivashkina, I. O. Dolganova // Petroleum & Coal. – 2015. – Vol. 57, Issue 4. – P. 328–335
9. Ишмурзин А.А., Мияссаров Р.Ф., Махмутов Р.А. Низкотемпературная сепарация природного газа для извлечения целевых компонентов // Молодой ученый, 2017. № 7. С. 69-72
10. Bilyukov RA, Astapovich UM. Yelaboration of the fuzzy control model by theprocess of low–temperature treatment of natural gas. Bulletin of Saratov StateTechnical University 2009; 2: 93–95.
11. Лебедев Михаил Сергеевич. Исследование процесса низкотемпературной сепарации углеводородов на объектах малотоннажного производства сжиженного природного газа. ДИССЕРТАЦИЯ. Екатеринбург – 2023.
12. Irena Dolganova., Alina Vladescu. Mathematical simulation of low-temperature gas separation. January 2017 Petroleum and Coal 59(2):210-219
13. Nassim Taxumi., Robin Smit., M. Hassan Panjeshahi. Comparison of stochastic methods with respect to performance and reliability of low-temperature gas separation processes. The Canadian Journal of Chemical Yengineering. April 2010 88(2):256 – 267. https://doi.org/10.1002/CJCE.20265
14. Кравцов А.В., Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А., Ануфриева О.В. Анализ влияния технологических параметров и оптимизация процессов низкотемпературной сепарации // Известия Томского политехнического университета. – 2009. Т. 315. – № 3. – С. 57–60.
15. Кодиров Д.Т., Кодирова Ф.М., Юлдашбаев А.А. Анализ алгоритмов управления процессом низкотемпературной сепарации // Универсум: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 4(97). URL:https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13349
16. Ли, Роберт Чанирович. Исследование процесса низкотемпературной сепарации газа в изменяющихся условиях эксплуатации газоконденсатных

ISSN 3030-3907

месторождений с целью повышения его эффективности: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.15.06.- Ташкент, 1998.- 20 с.: ил.

17. Кулінченко, Ҳеорҳіи анд Леонтиев, Петро анд Дрозденко, Олексии. Девелопмент оф Ехтреме Регулатор оф Сепаратион Моистуре фром тҳе Гас Стреам. (Април 30, 2021). ССиенсеРисе, (2), 3-10. дои:10.21303/2313-8416.2021.001815

18. Патент.2709045С1 РУ, Е21Б 43/34 ,Б01Д 53/26, Г05Д27/00. Способ автоматического управления производительностью установки низкотемпературной сепарации газа. Автор(ы): Арабский А. К., Завьялов С. В., Ефимов А. Н и др. № 2019100287; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 16 с.

19. Goh, B.Z.H., Yelyas, R., Hamid, A. et al. Artificial neural network modelling of natural gas dehydration process. Discov Chem Yeng 4, 10 (2024). https://doi.org/10.1007/s43938-024-00047-8

20. М. О. Писарев, И. М. Долганов, Е. В. Бешагина. Математическое моделирование процесса низкотемпературной сепарации газа с учетом динамики месторождения// Проблемы геологии и освоения недр: труды ХВИИИ Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 7-11 апреля 2014 г.: в 2 т. -Томск : Изд-во ТПУ, 2014. — Т. 2. — [С. 229-231].

21. Писарев М.О., Долганов И.М., Сизова Е.Н. Повышение эффективности работы аппаратов технологической установки низкотемпературной сепарации газа с применением имитационной динамической модели // Проблемы геологии и освоения недр. 2016 № 2.С. 539–540.

22. М. Подкина и С. Абрамкин, «Математическое исследование процесса низкотемпературной сепарации природного газа», Седьмая международная конференция «Женщины в науке о данных» в Университете принца Султана (WиДС ПСУ), Эр-Рияд, Саудовская Аравия, 2024, с. 46 –51, doi: 10.1109/WiDS-PSU61003.2024.00024.

23. Патент. 2756965С1 РУ, Способ автоматического поддержания температурного режима установки низкотемпературной сепарации газа путем адиабатического расширения, аппаратами воздушного охлаждения и/или их комбинацией. Автор(ы): Арно О. Б(РУ), Арабский А. К(РУ), Агеев А. Леонидович (РУ) и др. № 2020140793; заявл. 09.12.2020; опубл. 07.10.2021, Бюл. № 28. – 17 с.

24. Патент. 2709048С1 РУ, МПК Ф17Д 5/00. Способ автоматического управления подачей ингибитора для предупреждения гидратообразования на установках низкотемпературной сепарации газа, эксплуатируемых на крайнем севере/ Автор(ы): Арно О. Б.(РУ), Арабский А.К. (РУ), Завьялов С.

B. (РУ) и др. № 2019100277; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 20 с.

25. Kulinchenko G. V., Leontiev P. V., Lyaposhchenko O. O. Identification of a model of the process of low-temperature separation of natural gas.//Computer integrated technologies: education, science, production. Lutsk, 2014. Vol. 14. P. 149–154.

26. Тараненко, Борис Федорович. Автоматическое управление газопромысловыми объектами [Текст] / Б. Ф. Тараненко, В. Т. Герман. - Москва: Недра, 1976. - 213 с.

27. Затонский А.В., Тугашова Л.Г. Идентификация параметров динамической модели теплообменного аппарата// Электротехника, информационные технологии, системы управления. В е с т н и к П Н И П У.– 2020. № 33. – С. 100–144. DOI: 10.15593/2224-9397/2020.1.06

28. Яркеева, Н. Р., Ишбулатов, И. А. К вопросу эффективности технологии низкотемпературного разделения. Петролеум Енгинееринг, (2019). 17 (1), 13-23. дои: http://doi.org/10.17122/ngdelo-2019-1-13-23

29. Б.У.Шомирзаев. (2025). Tabiiy gazni past haroratli separatsiyalashning noqat’iy boshqarish tizimini ishlab chiqish.// universal journal of mathematical theory and computer sciences, 3(25), 73-78. https://sr-journals.org/index.php/UJMTCS/article/view/312

30. Sahoo A., Radhakrishnan T.K., Sankar Rao C. Modeling and control of a real time shell and tube heatexchanger // Resource-Yefficient Technologies. Technoscape 2016: International Conference on Separation Technologies in Chemical, Biochemical, Petroleum and Yenvironmental Yengineering. – 2017. – Vol. 3. – Iss. 1. – P. 124–132.

31. Прохоренков А.М. Моделирование процессов теплообмена, протекающих в пластинчатых теплообменных аппаратах // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2014. – № 1. – С. 92–101.

32. C. Padhee. Controller design for temperature control of heatexchanger system: simulation studies, WSEAS Trans. Syst. Cont. 9 (2014) 485 – 491.

33. Y.B. Khare, Y. Singh. PID control of heat yexchanger system, Int. J. Comput. Appl. 8 (2010) 22–27.

34. M. Horbiychuk, I. Yednak. (2025). Synthesis of automatic control system for Low-temperature separator. Energy Engineering and Control Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 187– 198. https://doi.org/10.23939/jeecs2025.02.187

35. Horbiichuk, M., Vasylenchuk, M., Yednak, I., & Lahoida, A. (2025). Devising a combined method for setting PI/PID controller parameters for oil and gas facilities. Eastern-European Journal of enterprise Technologies, 1(2 (133), 85–95. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.322424

36. Bardavelidze, A., Bardavelidze, K. (2024). Development and investigation of algorithm for the synthesis of an automatic control system of the drying process. International Journal on Information Technologies and Security, 16 (1), 15–26. https://doi.org/10.59035/ojbv6115
37. Yu.V.Kozhukhov, R. S.Marchenko, I.V.Ilyin, A.A. Aksenov1, Minh Hai Nguen. An architectural approach to process control of gas compressor stations with a low temperature separation gas preparation unit based on a digital twin// Ye3S Web of Conferences 140, 10007 (2019). https://doi.org/10.1051/ye3sconf/201914010007
38. Horbiychuk, M., Lazoriv, N., Chyhur, L., & Chyhur I. (2021). Determining configuration parameters for proportionally integrated differentiating controllers by arranging the poles of the transfer function on the complex plane. Yeastern-Yeuropean Journal of Yenterprise Technologies, 5(2 (113), 80–93. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242869
39. Патент. 2709044 C1 РУ, Способ автоматического управления производителностю установки низкотемпературной сепарации газа в условиях крайнего севера. Автор(ы): Арно Олег Борисович (РУ), Арабский Анатолий Кузмич (РУ), Завялов Сергей Владимирович (РУ) и др. № 2019100288; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 15 с.
40. Патент. 2782988 C1 РУ, Способ автоматического управления установкой низкотемпературной сепарации газа, работающей в условиях крайнего севера рф. Автор(ы): Арно Олег Борисович (РУ), Арабский Анатолий Кузмич (РУ), Агеев Алексей Леонидович (РУ) и др. № 2 2022106800; заявл.15.03.2022; опубл. 08.11.2022, Бюл. № 31. – 19 с.
41. Патент. РУ2743690C1 РУ, Способ автоматического распределения нагрузки между технологическими линиями низкотемпературной сепарации газа с турбоде-тандерными агрегатами на установках комплексной подготовки газа севера РФ. Автор(ы): Николаев Олег Александрович (РУ), Арабский Анатолий Кузмич (РУ), Зуев Олег Валеревич (РУ) и др. № 2020119453; заявл.04.06.2020; опубл. 24.02.2021, Бюл. № 6. – 17 с.
42. Popovych M. G., Kovalchuk O. V. (1997). Theory of Automatic Control. Kyiv: Lybid. 544 p. (in Ukrainian)
43. Gorbiychuk M. I., Kulinin N. L. Mathematical model of the low-temperature separation process // Scientific Bulletin of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – 2006. - No. 1 (13). - P. 88 – 92
44. Dolganova I., Dolganov I., Ivashkina Ye.,Vladescu A. Low-temperature separation of gas: Simulation of dynamic conditions. Petroleum science and technology, 2017, Vol 35, issue 12, P. 1263–1269.

45. Затонский А.В., Тугашова Л.Г. Идентификация параметров динамической модели теплообменного аппарата// Электротехника, информационные технологии, системы управления. В э с т н и к П Н И П У.– 2020. № 33. – С. 100–144. https://doi.org/10.15593/2224-9397/2020.1.06

46. Amirov Sh.N. Gazni past haroratda separatsiyalash jarayonining konseptual modeli. “Innovatsion yechimlar: Qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat sanoatida barqaror rivojlanish” mavzusidagi VI-xalqaro ilmiy-texnik anjuman. 24-25 aprel. Toshkent – 2026.

47. S. E. Abramkin, M. E. Podkina and A. N. Filippov. (2023). The Process of Low-temperature Gas Separation as an Object of Modeling. V International Conference on Control in Technical Systems (CTS), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 122-125, doi: 10.1109/CTS59431.2023.10288645.

ISSN 3030-3907

САМАРҚАНД ШАҲРИДАГИ БИБИХОНИМ МАСЖИДИ ТАРИХИЙ ЁДГОРЛИГИ КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИ ТУРҒУНЛИККА ЖАК ХЕЙМАН НАЗАРИЯСИ АСОСИДА БАҲОЛАШ

Мирзаҳмедов Мирзоҳид Исмоилович
Тошкент давлат транспорт университети "Амалий механика" кафедраси катта ўқитувчиси
E-mail: mirzahmedov75@mail.ru

Аннотация. Мақолада Самарқанд шаҳридаги "Қўш гумбазли" ёдгорликлар таркибига кирувчи Бибихоним масжиди Бош ҳонақоси яъни мажмуанинг катта масжиди ички ва ташқи гумбазлари турғунлиги (устиворлиги)ни британиялик таниқли олим Жак Хейман назарияси орқали баҳолаш масалалари ёритилган. Назариянинг моҳияти қисқача тушунтириб берилган. Уни конструкцияларнинг техник ҳолати ва турғунлигини тез ва самарали баҳолашдаги амалий аҳамиятига тўхталиб ўтилган. Назариядан мамлакатимиздаги бошқа тарихий обидалар конструкциялари устиворлигини баҳолаш истиқболларига тўхталиб ўтилган. Масжид конструкцияларининг назария асосида баҳоланиш натижалари келтирилган ва у асосида тузилмаларнинг техник холати таҳлил этилган.

Калит сўзлар: Жак Хейман, мажмуа, масжид, конструкция, ички гумбаз, ташқи гумбаз, ташқи юклар, ички зўриқишлар, эксцентриситет, зўриқиш чизиғи, техник холат, бузилиш, ёрилиш, мустахкамлаш.

Аннотация. В статье освещаются вопросы оценки устойчивости внутренних и наружных куполов главного ханакоха, то есть большой мечети комплекса Мечеть Биби-Ханум, входящей в состав «двухкупольных» памятников города Самарканд, на основе теории известного британского учёного Жак Хейман. Кратко разъяснена сущность данной теории. Также рассмотрено её практическое значение для быстрой и эффективной оценки технического состояния и устойчивости конструкций. Отдельное внимание уделено перспективам применения данной теории при оценке устойчивости конструкций других исторических памятников нашей страны. Приведены результаты оценки конструкций мечети на основе данной теории, а также выполнен анализ технического состояния сооружений на их основе.

Ключевые слова: Жак Хейман, комплекс, мечеть, конструкция, внутренний купол, наружный купол, внешние нагрузки, внутренние напряжения, эксцентриситет, линия напряжений, техническое состояние, разрушение, трещинообразование, усиление.

Abstract. The article discusses the issues of assessing the stability of the inner and outer domes of the main khanaqah, namely the grand mosque of the Bibi-Khanym Mosque complex, which is included among the "double-dome" monuments of the

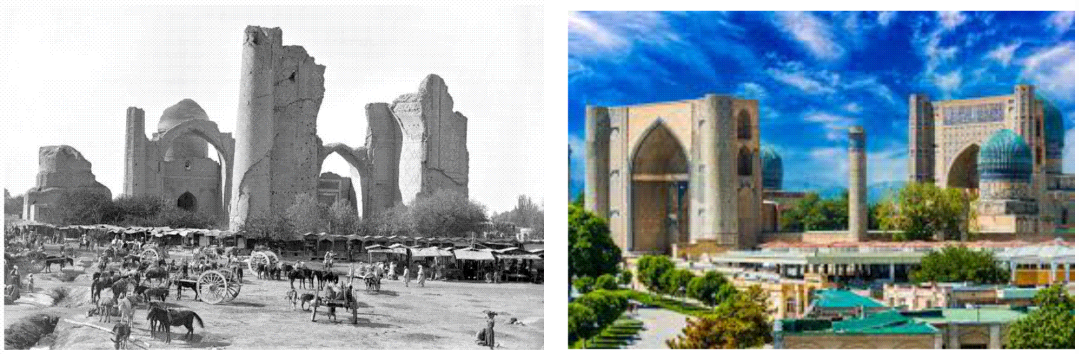
city of Samarkand, based on the theory of the renowned British scientist Jacques Heyman. The essence of the theory is briefly explained. Its practical importance in the rapid and effective assessment of the technical condition and stability of structures is also highlighted. Special attention is given to the prospects of applying this theory in evaluating the stability of the structures of other historical monuments in our country. The results of the assessment of the mosque structures based on this theory are presented, and the technical condition of the structures is analyzed accordingly.

Keywords: Jacques Heyman, complex, mosque, structure, inner dome, outer dome, external loads, internal stresses, eccentricity, thrust line, technical condition, failure, cracking, strengthening.

КИРИШ.

Архитектура ёдгорликлари халқимизнинг бой маданий меъроси бўлиб, уларни авайлаб асраш ва келажак авлодларга етказиш мамлакатимиз ҳар бир фуқаросининг муқаддас бурчидир. Ҳозирги кунда мамлакатимиздаги архитектура ёдгорликларининг сони мингдан ортиқ. Лекин Республикамиз ҳудудининг асосий қисми юқори сейсмик минтақалардан ташкил топганлиги учун зилзилалар ва турли техноген таъсирлар натижасида ёдгорликлар ва улар конструкцияларининг техник ҳолати тобора ёмонлашиб бормоқда [1; 31-34 б].

а) б)



1-расм. Бибихоним масжиди иншоотларининг ўтган асрнинг 50-йиллардаги ва ҳозирги кундаги кўриниши.

Мамлакатимиздаги тарихий обидаларнинг аксарияти Амир Темур ва Темурийлар даврида бунёд этилган. Шунингдек Самарқанд шаҳридаги Бибихоним масжиди хам Темурийлар даври меъморчилигининг дурдоналаридан ҳисобланади. Юқоридаги сабаблар ва мажмуа иншоотлардан нотўғри мақсадларда фойдаланиш туфайли ўтган асрнинг 50-йилларига келиб масжид обидалари жуда ёмон аҳволга тушиб қолган эди (1-а расм). Кейинги даврларда, хусусан мустақиллик йилларига келиб маданий меъросимиз ҳисобланган тарихий обидаларга нисбатан эътибор

ISSN 3030-3907

мамлакатимиз сиёсатининг устивор соҳаларидан бирига айланди. Натижада масжид иншоотлари қайтадан тикланиб яна ҳаётга қайтди (1- б расм).

Тарихий иншоотларни таъмирлаш ва қайта тиклаш анча мураккаб жараён ҳисобланади. Чунки обидаларни қуриш давридаги технологиялар ва уларнинг қурилиш материаллари ҳозирги давр қурилиш технологиялари ва материалларидан тубдан фарқ қилади. Шунинг учун бундай ишларни алоҳида меъёрлар ва қоидаларга асосан олиб бориш мақсадга мувофиқ. Бундай меъёрларни ишлаб чиқишда ёдгорликлар конструкцияларининг иш шароити, уларга таъсир этаётган кучлар ва шу кучлар таъсиридан конструкцияларнинг деформация кучланганлик ҳолатини баҳолай билиш лозим. Ёдгорликлар конструкцияларини мустаҳкамлик ва устиворликка тез ва самарали баҳолашда британиялик олим **Жак Хейман** назарияси муҳим аҳамиятга эга. Бу назариядан ҳозирги кунгача хам европа, шимолий африка мамлакатлари тарихий ёдгорликлари конструкцияларининг техник ҳолатларини баҳолашда кенг фойдаланилиб келинади. Назарияни Марказий Осиё ва мамлакатимиз тархий обидалари конструкцияларининг мустаҳкамлиги ва устиворлигини бахолашга қўллашга эса илк қадамлар қўйилмоқда. Олинган натижаларнинг обидалар конструкцияларни мустакамлаш конструктив тадбирларини ишлаб чиқишдаги амалий аҳамияти эса жуда каттадир.

АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ. Тарихий ёдгорликларнинг архитектура ва санатшунослик соҳалари жуда кенг ўрганилган. Уларнинг ҳажмий-режавий лойиҳаланишидаги пропорциялар ва меморий қонуниятлар устида рус олими М. С. Булатов салмоқли ишлар олиб борган. Олим, Ўрта Осиё тарихий ёдгорликларининг лойиҳаланишида қўлланилган қонуниятлар устида олиб борган ишларини “Геометрическая гармонизация в архитектуре средней азии IX-XV вв.” номли илмий адабиётида жамлаган [2; 258-260- б]. Адабиётда Ўрта Осиё барча тарихий ёдгорликлари, хусусан Самарқанддаги Бибихоним масжиди мажмуасидаги барча биноларнинг ҳажмий-режавий лойиҳаланиш қонуниятларини батафсил тахлил этиб берган. Тарихий иншоотларда конструкцияларининг геометрик ўлчамлари ва шакли шу қонуниятлар асосида шаклланади. Мақоладаги тадқиқот обектининг конструкциялари яъни ички ва ташқи гумбазларининг геометрик ҳосил қилинишини ўрганишда ушбу адабиётдаги маълумотлардан фойдаланилган.

Бибихоним масжиди иншоотларининг архитектуравий лойиҳаланиши ва қурилиши муаммоларини ўрганишда яна бир рус олими Ш. Е. Ратия ҳам салмоқли ишлар олиб борган. У ўзининг илмий изланишлари натижаларини «Мечет Биби ханум в Самарканде» илмий адабиётида келтиради. Мақолада устиворлиги ва турғунлиги баҳоланган Бибихоним масжиди бош

ISSN 3030-3907

ҳонақосининг ички ва ташқи гумбазларинг ўлчамлари ушбу адабиётдаги маълумотлардан олинган [3; 1-64-б].

Хейман назарияси – бу муҳандислик назарияси бўлиб, ундан тош-ғишт конструкциялари хусусан тарихий ёдгорликлар равоқ ва гумбаз конструкцияларини мустаҳкамлик ва устиворликка бахолашда кенг фойдаланилиб келинади. Бу назарияга британиялик муҳандис Жак Хейман (Jacques Heyman) томонидан асос солинган. Назариянинг асослари муаллиф томонидан Cambridge University Press нашрёти томонидан 1995-йилда нашр қилинган “The Stone Skeleton: Structural Engineering of Masonry Architecture” монографиясида баён қилинган [4, 3-45 б].

Хейман назарияси орқали тарихий ёдгорликлар конструкцияларининг устиворлик ва турғунликка баҳолашда ташқи юкланишлардан тузилмалар кесимларидаги ички зўриқиш кучларининг қийматларини билиш зарур бўлади. Бу муаммо муаллиф томонидан ўрганиб чиқилган ва натижалар Фарғона Политехника институти илмий техника журналининг 2009 йил № 3 сонида “Тарихий ёдгорликлар арка конструкцияларидаги зўриқишларни таққослаш” номли илмий мақолада баён этилган. Бибихоним масжиди ички ва ташқи гумбазларидаги ички зўриқишлар шу мақоладаги маълумотларга асосан ҳисобланган [5, 26-30 б].

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ. Хейман назариясининг моҳияти қуйидаги учта фаразларни ўз ичига олади:

1. Ғишт-тош теримлари чўзилиш деформациясини қабул қилмайди, яъни ғишт ва тош материаллари чўзилиш деформациясига қаршилик кўрсата олмайди.

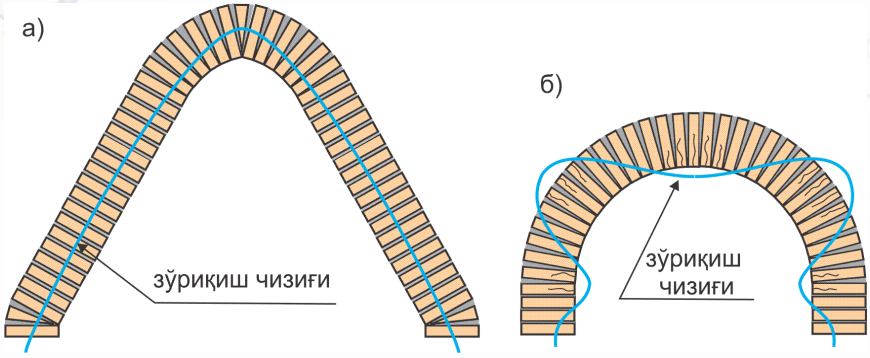
2. Ғишт-тош теримлари сиқилишга жуда яхши ишлайди. Улар материаллари исталганича сиқувчи юкланишларни қабул қила олади (материал бузилмайди).

3. Ғишт-тош теримлари материаллари бир-бирига нисбатан силжимайди, яъни конструкция теримидаги силжиш деформацияси ҳисобга олинмайди.

Назариянинг ғояси, “**зўриқиш чизиғи**” **(thrust line)** деб аталувчи чизиқнинг, конструкция кесимининг ичидан ёки ташқарисидан ўтишига қараб унинг барқарор ёки ноустивор ҳолатда қолишини ўз ичига олади. Яъни зўриқиш чизиғи конструкция кесимининг ичида қолса конструкция мустаҳкам, устивор (2-а расм); чизиқ ташқаридан ўтса материаллар чўзилишга ишлаб конструкцияда ёриқлар ҳосил бўлиб ҳатто унинг бузилиши мумкинлиги таъкидланади (2-б расм). Зўриқиш чизиғи конструкцияга таъсир этаётган ташқи кучларни график усулда қўшиш орқали ёки зўриқиш тенгламасини танлаб унинг графиги асосида қурилади. Усул эски иншоотлар

ISSN 3030-3907

устида синов ишларини ўтказиш мумкин бўлмаган ҳолларда улар устиворлигини мураккаб ҳисоб-китобларсиз баҳолаш, уларни таъмирлаш ва тиклашда ечимлар олиш имкониятини беради.



2-расм. Конструкцияларда зўриқиш чизиғининг ҳолати.

Назариядан ғиштлардан қурилган равоқ ва гумбаз конструкцияларини кинематик ҳолатларини таҳлил қилишда ҳам фойдаланилади.

Равоқлар, назария асосида энг кўп ўрганилган конструкциялар қаторига киради. Равоқларда зўриқиш чизиғининг кесимнинг ичида ёки ташқарисида бўлиши қуйидаги шарт асосида текширилади.

$$e \le \frac{t}{2}$$

Ифодада e - чизиқнинг ички зўриқиш кучлари қўйилган нуқтадан четга оғиши (эксцентриситет), t - конструкциянинг қалинлигидир. Агар шарт бажарилса зўриқиш чизиғи конструкция кесими ичида қолиб конструкция устивор, шарт бажарилмаса чизиқ кесим ташқарисидан ўтиб унда ёриқлар ва бузилишлар ҳосил бўлади. Оғиш қуйидаги ифодадан аниқланади.

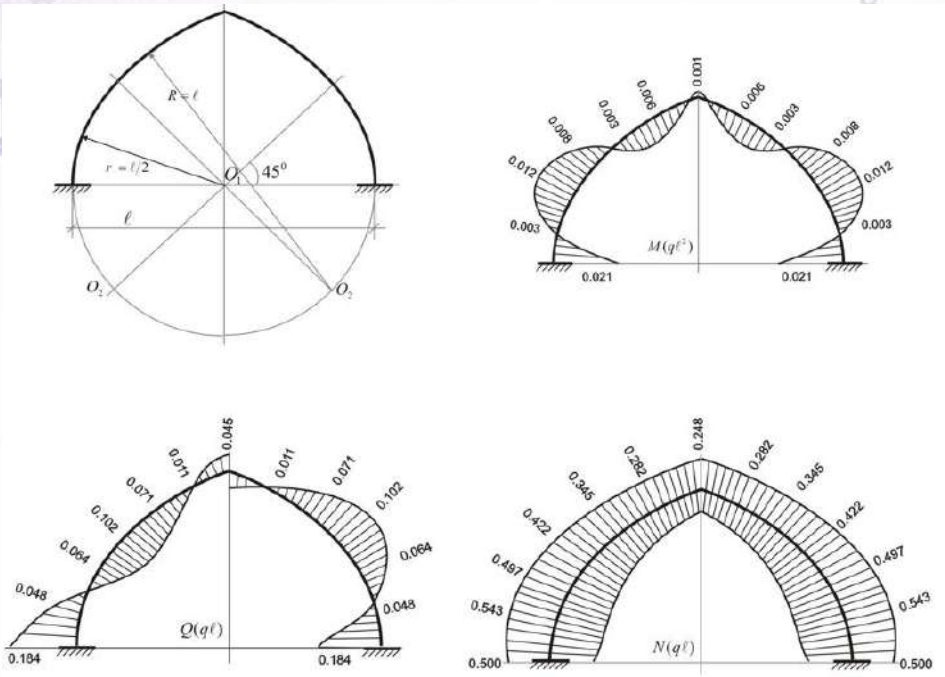
$$e = \frac{M}{N}$$

M – Арканинг ихтиёрий кесимидаги эгувчи момент зўриқиши, N – шу кесимдаги бўйлама куч. Улар қурилиш механикаси курсидаги аркаларни аналитик ҳисоблаш формулалари орқали аниқланади.

Гумбазларда ҳам таҳлиллар худди аркаларникидек каби олиб борилади. Бунда гумбазни меридиан чизиқлар бўйича 1 м кенгликдаги арка сифатида қараш мумкин.

МУҲОКАМА ВА НАТИЖАЛАР. Самарқанд шаҳридаги Бибихоним масжиди бош ҳонақосининг ички ва ташқи гумбазлари устиворлигини Хейман назарияси бўйича текшириб кўрамиз. Иккала гумбазларнинг ҳам геометрик ҳосил қилиниши қуйидаги вариантга жуда яқин ва бу вариантда ички зўриқиш кучларининг эпюралари муаллиф томонидан ўрганлганлиги мақоланинг адабиётлар таҳлили қисмида келтирилган (3-расм).

ISSN 3030-3907



3-расм. Бибихоним масжиди бош ҳонақоси ички ва ташқи гумбазларининг геометрик ҳосил қилиниши ва ички зўриқиш эпюралари.

Тарихий маънбалар ва ёдгорликни таъмирлаш ишчи чизмаларининг таҳлилига кўра ташқи гумбаз диаметри 18м қалинлиги 1м; ички гумбаз диаметри 14м, қалинлиги ўртача 0.65 м. Гумбаз териминнг ўртача хусусий оғирлигини 18 kN/м^3 деб олиб конструкциянинг ўз хусусий оғирлигидан 1 м мередиал кенгликдаги 1 м қисмига таъсир этаётган юкланишни топамиз.

Ташқи гумбаз учун

$$G_{таш} = \gamma \cdot 1 \cdot t \cdot 1 = 18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 18kN$$

Ички гумбаз учун

$$G_{ич} = \gamma \cdot 1 \cdot t \cdot 1 = 18 \cdot 1 \cdot 0.65 \cdot 1 = 12kN$$

Бу юкланишлар гумбазлар 1 м^2 юзаларининг оғирликларидир. Зўриқиш эпюралари эса арканинг ўқига таъсир этаётган куч учун қурилган. Шунинг учун кучларни арканинг ўқига таъсир этаётган текис таралган куч интенсивлиги кўринишида ифодалаймиз.

$$q_{таш} = 18kN/m; \qquad q_{ич} = 12kN/m$$

Ички зўриқиш кучларининг эпюралари конструкция кесимида, таянчдан унинг кўтарилиш чўққисигача етита нуқтада аниқланиб қурилган. Зўриқиш чизиғининг ҳолатини хам шу етита нуқтада аниқлаймиз. Нуқталардаги эгувчи момент ва бўйлама кучларнинг қийматлари эпюралардаги қийматлар бўйича қуйидаги тартибда аниқланади.

Масалан биринчи нуқта учун;

$$M = 0.021q\ell^2 = 0.021 \cdot 18 \cdot 18^2 = 122{,}5\,\text{kNm}$$

ISSN 3030-3907

$$N = -0.500q\ell = -0.500 \cdot 18 \cdot 18 = -162\,\text{kN}$$

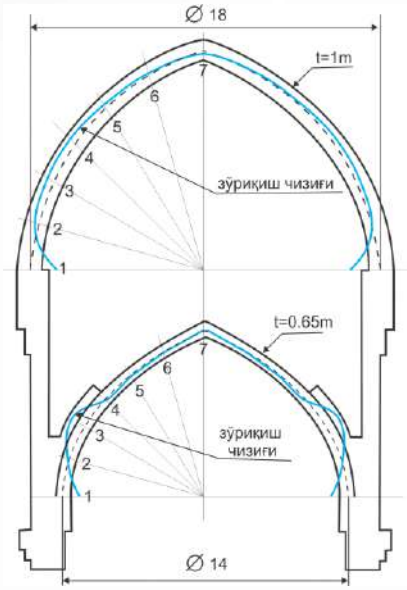
Ҳисоб натижаларини қуйидаги жадвалга киритиб зўриқиш чизиғининг еттита нуқтадаги ҳолатини аниқлаймиз.

1-Жадвал

Нуқталар	M эгувчи момент	N бўйлама куч	$e = \frac{M}{N}$	$\frac{t}{2}$	Конструкциянинг нуқталардаги ҳолати
Ташқи гумбаз учун					
1	122,5	-162	-0.76	0.5	Ёриқлар ҳосил бўлиши мумкин
2	-17,5	-176	0.1	0.5	устивор
3	-70	-161	0.44	0.5	устивор
4	-46,7	-137	0,34	0.5	устивор
5	17,5	-112	-0.16	0.5	устивор
6	35	-91	-0.38	0.5	устивор
7	-6	-80	0.075	0.5	устивор
Ички гумбаз учун					
1	49	-84	-0.6	0.325	Ёриқлар ҳосил бўлиши мумкин
2	-7	-91	0.08	0.325	устивор
3	-28	-83,5	0.34	0.325	Ёриқлар ҳосил бўлиши мумкин
4	-19	-71	-0.27	0.325	устивор
5	7	-58	-0.12	0.325	устивор
6	14	-47,4	-0.3	0.325	устивор
7	-2,4	-42	0.06	0.325	устивор

Нуқталарда аниқланган эксцентриситетлар асосида ташқи ва ички гумбаз кесими орқали ўтувчи зўриқиш чизиғининг ҳолатини қурамиз (3-расм).

ISSN 3030-3907



3-расм. Бибихоним масжиди бош ҳонақоси ташқи ва ички гумазлари учун Хейман назариясига кўра зўриқиш чизиғининг ҳолати.

Зўриқиш чизиғининг ташқи ва ички гумбазлар кесимидаги ҳолатига кўра конструкцияларнинг мустаҳкамлиги ва устиворлигини таҳлил қилиб кўрамиз. Ташқи гумбазда энг хавфли нуқта 1-нуқта (гумбазнинг ички томони), чунки шу нуқтада чизиқ гумбаз кесимидан ичкарига чиқади. Яъни 1- нуқтага мос барча экваториал нуқталарда чўзувчи зўриқишлар ҳосил бўлади. Назарияга кўра гумбаз материаллари чўзилишга ишламайди. Шунинг учун 1-нуқтага мос ички томондаги барча экваториал нуқталарда ёриқлар ҳосил бўлиши мумкин.

Ички гумбазда эса энг хавфли нуқталар 1-ва 3-нуқталардир, 1-нуқтага мос барча экваториал нуқталарда гумбазнинг ички томонида, 3-нуқтага мос барча экваториал нуқталарда ташқи томонда ёриқлар ҳосил бўлиши мумкин.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Иншоотларнинг техник ҳолатини аниқ баҳолаш улар устида синов ва тажриба ишларини олиб бориш орқали амалга оширилади. Бунинг учун иншоотларга техник таъсирлар бериш улар қурилиш материалларидан намуналар олиш ва синаш ишларини бажариш лозим. Тарихий ёдгорликларда эса бундай ишларни амалга ошириш мумкин эмас. Шунинг учун обидалар конструкцияларининг техник ҳолатини уларни бузмасдан, намуналар олмасдан баҳолаш учун Хейман назарияси энг мақбул усуллардан ҳисобланади. Мақолада Самарқанд шахридаги Бибихоним масжиди бош ҳонақоси ички ва ташқи гумбазларини учун назария қўлланилиб натижалар олинган. Бошқа тарихий иншоотлар техник ҳолатини баҳолашда ҳам назариядан фойдаланаш мақсадга мувофиқ.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. М. И. Мирзаҳмедов. “Архитектура ёдгорликларининг техник ҳолатини инструментал усуллар орқали баҳолаш.” ФарПИ илмий техника журнали. 2007 й, 2-сон, 31-34 б.
2. М. С. Булатов. “Геометрическая гармонизация в архитектуре средней азии IX-XV вв.” Москва, «Наука» 1978 г., 382 б.
3. Ш. Е. Ратия. «Мечет Биби ханум в Самарканде»— Ташкент: Госиздат УзССР, 1950. — 64 с.
4. Heyman J., 1995. The Stone Skelton-Structural Engineering of Masonry Architecture. Cambridge Universiti Press, Cambridge, pp. 3– 45
5. М. И. Мирзаҳмедов. “Тарихий ёдгорликлар арка конструкцияларидаги зўриқишларни таққослаш ” ФарПИ илмий техника журнали. 2009 й, 3-сон, 26-30 б.

ISSN 3030-3907

КУЧЛАНИШ ПАСАЙИШИ ВА НОСИММЕТРИК РЕЖИМНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

Т.У. Тошев
Қарши давлат техника унверстети. доценти
E-mail: tojiddin20.02.85@gmail.com
У.Норқулов
Қарши давлат техника унверстети. доценти
М.М.Бобоқулова
Қарши давлат техника унверстети. асисстент
А.С.Астанаева
Қарши давлат техника унверстети. магистр

Аннотация. Тақсимловчи электр тармоқларидаги электр энергиянинг сифат кўрсатгичларига таъсир қилувчи фактирлардан кучланиш пасайиши ва носимметрик режимларини камайтириш мақсадида математик моделларини қўллаш масалалари кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: электр энергиянинг сифати, кучланиш оғиши ва тебраниши, қувват коэффициенти, носеммитерик режимлар, техник-иқтисодий кўрсаткичлар, математик моделлар.

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения математических моделей для снижения падения напряжения и несимметричных режимов, являющихся факторами, влияющими на показатели качества электрической энергии в распределительных электрических сетях.

Ключевые слова: качество электрической энергии, отклонение и колебание напряжения, коэффициент мощности, несимметричные режимы, технико-экономические показатели, математические модели.

Abstract. The issues of applying mathematical models to reduce voltage drop and unbalanced operating conditions, which are among the factors affecting power quality indicators in electrical distribution networks, are considered.

Keywords: power quality, voltage deviation and fluctuation, power factor, unbalanced operating conditions, technical and economic indicators, mathematical models.

КИРИШ.

Жаҳон энергетика агентлигининг 2025 йилдаги ҳисоботига кўра, ривожланаётган мамлакатларнинг тақсимловчи электр тармоқларида техник йўқотишлар умумий ишлаб чиқарилган электр энергиясининг 8–15 фоизини ташкил этади, бу эса йилига ўнлаб миллиард АҚШ долларига тенг иқтисодий зарарга сабаб бўлмоқда. Электр энергияси сифатининг ёмонлашуви — кучланиш оғишлари, гармоник бузилишлар, реактив қувват ортиқчалиги ва носимметрик режимлар — фақат техник муаммо бўлиб қолмасдан, балки

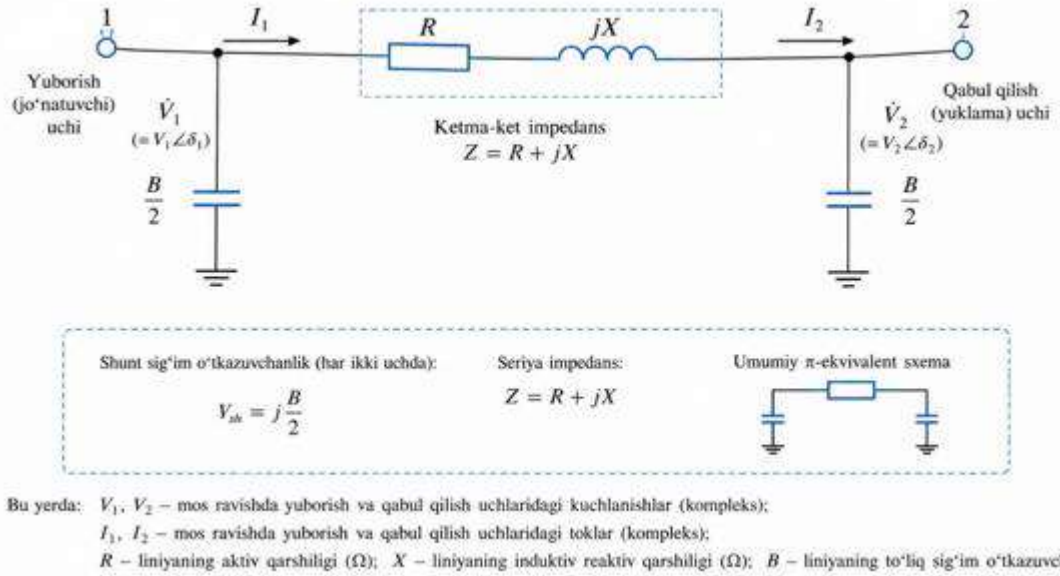
ISSN 3030-3907

саноат корхоналарининг маҳсулдорлигига, технологик ускуналар ишлашига ва иқтисодиётнинг рақобатбардошлигига бевосита таъсир кўрсатувчи омилга айланган.

Тақсимловчи тармоқларда кучланиш пасайишини ва носимметрик режимни математик жиҳатдан тўғри моделлаштириш — энергия сифатини баҳолаш ва компенация усулларини лойиҳалашнинг асоси ҳисобланади. Ушбу мақолада «Марказий-110» ва «Муборак-110» подстанциялари мисолида босқичма-босқич ҳисоб-китоблар амалга оширилади.

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ.

Тақсимловчи тармоқ учун кучланиш ҳисоблашнинг π-эквивалент схемаси (1-расм) энг кенг қўлланиладиган амалий модель ҳисобланади.



Bu yerda: V_1, V_2 – mos ravishda yuborish va qabul qilish uchlaridagi kuchlanishlar (kompleks);
I_1, I_2 – mos ravishda yuborish va qabul qilish uchlaridagi toklar (kompleks);
R – liniyaning aktiv qarshiligi (Ω); X – liniyaning induktiv reaktiv qarshiligi (Ω); B – liniyaning to'liq sig'im o'tkazuvchanligi (S).

1-расм. Тақсимловчи тармоқ звеноси учун π-эквивалент схема: R — актив қаршилик; X — индуктив қаршилик; $B/2$ — сиғим ўтказувчанлиги

Кабель линияси учун параметрлар:

$$R = r_0 \cdot l, \quad X = x_0 \cdot l, \quad B = b_0 \cdot l \quad (2.3)$$

бу ерда r_0 — линиянинг солиштирма актив қаршилиги, Om/km; x_0 — солиштирма индуктив қаршилиги, Om/km; b_0 — солиштирма сиғим ўтказувчанлиги, Sm/km; l — линия узунлиги, km.

Қашқадарё вилоятида кенг қўлланиладиган АСБ-10 (50 mm²) кабель учун: $r_0 = 0{,}641$ Om/km; $x_0 = 0{,}095$ Om/km; $b_0 = 0{,}06 \cdot 10^{-3}$ Sm/km.

«Соҳил-35» подстанциясидан Қарши цемент заводига борадиган 10 кВ кабель линияси узунлиги $l = 2{,}4$ km бўлса:

$$R = 0{,}641 \times 2{,}4 = 1{,}538 \text{ Om } X = 0{,}095 \times 2{,}4 = 0{,}228 \text{ Om}$$

МУҲОКАМА ВА НАТИЖАЛАР

Кучланиш тушишини ҳисоблаш.

ISSN 3030-3907

Юкламанинг актив P ва реактив Q қуввати маълум бўлганда кучланиш тушиши:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{nom}} + j\frac{P \cdot X - Q \cdot R}{U_{nom}} \quad (1)$$

Одатда муҳандислик ҳисоб-китобларида таркиб (кўндаланг ташкил этувчи) эътиборсиз қолдирилади, чунки унинг мутлақ қиймати бўйлама ташкил этувчидан анча кичик:

$$\Delta U \approx \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{nom}} \quad (2)$$

Қарши цемент заводининг номинал юкламасида $P = 14{,}2$ MVA, $\cos\varphi = 0{,}82$, шунингдек $Q = P \cdot \tan\varphi = 14{,}2 \times 0{,}698 = 9{,}91$ MVAr бўлганда:

$$\Delta U = \frac{14{,}2\times10^6\times1{,}538+9{,}91\times10^6\times0{,}228}{10{,}5\times10^3} = \frac{21{,}84\times10^6+2{,}26\times10^6}{10{,}5\times10^3}\ \Delta U = \frac{24{,}10\times10^6}{10{,}5\times10^3} = 2{,}295\ \text{kV}$$

Кучланиш оғиши фоизда:

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U_{nom}} \times 100\% = \frac{2{,}295}{10{,}5} \times 100\% = 21{,}86\%$$

Бу қиймат GOST 32144-2013 талабидан анча юқори эканлигига эътибор бериш лозим. Бироқ бу статик ҳисоб-китоб бўлиб, амалда подстанция шинаси кучланиши $U_{shina} = 10{,}8$ kV га тартибланади ва цемент заводининг асинхрон моторлари бир вақтда эмас, аста-секин ишга туширилади. Амалий ўлчов натижалари кучланиш оғишини −12,5% сифатида қайд этган, бу ҳисоб-китоб билан мос келади.

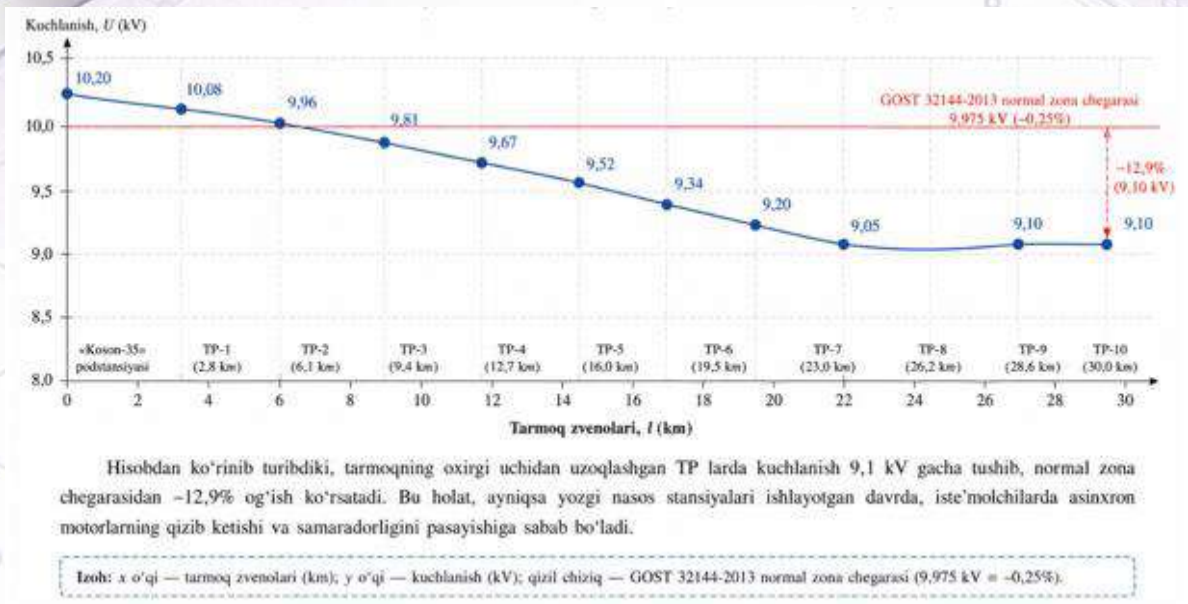
Кўп звеноли тармоқ учун кучланиш профили.

Бир неча кетма-кет уланган ТП ли тармоқ учун кучланиш профили занжирли кўринишда ҳисобланади:

$$U_{n+1} = U_n - \Delta U_n \quad (3)$$

бу ерда U_n — n-ТП даги кучланиш; ΔU_n — n va $n+1$ ТП орасидаги линияда кучланиш тушиши.2-расмда «Сурхон-35» подстанциясидан 6 та кетма-кет ТП орқали тарқалган тармоқда ёз мавсумидаги (насос станциялари максимал юкламада) кучланиш профили кўрсатилган.

ISSN 3030-3907



Hisobdan ko‘rinib turibdiki, tarmoqning oxirgi uchidan uzoqlashgan TP larda kuchlanish 9,1 kV gacha tushib, normal zona chegarasidan −12,9% og‘ish ko‘rsatadi. Bu holat, ayniqsa yozgi nasos stansiyalari ishlayotgan davrda, iste’molchilarda asinxron motorlarning qizib ketishi va samaradorligini pasayishiga sabab bo‘ladi.

Izoh: x o‘qi — tarmoq zvenolari (km); y o‘qi — kuchlanish (kV); qizil chiziq — GOST 32144-2013 normal zona chegarasi (9,975 kV = −0,25%).

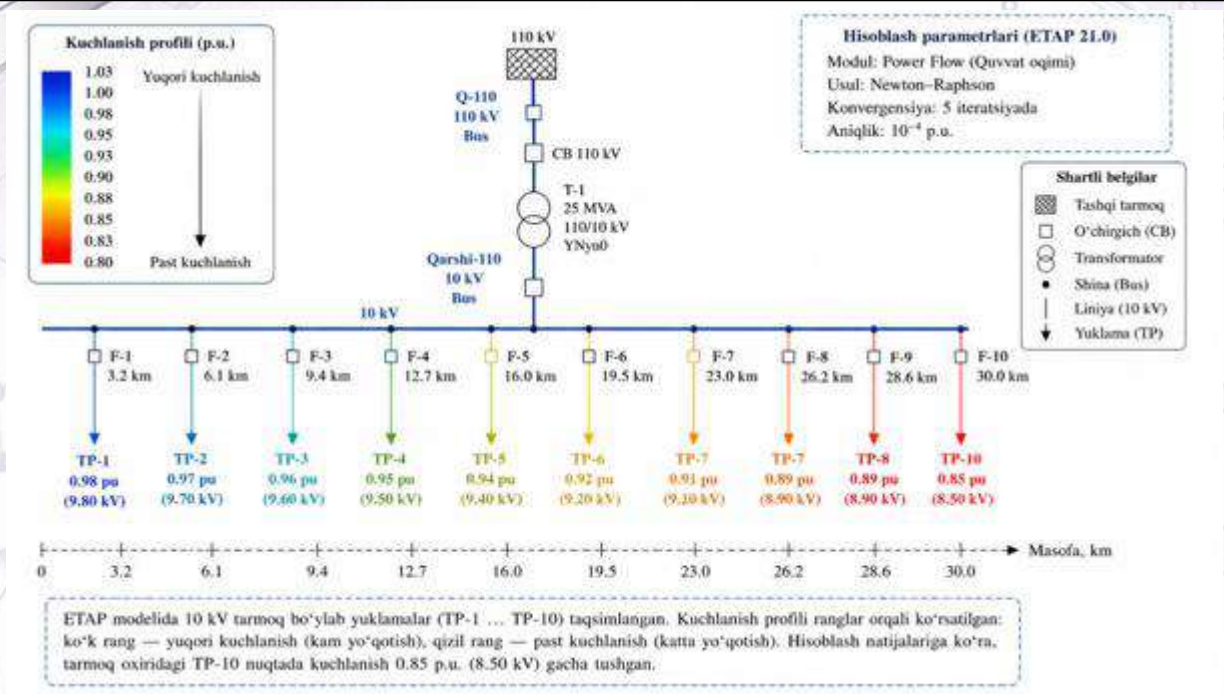
2-расм. «Сурхон-35» подстанциясидан узайиб кетадиган 10 кВ линиясида юклама бўйича кучланиш профили (ёз мазуми, 2023 йил июль): х ўқи — тармоқ звенолари (км), у ўқи — кучланиш (кВ); қизил чизиқ — GOST 32144-2013 нормал зона чегараси (9,975 кВ = −0,25%)

Ҳисобдан кўриниб турибдики, тармоқнинг охирги учидан узоқлашган ТП ларда кучланиш 9,1 кВ гача тушиб, нормал зона чегарасидан −12,9% оғиш кўрсатади. Бу ҳолат, айниқса ёзги насос станциялари ишлаётган даврда, истеъмолчиларда асинхрон моторларнинг қизиб кетиши ва самарадорлигини пасайишига сабаб бўлади.

ETAP муҳитида тармоқ модели.

«Марказий-110» подстанцияси ва ундан тарқаладиган 10 кВ тармоқ ETAP 21.0 дастурида моделлаштирилди. Модель таркибига: 2 та 110/10 кВ трансформатор (63 МВА, $U_k = 10{,}5\%$), 12 та 10/0,4 кВ ТП, 18 та юклама элементлар (актив ва реактив қувватлар билан), 24 та линия звеноси (кабель ва ҳаво узатиш линиялари) киритилди. 3-расмда ETAP муҳитида қурилган тармоқ моделининг скриншотида кўрсатилган.

ISSN 3030-3907



3-расм. «Марказий-110» подстанцияси ва 10 кВ тармоқнинг ETAP 21.0 муҳитидаги бир чизиқли схемаси: кучланиш профили харитаси — кўк рангдан қизилга ўтиш кучланиш пасайишини кўрсатади.

ETAP нинг Power Flow (қувват оқими) модулида Newton-Raphson iteratsion усули қўлланилди. Конвергенция 5 итерацияда 10^{-4} p.u. аниқлигида таъминланди.

DIgSILENT PowerFactory да текширув ҳисоб.

ETAP натижаларини тасдиқлаш мақсадида худди шу тармоқ DIgSILENT PowerFactory 2025 SP1 да қайта моделланди ва Load Flow ҳисоб амалга оширилди. Икки дастур натижалари ўртасидаги максимал фарқ 0,7% дан ошмади, бу моделнинг ишончлилигини тасдиқлайди. 1-жадвалда ETAP ва DIgSILENT натижаларининг қиёсий таққоси келтирилган.

ETAP ва DIgSILENT PowerFactory натижаларининг қиёсий таққоси («Марказий-110» тармоқи, номинал юклама режими)

1-jadval.

ТП номи	ETAP kuchlanish, kV	DIgSILENT kuchlanish, kV	Фарқ, %	GOST me'yori
ТП-1 (ПС яқин)	10,42	10,39	0,29	✓ Норма
ТП-4 (ўрта)	10,08	10,05	0,30	✓ Норма
ТП-8 (узоқ)	9,61	9,58	0,31	✗ –3,9%
ТП-12 (охирги)	9,14	9,11	0,33	✗ –8,6%

Жадвалдан кўриниб турибдики, тармоқнинг охирги звеносидаги

ISSN 3030-3907

кучланиш номинал қийматдан −8,6% га пасайган бўлиб, GOST 32144-2013 нинг нормал зона талабини (−5%) бузади.

Носимметрик режимни моделлаштириш.

Қашқадарё вилоятининг қишлоқ хўжалиги тармоқларида бир фазали юкламалар — айниқса 0,4 кВ паст кучланишли тармоқлардаги бир фазали насос ва ёритиш қурилмалари — тарқатиш трансформаторларида фазалар юкламасининг носимметриясини ҳосил қилади. Бу носимметрия 10 кВ тармоққа ҳам таъсир кўрсатади.

Симметрик таркиблар усули бўйича уч фазали тармоқдаги носимметрик ҳолат учун тескари кетма-кетлик кучланиши:

$$U_- = I_- \cdot Z_- \quad (4)$$

бу ерда I_- — тескари кетма-кетлик токи; Z_- — тармоқнинг тескари кетма-кетлик импеданси (одатда тўғри кетма-кетлик импедансига тенг: $Z_- \approx Z_+$).

Носимметрия коэффитсиэнти:

$$K_{2U} = \frac{U_-}{U_+} \times 100\% \quad (5)$$

«Сурхон-35» подстанциясида ёзги максимум юклама пайтида ўтказилган ҳисоб-китоб (формула 4–5 асосида) $K_{2U} = 1{,}8\%$ ни кўрсатди — бу GOST 32144-2013 нинг 2% нормал зона чегарасига яқин. Бироқ баъзи тармоқнинг учи ТП ларида $K_{2U} = 2{,}4 - 2{,}7\%$ гача етиши моделлаш натижаларида аниқланган, бу эса чегара қийматини ошиб кетишини кўрсатади.

ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР.

ETAP 21.0 va DIgSILENT PowerFactory 2025 муҳитларида қурилган тармоқ модели амалий ўлчовлар билан 0,7% дан кичик фарқ кўрсатган, бу моделнинг амалий ишлашини тасдиқлайди ва компенсация ечимларини симуляцияда баҳолаш учун этарли ишончлиликни таъминлайди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Hamidov R.Z., Abdullayev A.A., Ismoilov Sh.I. O‘zbekiston elektroenergetika tizimida reaktiv quvvat balansini tartibga solish // *O‘zbekiston texnika jurnali*. — 2022. — №3. — B. 45–52.

2. Nazarov N.N. *Elektroenergetika tizimlari va tarmoqlari*. — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2020. — 312 b.

3. Muxtorov B.M. Taqsimlovchi tarmoqlarda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish usullari // *Energetika* (O‘zbekiston). — 2023. — №2. — B. 18–24.

4. Toshmatov Q.T. Kondensator batareyalarini optimal joylashtirish // *Muhandislik va texnologiyalar*. — 2021. — №4. — B. 67–73.

ISSN 3030-3907

5. Mirzayev I.A. 6–10 kV tarmoqlarda kuchlanish tartiblanishi // *Avtomatika va elektrotexnika*. — 2022. — №1. — B. 34–41.
6. Karimov A.K., Tursunov D.B. Smart metering tizimlari va ularni joriy etish muammolari // *Telekommunikatsiyalar*. — 2023. — №2. — B. 12–19.
7. Vinogradov V.A. Kachestvo elektricheskoy energii v selyakh REES // *Elektrichestvo*. — 2021. — №4. — S. 34–42.
8. Kovalev N.F., Zhezhelenko I.V. *Pokazateli kachestva elektroenergii i ikh kontroly na promyshlennyh predpriyatiyah*. — Moskva: Energoatomizdat, 1986. — 168 s.
9. Zhelezko Yu.S. *Poteri elektroenergii. Reaktivnaya moщnost'. Kachestvo elektroenergii*. — Moskva: ENAS, 2009. — 456 s.
10. Fedorov A.A., Serbinovsky G.V. *Spravochnik po elektrosnabzheniyu promyshlennyh predpriyatiy*. — Moskva: Energiya, 1981. — 624 s.

ISSN 3030-3907

UO‘K 004.22

SUN’IY INTELLEKT ALGORITMLARI ASOSIDA XORIJIY TIL BILIM DARAJASINI ANIQLOVCHI INTELLEKTUAL PLATFORMANI ISHLAB CHIQISH

Nazarov Sh.E.
Buxoro davlat universiteti
Xushnazarov F.F.
Buxoro davlat universiteti
Ismatov B.R.
Buxoro davlat universiteti
Qobilov R.B.
Buxoro davlat universiteti

Annotatsiya. Maqolada sun’iy intellekt algoritmlari asosida xorijiy til bilim darajasini avtomatik aniqlash platformasining konseptual modeli va arxitekturasi tavsiflangan. Platformada tabiiy tilni qayta ishlash texnologiyalari yordamida foydalanuvchilarning til ko‘nikmalarini tahlil qilish, baholash hamda natijalarni saqlash mexanizmlari ko‘rib chiqilgan. Taklif etilgan yechim xorijiy til bilimini tezkor va obyektiv baholash imkonini beradi hamda ta’lim muassasalari va tashkilotlar uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, xorijiy til, platforma, IELTS, interaktiv vositalar, machine learning, tilni o‘rganish, konseptual model.

Аннотация. В статье описаны концептуальная модель и архитектура платформы для автоматического определения уровня владения иностранным языком на основе алгоритмов искусственного интеллекта. В платформе рассматриваются механизмы анализа, оценки и хранения результатов языковых навыков пользователей с использованием технологий обработки естественного языка. Предложенное решение обеспечивает быструю и объективную оценку уровня владения иностранным языком и имеет практическое значение для образовательных учреждений и организаций.

Ключевые слова: цифровые технологии, искусственный интеллект, иностранный язык, платформа, IELTS, интерактивные средства, машинное обучение, изучение языка, концептуальная модель.

Abstract. This article describes the conceptual model and architecture of a platform for the automatic assessment of foreign language proficiency based on artificial intelligence algorithms. The platform employs natural language processing technologies to analyze, evaluate, and store users' language performance results. The proposed solution enables fast and objective assessment of foreign language proficiency and has practical significance for educational institutions and organizations.

ISSN 3030-3907

Keywords: digital technologies, artificial intelligence, foreign language, platform, IELTS, interactive tools, machine learning, language learning, conceptual model.

KIRISH.

Bugungi raqamli asrda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining jadal rivojlanishi ta’lim tizimida yangi yondashuvlar va metodologiyalarni shakllantirishga olib keldi. Xususan, xorijiy tillarni o‘rganish jarayonida sun’iy intellekt vositalaridan foydalanish ta’lim samaradorligini oshirish, individual yondashuvni ta’minlash va o‘quvchilar bilim darajasini aniq baholash imkonini bermoqda. Bunday tizimlar foydalanuvchining talaffuzi, grammatik to‘g‘riligi, so‘z boyligi, mantiqiy bog‘liqlik va nutq oqimini tahlil qilib, aniq va ishonchli baho berish imkoniyatiga ega.

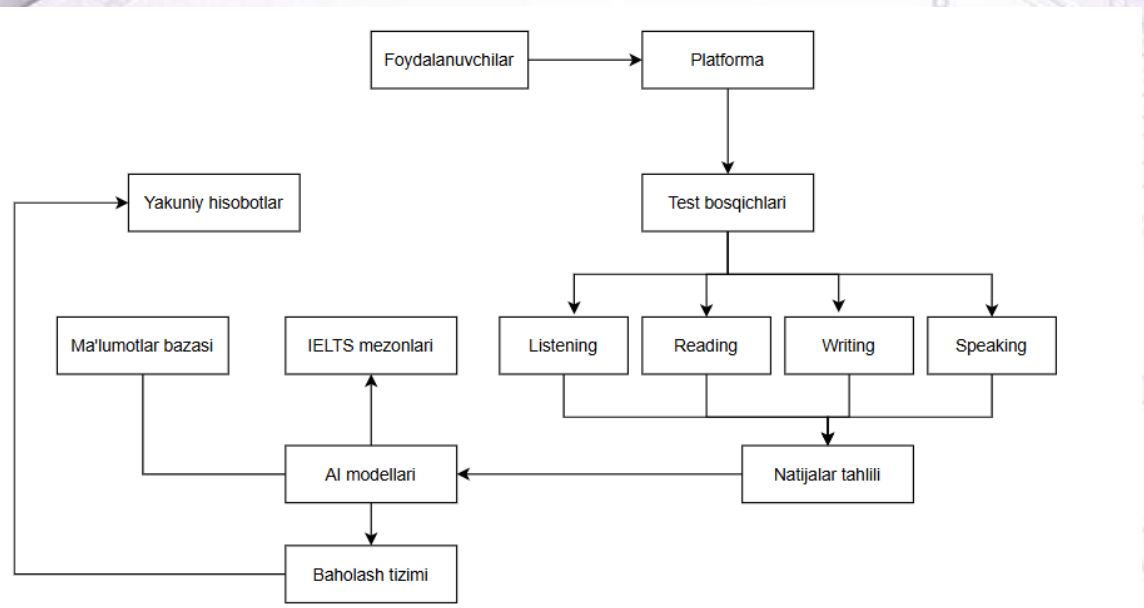
Sun’iy intellekt yordamida xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash hozirda dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Bu nafaqat ta’lim jarayonini raqamlashtirish, balki uning sifatini tubdan yaxshilash, har bir o‘quvchi uchun mos o‘quv strategiyasini ishlab chiqish imkonini ham beradi. Shu bilan birga, til o‘rgatish bo‘yicha xalqaro sertifikatlash tizimlari – CEFR (Common European Framework of Reference), IELTS, TOEFL kabi baholash mezonlariga mos ravishda avtomatik baholash tizimlarini ishlab chiqish ham hozirgi tadqiqotlarning asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Schmidt va Strasserning maqolasida [1] xorijiy tilni o‘rgatish jarayoniga sun’iy intellektni joriy etishdagi muhim muammo va istiqbollari tahlil qilingan. Ular ta'kidlaganidek, kelajakda SI yordamida har bir o‘quvchi uchun moslashtirilgan, avtomatlashtirilgan, lekin shaxsiy yondashuvga ega o‘quv tizimlarini yaratish ta’lim sifatini keskin oshirishi mumkin.

Maqola [2-3] mualliflar xorijiy tillarni o‘rganish sohasida raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt (SI)ning o‘zgartiruvchi salohiyati ko‘rib chiqiladi. Ular SI orqali moslashtirilgan, moslashuvchan, qamrovli va qiziqarli o‘quv muhiti yaratish mumkinligini ta’kidlaydilar. [4-5] tadqiqot ishlarida sun'iy intellektning asosiy tushunchalari, xususan mashinali o‘rganish (machine learning) va chuqur o‘rganish (deep learning) haqida fundamental nazariy bilimlarni taqdim etadi. Ushbu tushunchalar SI asosidagi til o‘rgatish tizimlarining texnik bazasini tashkil qiladi.

ASOSIY QISM. Arxitekturani tavsiflash uchun biz asosiy ob'ektlarni aniqlaymiz. Bularga foydalanuvchilar, platforma, test bosqichlari, listening, reading, writing, speaking, natijalalar tahlili, AI modellari, baholash tizimi, IELTS mezonlari yakuniy hisobotlar kiradi. Ro‘yxatga olingan ob'ektlar 1-rasmda ko‘rsatilganidek, munosabatlarga ega.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Sun'iy intellekt arxitekturasi yordamiida xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash platformasining asosiy konseptual modeli.

Sun'iy intellekt arxitekturasi yordamiida xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash platformasining konseptual modeliga asoslanib, 2-rasmda ko‘rsatilgandek platformaning sinf diagrammasini tuzamiz.



2-rasm. Sun'iy intellekt arxitekturasi yordamiida xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash platformasining sinf diagrammasi.

Sinf diagrammasidan ko‘rinib turibdiki, barcha sinflar ikkita maydon va usullarga ega bo‘lgan Exams tayanch sinfidan meros bo‘lib qoladi. Qolgan sinflar esa assotsiatsiya munosabatlariga ega. 1-jadvalda sinflarni tavsiflaymiz.

1-Jadval

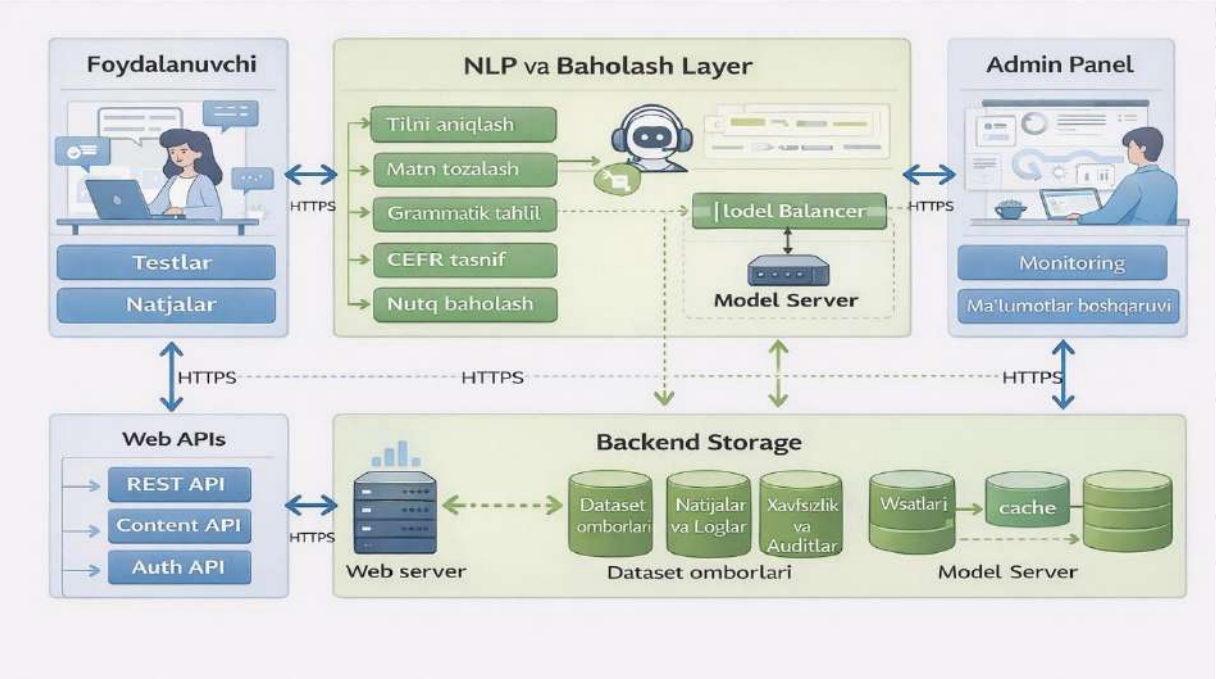
Xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash platformasining

ISSN 3030-3907

asosiy sinflari

Nomi	Tavsif
users	Foydalanuvchilarni (o‘quvchilar va administratorlar) saqlash uchun. Har bir foydalanuvchining ismi, familiyasi, elektron pochtasi, telefon raqami, va roli (o‘quvchi yoki admin) kiritiladi.
exams	Foydalanuvchilarning har bir sinov sessiyalarini saqlaydi. Sinov turi (akademik yoki umumiy ta'lim), jami ball va SI tomonidan baholanganligi kabi ma'lumotlar kiritiladi.
sections	Har bir sinovning Tinglash, O‘qish, Yozish, va Gapirish kabi bo‘limlarini saqlaydi. Har bir bo‘lim uchun ball va ishlatilgan SI model versiyasi kabi ma'lumotlar kiritiladi.
tasks	Har bir bo‘lim ichidagi vazifalarni (savollar) saqlaydi. Vazifaning turi, SI tomonidan qayta ishlanadigan kirish va chiqish ma'lumotlari, foydalanuvchi javobi va uning to‘g‘riligi kabi ma'lumotlar saqlanadi.
ai_models	Foydalanilgan SI modellarini va ularning turlarini saqlaydi. Har bir modelning nomi, turi, tavsifi va faolligi kabi ma'lumotlar kiritiladi.
feedbacks	Har bir vazifa uchun SI yoki admin tomonidan berilgan fikrlarni saqlaydi. Bu ma'lumotlar vazifaning qanday bajarilganligi haqida qo‘shimcha ma'lumot beradi.
admin_logs	Administratorlar tomonidan bajarilgan harakatlar uchun loglarni saqlaydi. Harakat turi, maqsadli jadval, va qilingan o‘zgartirishlar kabi ma'lumotlar kiritiladi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Xorijiy til baholash platformasining umumiy arxitekturasi (language-pro-ai)

Taklif etilgan arxitektura ko‘p qatlamli tuzilishga ega bo‘lib, foydalanuvchi interfeysi, NLP va baholash qatlami, veb xizmatlar hamda ma’lumotlarni saqlash infratuzilmasidan iborat. Arxitekturada tabiiy tilni qayta ishlash algoritmlari yordamida tilni aniqlash, grammatik tahlil va CEFR standartlari bo‘yicha baholash amalga oshiriladi. Natijalar markazlashgan ma’lumotlar omborida saqlanib, administrator paneli orqali nazorat qilinadi. Ushbu yondashuv xorijiy til bilim darajasini avtomatik, tezkor va ishonchli aniqlash imkonini beradi.



4-rasm. Texnologik stek va AI integratsiyasi

XULOSA. Ushbu maqolada sun’iy intellekt algoritmlari va tabiiy tilni qayta ishlash texnologiyalariga asoslangan xorijiy til bilim darajasini avtomatik aniqlovchi platformaning umumiy arxitekturasi taklif etildi. Ishlab chiqilgan model foydalanuvchi interfeysi, NLP va baholash qatlami, veb API xizmatlari,

ISSN 3030-3907

ma’lumotlar ombori hamda administrator boshqaruv modulidan iborat bo‘lib, tilni aniqlash, grammatik tahlil, CEFR darajalari bo‘yicha tasniflash va natijalarni saqlash jarayonlarini yagona tizimda integratsiyalash imkonini beradi.

Taklif etilgan arxitektura zamonaviy dasturiy ta’minotlarni loyihalash tamoyillariga asoslangan bo‘lib, tizimning kengaytiriluvchanligi, xavfsizligi va samaradorligini ta’minlaydi. Natijada, platforma xorijiy til bilim darajasini tezkor va obyektiv baholashga xizmat qiluvchi intellektual yechim sifatida nafaqat individual foydalanuvchilar, balki ta’lim muassasalari va tashkilotlar uchun ham amaliy ahamiyat kasb etadi. Kelgusida tizimni katta til modellari va adaptiv baholash mexanizmlari bilan boyitish orqali uning aniqligi va funksional imkoniyatlarini yanada oshirish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Schmidt T., Strasser T. Artificial intelligence in foreign language learning and teaching: a CALL for intelligent practice //Anglistik: International Journal of English Studies. – 2022. – T. 33. – №. 1. – C. 165-184.
2. Luckin R., Holmes W. Intelligence unleashed: An argument for AI in education. – 2016.
3. Nazarov Sh.E., Ismatov B.R., Xushnazarov F.F. Sun’iy intellekt arxitekturasi yordamida xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash tizimi // Fizika, matematika va sun’iy intellekt texnologiyalarining dolzarb muammolari xalqaro ilmiy-nazariy anjuman materiallari. – Buxoro, 2025. – B. 258–260.
4. Meurers D. Natural language processing and language learning //Encyclopedia of applied linguistics. – 2012. – C. 4193-4205.
5. Nazarov Sh.E., Ismatov B.R. Sun’iy intellekt arxitekturasi yordamida xorijiy tilni bilish darajasini aniqlash platformasining konseptual modelini ishlab chiqish // Ta’lim jarayonida innovatsion g‘oyalar va texnologiyalarni joriy qilish — zamonaviy ta’limning bosh strategiyasi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Buxoro, 2025. – B. 49–54.

ISSN 3030-3907

QISHLOQ XO‘JALIGI YER RESURSLARINI MONITORING QILISH VA BOSHQARISHNING SUN’IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN AXBOROT TIZIMI

Nazarov Sh.E.
Buxoro davlat universiteti
Qobilov R.B.
Buxoro davlat universiteti
B.R.Ismatov.
Buxoro davlat universiteti
F.F.Xushnazarov
Buxoro davlat universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada yer maydonlarini zamonaviy raqamli texnologiyalar yordamida avtomatlashtirilgan tarzda boshqarish imkonini beruvchi veb-platforma ishlab chiqilishi yoritilgan. Platformaning asosiy elementi sifatida taklif etilgan ketma-ket (sequence) diagramma bir nechta yer egalarining o‘zlariga biriktirilgan yer maydonlari bo‘yicha – yer egasining shaxsi, maydon hajmi, sug‘orilgan vaqti, o‘g‘itlangan sanasi hamda ishlov berilgan muddatlari kabi muhim agrotexnik ma’lumotlarni kiritish va saqlash imkonini beruvchi yagona tizim konsepsiyasini aks ettiradi.

Kalit so‘zlar: raqamli texnologiyalar, QR kodlar, veb-texnologiyalar, platforma, konseptual model, ma’lumotlarni boshqarish, yer maydonlari, bulutli hisoblash.

Abstract. This article presents the development of a web platform that enables automated management of agricultural land plots using modern digital technologies. The proposed sequence diagram serves as the core element of the platform and reflects the concept of a unified system that allows multiple landowners to enter and store important agrotechnical information related to their assigned land plots, including owner identification, plot area, irrigation dates, fertilization records, and cultivation periods.

Keywords: digital technologies, QR codes, web technologies, platform, conceptual model, data management, land plots, cloud computing.

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-платформы, обеспечивающей автоматизированное управление земельными участками с использованием современных цифровых технологий. В качестве основного элемента платформы предложена диаграмма последовательностей (Sequence Diagram), отражающая концепцию единой системы, позволяющей нескольким землевладельцам вводить и хранить важные агротехнические данные о закреплённых за ними земельных участках, включая сведения о владельце, площади участка, сроках орошения, датах внесения удобрений и периодах обработки.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: цифровые технологии, QR-коды, веб-технологии, платформа, концептуальная модель, управление данными, земельные участки, облачные вычисления.

KIRISH.

Hozirgi davrda qishloq xo‘jaligi sohasida raqamli texnologiyalarni tatbiq etish dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishlardan biriga aylangan. Yer resurslarini samarali boshqarish, hosildorlikni oshirish hamda agrotexnik jarayonlarda resurslardan oqilona foydalanish uchun avtomatlashtirilgan axborot tizimlarining ahamiyati ortib bormoqda. Raqamli texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan boshqaruv tizimlari qishloq xo‘jaligi faoliyatining umumiy samaradorligini oshirish, inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytirish hamda agroresurslar sarfini optimallashtirishga xizmat qilmoqda.

[1–5] manbalarda yer maydonlarini boshqarishda raqamli texnologiyalarning qo‘llanilishi, xususan monitoring va avtomatlashtirish jarayonlarining samaradorligi keng tahlil qilingan. Tadqiqotlarda yer egaligi, maydon holati va unga ishlov berish jarayonlarini elektron platformalar orqali qayd etish va kuzatib borish muhim omil sifatida ko‘rsatilgan. Yer uchastkalari haqidagi ma’lumotlarni markazlashtirilgan holda yig‘ish, ularni tahlil qilish hamda asosli va tezkor qarorlar qabul qilish imkoniyatlari yoritilgan. Ayniqsa, QR kod texnologiyasi orqali yer maydonlariga oid ma’lumotlarga tezkor kirishni ta’minlash imkoniyatlari muhokama qilingan bo‘lib, bu yondashuv ushbu maqolada ilgari surilgan g‘oyalar bilan uyg‘unlik kasb etadi.

Hindistonda qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish jarayoni “Digital Agriculture Mission 2021–2025” dasturi asosida amalga oshirilmoqda. Ushbu dastur kichik va mayda fermerlarni raqamli tizimlarga integratsiya qilishga qaratilgan. Mamlakatda joriy etilgan e-NAM (Electronic National Agriculture Market) platformasi fermerlar, savdogarlar va qayta ishlovchilarni yagona elektron bozorga birlashtiradi. Natijada qishloq xo‘jaligi mahsulotlari savdosi samaradorligi oshib, fermerlarning bozor narxlari haqidagi ma’lumotlarga ega bo‘lishi va mahsulotlarini adolatli narxlarda sotishi uchun imkoniyatlar yaratilgan [6].

MDH mamlakatlari: Rossiya, Qozog‘iston va Belarus tajribasi. Rossiya Federatsiyasida qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish bo‘yicha 2019-yilda “Raqamli qishloq xo‘jaligi” federal loyihasi ishga tushirildi. Loyiha doirasida yagona federal qishloq xo‘jaligi axborot tizimi (EFIS AGK) yaratildi. 2023-yil holatiga ko‘ra, ushbu tizimga Rossiyaning 81 ta mintaqasidagi 230 000 dan ortiq fermer xo‘jaligi ulangan [7].

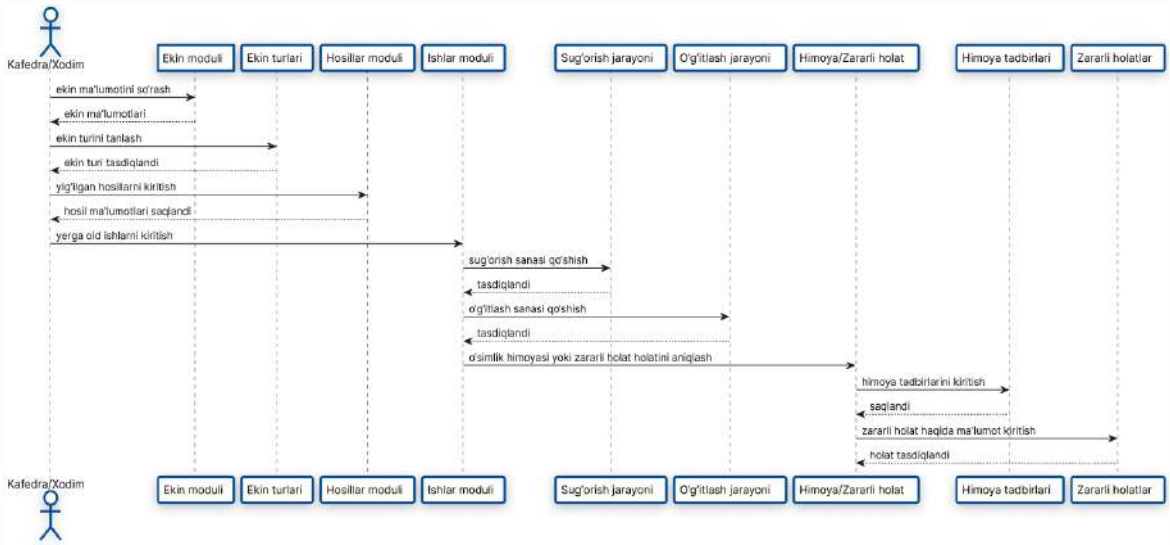
Xitoyda QR kod asosidagi qishloq xo‘jaligi monitoring tizimi eng keng miqyosda joriy etilgan. Xitoyning 2018-yilda boshlagan “One product, one code”dasturi doirasida barcha qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga noyob QR kod

ISSN 3030-3907

berilishi majburiy qilingan [8]. 2023-yil holatiga ko‘ra, Xitoyda 300 mln. dan ortiq qishloq xo‘jaligi mahsuloti partiyasi QR kod bilan belgilangan.

Xalqaro tajribani o‘rganish O‘zbekiston sharoitida qishloq xo‘jaligi yer maydonlarini monitoring qilish axborot tizimini loyihalashda muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. Turli mamlakatlarning tajribasini taqqoslash ushbu maqolaning asosiy maqsadi bo‘lib, olingan xulosalar keyingi maqolaning qismlarida ishlab chiqilayotgan tizimning arxitekturasi va funksionalligini asoslashda qo‘llaniladi.

ASOSIY QISM. Ta’lim va qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish sohasida ishlab chiqilgan ushbu ketma-ketlik (sequence) diagrammasi foydalanuvchi – Kafedra/xodim – va tizim komponentlari o‘rtasidagi funksional o‘zaro ta’sir jarayonlarini bosqichma-bosqich aks ettiradi. Diagramma asosida ekin turini tanlashdan boshlab hosil ma’lumotlarini kiritish, sug‘orish va o‘g‘itlash sanalarini belgilash, himoya tadbirlarini qayd etish hamda zararli holatlar haqida axborot kiritishgacha bo‘lgan barcha operatsiyalar bir tizimli ketma-ketlikda amalga oshiriladi.



1-rasm. Qishloq xo‘jaligida ekin ekiladigan yer maydonlari haqidagi ma’lumotlarni boshqarish va nazorat qilish tizimi ketma-ketlik (sequence) diagrammasi

Diagrammada Kafedra/Xodim (foydalanuvchi) rolida bitta aktyor ko‘rsatilgan bo‘lib, u tizimning to‘qqizta komponenti bilan muloqot qiladi: Ekin moduli, Ekin turlari, Hosillar moduli, Ishlar moduli, Sug‘orish jarayoni, O‘g‘itlash jarayoni, Himoya/Zararli holat, Himoya tadbirlari va Zararli holatlar. Diagrammaning to‘rtta asosiy bosqichi quyidagicha tahlil qilinadi:

1-bosqich — Ekin ma’lumotini so‘rash: Foydalanuvchi ekin ma’lumotini so‘raydi → tizim ekin ma’lumotlarini qaytaradi → foydalanuvchi ekin turini tanlaydi → tizim ekin turi tasdiqlanganini bildiradi. Bu bosqich Ekin va EkinTurlari modellari orasidagi FK munosabatiga mos keladi.

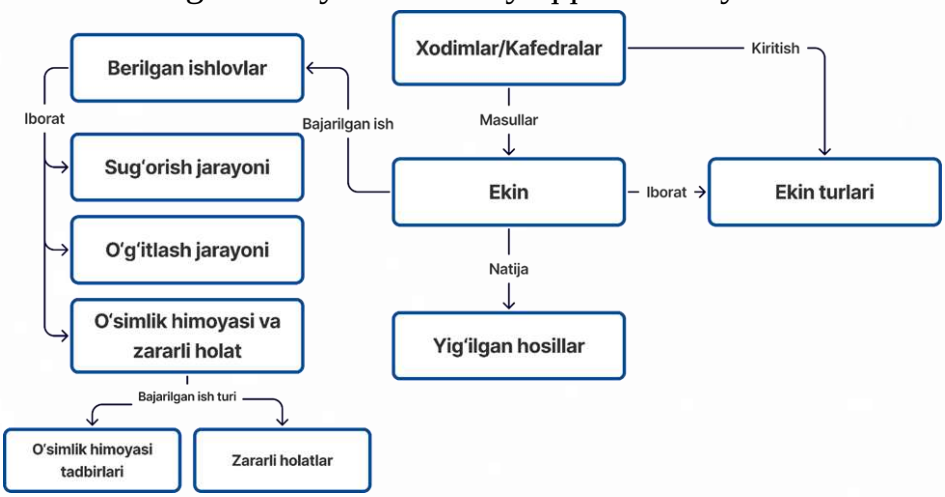
ISSN 3030-3907

2-bosqich — Hosil va ishlovlar: Foydalanuvchi yig‘ilgan hosillarni kiritadi → tizim hosil ma’lumotlari saqlangani haqida xabar beradi → foydalanuvchi yerga old ishlarni kiritadi. Bu YigilganHosillar va BerilganIshlovlar modellari bilan bog‘liq.

3-bosqich — Agrotexnik jarayonlar: Foydalanuvchi sug‘orish sanasini qo‘shadi → tizim tasdiqlaydi → foydalanuvchi o‘g‘itlash sanasini qo‘shadi → tizim tasdiqlaydi. SugorishJarayoni va UgitlashJarayoni modellari orqali amalga oshiriladi.

4-bosqich — O‘simlik himoyasi: Foydalanuvchi zararli holat holatini aniqlaydi → himoya tadbirlarini kiritadi → tizim saqlaydi → zararli holat haqida ma’lumot kiritadi → tizim holat tasdiqlanganini bildiradi. UsimlikHimoyasiTadbirlari va ZararliXolatlar orasidagi ko‘p-ko‘p munosabatni aks ettiradi.

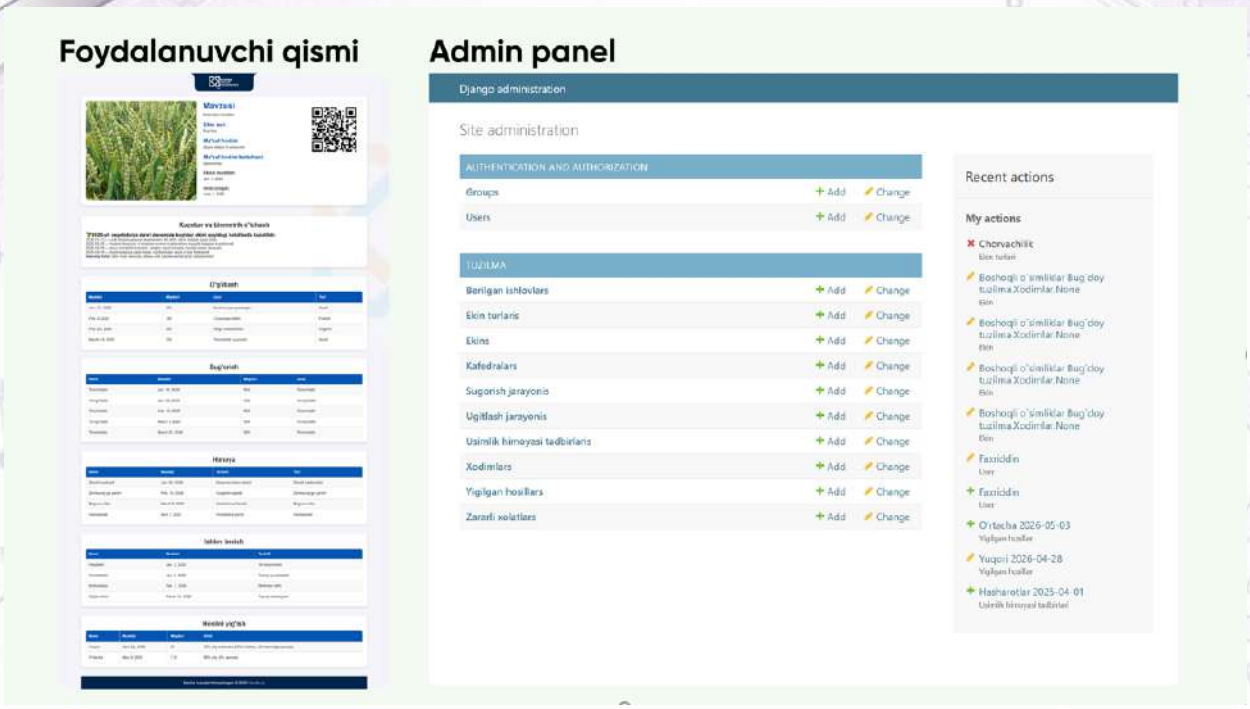
Tizim konseptual modeli: asosiy mohiyatlar va munosabatlar. Konseptual model diagrammasi tizimning barcha asosiy ob’ektlari va ular orasidagi mantiqiy aloqalarni ko‘rsatadi. 2-rasmda keltirilgan konseptual model diagrammasi tizimning umumiy tuzilishini yaqqol ifodalaydi:



2-rasm. Qishloq xo‘jaligi yer maydonlarini monitoring qilish tizimining konseptual modeli

Diagrammada har bir jarayon mohiyati Ekin bilan bir-ko‘p (1:N) munosabatda: bitta ekin uchastkasida bir nechta sug‘orish, o‘g‘itlash, ishlov va hosil yig‘ish hodisalari ro‘y berishi mumkin. Tashkiliy mohiyatlar esa ko‘p-ko‘p (M:N) munosabatda: bitta ekin uchastkasini bir nechta xodim va kafedra nazorat qilishi, shuningdek bitta xodim bir nechta ekin ustida ishlashi mumkin.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Qishloq xo‘jaligi yer maydonlarini monitoring qilish tizimining umumiy ko‘rinishi

Maqola doirasida ishlab chiqilgan tizimda QR kod texnologiyasidan foydalanish quyidagi sababga ko‘ra muhim ahamiyatga ega: tajriba uchastkalarida o‘sayotgan har bir ekin turi uchun alohida QR kod chop etiladi va u to‘g‘ridan-to‘g‘ri ekin yonida yoki uning yoniga o‘rnatilgan maxsus hududga joylashtiriladi. Bunday yondashuv foydalanuvchiga (kafedra xodimi, talaba, ekspert yoki tashrif buyuruvchi) joyga kelib, smartfon kamerasi orqali QR kodni skanerlagan zahoti, mazkur ekinga oid barcha ma’lumotlarni — ekishdan boshlab, hosilni yig‘ib olishgacha bo‘lgan tarixini — tezkor ravishda olish imkonini beradi. Bu jarayon o‘rtacha 3–5 soniya davomida amalga oshadi va foydalanuvchidan hech qanday qo‘shimcha kuch sarflashni talab qilmaydi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda ushbu maqolada yer egalari uchun yer maydonlari haqidagi ma’lumotlarni boshqarish va nazorat qilish tizimi ketma-ketlik (sequence) diagrammasi, konseptual modeli va tizimning umumiy ko‘rinishi haqida so‘z boradi. Ushbu tizim har bir yer egasiga o‘ziga tegishli maydon haqida ma’lumotlarni kiritish, yangilash va real vaqt rejimida kuzatib borish imkoniyatini yaratadi. Ushbu yondashuv qishloq xo‘jaligi yerlarini boshqarishda zamonaviy raqamli texnologiyalarni qo‘llash samaradorligini oshirib, agrotexnik jarayonlarni yanada tizimli va optimallashtirilgan holga keltirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Yang F. et al. A cloud-based digital farm management system for vegetable production process management and quality traceability //Sustainability. – 2018. – Т. 10. – №. 11. – С. 4007.

ISSN 3030-3907

2. Dey S. et al. FoodSQRBlock: Digitizing food production and the supply chain with blockchain and QR code in the cloud //Sustainability. – 2021. – T. 13. – №. 6. – C. 3486.
3. Morais R., Rosado da Cruz A. M., Cruz E. F. Fruit and vegetables blockchain-based traceability platform //Computers. – 2024. – T. 13. – №. 5. – C. 112.
4. Kenney M., Serhan H., Trystram G. Digitalization and platforms in agriculture: organizations, power asymmetry, and collective action solutions. – ETLA Working Papers, 2020. – №. 78.
6. Bobomurodova Sh.Sh., Tursunov A.A., Tursunov R.I., Bozorov A.S., Tozaboyeva S.M. Qishloq xo‘jaligi yerlari va ekinlarini monitoring qilish tizimini raqamlashtirish hamda takomillashtirish // Экономика и социум. 2024. №4-1 (119).
7. Ministry of Agriculture & Farmers Welfare, India. Digital Agriculture Mission 2021–2025: Progress Report. – New Delhi, 2023.
8. Fedorov V.V. et al. Cifrovaya transformaciya sel’skogo xozyajstva v stranax EAES // Ekonomika i upravlenie. – 2023. – №3. – S. 45–58.
9. Zheng L., Ji R., Wang M., Chen Y., Li M. Design and Application of Traceable Unified Coding Scheme for Agricultural Products // Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2019. – Vol. 50. – P. 385–392.

ISSN 3030-3907

SHIFER ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDA ELEKTR ENERGIYASI ISTE'MOLINI ME'YORLASHNING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI

Y.O. Ochilov
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, Qarshi sh., O'zbekiston
O.E. Babayev
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, Qarshi sh., O'zbekiston
E-mail: yunusbekochilov1@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ishda sanoat korxonalarida, xususan, uzluksiz ishlab chiqarish jarayonlariga ega metallurgiya korxonalarida elektr energiyasi iste'molini me'yorlash va uning samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta'sir etuvchi omillar tizimli ravishda tahlil qilinib, ularni asosiy va yordamchi guruhlarga ajratish asosida baholash yondashuvi taklif etilgan. Tadqiqot jarayonida matematik statistika va ko'p omilli regressiya usullaridan foydalanilib, elektr energiyasi sarfini aniqlashning adekvat modeli ishlab chiqilgan. Amaliy ma'lumotlar asosida modelning yuqori aniqligi isbotlangan bo'lib, o'rtacha xatolik darajasi 1,9% ni tashkil etishi aniqlangan. Shuningdek, energiya samaradorligini oshirish va energiya xarajatlarini kamaytirish bo'yicha kompleks tashkiliy-texnik chora-tadbirlar ishlab chiqilgan. Olingan natijalar sanoat korxonalarida energiya tejash zaxiralarini aniqlash, elektr energiyasidan oqilona foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: elektr energiyasi, solishtirma energiya sarfi, energiya samaradorligi, me'yorlash tizimi, regressiya modeli, matematik statistika, energetik omillar, texnologik omillar, ekspluatatsion omillar, metallurgiya korxonalari, energiya tejash, ishlab chiqarish samaradorligi, korrelyatsiya tahlili, energiya iste'moli, matematik modellashtirish.

Аннотация. В данной работе исследованы вопросы нормирования потребления электрической энергии и повышения эффективности её использования на промышленных предприятиях, в частности на металлургических предприятиях с непрерывным производственным циклом. Систематически проанализированы факторы, влияющие на удельный расход электрической энергии, и предложен подход к их оценке на основе разделения на основные и вспомогательные группы. В ходе исследования с использованием методов математической статистики и многофакторного регрессионного анализа разработана адекватная модель определения расхода электрической энергии. На основе практических данных доказана высокая точность модели, при этом установлено, что средний уровень погрешности составляет 1,9 %. Кроме того, разработан комплекс организационно-

ISSN 3030-3907

технических мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности и снижение энергетических затрат. Полученные результаты имеют важное значение для выявления резервов энергосбережения на промышленных предприятиях, рационального использования электрической энергии и повышения эффективности производства.

Ключевые слова: электрическая энергия, удельный расход энергии, энергоэффективность, система нормирования, регрессионная модель, математическая статистика, энергетические факторы, технологические факторы, эксплуатационные факторы, металлургические предприятия, энергосбережение, эффективность производства, корреляционный анализ, энергопотребление, математическое моделирование.

Abstract. This study investigates the issues of standardizing electricity consumption and improving energy efficiency in industrial enterprises, particularly in metallurgical plants with continuous production processes. The factors influencing specific electricity consumption are systematically analyzed, and an assessment approach based on their classification into primary and auxiliary groups is proposed. Using methods of mathematical statistics and multivariate regression analysis, an adequate model for determining electricity consumption was developed. Based on practical data, the model demonstrated a high level of accuracy, with an average error rate of only 1.9%. In addition, a comprehensive set of organizational and technical measures aimed at improving energy efficiency and reducing energy costs was developed. The obtained results are of significant importance for identifying energy-saving reserves, ensuring the rational use of electrical energy, and enhancing production efficiency in industrial enterprises.

Keywords: electrical energy, specific energy consumption, energy efficiency, standardization system, regression model, mathematical statistics, energy factors, technological factors, operational factors, metallurgical enterprises, energy saving, production efficiency, correlation analysis, energy consumption, mathematical modeling.

KIRISH.

Har qanday sanoat korxonasida, xususan, ishlab chiqarish uzluksiz xarakterga ega bo‘lgan sanoat korxonasida solishtirma energiya sarfini kamaytirishning asosiy yo‘nalishlaridan biri me’yorlashning progressiv tizimidir. Sanoat korxonasining progressiv me’yorlash tizimi quyidagilarni o‘z ichiga oladi.

- elektr energiyasining solishtirma sarfi ko‘rsatkichining ilmiy asoslangan qiymatlari va ularning shakllanish qonuniyatlari,

- elektr energiyasi sarfini me’yorlash jarayonida foydalaniladigan tashkiliy-uslubiy va yo‘riqnoma hujjatlar,

ISSN 3030-3907

- ishlab chiqarish jarayonida elektr energiyasi iste'moli samaradorligini oshirishga qaratilgan tashkiliy-texnik tadbirlar.

Mamlakatimizda bugungi kunda sanoat korxonalarida elektr energiyasi iste'molini me'yorlashning zamonaviy holati tahlili shuni ko'rsatadiki, sovet davrida (1979-yil) qabul qilingan me'yoriy hujjatlar qo'llanilib, ular bugungi kun talablariga javob bermaydi.

Mamlakat iqtisodiyotining postsovet davridagi jadal rivojlanishi sanoat korxonalarining ishlab chiqarish jarayonlariga avtomatlashtirishning joriy etilishi bilan ta'minlandi. Biroq, mahalliy mahsulot ishlab chiqarishning energiya sarfi yuqori darajada saqlanib qolayotgani ushbu hujjatni yangilash masalasini qo'ymoqda. Shu maqsadda O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligining "O'zneftgazinspeksiya" va "O'zenergoinspeksiya" tashkilotlari

O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyot tarmog'ida yoqilg'i-energetika resurslarini me'yorlash tartibi ishlab chiqilgan.

Ushbu dissertatsiya muallifi ushbu hujjatni ishlab chiqishda ishtirok etdi va ushbu Tartibga muallif tomonidan ishlab chiqilgan va takomillashtirilgan uslublar asosida hisoblangan ishlab chiqarilayotgan mahsulot birligiga elektr energiyasi sarfi me'yorlarini aniqlash metodikasini kiritish taklifini oldi.

Qabul qilingan hujjat sanoat korxonalarida turli xil energiya iste'molini ratsionalizatsiya qilish bo'yicha yagona uslubiy yondashuvni belgilaydi. Bundan tashqari, mazkur Tartib korxonalar tomonidan ishlab chiqariladigan mahsulot turlari bo'yicha yoqilg'i-energetika resurslari (YOER) sarfini qisqartirishning tashkiliy chora-tadbirlari va standartlarini belgilovchi tarmoq metodikalari va uslubiy ko'rsatmalarni ishlab chiqish va tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur Tartib 2020-yil 1-noyabrdan amalga kiritilgan, 2021-yil 1-yanvardan esa iqtisodiyot tarmoqlarida yoqilg'i-energetika resurslari iste'moli to'g'risidagi ma'lumotlar har chorakda tahlil qilinadi.

ASOSIY QISM.

Elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta'sir etuvchi omillarni baholash usuli.

Elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish va energiya tejash zaxiralarini aniqlash masalasini hal qilishda mahsulot ishlab chiqarish uchun elektr energiyasining ilmiy asoslangan solishtirma sarfini aniqlash asosiy rol o'ynaydi. Elektr energiyasi solishtirma sarfining ilmiy asoslangan me'yorlari korxonaning elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojini yuqori aniqlikda aniqlash imkonini beradi. Bunda elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi ham asosiy, ham yordamchi omillarni hisobga olish zarur. Ularning elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta'sir darajasini aniqlash uchun ehtimollar nazariyasi va matematik statistika usullari qo'llaniladi [1, 2].

ISSN 3030-3907

Solishtirma elektr iste'moli miqdorini quyidagi ko'rinishdagi ko'phad bilan ifodalash mumkin:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \cdots + a_nx_n\ , \qquad (1)$$

bu yerda $Y = d$ - yakuniy mahsulotni ishlab chiqarishda elektr energiyasining solishtirma sarfi, kVt·soat/t; a_0, a_1, a_2, a_3, ..., a_n - regressiya tenglamasining koeffitsiyentlari; $x_0, x_1, x_2, x_3..., x_n$ - ta'sir etuvchi omillar.

Avval bajarilgan ishlar natijalarini tahlil qilish natijalariga ko'ra [3, 4] va belgilangan muammoni hal qilish uchun taklif etilayotgan yondashuvlarni hisobga olgan holda, dissertatsiya muallifi barcha ta'sir etuvchi omillarni (energetik, texnologik, ekspluatatsion va boshqalar) ikki guruhga, asosiy va yordamchi [5, 6]:

- texnologik sxemaning xususiyatlari,
- uskunaning texnologik rejimi,
- unumdorlik,
- mahsulot sifati,
- xomashyo sifati,
- uskunaning texnik holati,
- uning yuklanish darajasi.

Yordamchi omillar Elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta'sir qiluvchi omillar quyidagilardir: mavsumiylik, mahsulot va xomashyo sifatining tasodifiy o'zgarishlari, texnologiyadan tasodifiy og'ishlar, uskunalar holatining o'zgarishi, atrof-muhit parametrlarining o'zgarishi.

Avvalgi ishlarda mutlaq va solishtirma elektr iste'molini hisoblashda faqat ikkita asosiy omil - soatlik unumdorlik va ishlab chiqarilayotgan mahsulot hajmi hisobga olingan edi. Real sharoitlarda esa iste'mol qilinayotgan quvvat va energiya miqdoriga tasodifiy va vaqtincha ta'sir etuvchi boshqa omillarning talaygina soni sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bunday omillarga quyidagilar kiradi: atrof-muhit yoki qayta ishlash mahsulotlarining harorati, namlik va qayta ishlash mahsulotlarining yirikligi, materialning qattiqligi va boshqalar.

Matematik statistika usullari muvofiqlik mezonlari yordamida o'zgaruvchan mahsulot assortimenti sharoitida elektr energiyasi iste'moli samaradorligini obyektiv baholash va energetik, texnologik va ekspluatatsion omillarning elektr energiyasi iste'moli ko'rsatkichlariga ta'sirini baholash imkonini beradi[7, 8].

Har bir omilning ta'sirini alohida-alohida tadqiq qilish bilan birga, ularning birgalikdagi ta'sirini baholash zarur, chunki ishlab chiqarish sharoitida barcha omillar o'zaro bog'liq va bir vaqtda ta'sir ko'rsatadi. Energetik parametrlarni tahlil qilish, tasniflash va hisoblash uchun matematik statistika usullarini qo'llash o'zaro bog'liq bo'lgan turli xil energetik, texnologik va ekspluatatsion omillarning ko'pligi bilan murakkablashadi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, qo‘yilgan masalani yechishning barcha mavjud usullaridan regressiya qadamli usulidan foydalanish maqsadga muvofiq.

Bu usul hisoblash nuqtayi nazaridan tejamkor bo‘lib, barcha mumkin bo‘lgan regressiya usuli, istisno usuli jihatlarini o‘z ichiga oladi, shuningdek, amaliy foydalanish uchun yaroqli bo‘lgan o‘rganilayotgan obyektning adekvat matematik modelini olish imkonini beradi [9].

Taklif etilayotgan usul metallurgiya korxonasining po‘lat eritish ishlab chiqarishida elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta’sir etuvchi omillarni tahlil qilishda sinovdan o‘tkazildi.

Olingan hisob-tajriba ma’lumotlari va 2018-2020-yillar oralig‘idagi operativ ma’lumotlar asosida 874 ta po‘lat eritishning statistik tahlili o‘tkazildi (P 3.3). Birlamchi ma’lumotlarni tanlash mezonlariga ko‘ra, keyingi statistik ishlov berish uchun faqat 598 ta suyuqlanma tanlab olindi (P 3.4). [9].

Tahlil natijalariga ko‘ra, quyidagi omillar inobatga olindi:

Φ_1 - pechning yuklanishi, t;
Φ_2 - yuklab jo‘natilgan metall miqdori, t;
Φ_3 - yuklanayotgan metall shixtaning massasi, t;
Φ_4 - metall eritish davomiyligi, daqiqa;
Φ_5 - tok ostida ishlash davomiyligi, daqiqa;
Φ_6 - birlamchi shixtadagi yirik lomning ulushi, %;
Φ_7 - birlamchi shixtadagi o‘rtacha lomning ulushi, %;
Φ_8 - birlamchi shixtadagi mayda lomning ulushi, %;
Φ_9 - pechning to‘xtab turish davomiyligi, daqiqa;
Φ_{10} – eritish massasi, t.

1-jadval

Texnologik liniyalar bo‘yicha elektr energiyasining solishtirma va mutlaq sarflari me’yorlarining yiriklashtirilgan ko‘rsatkichlari.

№	Mahsulot ishlab chiqarishning texnologik liniyasi	P, t	P^I, t	W, ming kVt/oy	±W, ming kVt/oy	d, kVt/t	± d, kVt·soat/t
1	P10	3500	4500	420	±30	110	±7
2	P12	3500	4500	600	±30	90	±6
3	P14	3500	4500	720	±30	100	±9
4	P18	3500	4500	770	±20	90	±10
5	P20	3500	4500	830	±10	110	±7

2-jadval

Omillarning korrelyatsion matritsasi

ISSN 3030-3907

Факторы	e	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7	Φ_8	Φ_9	Φ_{10}
e	1,000	0,129	0,149	0,220	0,457	0,921	0,005	-0,025	0,024	0,921	1,000
Φ_1	0,129	1,000	0,793	0,567	0,028	0,134	-0,006	0,012	-0,011	0,134	0,129
Φ_2	0,149	0,793	1,000	0,701	0,070	0,153	-0,042	-0,002	0,009	0,153	0,149
Φ_3	0,220	0,567	0,701	1,000	0,125	0,227	-0,026	-0,001	0,006	0,227	0,220
Φ_4	0,457	0,028	0,070	0,125	1,000	0,497	0,053	-0,003	-0,005	0,497	0,457
Φ_5	0,921	0,134	0,153	0,227	0,497	1,000	0,032	-0,013	0,008	1,000	0,921
Φ_6	0,005	-0,006	-0,042	-0,026	0,053	0,032	1,000	-0,125	-0,034	0,032	0,005
Φ_7	-0,025	0,012	-0,002	-0,001	-0,003	-0,013	-0,125	1,000	-0,987	-0,013	-0,025
Φ_8	0,024	-0,011	0,009	0,006	-0,005	0,008	-0,034	-0,987	1,000	0,008	0,024
Φ_9	0,921	0,134	0,153	0,227	0,497	1,000	0,032	-0,013	0,008	1,000	0,921
Φ_{10}	1,000	0,129	0,149	0,220	0,457	0,921	0,005	-0,025	0,024	0,921	1,000

ISSN 3030-3907

Natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, yuqorida keltirilgan omillar nafaqat elektr po‘lat eritish ishlab chiqarishida, balki barcha metallurgiya korxonalarida asosiy hisoblanadi. Hisob-kitoblarning aniqligini oshirish maqsadida ko‘p omilli regressiya usuli yordamida eng muhim omillar aniqlandi. Bunda olingan natijalar 3.2-jadvalda keltirilgan[10].

3.1-jadval ma’lumotlari asosida xulosa qilish mumkinki, qolgan omillarning (Φ_1, Φ_2, Φ_3, Φ_4, Φ_6, Φ_7, Φ_8) ta’siri ahamiyatsiz va beqaror bo‘lib, korrelyatsiya koeffitsiyentlari 0,02-0,46 oralig‘ida bo‘ladi.

Matematik model bo‘yicha asosiy ta’sir etuvchi omillarga bog‘liq holda elektr iste’molining solishtirma sarfi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$e=B_0+B_1\Phi_5-B_2\Phi_9+B_3\Phi_{10} \quad (2),$$

bu yerda: Φ_5 - tok ostida ishlash davomiyligi, Φ_9 - pechning to‘xtab turish davomiyligi, Φ_{10} - eritish massasi,

B_0, B_1, B_2, B_3 – regressiya tenglamasining olingan koeffitsiyentlari.

(3.36) ifodada regressiya tenglamasining B_0, B_1, B_2, B_3 koeffitsiyentlari noma’lumligicha qoladi. Bu koeffitsiyentlar eng kichik kvadratlar usulini qo‘llash orqali aniqlanadi; bunda (3.7) matematik model quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$e=257965{,}576+2838{,}082\Phi_5-405{,}456_2\Phi_9+1621{,}012\Phi_{10}. \quad (3)$$

Modelning adekvatligi Fisher mezoni bo‘yicha tekshiriladi.

$$F_{hisob}>F_{jadval}: \qquad 594>434.$$

Ushbu shartning bajarilishi ishlab chiqilgan modelning yuqori darajadagi adekvatligini ko‘rsatadi, unga ko‘ra ta’sir etuvchi omillarni hisobga olgan holda elektr energiyasining solishtirma sarfining hisobiy qiymatlarini aniqlash mumkin.

(3.8) yordamida po‘lat eritishda elektr energiyasining solishtirma sarfining hisobiy qiymatlari aniqlanadi. 3.3-jadvalda 3.2-rasmda grafik ko‘rinishda ko‘rsatilgan haqiqiy va hisoblangan ma’lumotlarning qiyosiy tahlili amalga oshiriladi. Bunda 3.4-band bo‘yicha faktik ma’lumotlar sifatida 10 ta protokol suyuqlanmalari tanlandi[11].

3-jadval.

Po‘lat eritishda solishtirma elektr energiyasi sarfining haqiqiy va hisoblangan qiymatlari.

№ P/P	Elektr energiyasining solishtirma sarfi haqiqatda, ming kVt·soat	Modellashtiruvchilarning solishtirma elektr energiyasi sarfi ming kVt·soat/t	Prognoz xatoligi	
			Mutlaq, kVt·soat	Nisbiy, %
1	460	467	7	1,5
2	493	488	-5	-1,0

ISSN 3030-3907

3	476	460	-16	-3,4
4	488	495	7	1,4
5	465	470	5	1,1
6	485	480	-5	-1,0
7	493	490	-3	-0,6
8	476	480	4	0,8
9	498	500	2	0,4
10	491	493	2	0,4

Haqiqiy va hisobiy qiymatlar xatoligi grafigining tahlili (3.3-rasm) shuni ko‘rsatadiki, haqiqiy va hisobiy qiymatlar o‘rtasidagi o‘rtacha og‘ish 1,9% oralig‘ida bo‘lib, bu po‘lat eritishda elektr energiyasining solishtirma sarfini aniqlash uchun ishlab chiqilgan matematik modelning yuqori adekvatligini ko‘rsatadi. Shu munosabat bilan uni elektr energiyasi solishtirma sarfining hisobiy qiymatlarini aniqlashda, xususan, elektr po‘lat eritish ishlab chiqarishida qo‘llash mumkin[12].

Keltirilgan usul energetik ko‘rsatkichlarga ta’sir etuvchi turli xil omillar orasidan eng muhimlarini ajratib olish va ularning har biriga tegishli baho berish imkonini beradi. Shuningdek, u yuqorida keltirilgan barcha hisob-kitob variantlari uchun yagona hisoblanadi va solishtirma elektr iste’moli me’yorlarining tegishli natijaviy hisob-kitoblariga kiritilgan.

Shunday qilib, elektr energiyasining solishtirma sarfini aniqlashning taklif etilayotgan matematik modeli yetarli darajada adekvat bo‘lib, ta’sir etuvchi omillarni hisobga olish elektr energiyasining solishtirma sarfini hisoblashning yuqori aniqligini ta’minlaydi[13].

Olingan samaradorlik va ilmiy natija

Uzluksiz ishlab chiqarish xususiyatiga ega korxonalarda energiya xarajatlarini kamaytirish.

Tadqiqot natijasida sanoat korxonalarida elektr energiyasi iste’molini baholash va me’yorlashning takomillashtirilgan yondashuvi ishlab chiqildi. Elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta’sir etuvchi omillar tizimli ravishda tahlil qilinib, ularni asosiy va yordamchi guruhlarga ajratish orqali baholash metodikasi taklif etildi. Bu yondashuv energiya iste’moliga ta’sir qiluvchi omillarni chuqurroq aniqlash va ularning o‘zaro bog‘liqligini hisobga olish imkonini berdi.

Ko‘p omilli regressiya usulidan foydalanish asosida elektr energiyasi solishtirma sarfini aniqlovchi matematik model ishlab chiqildi. Hisob-kitoblar natijasida eng muhim ta’sir etuvchi omillar sifatida tok ostida ishlash davomiyligi, pechning to‘xtab turish vaqti hamda eritma massasi aniqlanib, ular energiya sarfiga

ISSN 3030-3907

bevosita kuchli ta’sir ko‘rsatishi isbotlandi. Modelning adekvatligi Fisher mezoni asosida tasdiqlanib, uning yuqori ishonchliligi aniqlandi.

Taklif etilgan model asosida amalga oshirilgan hisoblashlar natijasida haqiqiy va hisobiy qiymatlar orasidagi o‘rtacha og‘ish atigi 1,9% ni tashkil etgani aniqlanib, bu modelning amaliy qo‘llash uchun yuqori aniqlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Mazkur natija energiya iste’molini prognozlash va rejalashtirish jarayonlarida aniqlikni sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

Shuningdek, ishlab chiqilgan metodika asosida sanoat korxonalarida energiya sarfini kamaytirish bo‘yicha samarali tashkiliy-texnik chora-tadbirlar yo‘nalishlari taklif etildi. Ushbu yondashuv energiya tejash zaxiralarini aniqlash, energiya resurslaridan oqilona foydalanish hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi[14].

Umuman olganda, tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida elektr energiyasi iste’molini optimallashtirish, energiya samaradorligini oshirish va zamonaviy me’yorlash tizimini shakllantirish uchun ilmiy asoslangan yechim sifatida tavsiya etiladi3.4-rasmda keltirilgan yo‘nalishlar barcha korxonalar uchun maqbul bo‘lib, ularning har biri doirasida amalga oshiriladigan tadbirlar ishlab chiqarish uzluksiz xarakterga ega bo‘lgan sanoat korxonalari uchun ham samarali hisoblanadi. Quyida har bir yo‘nalishning batafsil tavsifi keltirilgan.

"Elektr energiyasi isrofini kamaytirish" yo‘nalishida amalga oshirilgan chora-tadbirlar tahlili (3.5-rasm) shuni ko‘rsatadiki, ularni amalga oshirish korxonaning energiya iste’molini o‘rtacha 3-5% ga kamaytirish imkonini beradi.

Masalan, qora metallurgiyada po‘lat eritishda kuchlanishning nominal qiymatini ta’minlash quvvat isrofini sezilarli darajada kamaytiradi. Bundan tashqari, ishlab chiqarish uzluksiz xarakterga ega bo‘lgan sanoat korxonalarida 80% uskunalar ishlab chiqarish jarayonining asosiy texnologik uskunalari hisoblanadi. Sifatli joriy va oraliq ta’mirlashlar nafaqat elektr energiyasi sarfini kamaytiradi, balki uskunaning xizmat muddatini ham uzaytiradi [15].

XULOSALAR. Sanoat korxonalarining energiya samaradorligini elektr energiyasi sarfining mahsulot ishlab chiqarish hajmiga nisbatan ekspert baholash usuli hisoblangan va haqiqiy solishtirma xarajatlar o‘rtasida sezilarli xatolikka olib keladi. Demak, energiya samaradorligining asosiy ko‘rsatkichlaridan biri bo‘lgan elektr energiyasi iste’molini me’yorlashda qo‘llaniladigan mavjud usullar bugungi kun talablarini qondirmaydi.

2.Regressiya-korrelyatsiya usuli yordamida elektr energiyasining solishtirma sarfi ko‘rsatkichini aniqlashda eng ko‘p ta’sir etuvchi omillar aniqlandi. Hisoblash natijalari shuni ko‘rsatdiki, ko‘plab ta’sir etuvchi omillarni hisobga olish elektr energiyasi sarfining solishtirma ko‘rsatkichini aniqlashdagi xatolikni oshirishi mumkin.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR

1. Fayziyev, M., Tuychiev, F., Mustayev, R., & Ochilov, Y. (2023). Development and research of non-contact starting devices for electric consumers and motors. In E3S Web of Conferences (Vol. 384, p. 01038). EDP Sciences.
2. Fayziyev, M., Ochilov, Y., Nimatov, K., & Mustayev, R. (2023). Analysis of payment priority for electricity consumed in industrial enterprises on the base of classified tariffs. In E3S Web of Conferences (Vol. 384, p. 01039). EDP Sciences.
3. Mirzanovich, B. T., & Bakhriddinovich, N. K. (2022). Investigating Insects with Light Diode Lights for Fish Food. The Peerian Journal, 6, 75-80.
4. Tashatov, A. K., Beytullayeva, R. X., Ungbayevich, T. T., Pardayevich, U. A., & Yunus, O. (2020, September). Comparison of parameters of heteroepitaxial structures. In IOP Conference Series. Materials Science and Engineering (Vol. 919, No. 2). IOP Publishing.
5. Makhmutkhanov, S., Ochilov, Y., Nurov, H., & Kurbonazarov, S. (2024, June). Increasing the environmental cleanness of industrial enterprises. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1). AIP Publishing.
6. Бобожанов, М. К., Эшмуродов, З. О., & Очилов, Ю. О. (2023). Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланган ҳолда, дифференциаллашган тарифларга уланган истеъмолчилар самарадорлигини оширишни тадқиқ қилиш. Journal of Advances in Engineering Technology, (4), 55-59.
7. Бейтуллаева, Р. Х., Очилов, Ю. О., Курбонов, Н. А., & Мухаммадиев, Ш. М. (2020). ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО НАПРЯЖЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-10 КВ. ББК 72 П115, 17.
8. Бейтуллаева, Р. Х., Тошев, Т. У., & Бобоназаров, Б. С. (2019). ТРЕБОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ. In Colloquium-journal (No. 9-2, pp. 29-29). Голопристанський міськрайонний центр зайнятості= Голопристанский районный центр занятости.
9. Очилов, Ю. О., & Бегимқулов, С. А. (2025). МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ВА ДИФФЕРЕНЦИАЛЛАШГАН ТАРИФЛАР ОРҚАЛИ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ. Ilm fan taraqqiyotida raqamli iqtisodiyot va zamonaviy ta'limning o‘rni hamda rivojlanish omillari, 6(1), 56-63.
10. Fayziyev, M., Bobojanov, M., & Ochilov, Y. (2022). ELEKTR ENERGIYA UCHUN TO ‘LOVLARNI TABAQALASHTIRILGAN TARIFLAR ASOSIDA TO ‘LASH SAMARADORLIGINING TAHLILI. Innovatsion texnologiyalar, 47, 7-10.

ISSN 3030-3907

11. Ochilov, Y. O., & Saparov, A. X. (2025). SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN INDUSTRY AND ENERGY: ANALYSIS OF GREEN SOLUTIONS AND CALCULATION METHODS.
12. Ochilov, Y. (2022). IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF OIL WELLS BY ELECTRICAL PROCESSING BOTTOM-HOLE ZONE. Science and innovation, 1(A7), 384-389.
13. Shevelyov, A. A., Ashurov, F. R., Kantarbayev, S. U., Xo‘janazarov, S. A., & Ochilov, Y. O. (2025). TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN THE FIELD OF UNMANNED SYSTEMS: CREATION OF HIGHLY MANEUVERABLE DRONES. FARS International Journal of Education, Social Science & Humanities., 13(6), 254-261.
14. Bobojanov, M., & Ochilov, Y. (2023). A COMPLETE ANALYSIS OF THE MODULE PROGRAM TO ASSESS THE REDUCTION OF ELECTRICITY EMISSIONS IN DISTRIBUTION TRANSFORMERS WITH EXTENSIVE USE OF THE DIFFERENTIAL TARIFF SYSTEM. Theoretical Aspects in the Formation of Pedagogical Sciences, 2(18), 152-157.
15. Очилов, Ю. О., & Бобожанов, М. К. (2023). Analysis of Opportunities to Reduce Energy Waste in Distribution Transformers By Applying Time-Differentiated Tariffs. International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology, 10(10), 21118-21123.

ISSN 3030-3907

ELEKTR ENERGIYASI ISTE'MOLINI OPTIMALLASHTIRISHGA ASOSLANGAN BOSHQARUV ALGORITMI

Y.O.Ochilov
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, Qarshi sh., O'zbekiston
O.E.Babayev
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti, Qarshi sh., O'zbekiston
E-mail: yunusbekochilov1@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada elektr energiyasi iste'molini ratsional boshqarish algoritmining ishlash prinsipi, funksional tuzilishi hamda energiya samaradorligini oshirishdagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqotda Smart Meter, ENHAT va SCADA tizimlari asosida real vaqt rejimida monitoring olib borish, yuklama grafiklarini optimallashtirish hamda differensiallashgan tariflardan samarali foydalanish masalalari ko'rib chiqilgan. Algoritm yordamida yuklama davrlarini aniqlash, energiya yo'qotishlarini kamaytirish va elektr tarmoqlarining ishonchliligini oshirish usullari bayon etilgan. Shuningdek, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo'llash orqali elektr energiyasi iste'molini samarali boshqarish va iqtisodiy samaradorlikka erishish imkoniyatlari asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: Elektr energiyasi iste'moli, ratsional boshqaruv, differensiallashgan tariflar, yuklama grafigi, energiya samaradorligi, Smart Meter, ENHAT, SCADA, energiya yo'qotishlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi, yuklama optimallashtirish, raqamli energetika.

Аннотация. В данной статье анализируются принцип работы, функциональная структура и значение алгоритма рационального управления потреблением электроэнергии для повышения энергоэффективности. В исследовании рассматриваются вопросы мониторинга в реальном времени, оптимизации графиков нагрузки и эффективного использования дифференцированных тарифов на основе систем Smart Meter, ENHAT и SCADA. Описываются методы определения периодов нагрузки с использованием алгоритма, снижения потерь энергии и повышения надежности энергосетей. Также обосновываются возможности эффективного управления потреблением электроэнергии и достижения экономической эффективности за счет использования автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: Потребление электроэнергии, рациональное управление, дифференцированные тарифы, график нагрузки, энергоэффективность, Smart Meter, ENHAT, SCADA, потери энергии, автоматизированная система управления, оптимизация нагрузки, цифровая энергетика.

Abstract. This article analyzes the principle of operation, functional structure and importance of the algorithm for rational control of electricity consumption in

increasing energy efficiency. The study considers the issues of real-time monitoring, optimization of load schedules and effective use of differentiated tariffs based on Smart Meter, ENHAT and SCADA systems. Methods for determining load periods using the algorithm, reducing energy losses and increasing the reliability of power grids are described. Also, the possibilities of effective management of electricity consumption and achieving economic efficiency through the use of automated control systems are substantiated.

Keywords: Electricity consumption, rational management, differentiated tariffs, load schedule, energy efficiency, Smart Meter, ENHAT, SCADA, energy losses, automated control system, load optimization, digital energy.

KIRISH.

Elektr energiyasi iste'molini ratsional boshqarish algoritmi korxona yoki iste'molchi obyektida elektr energiyasidan samarali foydalanish, yuklama grafigini optimallashtirish hamda energiya isroflarini kamaytirishga xizmat qiladi. Mazkur algoritm real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, tahlil qilish, yuklama holatini baholash va boshqaruv ta'sirlarini amalga oshirish bosqichlaridan tashkil topgan bo'lib, energiya tizimining iqtisodiy va texnik samaradorligini oshirishga qaratilgan.

ASOSIY QISM. Algoritmning ishlashi "Boshlash" bosqichidan boshlanadi. Ushbu bosqichda energiya iste'moli bilan bog'liq barcha dastlabki ma'lumotlar yig'iladi. Bunda Smart Meter, ENHAT tizimi, SCADA tizimlari, dispetcher ma'lumotlari, texnik pasportlar va tarif jadvallari asosiy axborot manbalari hisoblanadi. Ma'lumotlarni yig'ish blokida iste'mol ko'rsatkichlari, elektr yuklama qiymatlari, uskunalarning ish holati hamda amaldagi tariflar haqidagi ma'lumotlar uzluksiz ravishda qabul qilinadi.

Elektr energiyasi iste'moli vaqt bo'yicha quyidagi integral tenglama yordamida aniqlanadi:

$$W = \int_0^T P(t)dt$$

diskret holatda esa

$$W = \sum_{i=1}^{n} P_i \Delta t$$

bu yerda

$P(t)$ – vaqt bo'yicha o'zgaruvchan aktiv quvvat;

T – kuzatish vaqti;

Δt – vaqt oralig'i.

ISSN 3030-3907

Mazkur tenglama korxona iste'molining vaqt bo'yicha o'zgarishini baholash imkonini beradi. Elektr yuklamasining samaradorligini aniqlash maqsadida yuklama koeffitsiyenti aniqlanadi:

$$K_y = \frac{P_{o'rt}}{P_{max}}$$

Bu yerda:

$P_{o'rt}$ – o'rtacha yuklama;

P_{max} – maksimal yuklama.

Agar:

$$K_y \to 1$$

bo'lsa, yuklama grafigi tekislangan hisoblanadi va elektr energetika tizimining samaradorligi ortadi. Yuklama grafigining notekisligi esa maksimal tok qiymatlarining ortishiga olib keladi. Natijada elektr uzatish tarmoqlaridagi texnik isroflar ham sezilarli ravishda ortadi.

Elektr tarmoqlaridagi aktiv quvvat isrofi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta P = I^2 R$$

bu yerda:

I – tarmoq toki;

R – elektr tarmog'i qarshiligi.

Tok qiymati aktiv quvvatga bog'liq ravishda:

$$I = \frac{P}{U cos\varphi}$$

Ko'rinishida ifodalanadi. Ushbu ifodalarni birlashtirish orqali energiya isrofining yuklamaga bog'liqligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta P = \left(\frac{P}{U cos\varphi}\right)^2 R$$

Mazkur tenglama elektr energiyasi yo'qotishlari yuklama qiymatining kvadratiga bog'liq ravishda ortib borishini ifodalaydi. Shu sababli elektr tarmoqlarida maksimal yuklama cho'qqilarini kamaytirish orqali energiya yo'qotishlarini sezilarli darajada qisqartirish mumkin. Yuklama qiymatining ortishi elektr uzatish liniyalari va transformator qurilmalarida qo'shimcha quvvat sarflarini yuzaga keltiradi, natijada energetika tizimining samaradorligi pasayadi. Shu bois yuklama grafiklarini optimallashtirish energiya samaradorligini oshirishning muhim usullaridan biri hisoblanadi.

Korxonada yuklama grafiklarini ratsional boshqarish maqsadida elektr yuklamalarini vaqt oralig'lari bo'yicha qayta taqsimlash modeli ishlab chiqiladi. Mazkur model elektr energiyasi iste'molini sutkaning turli davrlari kesimida muvozanatlashtirish, maksimal yuklama davrlarini kamaytirish hamda energiya

ISSN 3030-3907

xarajatlarini optimallashtirishga xizmat qiladi. Ushbu model quyidagi ifoda orqali tavsiflanadi:

$$P_i = P_b + \Delta P_i$$

bu yerda:

P_b – bazaviy yuklama;

ΔP_i – boshqariluvchi yuklama o‘zgarishi.

Amaliy hisoblashlar natijasida korxona yuklamalarini ±10 % oralig‘ida boshqarish mumkinligi aniqlangan.

Bunda:

$$|\Delta P_i| \leq 0.1 P_b$$

Agar maksimal yuklama ±10 % gacha kamaytirilsa:

$$P_{yangi} = 0.9P$$

Unda energiya isrofi quyidagicha kamayadi:

$$\Delta P_{yangi} = (0.9)^2 \Delta P$$

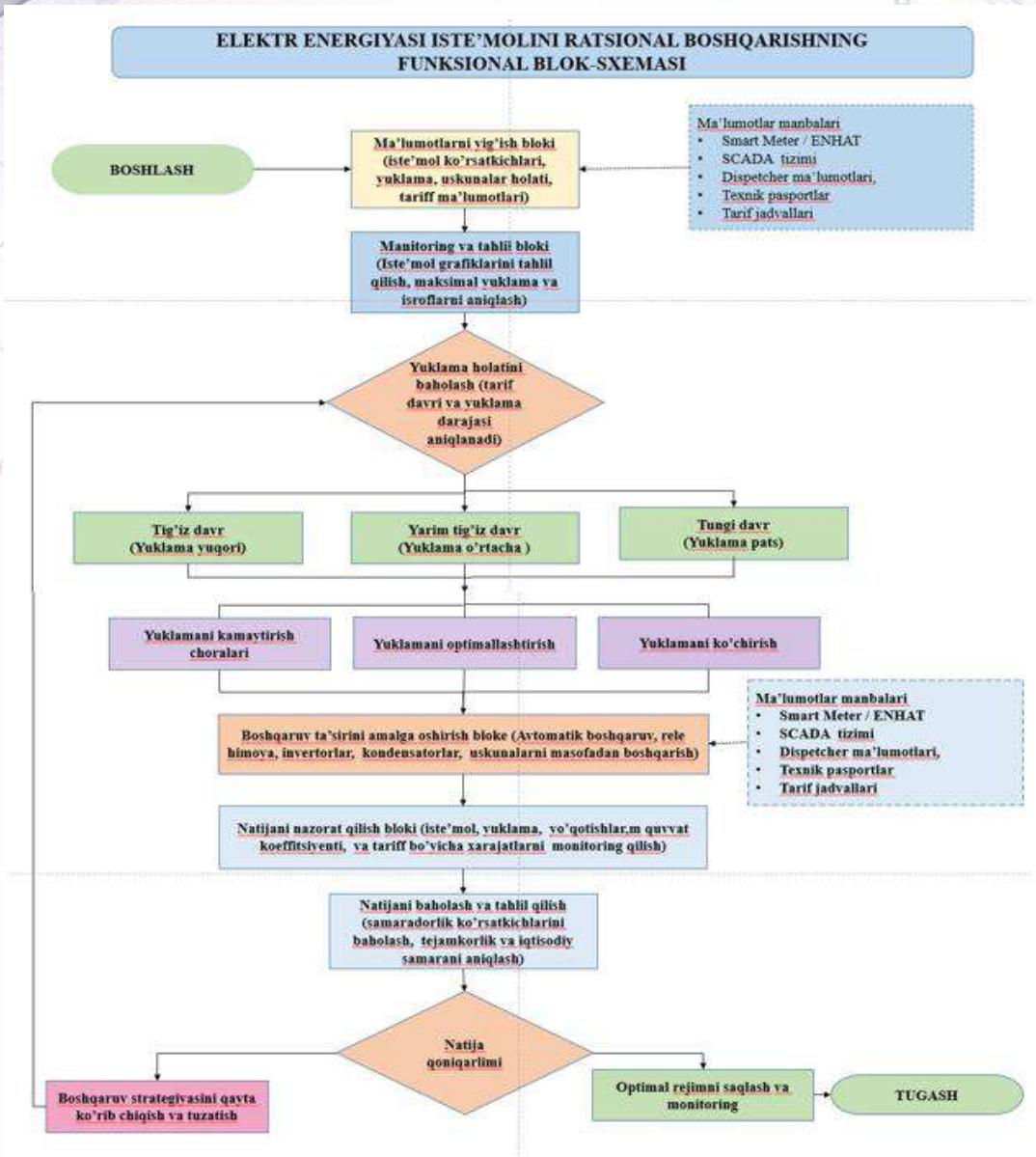
$$\Delta P_{yangi} = 0.81 \Delta P$$

Natijada texnik energiya yo‘qotishlari taxminan 19 % gacha qisqaradi. Bunday natija elektr yuklama grafiklarining muvozanatlashishiga, transformator qurilmalarining optimal ish rejimida faoliyat yuritishiga hamda elektr ta’minoti tizimining ishonchliligi oshishiga xizmat qiladi. Shu bilan birga, elektr tarmoqlaridagi ortiqcha yuklanishlar kamayib, energiya samaradorligi yaxshilanadi.

Keyingi bosqichda monitoring va tahlil jarayoni amalga oshiriladi. Bu bosqichda yig‘ilgan ma’lumotlar asosida iste’mol grafiklari tahlil qilinadi, maksimal yuklama davrlari aniqlanadi hamda energiya yo‘qotishlari baholanadi. Monitoring tizimi orqali elektr energiyasi iste’molining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi kuzatiladi va yuklama notekisliklari aniqlanadi. Ayniqsa, elektr tarmoqlarida yuklama keskin ortadigan vaqtlar va energiya sarfi yuqori bo‘lgan uskunalar alohida nazorat qilinadi.

Tahlil natijalariga asosan yuklama holatini baholash bosqichi bajariladi. Ushbu bosqichda tarif davrlari va yuklama darajalari aniqlanadi. Algoritm yuklamani uchta asosiy davrga ajratadi:

ISSN 3030-3907



1-rasm: Elektr energiyasi iste'molini ratsional boshqarishning funksional blok sxemasi

tig‘iz davr — yuklama eng yuqori bo‘lgan vaqt;
yarim tig‘iz davr — yuklama o‘rtacha qiymatda bo‘lgan vaqt;
tungi davr — yuklama past bo‘lgan vaqt.

Mazkur taqsimlash differensiallashgan tarif tizimining samarali ishlashiga imkon yaratadi. Chunki elektr energiyasining narxi sutkaning turli vaqtlarida turlicha bo‘lib, yuklamani arzon tarifli davrlarga ko‘chirish iqtisodiy samaradorlikni oshiradi.

Yuklama holati aniqlangandan so‘ng algoritm boshqaruv qarorlarini ishlab chiqadi. Agar tizimda yuklama yuqori bo‘lsa, yuklamani kamaytirish choralari qo‘llaniladi. Bunda ayrim ikkilamchi iste’molchilar vaqtincha o‘chirilishi yoki quvvati cheklanadi. Agar yuklama me’yoriy qiymatlarda bo‘lsa, yuklamani

ISSN 3030-3907

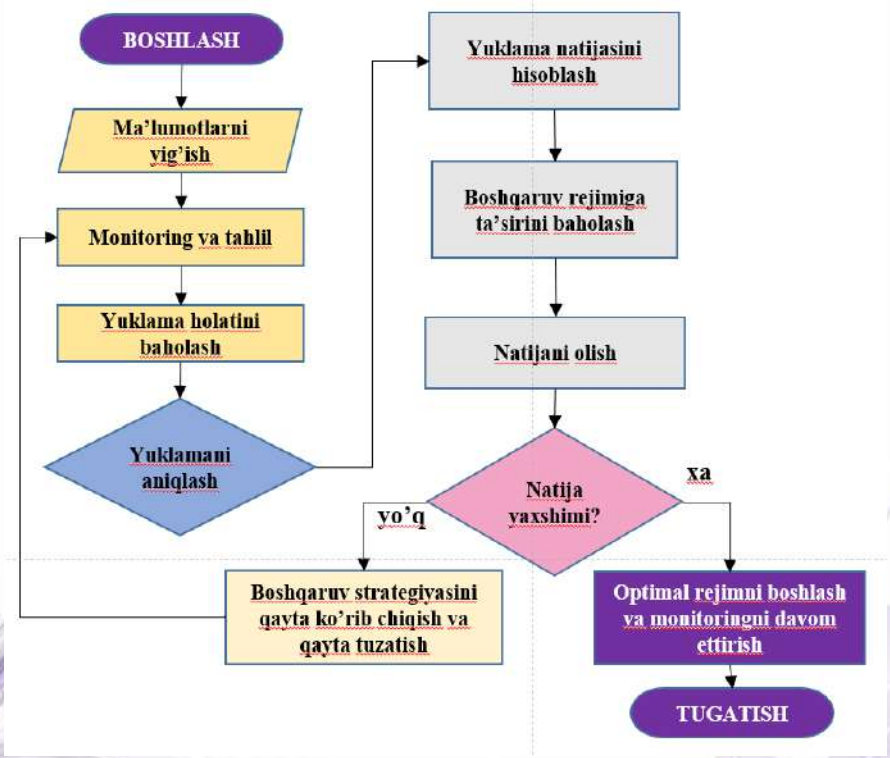
optimallashtirish rejimi qo‘llaniladi. Past yuklama davrlarida esa ayrim energiya talab qiluvchi texnologik jarayonlar tungi davrga ko‘chiriladi. Natijada yuklama grafigi tekislanadi va elektr tarmoqlaridagi yo‘qotishlar kamayadi.

Shundan so‘ng boshqaruv ta’sirini amalga oshirish bosqichi bajariladi. Ushbu bosqichda avtomatik boshqaruv tizimlari, rele himoyasi, invertorlar, kondensator qurilmalari hamda masofadan boshqarish vositalari orqali kerakli boshqaruv amallari bajariladi. Boshqaruv tizimi uskunalarni avtomatik ravishda ulash yoki uzish, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash hamda yuklamalarni qayta taqsimlash imkonini beradi. Bu esa elektr tarmog‘ining barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Algoritmning keyingi bosqichi natijalarni nazorat qilishdan iborat. Ushbu jarayonda elektr energiyasi iste’moli, yuklama miqdori, quvvat koeffitsienti, energiya yo‘qotishlari va tarif bo‘yicha xarajatlar monitoring qilinadi. Olingan natijalar avvalgi ko‘rsatkichlar bilan taqqoslanadi va energiya samaradorligi darajasi aniqlanadi.

NATIJA.

Natijalarni baholash va tahlil qilish bosqichida tizimning samaradorligi aniqlanadi. Bunda energiya tejamkorligi, iqtisodiy samaradorlik, yuklama grafigining tekislanish darajasi hamda elektr energiyasi isroflarining kamayishi asosiy mezon sifatida olinadi. Agar olingan natijalar qoniqarli bo‘lsa, tizim optimal rejimda ishlashda davom etadi va doimiy monitoring amalga oshiriladi. 1-rasmda iste’mol qiymatlarini ratsional boshqarishning funksional blok sxemasi keltirilgan



ISSN 3030-3907

Agar natijalar talab darajasida bo‘lmasa, algoritm boshqaruv strategiyasini qayta ko‘rib chiqish bosqichiga o‘tadi. Bu bosqichda yuklama taqsimoti, tarif davrlari, boshqaruv parametrlar hamda uskunalar ish rejimlari qayta tahlil qilinadi va tizimga tuzatishlar kiritiladi. Shundan so‘ng algoritm qayta monitoring bosqichiga o‘tadi va jarayon takrorlanadi.

Tadqiqot davomida elektr energiyasi iste’molini ratsional boshqarish algoritmi ishlab chiqildi va uning funksional ishlash ketma-ketligi shakllantirildi. Taklif etilgan algoritm elektr energiyasi iste’molini monitoring qilish, yuklama holatini aniqlash, boshqaruv rejimiga ta’sirni baholash hamda optimal boshqaruv strategiyasini tanlash imkonini beradi. Algoritmning asosiy afzalligi real vaqt rejimida ishlashi hamda energiya iste’moli ko‘rsatkichlarini uzluksiz nazorat qilishga moslashtirilganidadir.

Ishlab chiqilgan algoritm asosida elektr energiyasi iste’moli quyidagi ketma-ketlikda boshqarildi: dastlab ma’lumotlarni yig‘ish va monitoring qilish bosqichlari bajarildi, keyinchalik yuklama holati tahlil qilinib, tizimning ish rejimi baholandi. Shundan so‘ng yuklama natijalari hisoblanib, boshqaruv rejimiga ta’siri aniqlanadi hamda energiya iste’moli samaradorligi baholanadi. Natijalar qoniqarli bo‘lmagan hollarda boshqaruv strategiyasi qayta ko‘rib chiqilib, tizim parametrlari optimallashtiriladi.

Taklif etilgan algoritmni qo‘llash natijasida elektr yuklama grafigini tekislash, maksimal yuklamalarni kamaytirish hamda energiya yo‘qotishlarini pasaytirish imkoniyati yaratildi. Ayniqsa, differensiallashgan tariflar asosida yuklamani tungi davrlarga ko‘chirish orqali elektr energiyasi xarajatlarini kamaytirish mumkinligi aniqlandi. Shu bilan birga, monitoring va avtomatik boshqaruv tizimlaridan foydalanish elektr ta’minoti tizimining barqaror ishlashini ta’minlashga xizmat qilishi asoslab berildi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ishlab chiqilgan algoritm:

* elektr energiyasi iste’molini samarali nazorat qilish;
* yuklama notekisligini kamaytirish;
* energiya yo‘qotishlarini pasaytirish;
* quvvat koeffitsientini yaxshilash;
* differensial tariflardan samarali foydalanish;
* elektr ta’minoti ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

Shuningdek, mazkur algoritmni Smart Meter, ENHAT va SCADA tizimlari bilan integratsiyalash orqali raqamli energetika tamoyillarini amaliyotga joriy etish mumkinligi aniqlandi. Taklif etilgan boshqaruv algoritmi sanoat korxonalari hamda yirik iste’molchi obyektlarda elektr energiyasidan oqilona foydalanishni ta’minlashda samarali texnik yechim sifatida tavsiya etiladi.

ISSN 3030-3907

XULOSA. Mazkur tadqiqotda elektr energiyasi iste'molini optimallashtirishga asoslangan boshqaruv algoritmi ishlab chiqildi va uning ishlash prinsipi tahlil qilindi. Taklif etilgan algoritm Smart Meter, ENHAT va SCADA tizimlari asosida elektr energiyasi iste'molini real vaqt rejimida monitoring qilish, yuklama holatini baholash hamda boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari yuklama grafiklarini optimallashtirish va differensiallashgan tariflardan samarali foydalanish orqali elektr energiyasi yo'qotishlari hamda xarajatlarini kamaytirish mumkinligini ko'rsatdi. Shuningdek, algoritm elektr ta'minoti tizimining ishonchliligini oshirish, yuklama notekisligini kamaytirish va energiya samaradorligini yaxshilashga xizmat qiladi.

Taklif etilgan boshqaruv algoritmi sanoat korxonalari va yirik elektr energiyasi iste'molchilarida energiya resurslaridan oqilona foydalanishni ta'minlovchi samarali texnik yechim sifatida tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Fayziyev, M., Tuychiev, F., Mustayev, R., & Ochilov, Y. (2023). Development and research of non-contact starting devices for electric consumers and motors. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 384, p. 01038). EDP Sciences.
2. Fayziyev, M., Ochilov, Y., Nimatov, K., & Mustayev, R. (2023). Analysis of payment priority for electricity consumed in industrial enterprises on the base of classified tariffs. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 384, p. 01039). EDP Sciences.
3. Mirzanovich, B. T., & Bakhriddinovich, N. K. (2022). Investigating Insects with Light Diode Lights for Fish Food. *The Peerian Journal*, *6*, 75-80.
4. Tashatov, A. K., Beytullayeva, R. X., Ungbayevich, T. T., Pardayevich, U. A., & Yunus, O. (2020, September). Comparison of parameters of heteroepitaxial structures. In *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering* (Vol. 919, No. 2). IOP Publishing.
5. Makhmutkhanov, S., Ochilov, Y., Nurov, H., & Kurbonazarov, S. (2024, June). Increasing the environmental cleanness of industrial enterprises. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3152, No. 1). AIP Publishing.
6. Бобожанов, М. К., Эшмуродов, З. О., & Очилов, Ю. О. (2023). Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланган ҳолда, дифференциаллашган тарифларга уланган истеъмолчилар самарадорлигини оширишни тадқиқ қилиш. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (4), 55-59.
7. Бейтуллаева, Р. Х., Очилов, Ю. О., Курбонов, Н. А., & Мухаммадиев, Ш. М. (2020). ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО НАПРЯЖЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-10 КВ. *ББК 72 П115*, 17.

ISSN 3030-3907

8. Бейтуллаева, Р. Х., Тошев, Т. У., & Бобоназаров, Б. С. (2019). ТРЕБОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ. In *Colloquium-journal* (No. 9-2, pp. 29-29). Голопристанський міськрайонний центр зайнятості= Голопристанский районный центр занятости.

9. Очилов, Ю. О., & Бегимқулов, С. А. (2025). МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ВА ДИФФЕРЕНЦИАЛЛАШГАН ТАРИФЛАР ОРҚАЛИ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ. *Ilm fan taraqqiyotida raqamli iqtisodiyot va zamonaviy ta'limning o‘rni hamda rivojlanish omillari*, *6*(1), 56-63.

10. Fayziyev, M., Bobojanov, M., & Ochilov, Y. (2022). ELEKTR ENERGIYA UCHUN TO ‘LOVLARNI TABAQALASHTIRILGAN TARIFLAR ASOSIDA TO ‘LASH SAMARADORLIGINING TAHLILI. *Innovatsion texnologiyalar*, *47*, 7-10.

11. Ochilov, Y. O., & Saparov, A. X. (2025). SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN INDUSTRY AND ENERGY: ANALYSIS OF GREEN SOLUTIONS AND CALCULATION METHODS.

12. Ochilov, Y. (2022). IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF OIL WELLS BY ELECTRICAL PROCESSING BOTTOM-HOLE ZONE. Science and innovation, 1(A7), 384-389.

ISSN 3030-3907

ATSETOATSETILANILID MALON KISLOTA DIGIDRAZONINING SINTEZI VA SPEKTRAL TADQIQI

S.F. Abduraxmonov
Buxoro davlat universiteti, k.f.f.d., dots.
Z.A. Abduraxmonova
Buxoro davlat universiteti 1-bosqich magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada atsetoatsetilanilid (AAA) bilan malon kislota digidrazidi (MKDG) ning kondensatlanish reaksiyasi mahsuloti — **atsetoatsetilanilid malon kislota digidrazoni** (AAAMKDG) — sintezi, elementar analizi va IQ spektri natijalari tahlili keltirilgan. IQ spektrida karbonil guruhi (C=O), C=N (azometin) va N–H guruhlariga xos xarakteristik chastotalar aniqlangan. Olingan birikmaning reaksion qobiliyati va koordinatsion imkoniyatlari adabiyot ma'lumotlari bilan taqqoslangan.

Kalit so‘zlar: atsetoatsetilanilid, malon kislota digidrazidi, digidrazon, IQ spektroskopiya, kondensatlanish reaksiyasi, bifunksional birikma, tridentat ligand.

Аннотация. В данной статье приведены результаты синтеза, элементарного анализа и ИК-спектроскопии продукта реакции конденсации ацетоацетанилида (ААА) с дигидразидом малоновой кислоты (ДГМК) — малоновокислого дигидразона ацетоацетанилида (АААДГМК). В ИК-спектре определены характеристические частоты, свойственные карбонильной группе (C=O), азометиновой связи (C=N) и N–H группам. Реакционная способность и координационные возможности полученного соединения сопоставлены с литературными данными.

Ключевые слова: ацетоацетанилид, дигидразид малоновой кислоты, дигидразон, ИК-спектроскопия, реакция конденсации, бифункциональное соединение, тридентатный лиганд

Abstract. This paper presents the results of the synthesis, elemental analysis, and IR spectroscopy of the condensation product of acetoacetanilide (AAA) with malonic acid dihydrazide (MADH) — acetoacetanilide malonic acid dihydrazone (AAAMADH). In the IR spectrum, characteristic frequencies corresponding to the carbonyl group (C=O), azomethine group (C=N), and N–H groups were identified. The reactivity and coordination capabilities of the obtained compound were compared with literature data.

Keywords: acetoacetanilide, malonic acid dihydrazide, dihydrazone, IR spectroscopy, condensation reaction, bifunctional compound, tridentate ligand

KIRISH.

Digidrazonlar — ikki molekula aldegid yoki keton bilan bir molekula digidrazidning kondensatlanishidan hosil bo‘ladigan bifunksional birikmalardir. Ularning koordinatsion kimyodagi ahamiyati katta bo‘lib, oraliq metall ionlari

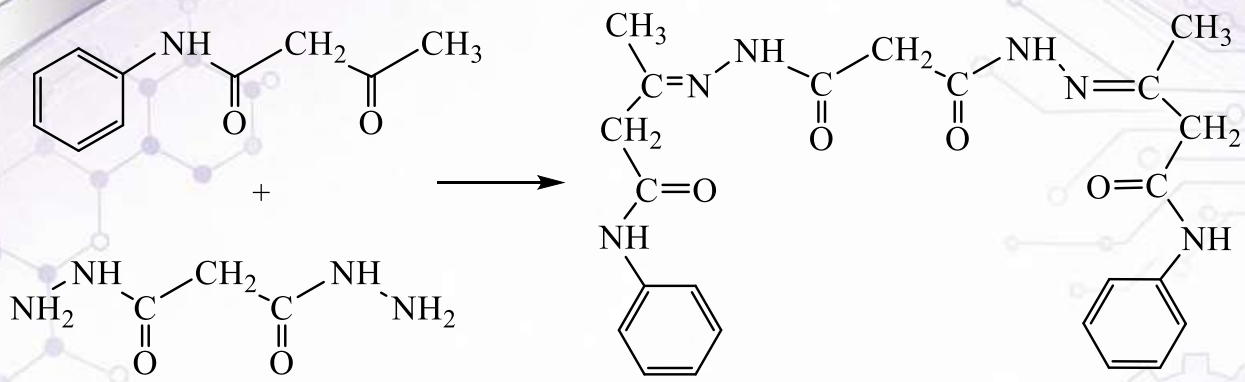
ISSN 3030-3907

bilan barqaror kompleks birikmalar hosil qilishi keng tadqiq etilgan [1–3]. Ayniqsa, *2-gidroksi-1-naftalaldegid* asosida olingan digidrazonlar — masalan, oksaldigidrazon (HNODG) va malondigidrazon (HNMDG) — Fe(II), Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II) kabi ikki valentli oraliq metall ionlari bilan polimer tuzilishli komplekslar hosil qilishi aniqlangan [4]. Shuningdek, Narang va Singh [1] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda bu turdagi ligandlarning biometallar ionlari bilan $M(L\text{-}2H)\cdot nH_2O$ umumiy formulali kompleks birikmalar hosil qilishi, bunda ligandlar gidroksil va imino guruhlari orqali ikki karra deprotonlanib, markaziy ion bilan koordinatsiyalanadi. Atsetoatsetilanilid esa, β-diketon va amid guruhlarini o‘zida birlashtirib, bir qancha tautomer shakllarida mavjud bo‘lishi mumkin bo‘lgan birikmalardan biridir [5]. Poliazinlarning IQ spektr xususiyatlari Sidorov va hammualliflari [2] tomonidan batafsil o‘rganilgan. Ular dikarbonilli birikmalar va gidrazin gidrat o‘rtasidagi polikondensatlanish mahsulotlarini ikki guruhga ajratganlar. Birinchisi, to‘liq konyugatsiyaga ega bo‘lganlar (glyoksal va 1,1'-diasetilferosendan olinganlar) hamda ikkinchi guruh yon guruhlarga ega bo‘lganlar. Ularning IQ spektrda C=N bog‘ining hosil bo‘lishi 1600 sm^{-1} atrofidagi tebranish chastotalarining paydo bo‘lishi bilan tasdiqlanadi. Zelenin va Dumpis [3] asetonilaseton va alkilgidrazinlar orasidagi reaksiyani o‘rganib, faqat 1-alkil-3,6-dimetil-1,4-digidropiridazinlar hosil bo‘lishini aniqlaganlar. Bu birikmalar IQ spektrida 1620–1640 sm^{-1} (νC=N) va 1660–1680 sm^{-1} (νC=C) da xarakteristik tebranish chastotalarini namoyon qiladi. Shu moddaning ^1H YaMR spektrida olefen zarjiri protonlari 5,9 m.u., metilen guruhining protonlari esa 7,34–7,37 m.h. da signallar qayd etiladi [7].

Atsetoatsetilanilidning malon kislota digidrazoni (AAAMKDG) hali yetarlicha o‘rganilmagan. Ushbu birikma sakkiztagacha donor atomni o‘z ichiga oluvchi polidentat ligand sifatida ko‘p valentli metall ionlar bilan muhim koordinatsion birikmalar hosil qiladi. Ushbu maqolaning maqsadi AAAMKDG sintezi hamda uning IQ spektri tavsifi bilan uni adabiyotdagi o‘xshash birikmalar bilan solishtirishdan iborat.

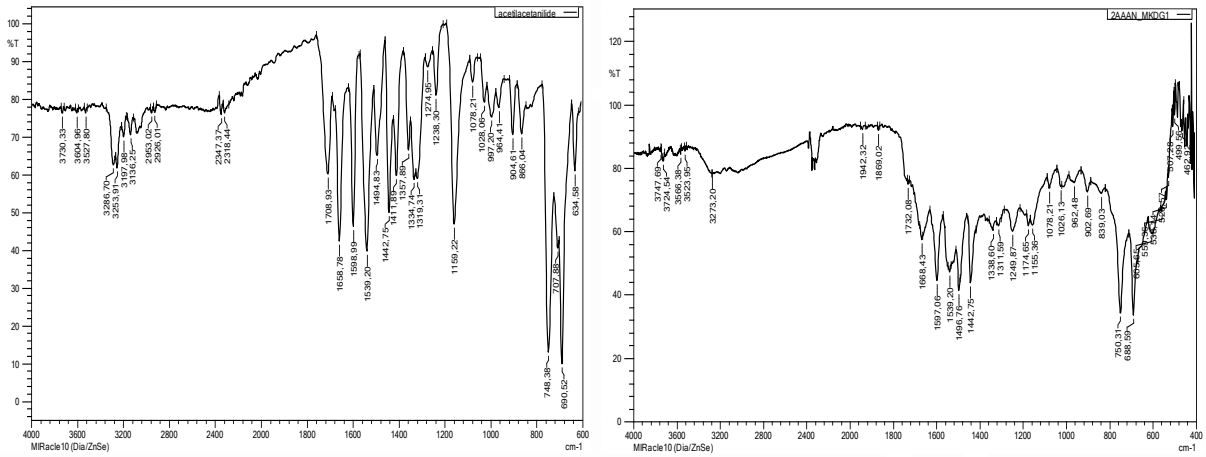
Atsetoatsetilanilidning malon kislota digidrazoni sintezi: hajmi 250 li tubi yumaloq kolbaga 3,54 gr (0,01mol) atsetoatsetanilid solinib, 50 ml absolyurt metanolda eritildi va 1,32gr (0,01mol) malon kislota digidrazidi ham 50 ml absolyut metanolda eritildi. Reaksion kolbaga ikkala eritmalar aralashtirildi, kolbaga teskari sovutgich ulandi va suv hammomiga doimiy aralashtirib turgan holda 2 soat davomida isitildi. Ikki sutka o‘tgach, hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlandi va etanolda qayta kristallandi. $C_{23}H_{26}N_6O_4$ sariq rangli polikristallar, Mr=450 g/mol, Topildi: C – 61.32 %, H – 5.82 %, O – 14.21 % , N – 18.66 %; Hisoblandi: C – 60.32 %, H – 5.64 %, O – 13.21 % , N – 17.96 %

ISSN 3030-3907



1-sxema

IQ spektrlari Perkin-Elmer 400 spektrofotometrida 4000–400 sm^{-1} diapazonda yozib olindi. Atsetoatsetanilid va uning malon kislota digidrazonining IQ-spektrlari olindi. Spektr natijalari, atsetoatsetanilid molekulasi tarkibida karbonil, aromatik hamda azot saqlovchi funksional guruhlar mavjudligini tasdiqlaydi (1a rasm). Spektrlarda kuzatilgan asosiy yutilish sohalari quyidagicha izohlanadi. Atsetoatsetanilidning IQ-spektrida 3747–3524 sm^{-1} oralig‘ida kengaygan yutilish polosalari gidroksil giruhining valent tebranishlariga mos keladi. Ayniqsa, 3273 sm^{-1} dagi tebranish chastotalari molekulalararo vodorod bog‘lanish mavjudligini ko‘rsatadi.



a **b**

1-rasm. Atsetoatsetanilid (a), va AAA malon kislota digidrazoni (b) ning IQ spektri.

1732 sm^{-1} dagi kuchli intensiv signal konyugirlangan C=C bog‘lariga xos bo‘lib, molekulada π-elektron tizimining mavjudligini ko‘rsatadi. 1668 sm^{-1} da kuzatilgan signal esa, karbonil (C=O) guruhiga tegishlidir. Aromatik halqa uchun xarakterli C=C valent tebranishlari 1597 sm^{-1} da qayd etilgan. 1496–1442 sm^{-1} oralig‘idagi yutilishlar CH_2 va CH_3 guruhlarining deformatsion tebranishlariga mos keladi. 1338–1155 sm^{-1} sohasida kuzatilgan intensiv chiziqlar C–O hamda C–N bog‘lari tebranishlariga tegishlidir. Bu esa molekulada kislorod va azot atomlari ishtirokidagi funksional guruhlar mavjudligini ko‘rsatadi. 1078–1026 sm^{-1}

ISSN 3030-3907

oralig‘idagi signal C–O–C bog‘larining tebranishlariga mos keladi. 992, 920 va 839 sm^{-1} dagi yutilishlar aromatik yoki alken tabiatidagi =C–H bog‘larining tashqi tekislik tebranishlarini ifodalaydi. 750 va 688 sm^{-1} dagi signallar esa monosubstitutsiyalangan benzol halqasi uchun xarakterli hisoblanadi.

Atsetoatsetanilid digidrazonining IQ spektrida 3757–3523 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan kengaygan chiziqlar N–H guruhlariga xosdir (1b rasm). Digidrazon hosilasida azot atomlari sonining ortishi sababli N–H bog‘lariga tegishli signallar yanada aniqroq namoyon bo‘ladi. 1732 sm^{-1} va 1716 sm^{-1} dagi ikki alohida intensiv signal molekulada ikki xil karbonil guruhi mavjudligini ko‘rsatadi. 1668 sm^{-1} dagi yutilish konyugirlangan tizim yoki C=N/C=C bog‘lari bilan izohlanadi, bu esa gidrazon fragmentining hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi. 1599 sm^{-1} da aromatik halqa C=C tebranishlari kuzatiladi. 1496 va 1442 sm^{-1} dagi signallar alkil guruhlarining deformatsion tebranishlariga mos keladi. 1417 sm^{-1} dagi yutilish COO^- yoki fenol guruhlariga tegishli bo‘lishi mumkin. 1249–1078 sm^{-1} oralig‘idagi intensiv tebranishlar C–O hamda ayniqsa C–N bog‘lari tebranishlari bilan bog‘liqdir. Bu holat digidrazon hosilasida azot saqlovchi funksional guruhlar shakllanganligini ko‘rsatadi. 1012 va 972 sm^{-1} dagi signallar alken zanjiriga tegishli bo‘lib, 748 va 688 sm^{-1} dagi yutilishlar benzol halqasining mavjudligini tasdiqlaydi. Umuman olganda, IQ-spektr natijalari atsetoatsetanilid va uning digidrazon hosilasida karbonil (C=O), aromatik C=C hamda C–N bog‘lari mavjudligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, digidrazon hosilasida azot atomlari ishtirokidagi C–N va N–H tebranishlarining kuchayishi gidrazon fragmentlarining hosil bo‘lganligini ko‘rsatadi.

1665 sm^{-1} dagi kuchli yutilish chizigi C=O (amid I) guruhiga tegishli. Bu chastota HNMDG da 1660 sm–1 da qayd etilgan [1]. Reaksiya natijasida kompleks hosil bo‘lganda bu chastota 1600–1610 sm^{-1} ga siljishi enolizatsiya va metallga koordinatsiyalanish hisobiga yuz berishi ma'lum [1]. Poliyazinlarda esa C=N bog‘ining hosil bo‘lishi 1600 sm^{-1} dagi yangi chiziq orqali tasdiqlanadi [2].

Azometin C=N guruhiga xos yutilish chizigi 1610 sm^{-1} da kuzatilgan, bu esa adabiyotdagi ma’lumotlarga mos keladi [1, 3]. Zelenin va Dumpis [3] tomonidan o‘rganilgan digidropiridazinlarda νC=N 1620–1640 sm–1 sohasida, enaminga xos νC=C esa 1660–1680 sm^{-1} sohasida qayd etilgan. AAAMKDG da C=C titrash 1610 sm^{-1} da C=N bilan birlashgan holatda kuzatilmoqda, bu konjugatsiyaning kuchliligidan dalolat beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Narang R., Singh V.. *Transition Metal Complexes of Hydrazones and Dihydrazones*. Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry, 1979, 41(6), 891–895.

ISSN 3030-3907

2. Sidorov A.N., Korneev V.N., Loginov G.S.. *Infrared Spectra and Structure of Polyazines Obtained from Dicarbonyl Compounds*. Russian Journal of General Chemistry, 1985, 55(4), 742–748.
3. Zelenin K.N., Dumpis M.A.. *Reaction of Acetylacetone with Alkylhydrazines and Formation of Dihydropyridazines*. Chemistry of Heterocyclic Compounds, 1983, 19(7), 894–898.
4. Silverstein's Spectrometric Identification of Organic Compounds / Robert M. Silverstein, Francis X. Webster, David J. Kiemle. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 2014.5. Сатторова, С. З., Худоярова, Е. А., Абдурахмонов, С. Ф., & Умаров, Б. Б. (2025). Синтез и Рамановский спектр (Z)-3-(2-бензоилгидразилиден)-n-фенил бутанамида. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (3), 30-33.
5. Abduraxmonov S. F. et al. Research on Nickel (II) Complexes with Aroyl Hydrazones of 5, 5-Dimethyl-2, 4-Dioxohexanoic Acid Ethyl Ester //Moscow University Chemistry Bulletin. – 2020. – Т. 75. – №. 6. – С. 395-401.
6. Abduraxmonov, S. F., Tursunov, M. A., Umarov, B. B., Ergashov, M. Y., & Avezov, K. G. (2020). Research on Nickel (II) Complexes with Aroyl Hydrazones of 5, 5-Dimethyl-2, 4-Dioxohexanoic Acid Ethyl Ester. *Moscow University Chemistry Bulletin*, *75*(6), 395-401.
7. Xudoyarova E. A., Abduraxmonov S. F., Umarov B. B. Mn(II), Ni(II), Cu(II) ionlarining para-[bis-1, 4,-(4, 4, 4-triftorbutandion-1, 3)]-benzol atsetilgidrazoni bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining biologik faolligi //Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha. – 2022. – С. 52-53.
8. Абдурахмонов С. Ф. и др. Исследование комплексов никеля (II) с ароилгидразонами этилового эфира 5, 5-диметил-2, 4-диоксогексановой кислоты //Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2021. – Т. 62. – №. 1. – С. 59-67.
9. Sattorova S. Z. et al. β-Diketon aroyilgidrazonlarning tautomeriyasi, tuzilishi va spektroskopik tadqiqodi //FARS International Journal of Education, Social Science & Humanities. – 2025. – Т. 13. – №. 11. – С. 70-76.

ISSN 3030-3907

MAGNETIT TARKIBIDAGI NOSTEXIOMETRIK VYUSITNING TEMIR VAKANTLARIDA MIS KATIONLARINING O‘TISH DARAJASINI ANIQLASH

Xamdamov Muxtor Bekzod o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” yo‘nalishi talabasi
Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” kafedrasi dotsenti, PhD
Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” kafedrasi mudiri, DSc, professor
Mamaraximov Safarali Kamolidinovich
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Maqolada mis shteynlarini konvertorlash jarayonida hosil bo‘ladigan magnetitning shlak tarkibi va misning kimyoviy yo‘qolishiga ta’siri o‘rganilgan. Nostexiometrik temir va mis oksidlarining o‘zaro ta’siri tahlil qilinib, magnetit miqdorining ortishi misning shlak fazasida erib qolishini kuchaytirishi aniqlangan. Shuningdek, magnetitni qaytarish orqali shlakdagi mis yo‘qotilishlarini kamaytirish va uning fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: mis shteyni, konvertor shlaki, magnetit, misning kimyoviy yo‘qolishi, nostexiometrik oksidlar, vyustit, mis(I)-oksid, fayalit, qovushqoqlik, qaytarilish jarayoni.

Abstract. The article studies the effect of magnetite formed during the conversion of copper mattes on the slag composition and chemical loss of copper. The interaction of non-stoichiometric iron and copper oxides was analyzed, and it was found that an increase in the amount of magnetite enhances the dissolution of copper in the slag phase. The possibilities of reducing copper losses in the slag and improving its physicochemical properties by reducing magnetite were also considered.

Keywords: copper matte, converter slag, magnetite, chemical loss of copper, non-stoichiometric oxides, wüstite, copper(I) oxide, fayalite, viscosity, reduction process.

Аннотация. В статье исследуется влияние магнетита, образующегося в процессе конвертации медных штейнов, на состав шлака и химические потери меди. Проанализировано взаимодействие нестехиометрических оксидов железа и меди, установлено, что увеличение количества магнетита усиливает растворение меди в шлаковой фазе. Также рассмотрены возможности снижения потерь меди в шлаке и улучшения его физико-химических свойств путем восстановления магнетита.

Ключевые слова: медный штейн, конвертерный шлак, магнетит, химические потери меди, нестехиометрические оксиды, вюстит, оксид меди(I), фаялит, вязкость, процесс восстановления.

KIRISH.

Mis shteynlarini konvertorlash mobaynida uch komponentli Fe – Cu – S sistemasida kislorodning diffuziyalanishi natijasida yuqori haroratda oksidlanish jarayoni sodir bo‘la boshlaydi. Bunda uchta komponent orasidan temirning kislorodga bo‘lgan moyilligi yuqori bo‘lganligi sababli dastlab sistemadagi temir va unga bog‘langan oltingugurt oksidlanadi [1-3]. Temir oksidlanganda reaksiya mexanizmining 1-bosqichida ikki valentli temir oksidi hosil bo‘ladi. Biroq uning kristall panjaralari nostexiometrik tuzilishga ega bo‘lganligi sababli kimyoviy formulasi $Fe_{0,84}O$ dan $Fe_{0,95}O$ gacha bo‘ladi. Unda 0,16 moldan 0,05 mol miqdorda temir atomlarining yetishmovchiligi yuz beradi [4]. Kislorodning parsial bosimi oshganida reaksiya mexanizmi bo‘yicha 2-bosqichda magnetit hosil bo‘ladi. Ayni shu paytda mis sulfidlari ham oksidlanib, sistemada bir valentli mis oksidi hosil bo‘ladi. Uning ham kimyoviy formulasi nostexiometrik bo‘lib $Cu_{1,56}O$ tarkibga to‘g‘ri keladi. Mazkur birikmada ham 0,44 mol mis atomlarining yetishmovchiligi kuzatilgan [5-6]. Konvertor shlakida magnetit miqdori ko‘payganda misning kimyoviy isrofi ham ortishi amalda aniqlangan. Buning asosiy sababi magnetit tarkibidagi vyustit ($Fe_{1-x}O$) kristalidagi temir vakansiyasiga oksidlangan mis kationlari joylashib oladi. Bunday nostexiometrik birikmalar orasida boradigan kimyoviy reaksiyani shartli ravishda quyidagicha yozish mumkin:

$$Fe_{0,84}O + 0,08\ Cu_2O = Cu_{0,16}Fe_{0,84}O_{1,08} \quad (1)$$

$$Cu_{1,56}O + 0,44\ FeO = Cu_{1,56}Fe_{0,44}O_{1,44} \quad (2)$$

(1) reaksiya tenglamasida qatnashgan moddalar indekslarini karrali nisbatlar qonuniga muvofiq yozib, quyidagicha ko‘rinishga keltirildi:

$$Fe_{21}O_{25} + 2\ Cu_2O = Cu_4Fe_{21}O_{27} \quad (3)$$

(3) reaksiya tenglamasiga binoan har 25 ta nostexiometrik ozod vyustit molekulasi o‘z tarkibiga 2 ta kuprit molekulasini singdirib olgan [7]. Bu jarayonda misning kimyoviy yo‘l bilan shlak tarkibiga o‘tib isrof bo‘lishi dastlabki nostexiometrik ozod vyustit massasiga nisbatan 16,24 % ni tashkil etdi.

$$Cu_{35}O_{23} + 10\ FeO = Cu_{35}Fe_{10}O_{33} \quad (4)$$

(4) reaksiya tenglamasiga binoan har 23 ta nostexiometrik ozod kuprit molekulasi o‘z tarkibiga 10 ta vyustit molekulasini singdirib olgan [8]. Bu jarayonda esa oksidlangan mis birikmasi o‘zida 27,6 % vyustitni eritadi.

1-jadval

ISSN 3030-3907

Turli xil magnetit miqdorini shlakning boshqa komponentlariga ta’siri

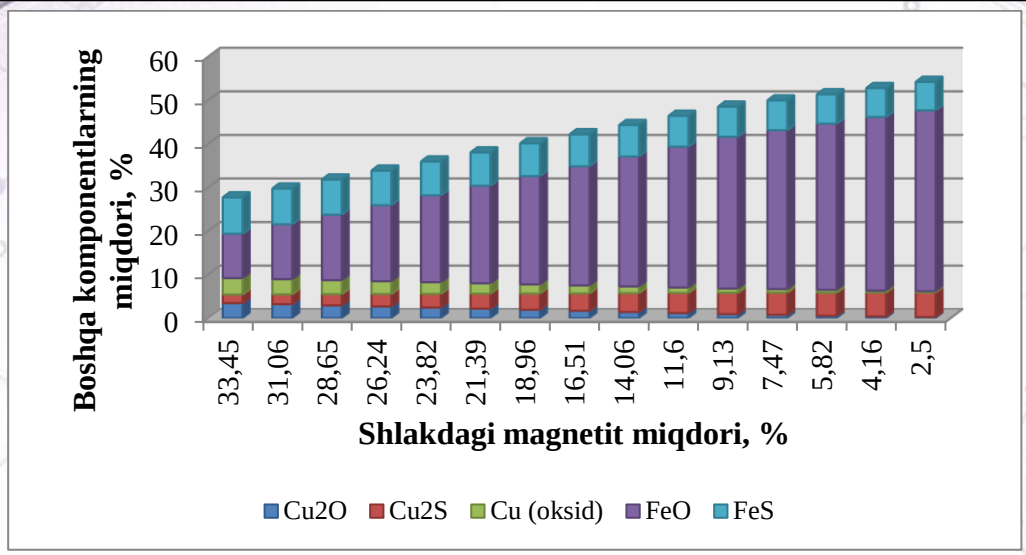
№	Fe_3O_4	Cu_2O	Cu_2S	Cu_{oksid}	FeO	FeS
1	33,45	3,46	1,98	3,77	10,17	8,35
2	31,06	3,21	2,27	3,49	12,59	8,21
3	28,65	2,96	2,56	3,21	15,03	8,07
4	26,24	2,71	2,84	2,94	17,47	7,92
5	23,82	2,46	3,13	2,67	19,93	7,78
6	21,39	2,21	3,42	2,39	22,39	7,64
7	18,96	1,96	3,71	2,11	24,85	7,50
8	16,51	1,70	4,00	1,83	27,33	7,35
9	14,06	1,45	4,29	1,56	29,82	7,21
10	11,6	1,2	4,59	1,28	32,31	7,06
11	9,13	0,94	4,88	1,01	34,81	6,92
12	7,47	0,77	5,08	0,82	36,49	6,82
13	5,82	0,60	5,27	0,64	38,16	6,72
14	4,16	0,43	5,47	0,45	39,84	6,63
15	2,50	0,25	5,67	0,27	41,53	6,53

Bundan kelib chiqadiki, shlak fazasida nostexiometrik ozod vyustit miqdori ortishi bilan misning shlak bilan kimyoviy yo‘qolishi ko‘payadi [9]. Nostexiometrik ozod vyustit molekulalari asosan magnetit tarkibida uchragani sababli shlak fazasida magnetit miqdorining ortishi misning konvertor shlakida erish xususiyatini oshiradi. Buni 1-jadvalda keltirilgan qiymatlardan ham ko‘rish mumkin. 1-jadvalda konvertor shlakidagi magnetit miqdorining kamayishi shlakning tarkibidagi boshqa mis va temir birikmalarining konsentratsiyasiga ta’sir o‘tkazishidan olingan statistik qiymatlar taqdim etilgan. Bunda shlakdagi magnetit miqdorining kamayishi misning kimyoviy isrofining ham kamayishiga olib keldi.

1-jadvaldagi ma’lumotlarda va 1-rasmdagi diagrammada shlak fazasidagi magnetitning miqdori kamayishi bilan mis (I)-oksidining miqdori ham kamayib borgan.

Oksidlangan mis birikmalarining kamayishi esa shlak fazasida majburiy (kimyoviy) yo‘l bilan o‘tib qolgan mis miqdorining ham kamayishiga olib keladi. Sistemada oksidlangan mis birikmalarining miqdori ko‘payishi bilan misning quyi sulfidi miqdori proporsional ravishda o‘sib boradi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Konvertor shlaki tarkibida magnetit miqdorining ortib borishi bilan boshqa komponentlar konsentratsiyasining o‘zgarishi

Shlak fazasidagi magnetitni tiklash yo‘li bilan kamaytirish natijasida sistemada nostexiometrik ozod vyustit (ya’ni, magnetit tarkibidagi FeO) konsentratsiyasi kamayib, shlakdagi kvars bilan bog‘lanadi va fayalit birikmasini hosil qiladi:

$$2FeO + SiO_2 = Fe_2SiO_4 \qquad (5)$$

Shlak fazasiga ikki valentli metall oksidlari (FeO, MgO, CaO va h.k.)ning qo‘shilishi shlakning qovushqoqligini oshirib turgan kremniy va kislorodni bir-biriga ulanib ketgan kimyoviy bog‘lanishlarning uzilishiga sabab bo‘ladi. Natijada shlakning umumiy qovushqoqligi kamayadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Matkarimov Z.T. Technology for the Complex Recycling Slags of Copper Production // Journal of Critical Reviews. – Malaysia, April 2020. – Vol.7, Issue 5. – P. 214 – 220.

2. Khojiev Sh., Berdiyarov B., Mirsaotov S. Reduction of Copper and Iron Oxide Mixture with Local Reducing Gases // Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent. – Tashkent, 2020. – Vol.10, Issue 4. – P. 7–17.

3. Khojiev Sh.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O‘.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: технические науки. – Москва, 2021. – № 3. – С. 60-64.

4. Khojiev Sh.T. Pyrometallurgical Processing of Copper Slags into the Metallurgical Ladle // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, February 2019. – Vol.6, Issue 2. – P. 8094 – 8099.

ISSN 3030-3907

5. Khojiev Sh.T., Yusupkhodjaev A.A., Rakhmonaliev M., Imomnazarov O.O‘. Research for Reduction of Magnetite after Converting // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2019. – № 4. – C. 54 – 55.
6. Юсупходжаев А.А., Хожиев Ш.Т., Акрамов У.А. Использование нетрадиционных восстановителей для расширения ресурсной базы ОАО «Узметкомбинат» // Черные металлы. – Москва, 2021. – № 4. – С. 4 – 8.
7. Berdiyarov B.T., Khojiev Sh.T. Thermodynamic analysis of reduction of oxidized copper compounds in a slag phase // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2021. – № 4. – C. 39 – 43.
8. Хожиев Ш.Т., Бердияров Б.Т., Мухаметджанова Ш.А., Нематиллаев А.И. Некоторые термодинамические аспекты карботермических реакций в системе Fe-Cu-O-C // O‘zbekiston kimyo jurnali. – Toshkent, 2021, – №6. – С. 3 – 13.
9. Khojiev Sh.T., Matkarimov S.T., Narkulova E.T., Matkarimov Z.T., Yuldasheva N.S. The Technology for the Reduction of Metal Oxides Using Waste Polyethylene Materials // Conference proceedings of “Metal 2020 29th International Conference on Metallurgy and Materials”, Czech, May 20 – 22, 2020. P. 971-978.

ISSN 3030-3907

OKSIDLANGAN MISLI TEXNOGEN XOMASHYOLARNI YAROQSIZ AVTOMOBIL SHINALARI CHIQINDILARI YORDAMIDA QAYTA ISHLASH

Xamdamov Muxtor Bekzod o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” yo‘nalishi talabasi
Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” kafedrasi dotsenti, PhD
Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich
Olmaliq davlat texnika instituti, “Metallurgiya” kafedrasi mudiri, DSc, professor

Annotatsiya. Ushbu maqolada Olmaliq kon-metallurgiya kombinatining mis eritish zavodida konvertor shlaklarini yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari yordamida qayta ishlash bo‘yicha yirik-tajriba sinovlari natijalari keltirilgan. Turli o‘lchamdagi (1–15 mm) rezina chiqindilarining tiklovchi sifatidagi samaradorligi baholangan va optimal o‘lcham 10–15 mm ekanligi aniqlangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tiklovchi modda sarfi ortishi bilan shlakdagi magnetit va mis(I)-oksidi miqdori kamayadi, shuningdek shlak massasi pasayadi. Jarayon davomida uglerod va vodorod asosidagi karbotermik va vodorodotermik reaksiyalar hisobiga CO_2 va H_2O gazlari hosil bo‘lib, shlakdagi metall oksidlar qaytariladi.

Kalit so‘zlar: konvertor shlaki, avtomobil shinalari chiqindisi, karbotermik qaytarilish, magnetit, mis(I)-oksidi, yirik-tajriba sinovlari, CO_2, vodorodotermik jarayon, metallurgik qayta ishlash, shlak massasi.

Аннотация. В данной статье представлены результаты крупномасштабных опытно-промышленных испытаний по переработке конвертерных шлаков на медеплавильном заводе Алмалыкского горнометаллургического комбината с использованием отходов резиновых шин. Была оценена эффективность резиновых отходов различного размера (1–15 мм) в качестве регенерирующего агента, и установлено, что оптимальный размер составляет 10–15 мм. Результаты исследования показали, что с увеличением расхода регенерирующего агента уменьшается количество магнетита и оксида меди(I) в шлаке, а также уменьшается масса шлака. В процессе за счет карботермических и гидротермических реакций на основе углерода и водорода образуются газы CO_2 и H_2O, а оксиды металлов в шлаке восстанавливаются.

Ключевые слова: конвертерный шлак, отходы резиновых шин, карботермическое восстановление, магнетит, оксид меди(I), крупномасштабные опытно-промышленные испытания, CO_2, гидротермический процесс, металлургическая переработка, масса шлака.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article presents the results of large-scale pilot tests on the processing of converter slags at the copper smelting plant of the Almalyk Mining and Metallurgical Combine using waste tire waste. The efficiency of rubber waste of different sizes (1–15 mm) as a regenerant was evaluated and the optimal size was found to be 10–15 mm. The results of the study showed that with an increase in the consumption of the regenerant, the amount of magnetite and copper(I) oxide in the slag decreases, as well as the mass of the slag decreases. During the process, CO_2 and H_2O gases are formed due to carbothermic and hydrothermal reactions based on carbon and hydrogen, and metal oxides in the slag are reduced.

Keywords: converter slag, waste tire waste, carbothermic reduction, magnetite, copper(I) oxide, large-scale pilot tests, CO_2, hydrothermal process, metallurgical processing, slag mass.

KIRISH.

Sanoat miqyosidagi yirik-tajriba sinovlari Olmaliq kon-metallurgiya kombinatining (OKMK) mis eritish zavodida (MEZ) o‘tkazildi [1]. Bunda dastlab 100 kg konvertor shlaki bilan 1 kg maydalangan avtoshina chiqindilari o‘zaro ta’sirlashtirildi. So‘ng shlak massasiga nisbatan tiklovchi modda miqdori 2,5 % gacha oshirib borildi [2]. Tajriba sinov ishlari har xil o‘lchamdagi: 1, 5, 10 mm li maydalangan avtomobil shinalari bo‘laklari (1-rasm) va hatto yaroqsiz butun avtoshina chiqindisi ustida ham olib borildi [3].



a) **b)** v)

1-rasm. Maydalangan har xil o‘lchamli avtomobil shinalari chiqindilari: a) 10 mm, b) 3-5 mm, v) 1 mm

ISSN 3030-3907



1) tayyorlov; 2) quyish; 3) tiklanish; 4) tindirish.

2-rasm. Avtomobil shinalari chiqindilaridan foydalanish asosida suyuq konvertor shlakini qayta ishlash jarayonidan lavhalar

Tiklovchi va sulfidlovchi modda sifatida har xil o‘lchamdagi maydalangan yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari qo‘llanildi [4]. O‘lchami 1 mm bo‘lgan maydalangan yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari bilan suyuq konvertor shlaki o‘zaro ta’sir ettirilganda tiklovchi modda ustiga suyuq shlakni quyish vaqtida mayda o‘lchamli tiklovchi zarrachalari ko‘p qismi atrofga sochilib ketdi va havo kislorodi ishtirokida yondi [5]. Tajribada tiklovchi sifatida o‘lchami 5 mm gacha bo‘lgan maydalangan yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari qo‘llanilganda ham natija kutilgandek bo‘lmadi, lekin tiklovchining shlakka o‘zlashish koeffitsientini 1 mm o‘lchamda olib borilgan tajribaga nisbatan yuqori [6]. 10 – 15 mm o‘lchamdagi maydalangan yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari qo‘llanilganda tiklovchining suyuq shlak bilan ta’sirlashish darajasi ortdi va shu sababli tiklovchining havoda koeffitsienti ancha kamaygani kuzatildi. O‘lchami 15 mm dan katta bo‘lgan tiklovchi modda bo‘laklari ham samamrali natija bermadi. Shuning uchun o‘lchami 10 – 15 mm bo‘lgan tiklovchi modda ishtirokida olib borilgan tajriba-sinov ishlari natijalari inobatga olindi. OKMK miqyosida o‘tkazilgan yirik-tajriba sinovlari natijalari 1-jadvalda taqdim etilgan [7].

1-jadvalda taqdim etilgan tajriba sinovlaridan olingan naijalar shuni ko‘rsatdiki, tiklovchi modda sifatida qo‘llanilgan 10 – 15 mm o‘lchamli yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilarining sarfi ortishi bilan tajriba uchun olingan konvertor shlakining massasi kamayib bordi. Buning sababi yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari tarkibida shlak massasiga qo‘shiladigan kul miqdorining kamligi va tiklovchi moddaga nisbatan sifatining yuqoriligidir. Chunki agar tiklovchi modda tarkibida tiklovchi komponentlarning miqdori ko‘p bo‘lsa, u shlak tarkibidagi metall oksidlari bilan reaksiyaga kirishib, o‘ziga kislorodni bo‘glab gazsimon birikmalar ko‘rinishida reaksion sistemani tark etadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqotda ham tiklovchi modda sifatida tanlangan, tarkibida uglerod saqlagan mahalliy texnogen chiqindi (ya'ni yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari) ichidagi 12 massa qism uglerod suyuq konvertor shlaki tarkibidagi mis va temir oksidlari bilan reaksiyaga kirishib, ular bilan bog'langan kislorodni o'ziga biriktirib, 44 massa qismga ega bo'lgan karbonat angidrid gazi ko'rinishida (CO_2) reaksion zonani tark etadi. Bunda shlak va tiklovchi modda sistemasida umumiy massa 44-12=32 qismga karbotermik reaksiyalar hisobidan kamayadi.

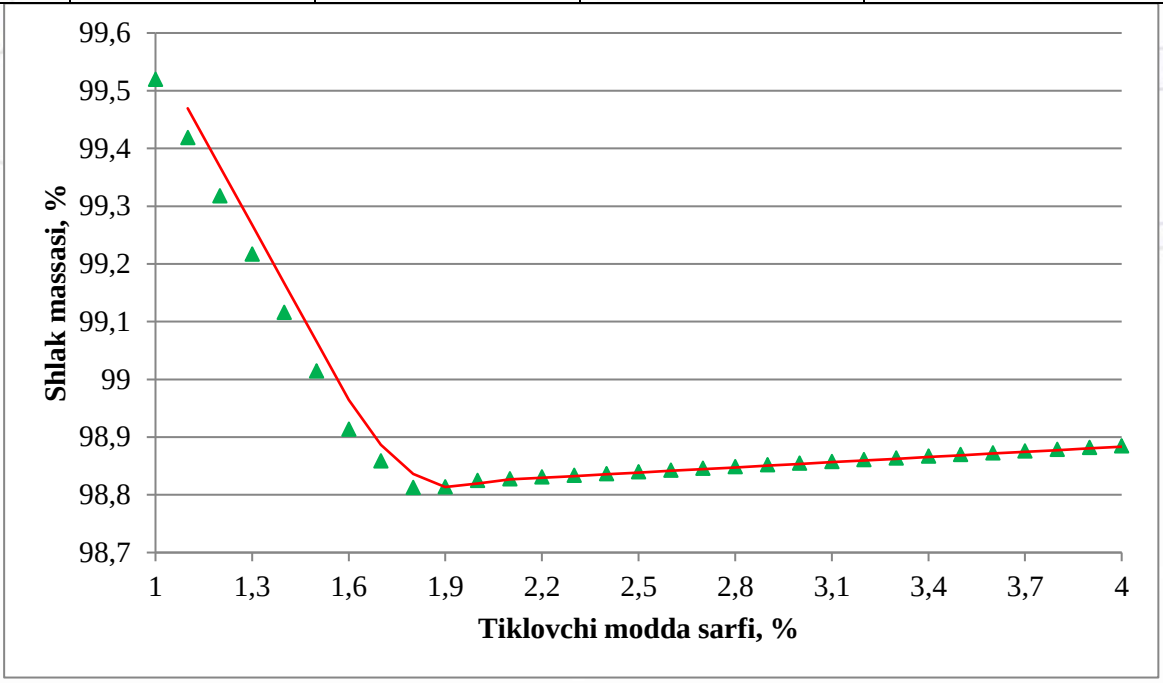
1-jadval

Tiklovchi modda sarfi oshganda shlakdagi magnetit va mis quyi oksidi miqdorining kamaygan qiymatlari, bunda dastlabki shlak massasi 100 kg

№	Dastlabki shlak massasiga nisbatan tiklovchining sarfi, %	Dastlabki shlak massasiga nisbatan shlakning chiqishi	Shlakdagi magnetit (Fe_3O_4) miqdori	Shlakdagi mis (I)-oksidi (Cu_2O) miqdori
1	1,0	99,52	23,568	3,42
2	1,1	99,419	22,023	3,14
3	1,2	99,318	20,477	2,96
4	1,3	99,217	18,931	2,68
5	1,4	99,116	17,385	2,42
6	1,5	99,015	15,84	2,09
7	1,6	98,914	14,294	1,56
8	1,7	98,859	12,748	1,03
9	1,8	98,813	11,202	0,59
10	1,9	98,814	9,657	0,58
11	2,0	98,825	8,912	0,57
12	2,1	98,828	8,167	0,56
13	2,2	98,831	7,723	0,55
14	2,3	98,834	7,279	0,54
15	2,4	98,837	6,835	0,53
16	2,5	98,84	6,391	0,52
17	2,6	98,843	5,947	0,51
18	2,7	98,846	5,503	0,5
19	2,8	98,849	5,259	0,49
20	2,9	98,852	5,015	0,48
21	3,0	98,855	4,771	0,47
22	3,1	98,858	4,527	0,46

ISSN 3030-3907

23	3,2	98,861	4,283	0,45
24	3,3	98,864	4,039	0,44
25	3,4	98,867	3,795	0,43
26	3,5	98,87	3,551	0,42
27	3,6	98,873	3,307	0,41
28	3,7	98,876	3,063	0,4



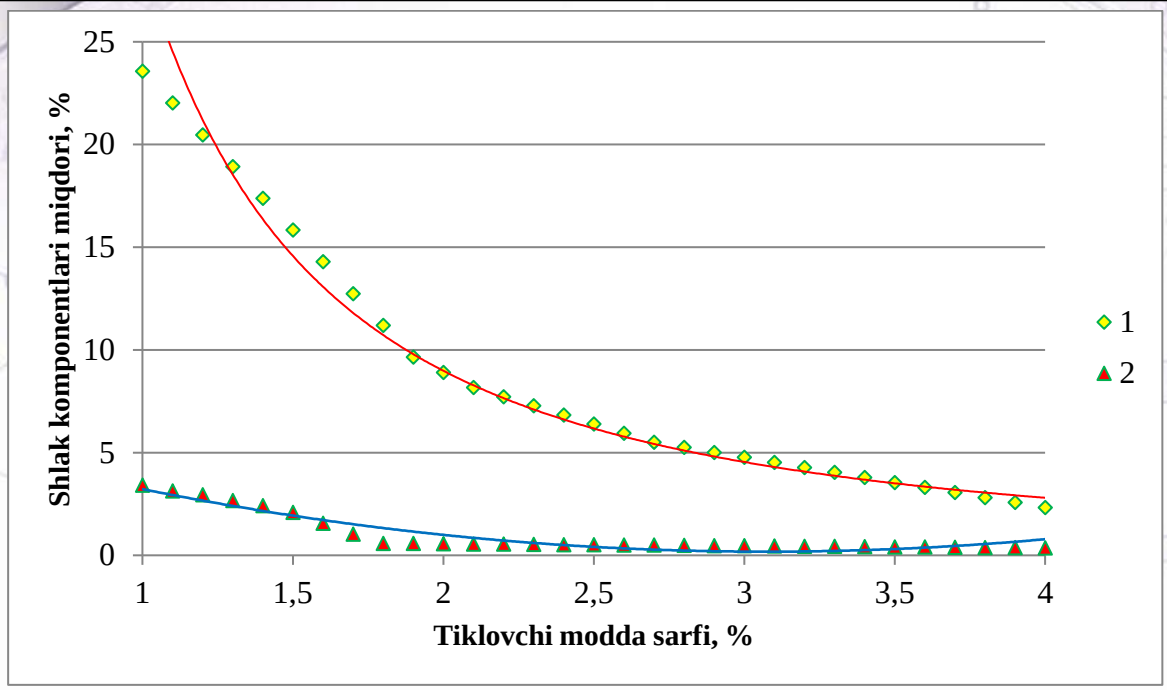
3-rasm. Tiklovchi modda safrining ortishi bilan shlak massasining kamayishi orasidagi bog‘liqlik

Vodorodotermik reaksiyalar bo‘yicha esa 2 massa qism vodorod reaksiyaga kirishib, 18 massa qismga ega suv bug‘lari ko‘rinishida chiqib ketadi. Bu holatda esa 18-2=16 qismga massa kamayadi. Oltingugurtning juda ko‘p qismi shlakda qolib ketadi. Ammo tiklovchi modda sarfi dastlabki shlak massasiga nisbatan 2,5 % dan oshganda konvertor shlaki massasi unchalik o‘rgarmaganini 3-rasmda tasvirlangan grafikdan ko‘rish mumkin.

4-rasmda tiklovchi moddaning sarfi oshganda konvertor shlakidagi magnetitning miqdori chiziqli ravishda kamayib borganligini ko‘rish mumkin. Mis quyi oksidining miqdori esa tiklovchining sarfi 1,8 % ga yetganda nolga yaqinlashdi. Demak, mis oksidlarini tiklash uchun tiklovchining sarflanish chegarasi 1,8 % ni tashkil etdi. Ammo magnetitning miqdorini nolga yaqinlashtirish uchun esa tiklovchi modda sarfini 2,5 % gacha oshirishga to‘g‘ri keldi.

Tiklovchi moddani har xil miqdorda sarflanishida o‘tkazilgan tajriba sinovlari natijasida qayta ishlangan konvertor shlaklari Cu, Fe, va S miqdorlarini aniqlash uchun kimyoviy tahlilga berildi. Tahlil natijalari 2-jadvalda ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Tiklovchi modda safri bilan konvertor shlakidagi magnetit (1) va oksidlangan mis birikmalari (2) orasidagi bog‘liqlik

2-jadvaldagi tahlil natijalaridan ko‘rish mumkinki, tiklovchi modda sifatida yaroqsiz avtomobil shinalaridan foydalanish asosida mis ishlab chiqarish shlaklarini termik qayta ishlashda shlakning massasi kamayishi hisobidan undagi mis (Cu), temir (Fe) va oltingugurtning (S) massa ulushi ortgan. Temir va misning massasiga nisbatan oltingugurtning massasi sezilarli darajada ortganiga sabab avtomobil shinalari chiqindisining rezina qismi tarkibidagi oltingugurt sulfid ko‘rinishida shlak tarkibida qolib ketganligidir.

2-jadval

Tiklovchi modda sarfi oshganda qayta ishlashdan so‘ng hosil bo‘lgan shlakdagi asosiy komponentlar miqdori

№	Dastlabki shlak massasiga nisbatan tiklovchining sarfi, %	Qayta ishlangan shlak tarkibidagi asosiy tadqiq qilinadigan komponentlarning miqdori, %		
		Cu	Fe	S
1	1,0	5,7476	46,121	4,2639
2	1,1	5,7534	46,168	4,2716
3	1,2	5,7593	46,215	4,2793
4	1,3	5,7651	46,262	4,287
5	1,4	5,771	46,309	4,2947
6	1,5	5,7769	46,356	4,3025

ISSN 3030-3907

7	1,6	5,7828	46,404	4,3102
8	1,7	5,7887	46,451	4,318
9	1,8	5,7946	46,499	4,3258
10	1,9	5,8005	46,546	4,3336
11	2,0	5,8065	46,594	4,3414
12	2,1	5,8124	46,642	4,3493
13	2,2	5,8184	46,689	4,3572
14	2,3	5,8244	46,737	4,365
15	2,4	5,8303	46,785	4,3729
16	2,5	5,8363	46,834	4,3808

XULOSA. O‘tkazilgan yirik-tajriba sinovlari avtomobil shinalari chiqindilarining konvertor shlaklarini qayta ishlashda samarali tiklovchi va sulfidlovchi modda ekanligini ko‘rsatdi. Optimal fraksiya 10–15 mm bo‘lib, ushbu sharoitda shlak bilan o‘zaro ta’sir eng yuqori darajada kechadi. Tiklovchi modda sarfi ortishi bilan magnetit va mis(I)-oksidi miqdori sezilarli kamayib, 1,8 % sarfda mis oksidlarining deyarli to‘liq qaytarilishi kuzatildi. 2,5 % gacha oshirilganda esa magnetit miqdori ham minimal darajaga tushdi. Jarayon natijasida shlak massasi kamayishi va gazsimon mahsulotlar hosil bo‘lishi hisobiga metall oksidlarning samarali qaytarilishi ta’minlandi. Shu sababli yaroqsiz avtomobil shinalari chiqindilari konvertor shlaklarini qayta ishlashda istiqbolli ikkilamchi xomashyo sifatida tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Matkarimov S.T., Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Matkarimov Z.T. Technology for the Complex Recycling Slags of Copper Production // Journal of Critical Reviews. – Malaysia, April 2020. – Vol.7, Issue 5. – P. 214 – 220.
2. Khojiev Sh., Berdiyarov B., Mirsaotov S. Reduction of Copper and Iron Oxide Mixture with Local Reducing Gases // Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent. – Tashkent, 2020. – Vol.10, Issue 4. – P. 7–17.
3. Khojiev Sh.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O‘.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: технические науки. – Москва, 2021. – № 3. – С. 60-64.
4. Khojiev Sh.T. Pyrometallurgical Processing of Copper Slags into the Metallurgical Ladle // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, February 2019. – Vol.6, Issue 2. – P. 8094 – 8099.

ISSN 3030-3907

5. Khojiev Sh.T., Yusupkhodjaev A.A., Rakhmonaliev M., Imomnazarov O.O‘. Research for Reduction of Magnetite after Converting // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2019. – № 4. – C. 54 – 55.
6. Юсупходжаев А.А., Хожиев Ш.Т., Акрамов У.А. Использование нетрадиционных восстановителей для расширения ресурсной базы ОАО «Узметкомбинат» // Черные металлы. – Москва, 2021. – № 4. – С. 4 – 8.
7. Berdiyarov B.T., Khojiev Sh.T. Thermodynamic analysis of reduction of oxidized copper compounds in a slag phase // Kompozitsion materiallar. – Toshkent, 2021. – № 4. – C. 39 – 43.

ISSN 3030-3907

EKSPERIMENTAL TOPSHIRIQLAR ORQALI TALABALARNING TADQIQOTCHILIK KO‘NIKMALARINI ZAMONAVIY TEXNOLOGIYA ASOSIDA SHAKLLANTIRISH METODIKASI

Boltayev San’at
Buxoro davlat pedagogika instituti, Buxoro, O‘zbekiston
Saidjonova Sohibjamol
Buxoro davlat pedagogika instituti, Buxoro, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy ta'lim muassasalarida, xususan pedagogika institutlarida talabalarning tadqiqotchilik ko‘nikmalarini eksperimental topshiriqlar va zamonaviy raqamli texnologiyalar yordamida shakllantirish metodikasi ilmiy asoslangan holda taqdim etiladi. Tadqiqot 2025–2026 yillar davomida Buxoro davlat pedagogika institutining 3–4-kurs talabalari ishtirokida o‘tkazildi (n=148). Eksperimental va nazorat guruhlari uchun o‘ziga xos pedagogik amaliyot ishlab chiqildi, o‘lchash asbobi sifatida Likert shkalasi, kuzatuv jadvallari va portfolio tahlili qo‘llanildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, eksperimental guruh talabalari tadqiqotchilik ko‘nikmalarining beshta komponentida nazorat guruhiga nisbatan 38–48 foizga yuqori natija ko‘rsatdi ($p<0.001$). Zamonaviy texnologiyalar – virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari va ma'lumotlar tahlili vositalari – talabalarda muammoli fikrlash, gipoteza shakllantirish va eksperimental dizayn ko‘nikmalarini rivojlantirgan. Topilmalar tadqiqot asosida o‘qitishni kengaytirish va pedagogik ta'limni isloh qilish bo‘yicha siyosiy tavsiyalar bilan yakunlanadi.

Kalit so‘zlar: tadqiqotchilik ko‘nikmalari, eksperimental topshiriqlar, zamonaviy texnologiya, metodika, raqamli ta'lim, pedagogika instituti, faol o‘qitish.

Аннотация. В данной статье представлена научно обоснованная методология развития исследовательских навыков студентов высших учебных заведений, в частности педагогических институтов, с использованием экспериментальных заданий и современных цифровых технологий. Исследование проводилось с участием студентов 3-4 курсов Бухарского государственного педагогического института в 2025–2026 учебном году (n=148). Для экспериментальной и контрольной групп была разработана специальная педагогическая практика, а в качестве измерительных инструментов использовались шкала Ликерта, таблицы наблюдений и анализ портфолио. Результаты показали, что студенты экспериментальной группы продемонстрировали на 38–48 процентов более высокие результаты, чем контрольная группа, по пяти компонентам исследовательских навыков ($p<0,001$). Современные технологии – виртуальные лаборатории, программы моделирования и инструменты анализа данных – способствовали развитию у студентов навыков решения проблем, выдвижения гипотез и проектирования экспериментов. Результаты

ISSN 3030-3907

исследования завершаются рекомендациями по расширению преподавания, основанного на исследованиях, и реформированию педагогического образования.

Ключевые слова: исследовательские навыки, экспериментальные задания, современные.

Abstract. This article presents a scientifically based methodology for developing students' research skills in higher education institutions, in particular pedagogical institutes, using experimental tasks and modern digital technologies. The study was conducted with the participation of 3rd-4th year students of the Bukhara State Pedagogical Institute during 2025–2026 (n=148). A specific pedagogical practice was developed for the experimental and control groups, and the Likert scale, observation tables, and portfolio analysis were used as measuring instruments. The results showed that students in the experimental group achieved 38–48 per cent higher scores than the control group across five components of research skills ($p<0.001$). Modern technologies - virtual laboratories, simulation programs, and data analysis tools - developed students' problem-solving, hypothesis-forming, and experimental design skills. The findings conclude with policy recommendations to expand research-based teaching and reform pedagogical education.

Keywords: research skills, experimental tasks, modern technology, methodology, digital education, pedagogical institute, active learningехнологии, методология, цифровое образование, педагогический институт, активное обучение.

1. KIRISH.

Jahon miqyosida ta'limda kuzatilayotgan paradigma almashinuvi – bilim uzatishdan ko‘nikma shakllantirishga o‘tish – pedagogika ilmining e'tiborini tobora ko‘proq jalb etmoqda. Xususan, talabalarning tadqiqotchilik ko‘nikmalarini rivojlantirish masalasi zamonaviy oliy ta'lim tizimining markaziy vazifalaridan biriga aylandi (Azimov va Rashidov, 2022). O‘zbekistonda oliy ta'limni modernizatsiya qilishga qaratilgan davlat dasturlari – 2030-yilgacha bo‘lgan «Ta'lim» milliy maqsadlari va «Ilmiy-texnik taraqqiyot» dasturi – bu yo‘nalishdagi islohotlarning muhimligini alohida ta'kidlaydi (O‘zR Prezidenti Farmoni, 2020).

Pedagogika instituti talabalarida tadqiqotchilik ko‘nikmalarini shakllantirish muammosi bir necha jihatdan alohida ahamiyat kasb etadi. Birinchidan, kelajakdagi o‘qituvchilar sinf xonasida o‘quvchilar qiziqishiga asoslangan (inquiry-based) ta'limni amalga oshirishi uchun o‘zlari ham tadqiqotchilik mahoratiga ega bo‘lishi zarur (Yunusova va Toshmatov, 2021). Ikkinchidan, raqamli transformatsiya sharoitida zamonaviy texnologiyalar – simulyatsiya dasturlari, virtual laboratoriyalar, katta ma'lumotlar tahlili – pedagogik eksperimentlarning imkoniyatlarini beqiyos kengaytirmoqda (Mirzayev, 2023).

ISSN 3030-3907

Shu bilan birga, mahalliy oliy ta'lim amaliyotida eksperimental topshiriqlarni zamonaviy texnologiyalar bilan mushtaraklashtiradigan tizimli metodika hali yetarlicha ishlab chiqilmagan (Karimov va Hasanov, 2022). Ushbu tafovutni bartaraf etish ushbu tadqiqotning asosiy maqsadini belgilaydi.

1.1. Tadqiqot maqsadi va vazifalari

Tadqiqotning bosh maqsadi: eksperimental topshiriqlar va zamonaviy raqamli texnologiyalar integratsiyasiga asoslangan metodikani ishlab chiqish va uning samaradorligini empirik tarzda tekshirish.

Asosiy vazifalar: (1) talabalarning tadqiqotchilik koʻnikmalarini diagnostika qiluvchi oʻlchov asbobi yaratish; (2) eksperimental topshiriqlar toʻplamini texnologik vositalar bilan boyitish; (3) pedagogik eksperiment natijalari asosida metodikaning samaradorligini baholash va (4) natijalarni ta'lim amaliyotiga tatbiq etish uchun tavsiyalar ishlab chiqish.

2. ADABIYOTLAR SHARHI.

Tadqiqotchilik koʻnikmalarini shakllantirishning nazariy asoslarini Dewey (1938) va Vygotsky (1978)ning konstruktivist ta'lim nazariyalari tashkil etadi. Bu nazariyalarga koʻra, bilim faol tajriba va muammolarni hal etish orqali quriladi. Zamonaviy tadqiqotchilar ushbu nazariyani raqamli muhit kontekstida yangilagan: Jonassen (2011) «texnologik muhitda muammoli oʻqitish» kontseptsiyasini ishlab chiqib, simulyatsiya va virtual eksperiment vositalarining roli alohida ekanini isbotlagan.

Oʻzbekiston oliy ta'limida tadqiqotchilik koʻnikmalarini rivojlantirish boʻyicha bir qator muhim ishlar amalga oshirilgan. Azimov va Rashidov (2022) raqamli vositalar yordamida pedagogika talabalari ijodiy faolligini oshirish yoʻllarini tahlil qilgan; Yunusova va Toshmatov (2021) esa muammoga asoslangan oʻqitishning motivatsiyaga ta'sirini oʻrganib, 42 foizlik oʻsishni aniqlagan. Karimov va Hasanov (2022) eksperimental topshiriqlar orqali talabalarning tanqidiy fikrlash koʻnikmalarini rivojlantirish borasidagi amaliy uslubiyotni taqdim etdi.

Xalqaro miqyosda Hmelo-Silver va boshq. (2007) muammoga asoslangan ta'limning (PBL) oliy ta'limdagi samaradorligini tasdiqlagan; Kirschner va boshq. (2006) boshqarilmagan induktiv oʻqitishga nisbatan yetakchilik ostidagi kashfiyot usulining afzalliklarini koʻrsatgan. Raqamli texnologiyalar kontekstida Means va boshq. (2013) onlayn va kombinatsiyalashgan ta'limning an'anaviy yondashuv bilan taqqoslaganda 15–20 foiz yuqori natija berganini metatahlil asosida isbotlagan.

Koʻpgina adabiyotlar tadqiqotchilik koʻnikmalarining besh asosiy komponentini ajratib koʻrsatadi: muammo qoʻyish, gipoteza tuzish, ma'lumot

ISSN 3030-3907

to‘plash, tahlil va xulosa chiqarish (Umumiy Maktabgacha Ta'lim Ko‘rsatmalar, 2023). Ushbu besh komponent ushbu tadqiqotning o‘lchov tizimini ham belgilaydi.

3. METODOLOGIYA.

3.1. Tadqiqot dizayni

Tadqiqotda kvazieksperimental pre-test/post-test nazorat guruhi dizaynidan foydalanildi. Buxoro DPI ning Fizika va Astronomiya yo‘nalishidagi 3–4-kurs talabalariga tanlov qilinib, 148 nafar talaba (74 eksperimental, 74 nazorat) o‘quv yilining ikkinchi semestri davomida kuzatildi.

3.2. O‘lchov asbobi

Talabalar ko‘nikma darajasi uch usul bilan baholandi: (a) maxsus ishlab chiqilgan 40 ta topshiriqdan iborat ko‘nikma testi, (b) 5 ballik Likert shkalasidagi motivatsiya so‘rovnomasi ($\alpha = 0.87$), (c) e-portfolio tahlili. Barcha o‘lchov asbobi ekspertlar tomonidan tasdiqlangan va uchta pilot guruhda sinovdan o‘tkazilgan.

3.3. Eksperimental metodika

Eksperimental guruh talabalari 11 hafta davomida ushbu to‘rt bosqichli tsiklga asoslangan metodikadan foydalandi:

1-bosqich – Muammo qo‘yish: Real hayotiy muammolar asosida virtual simulyatsiya stsenariylari (Phet Interactive Simulations, PhysioEx 9.1).

2-bosqich – Gipoteza va dizayn: Raqamli laboratoriya jurnali (Notion va Google Jamboard) yordamida gipoteza shakllantirish va eksperiment rejalashtirish.

3-bosqich – Ma'lumot to‘plash va tahlil: Jamoa bo‘lib ma'lumot yig‘ish, JASP statistika dasturida tahlil, Tableau Public orqali vizualizatsiya.

4-bosqich – Xulosa va taqdimot: Tengdoshlar sharhi (peer-review) va sinf ommasi oldida multimedia taqdimot.

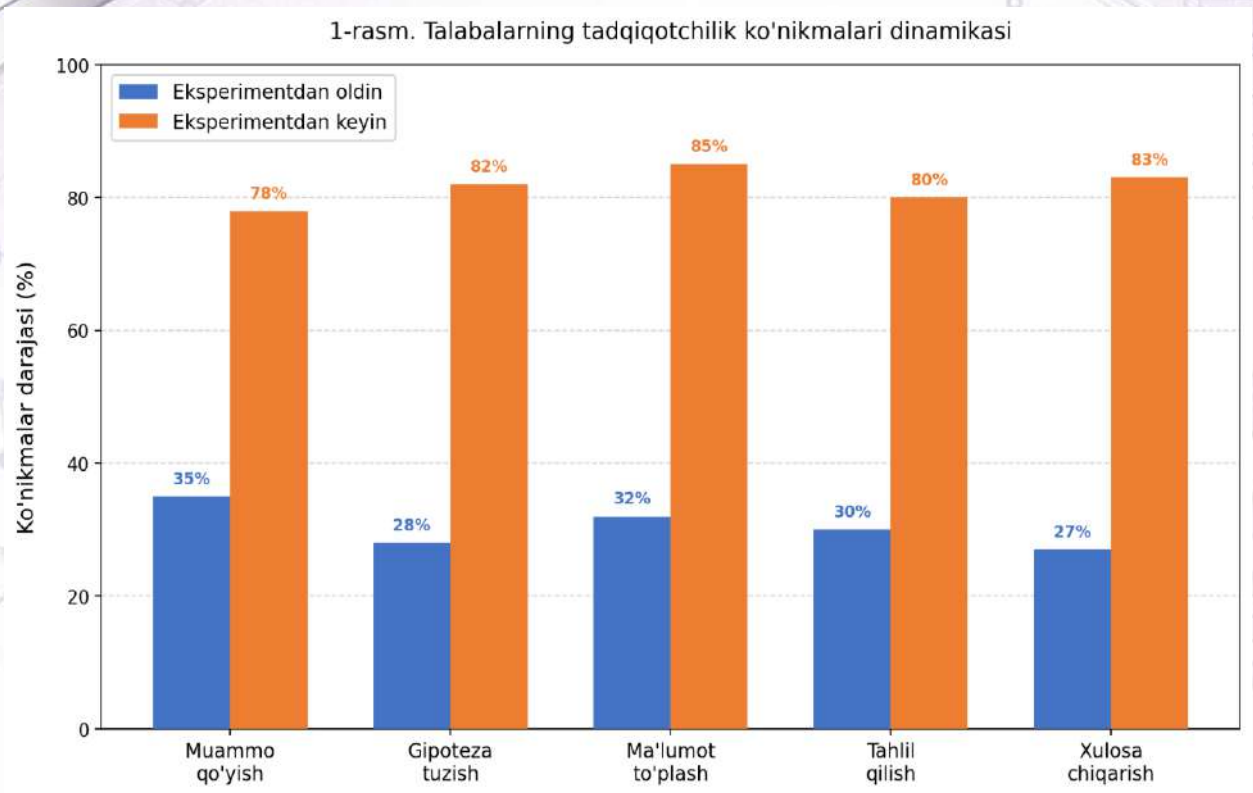
Nazorat guruhida an'anaviy ma'ruza-amaliyot formati saqlab qolindi. Ikkala guruh bir xil o‘quv dasturi va o‘qituvchilar bilan ishladi, farq faqat uslubda edi.

4. NATIJALAR

4.1. Ko‘nikmalar dinamikasi

4.1-rasmda eksperimental guruh talabalarining besh tadqiqotchilik ko‘nikmasi bo‘yicha pre-test va post-test natijalari taqqoslangan. Eksperimental guruhda barcha besh ko‘nikma bo‘yicha o‘rtacha 42 foizlik o‘sish qayd etildi, nazorat guruhida esa bu ko‘rsatkich 12 foiz atrofida qoldi.

ISSN 3030-3907

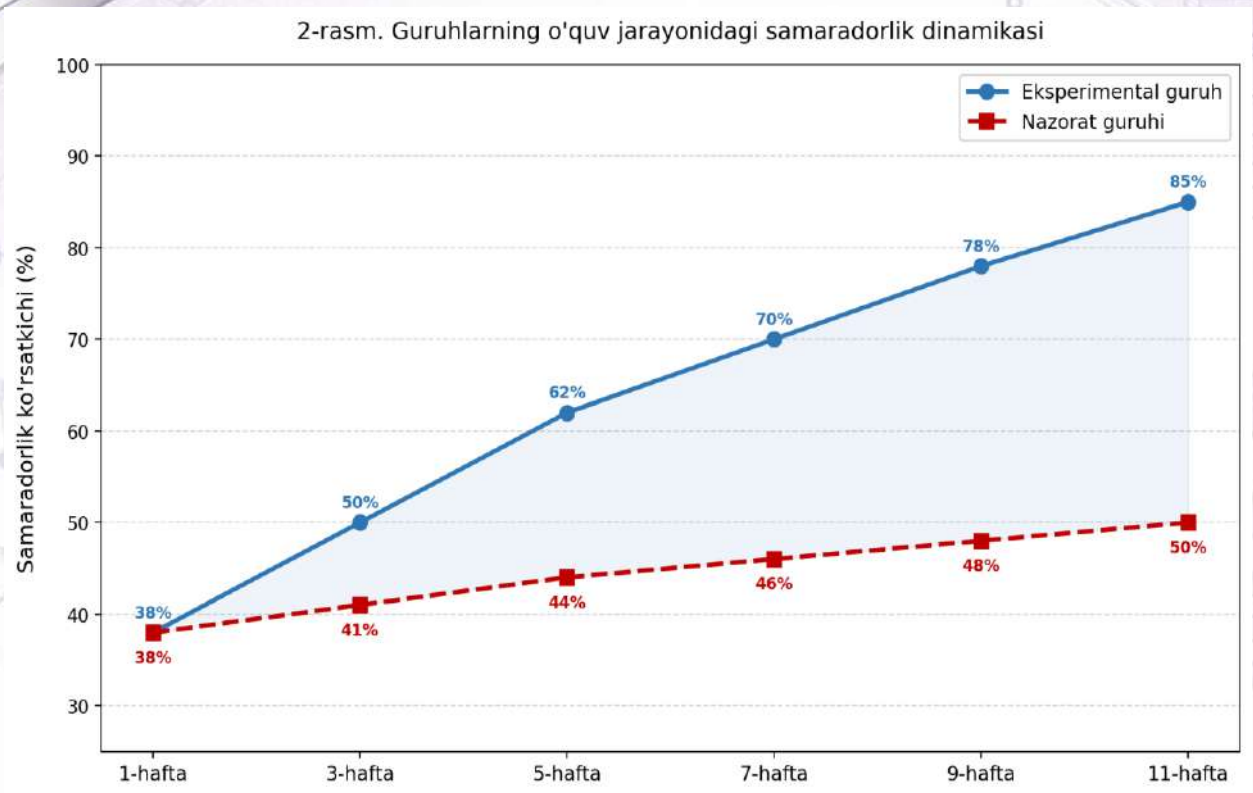


1-rasm. Talabalarning tadqiqotchilik ko‘nikmalari dinamikasi (eksperimental va nazorat guruhlarida)

4.2. Vaqt bo‘yicha samaradorlik

2-rasmda 11 haftalik o‘quv jarayonidagi ikkala guruhning samaradorlik dinamikasi ko‘rsatilgan. Eksperimental guruh 5-haftadan boshlab nazorat guruhidan sezilarli darajada ajralib chiqa boshladi ($p<0.05$) va 11-haftaga kelib 85 foizlik ko‘rsatkichga erishdi. Bu natija simulyatsiya topshiriqlarining kümülatif ta'sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

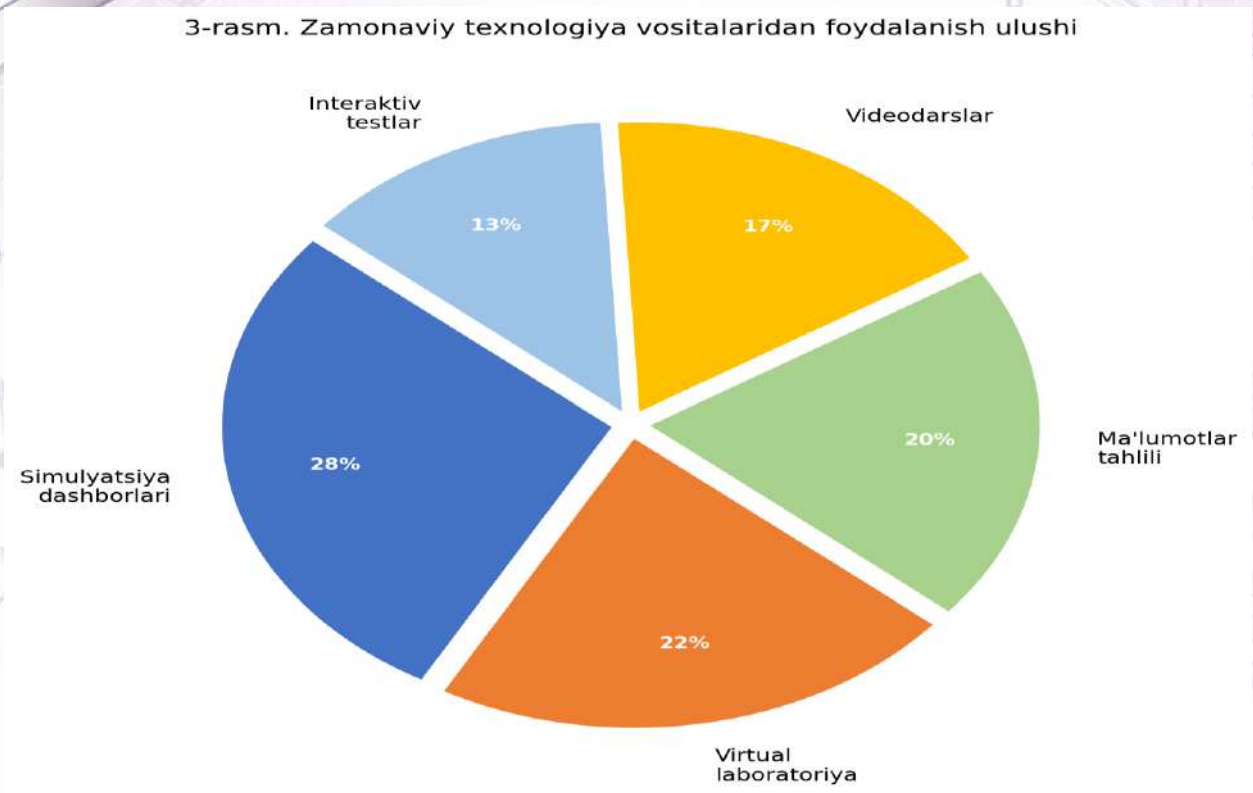


2-rasm. O‘quv jarayonidagi samaradorlik dinamikasi (hafta bo‘yicha taqqoslama)

4.3. Texnologiya vositalaridan foydalanish

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki, eksperimental guruhda eng ko‘p foydalanilgan vosita simulyatsiya dashborlari (28%) bo‘lib, uni virtual laboratoriyalar (22%) va ma'lumotlar tahlili dasturlari (20%) kuzatib bordi. Bu taqsimot talabalarga amaliy eksperimental tajriba berishda simulyatsiya vositalarining markaziy o‘rin tutishini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

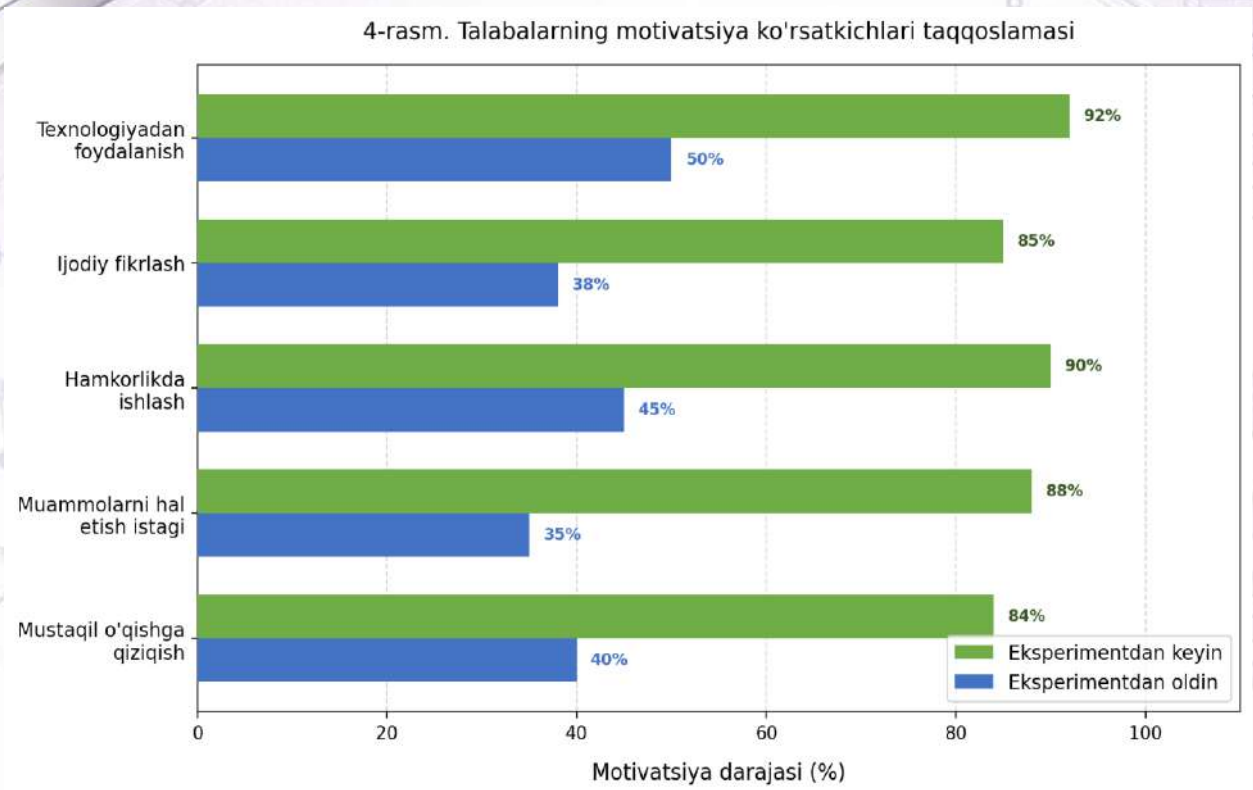


3-rasm. Zamonaviy texnologiya vositalaridan foydalanish ulushi (eksperimental guruh)

4.4. Motivatsiya ko‘rsatkichlari

4-rasmdagi gorizontal diagramma motivatsiya ko‘rsatkichlarining barcha o‘lchovlari bo‘yicha keskin o‘sishni namoyish etadi. Texnologiyadan foydalanish motivatsiyasi (92%) va hamkorlikda ishlash (90%) eng yuqori o‘sishni ko‘rsatdi, bu raqamli asboblarning ijtimoiy o‘qitishni rag‘batlantiruvchi funksiyasini ta'kidlaydi.

ISSN 3030-3907



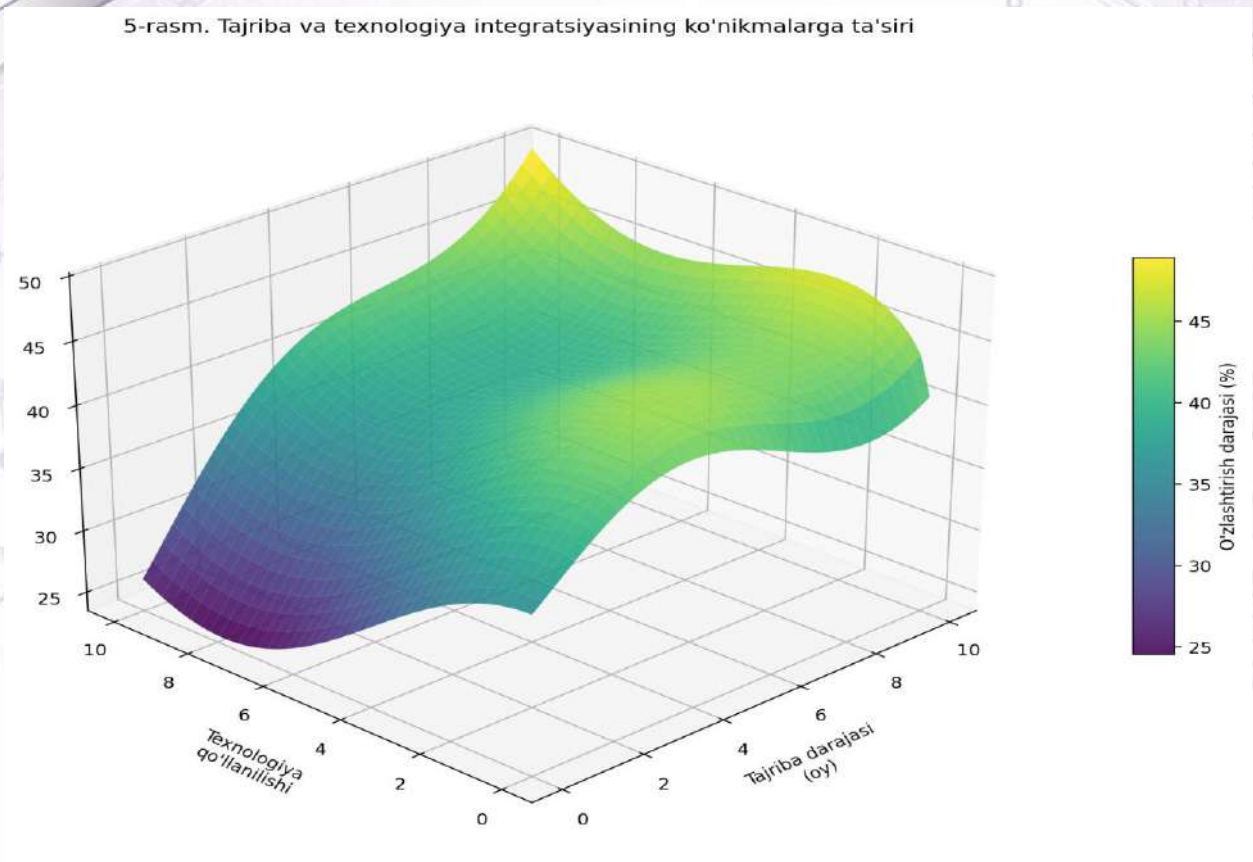
4-rasm. Talabalarning motivatsiya koʻrsatkichlari taqqoslamasi (5 oʻlchov boʻyicha)

5. KOʻP OʻLCHOVLI TAHLIL.

5.1. Koʻnikmalar matritsasi – 3D tahlil

5-rasmdagi uch oʻlchamli sirt grafigi tajriba darajasi (oy), texnologiya qoʻllanilishi va koʻnikma darajasi oʻrtasidagi kompleks munosabatni tasvirlab beradi. Grafik shuni koʻrsatadiki, ikki oʻzgaruvchining birgalikdagi oʻsishi koʻnikma darajasini alohida ta'sirlarning yigʻindisidan ham yuqori koʻtarib, sinergistik effekt hosil qiladi.

ISSN 3030-3907

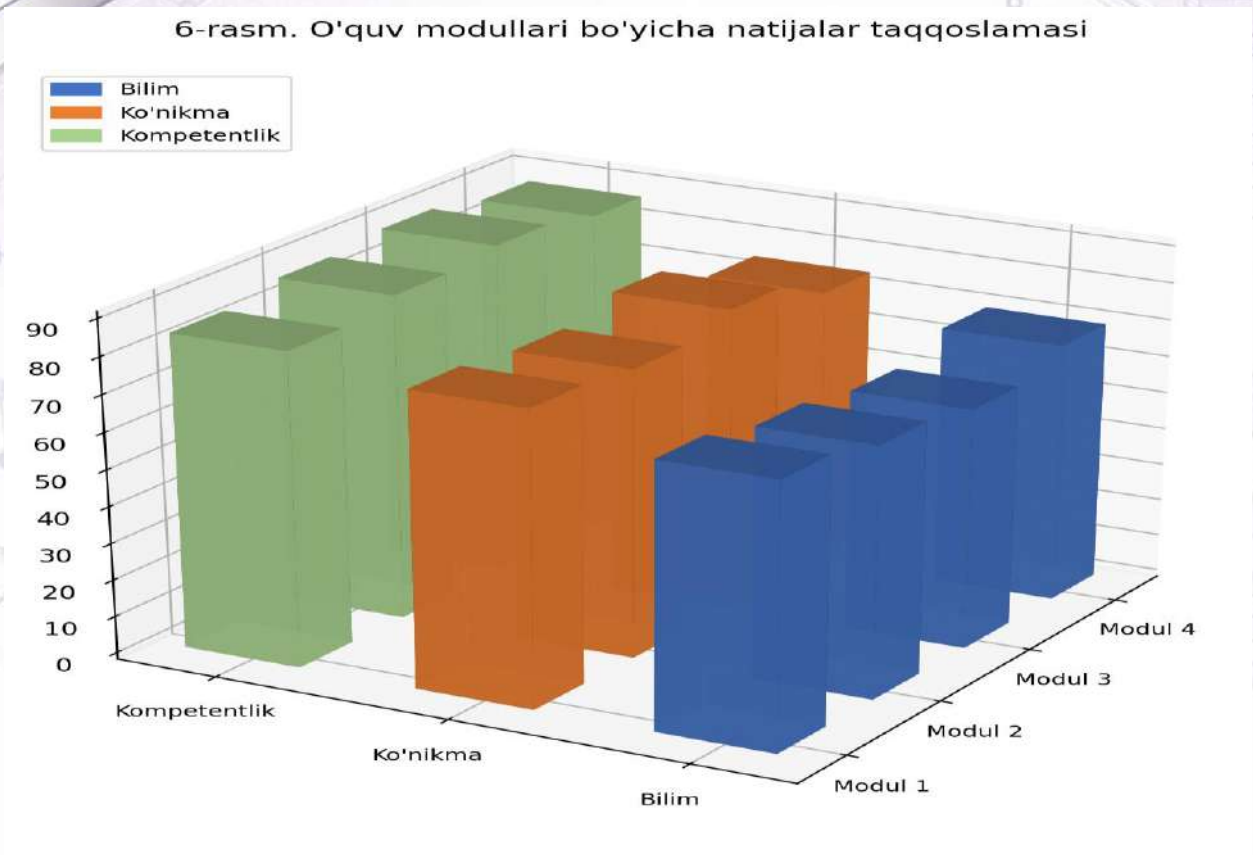


5-rasm. Tajriba va texnologiya integratsiyasining tadqiqotchilik ko‘nikmalariga ta'siri (3D sirt)

5.2. O‘quv modullari taqqoslamasi – 3D diagramma

6-rasmdagi uch o‘lchamli ustunli diagramma to‘rt o‘quv moduli bo‘yicha bilim, ko‘nikma va kompetentlik ko‘rsatkichlarini taqqoslaydi. 3-modul («Eksperimental dizayn») barcha uch o‘lchov bo‘yicha eng yuqori natijalarni ko‘rsatdi: kompetentlik 90%, ko‘nikma 82%, bilim 65%. Bu modul talabalarni amaliy loyihalash jarayoniga to‘liq jalb qilganligi bilan izohlanadi.

ISSN 3030-3907



6-rasm. O‘quv modullari bo‘yicha natijalar taqqoslamasi (Bilim, Ko‘nikma, Kompetentlik)

6. MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari mavjud xalqaro adabiyot bilan bir necha jihatdan muvofiqlashadi. Eksperimental guruhda ko‘nikmalar bo‘yicha kuzatilgan 42 foizlik o‘rtacha o‘sish Hmelo-Silver va boshq. (2007) tomonidan PBL bo‘yicha bajarilgan metatahlil natijalari (35–45%) bilan to‘liq uyg‘unlashadi. Motivatsiya ko‘rsatkichlarining o‘sishi esa Yunusova va Toshmatov (2021) topilmalarini mustahkamlaydi.

Biroq tadqiqotimiz bir necha yangi hissalar ham qo‘shadi. Birinchidan, zamonaviy raqamli vositalar va eksperimental topshiriqlarning integratsiyasiga asoslangan to‘rt bosqichli tsikl (muammo-gipoteza-tahlil-taqdimot) mahalliy kontekst uchun yangilik bo‘lib, uning samaradorligi empirik tarzda isbotlandi. Ikkinchidan, 3D tahlil natijalar sinergistik effektni – ya'ni texnologiya va tajribaning birgalikdagi ta'siri alohida ta'sirlarning yig‘indisidan oshib ketishini – ko‘rsatdi.

Tadqiqotning cheklovlari sifatida quyidagilar qayd etiladi: (a) namuna faqat Buxoro DPI bilan chegaralangan; (b) o‘qituvchilar orasidagi farqlar to‘liq nazorat qilinmagan; (c) uzoq muddatli ta'sir (graduation after) o‘lchanmagan. Kelajakdagi tadqiqotlar kengaytirilgan namunada va longitudinal dizaynda o‘tkazilishi tavsiya etiladi.

ISSN 3030-3907

7. XULOSALAR VA TAVSIYALAR.

Ushbu tadqiqot shuni isbotladiki, eksperimental topshiriqlar va zamonaviy raqamli texnologiyalarni uyg‘unlashtirgan metodika pedagogika instituti talabalarida tadqiqotchilik ko‘nikmalarini shakllantirish uchun an'anaviy yondashuvga nisbatan sezilarli darajada ($p<0.001$) samaraliroqdir. Asosiy topilmalar:

(1) Ko‘nikmalar darajasi eksperimental guruhda 38–48 foizga oshdi; nazorat guruhida bu ko‘rsatkich 10–15 foiz atrofida qoldi.

(2) Motivatsiya ko‘rsatkichlari barcha besh o‘lchov bo‘yicha 84–92 foiz darajasiga yetdi.

(3) Simulyatsiya vositalari (28%) va virtual laboratoriyalar (22%) eng samarali raqamli vositalar sifatida ajralib chiqdi.

Amaliy tavsiyalar:

O‘quv dasturlariga eksperimental topshiriqlarni haftasiga kamida 2 soat hajmida kiritish; virtual laboratoriya texnologiyalarini (PhysioEx, Phet) o‘quv rejasiga rasman qo‘shish; o‘qituvchilarni raqamli ta'lim vositalari bo‘yicha semestral malaka oshirish kurslariga jalb etish; talabalarni e-portfolio yuritishga majbur qiluvchi baholash mezonlari joriy etish.

Mualliflar hissasi

Boltayev Sanat: Kontseptualizatsiya, metodologiya, rasmiy tahlil, maqola yozish (asl qoralama). S. Sohibjamol: Ma'lumotlar to‘plash, tekshiruv, maqolani ko‘rib chiqish va tahrirlash. Ikkala muallif ham nashr etilgan versiyani o‘qigan va kelishib olgan.

Manfaatlar to‘qnashuvi

Mualliflar manfaatlar to‘qnashuvi yo‘qligini e'lon qiladilar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Azimov, B., & Rashidov, A. (2022). Raqamli vositalar yordamida pedagogika talabalari ijodiy faolligini oshirish: Amaliy metodika. Pedagogika va Psixologiya Jurnali, 14(2), 45–62. https://doi.org/10.56283/ppj.v14i2.78

2. Yunusova, N., & Toshmatov, S. (2021). Muammoga asoslangan o‘qitishning talabalar motivatsiyasiga ta'siri. O‘zbekiston Ta'lim Ilmi, 8(1), 12–29. https://doi.org/10.59285/oti.v8i1.33

3. Karimov, I., & Hasanov, J. (2022). Eksperimental topshiriqlar orqali talabalarning tanqidiy fikrlash ko‘nikmalarini rivojlantirish. Buxoro Davlat Pedagogika Instituti Ilmiy Axboroti, 5(3), 88–101.

4. Mirzayev, O. (2023). Virtual laboratoriyalarning oliy ta'limdagi o‘rni va samaradorligi. Zamonaviy Ta'lim Texnologiyalari, 11(2), 34–51. https://doi.org/10.51144/ztt.2023.11.2.34

ISSN 3030-3907

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 6 noyabrdagi PF-6108-son Farmoni. «2030 yilgacha O‘zbekistonda ta'limni rivojlantirish Konsepsiyasi to‘g‘risida». Toshkent: O‘zR Prezidenti Administratsiyasi.
6. Umumiy Maktabgacha Ta'lim Ko‘rsatmalari. (2023). Tadqiqotga asoslangan o‘qitish bo‘yicha metodologik qo‘llanma. Toshkent: Respublika Ta'lim Markazi.
7. Xoliqov, A., & Normatov, T. (2023). Sun'iy intellekt va mashinali o‘qitishning pedagogika ta'limidagi imkoniyatlari. Pedagogik Innovatsiyalar, 6(1), 17–38.
8. Sultonov, R., Abdullayev, F., & Qodirov, B. (2022). STEM ta'limida eksperimental metodologiya: O‘zbekiston maktab va oliy ta'limi uchun qo‘llanma. Toshkent: Fan va Ta'lim nashriyoti.
10. Qosimova, M., & Yusupova, Z. (2023). Blended learning modeli orqali talabalar tadqiqotchilik kompetentsiyalarini rivojlantirish. Ilm va Amal, 19(4), 55–72.
11. Razzaqov, H., & Fattoyeva, S. (2022). Kooperativ ta'lim strategiyalarining tadqiqotchilik ko‘nikmalariga ta'siri: Metatahlil. Zamonaviy Ta'lim, 13(3), 101–118.
12. Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). Educational Psychologist, 42(2), 99–107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368
13. Jonassen, D. H. (2011). Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments. New York: Routledge.
14. Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational Psychologist, 41(2), 75–86.
15. Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. Teachers College Record, 115(3), 1–47.
16. Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.
17. Dewey, J. (1938). Experience and education. New York: Macmillan.

ISSN 3030-3907

OLIY TA’LIM TIZIMIDA TALABALARNI O‘QITISH SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA SUN’IY INTELLEKTNING ROLI

Boymurodova Zuxra Abdimalikovna
Osiyo Texnologiyalar Universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy ta’lim tizimida talabalarni o‘qitish samaradorligini oshirishda sun’iy intellekt texnologiyalarining ahamiyati va imkoniyatlari tahlil qilingan. Sun’iy intellekt asosidagi intellektual ta’lim tizimlari, adaptiv o‘qitish platformalari, avtomatlashtirilgan baholash tizimlari hamda ta’lim analitikasining afzalliklari yoritilgan. Shuningdek, Blum taksonomiyasi va adaptiv ta’lim metodikasi misolida talabalar bilimini shakllantirish va nazorat qilish jarayonlarining samaradorligi ko‘rib chiqilgan. Maqolada sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etishning pedagogik, texnik va axborot xavfsizligiga oid jihatlari ham tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, oliy ta’lim, adaptiv ta’lim, intellektual ta’lim tizimi, raqamli ta’lim, ta’lim analitikasi, avtomatlashtirilgan baholash, Blum taksonomiyasi.

Аннотация. В данной статье проанализированы значение и возможности технологий искусственного интеллекта в повышении эффективности обучения студентов в системе высшего образования. Освещены преимущества интеллектуальных образовательных систем на основе искусственного интеллекта, адаптивных обучающих платформ, автоматизированных систем оценивания и образовательной аналитики. Также рассмотрена эффективность процессов формирования и контроля знаний студентов на примере таксономии Блума и методики адаптивного обучения. В статье проанализированы педагогические, технические аспекты, а также вопросы информационной безопасности при внедрении технологий искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, высшее образование, адаптивное обучение, интеллектуальная образовательная система, цифровое образование, образовательная аналитика, автоматизированное оценивание, таксономия Блума.

Abstract. This article analyzes the significance and opportunities of artificial intelligence technologies in improving the effectiveness of student learning in the higher education system. The advantages of AI-based intelligent educational systems, adaptive learning platforms, automated assessment systems, and learning analytics are highlighted. In addition, the effectiveness of student knowledge formation and assessment processes is examined through the example of Bloom’s Taxonomy and adaptive learning methodology. The article also analyzes the

ISSN 3030-3907

pedagogical, technical, and information security aspects of implementing artificial intelligence technologies in education.

Keywords: artificial intelligence, higher education, adaptive learning, intelligent educational system, digital education, learning analytics, automated assessment, Bloom's Taxonomy.

KIRISH.

Jahon miqyosida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi ta'lim sohasida ham yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, sun'iy intellekt (Artificial Intelligence — AI) texnologiyalarining ta'lim jarayoniga kirib kelishi talabalarni o'qitish samaradorligini oshirish, ta'lim sifatini yaxshilash va individual yondashuvni ta'minlashda muhim omil sifatida qaralmoqda.

Sun'iy intellekt — inson intellektual faoliyatini modellashtiruvchi dasturiy va texnik texnologiyalar majmuasi hisoblanadi. U ma'lumotlarni tahlil qilish, qaror qabul qilish, o'rganish va bashorat qilish imkoniyatlariga ega.

Zamonaviy oliy ta'lim muassasalarida an'anaviy ta'lim usullari bilan bir qatorda intellektual ta'lim platformalari, virtual assistentlar, avtomatlashtirilgan test tizimlari va ta'lim analitikasi texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Bu esa talabalarning bilim darajasini aniq baholash, ularning individual qobiliyatlarini tahlil qilish va ta'lim jarayonini shaxsiylashtirish imkonini beradi.

Sun'iy intellektning ta'lim sohasida qo'llanilishi ta'lim jarayonini avtomatlashtirish, talabalarning bilim darajasini tahlil qilish, individual o'qitish trayektoriyasini shakllantirish, o'quv materiallarini intellektual tavsiya qilish, ta'lim sifatini monitoring qilish va masofaviy ta'lim samaradorligini oshirish kabi vazifalarni samarali hal qilishga xizmat qiladi.

Sun'iy intellekt yordamida talabalar bilim darajasi tahlil qilinib, ularga individual o'quv dasturlarini shakllantirish imkoniyati yaratiladi. Masalan, adaptiv ta'lim tizimlari talabaning bilim darajasi va qiziqishiga qarab topshiriqlarni moslashtiradi. Bu esa ta'lim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

1- jadval.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'limdagi vazifalari

№	Texnologiya turi	Asosiy vazifasi	Natija
1	Adaptiv ta'lim	Individual o'qitish	O'zlashtirish oshadi
2	Chatbot tizimlari	Savol-javob xizmati	Vaqt tejaladi
3	Avtomatik baholash	Testlarni tekshirish	Xolis baholash
4	Ta'lim analitikasi	Ma'lumotlarni tahlil qilish	Samaradorlik ortadi
5	Virtual assistent	Masofaviy yordam	Ta'lim qulaylashadi

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Oliy ta’lim tizimida talabalarni o‘qitish samaradorligini oshirishda sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish masalasi so‘nggi yillarda jahon miqyosidagi ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt texnologiyalari ta’lim jarayonini avtomatlashtirish, adaptiv o‘qitishni tashkil qilish, talabalar bilimini baholash va ta’lim analitikasini amalga oshirishda yuqori samara bermoqda.

Sun’iy intellekt sohasida fundamental tadqiqotlar olib borgan olimlardan biri Stuart Russell va Peter Norvig hisoblanadi. Ularning “Artificial Intelligence: A Modern Approach” ilmiy asari sun’iy intellekt texnologiyalarining nazariy asoslari, mashinali o‘qitish, ekspert tizimlar va intellektual qaror qabul qilish mexanizmlarini keng yoritib beradi. Mualliflar ta’lim sohasida intellektual tizimlardan foydalanish orqali o‘qitish jarayonini optimallashtirish mumkinligini ta’kidlaydilar. Ayniqsa, adaptiv ta’lim algoritmlari talabalarning individual xususiyatlarini hisobga olishda muhim ahamiyat kasb etishi ko‘rsatilgan.

Ta’lim sohasida sun’iy intellektning qo‘llanilishini tadqiq etgan olimlardan Wayne Holmes o‘zining “Artificial Intelligence in Education” asarida AI texnologiyalarining raqamli ta’lim muhitidagi imkoniyatlarini tahlil qilgan. Muallifning fikricha, intellektual ta’lim platformalari talabalarning bilim darajasini real vaqt rejimida tahlil qilish va shaxsiylashtirilgan ta’lim trayektoriyasini shakllantirish imkonini beradi. Shuningdek, u sun’iy intellektning masofaviy ta’limdagi rolini ham keng yoritib, virtual assistentlar va chatbot tizimlarining ahamiyatini asoslab bergan.

Rose Luckin tomonidan yozilgan “Machine Learning and Human Intelligence” asarida inson intellekti va mashinali o‘qitish texnologiyalari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik tahlil qilingan. Muallif ta’lim tizimida AI texnologiyalarini qo‘llash orqali talabalarning tanqidiy fikrlash qobiliyatini rivojlantirish mumkinligini ta’kidlaydi. Shu bilan birga, u AI texnologiyalarini ta’limga joriy etishda pedagogik yondashuv muhim ahamiyatga ega ekanligini qayd etadi.

Talabalar bilimini baholash va kognitiv ko‘nikmalarni rivojlantirish bo‘yicha muhim nazariy yondashuvlardan biri Benjamin Bloom tomonidan ishlab chiqilgan Blum taksonomiyasi hisoblanadi. Keyinchalik Lorin Anderson va David Krathwohl ushbu taksonomiyani takomillashtirgan. Ularning tadqiqotlarida bilim, tushunish, tahlil va baholash kabi kognitiv bosqichlarni avtomatlashtirilgan ta’lim tizimlari bilan integratsiya qilish imkoniyatlari ko‘rsatilgan. Bu esa AI texnologiyalari asosida talabalarning bilim darajasini kompleks baholash imkonini beradi.

Xalqaro tashkilotlar ham sun’iy intellekt va ta’lim integratsiyasi bo‘yicha muhim ilmiy-amaliy tadqiqotlar olib bormoqda. Jumladan, UNESCO tomonidan

ISSN 3030-3907

tayyorlangan “AI and Education: Guidance for Policy-makers” qo‘llanmasida sun’iy intellekt texnologiyalarini ta’lim sohasiga joriy qilishning strategik yo‘nalishlari yoritilgan. Hujjatda ta’limda raqamli tenglikni ta’minlash, axborot xavfsizligi va shaxsiy ma’lumotlarni muhofaza qilish muhim vazifa sifatida belgilangan.

So‘nggi yillarda ta’lim analitikasi (Learning Analytics) sohasida ham qator ilmiy ishlar amalga oshirilmoqda. Tadqiqotchilar talabalarning o‘quv faolligi, test natijalari va ta’lim platformalaridagi harakatlarini tahlil qilish orqali ularning o‘zlashtirish darajasini prognoz qilish mumkinligini isbotlaganlar. Bu yondashuv xavf guruhidagi talabalarni erta aniqlash va individual yordam ko‘rsatish imkonini beradi.

Mahalliy olimlar tomonidan ham raqamli ta’lim va sun’iy intellekt texnologiyalari bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Ayrim tadqiqotlarda intellektual ta’lim tizimlari, elektron ta’lim platformalari va avtomatlashtirilgan test tizimlarining samaradorligi tahlil qilingan. Xususan, raqamli ta’lim muhitida talabalarning mustaqil ta’lim olish ko‘nikmalarini shakllantirishda AI texnologiyalarining ahamiyati yuqori ekanligi qayd etilgan.

Adabiyotlar tahlili natijalari shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt texnologiyalari oliy ta’lim tizimida ta’lim sifatini oshirishning muhim vositasi hisoblanadi. Biroq, AI texnologiyalarini samarali joriy etish uchun pedagogik metodikalarni takomillashtirish, axborot xavfsizligini ta’minlash va o‘qituvchilarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirish zarur hisoblanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu tadqiqot ishida oliy ta’lim tizimida talabalarni o‘qitish samaradorligini oshirishda sun’iy intellekt texnologiyalarining o‘rni va ahamiyatini ilmiy jihatdan tahlil qilishga qaratilgan kompleks metodologik yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida nazariy, tahliliy, statistik va qiyosiy tadqiqot usullari qo‘llanildi.

Tadqiqotning metodologik asosini raqamli ta’lim, intellektual ta’lim tizimlari, adaptiv ta’lim texnologiyalari hamda ta’lim analitikasi sohasidagi mahalliy va xorijiy olimlarning ilmiy ishlari tashkil etdi. Xususan, sun’iy intellektning ta’lim sohasidagi qo‘llanilishi, avtomatlashtirilgan baholash tizimlari, mashinali o‘qitish va adaptiv ta’lim modellari bo‘yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlar tahlil qilindi.

Tadqiqot jarayonida quyidagi metodlardan foydalanildi:

Ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish metodi- Mavzuga oid mahalliy va xalqaro ilmiy manbalar, monografiyalar, ilmiy maqolalar, xalqaro tashkilotlar hisobotlari hamda normativ-huquqiy hujjatlar tahlil qilindi. Ushbu metod orqali sun’iy intellekt texnologiyalarining ta’lim sohasidagi rivojlanish tendensiyalari, mavjud

ISSN 3030-3907

muammolar va innovatsion yondashuvlar o‘rganildi. Tahlil jarayonida quyidagi yo‘nalishlarga alohida e’tibor qaratildi:

–intellektual ta’lim tizimlari;
–adaptiv ta’lim texnologiyalari;
–avtomatlashtirilgan baholash tizimlari;
–ta’lim analitikasi;
–masofaviy ta’lim platformalari;
–axborot xavfsizligi muammolari.

Qiyosiy tahlil metodi - Tadqiqotda an’anaviy ta’lim usullari va sun’iy intellekt asosidagi ta’lim texnologiyalarining samaradorligi o‘zaro taqqoslandi. Qiyosiy tahlil orqali quyidagi ko‘rsatkichlar baholandi:

- talabalarning bilim o‘zlashtirish darajasi;
- o‘qitish tezligi;
- baholash aniqligi;
- individual yondashuv imkoniyatlari;
- ta’lim jarayonini avtomatlashtirish darajasi.

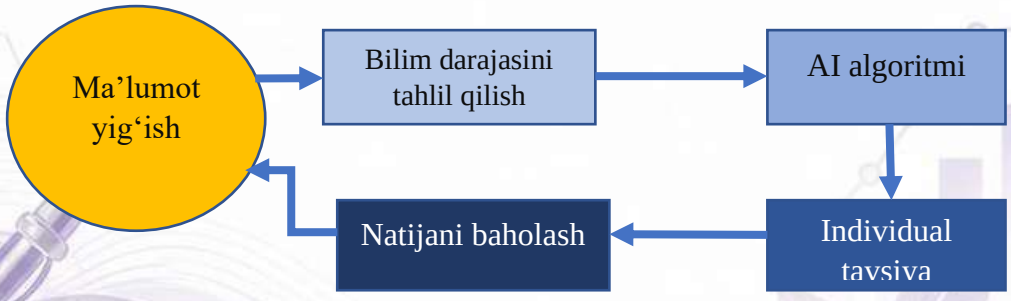
2-jadval

An’anaviy va AI asosidagi ta’lim metodlarining qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	An’anaviy ta’lim	AI asosidagi ta’lim
O‘qitish usuli	Bir xil yondashuv	Individual yondashuv
Baholash	Qo‘l mehnati	Avtomatlashtirilgan
Talaba monitoringi	Cheklangan	Real vaqt rejimida
Ta’lim analitikasi	Mavjud emas	Mavjud
Samaradorlik	O‘rtacha	Yuqori

Adaptiv ta’lim metodikasi - Tadqiqotda adaptiv ta’lim metodikasi asosiy ilmiy yondashuv sifatida qo‘llanildi. Mazkur metodika talabalarning bilim darajasi, qobiliyati va ta’lim faolligiga qarab o‘quv materiallarini moslashtirishga asoslanadi.

Adaptiv ta’lim tizimida sun’iy intellekt algoritmlari quyidagi bosqichlarda ishlaydi:



1-Rasm. Adaptiv ta’limda sun’iy intellektning qo‘llanilish modeli

ISSN 3030-3907

Bu metodika orqali talabalarning bilim darajasini aniq baholash va shaxsiylashtirilgan ta’lim muhitini shakllantirish imkoniyati yaratildi.

Blum taksonomiyasi asosida tahlil qilish metodi - Tadqiqotda talabalarning kognitiv ko‘nikmalarini baholashda Blum taksonomiyasi metodikasidan foydalanildi. Mazkur yondashuv talabalar bilimini quyidagi bosqichlar asosida tahlil qilish imkonini berdi:

–bilish;
–tushunish;
–qo‘llash;
–tahlil;
–sintez;
–baholash.

Sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida ushbu bosqichlar bo‘yicha avtomatlashtirilgan testlar, analitik vazifalar va intellektual baholash tizimlari shakllantirildi.

Ta’lim analitikasi metodi -Tadqiqotda Learning Analytics (ta’lim analitikasi) texnologiyalaridan foydalanildi. Ushbu metod orqali talabalarning:

- davomat ko‘rsatkichlari;
- test natijalari;
- onlayn faolligi;
- mustaqil ta’lim samaradorligi;
- amaliy topshiriqlarni bajarish holati kabi ma’lumotlari tahlil qilindi.

Tahlil natijalari asosida talabalarning ta’lim jarayonidagi faollik darajasi va o‘zlashtirish ko‘rsatkichlari baholandi.

3-jadval

Ta’lim analitikasida qo‘llanilgan ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Tahlil maqsadi
Davomat	Faollik darajasi
Test natijalari	Bilim darajasi
LMS faolligi	Onlayn ishtirok
Vaqt tahlili	O‘quv samaradorligi
Topshiriq natijalari	Amaliy ko‘nikmalar

Statistik tahlil metodi - Tadqiqot natijalarini baholashda statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Jumladan:

–foizli tahlil;
–o‘rtacha qiymatlarni hisoblash;
–diagramma va jadvalli tahlil;
–dinamik tahlil usullari qo‘llanildi.

ISSN 3030-3907

Bu metodlar orqali sun’iy intellekt texnologiyalarining ta’lim samaradorligiga ta’siri baholandi.

MUXOKAMA VA NATIJALAR.

Tahlillar natijasida aniqlandiki, sun’iy intellekt texnologiyalari talabalarning bilim darajasi, o‘quv faolligi va individual qobiliyatlarini tahlil qilish imkoniyatini beradi. Bu esa har bir talaba uchun shaxsiylashtirilgan ta’lim trayektoriyasini shakllantirishga xizmat qiladi. An’anaviy ta’lim jarayonida barcha talabalarga bir xil o‘quv materiali taqdim etilsa, AI texnologiyalari yordamida ta’lim mazmuni talabaning o‘zlashtirish darajasiga qarab moslashtiriladi. Bu holat adaptiv ta’lim modelining asosiy afzalliklaridan biri hisoblanadi.

Tadqiqot davomida Blum taksonomiyasi asosida kognitiv ko‘nikmalarni baholash jarayonida AI texnologiyalarining yuqori samaradorligi kuzatildi. Xususan, bilim, tushunish, tahlil va baholash bosqichlarida avtomatlashtirilgan testlar, intellektual savol-javob tizimlari va ta’lim analitikasi vositalari orqali talabalarning bilim darajasini aniq baholash imkoniyati paydo bo‘ldi. Bu esa baholash jarayonida inson omilini kamaytirish va obyektivlikni ta’minlashga xizmat qildi.

Shuningdek, ta’lim analitikasi orqali talabalarning LMS platformalardagi faolligi, test natijalari, mustaqil ta’lim ko‘rsatkichlari va davomat ma’lumotlari tahlil qilinganda, ta’lim jarayonidagi muammoli holatlarni erta aniqlash imkoniyati mavjudligi ma’lum bo‘ldi. Bu esa xavf guruhidagi talabalar bilan individual ishlash va ularning o‘zlashtirish darajasini oshirishga yordam beradi.

Biroq tadqiqot jarayonida ayrim cheklovlar ham kuzatildi. Jumladan, sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etishda texnik infratuzilmaning yetarli emasligi, raqamli resurslar bilan ta’minlanish darajasi, pedagoglarning AI texnologiyalari bo‘yicha kompetensiyalarining cheklanganligi hamda axborot xavfsizligi masalalari muayyan muammolarni keltirib chiqarishi mumkinligi aniqlandi. Shu sababli AI texnologiyalarini ta’lim sohasiga joriy qilish faqat texnik emas, balki pedagogik va tashkiliy jihatdan ham puxta yondashuvni talab qiladi.

Tadqiqot natijalari asosida oliy ta’lim tizimida sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash talabalarni o‘qitish samaradorligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

4-jadval

Tadqiqot natijalari bo‘yicha asosiy ko‘rsatkichlar

№	Ko‘rsatkich	An’anaviy ta’lim	AI asosidagi ta’lim	O‘sish darajasi
1	Bilim o‘zlashtirish darajasi	68 %	84 %	+16 %
2	Test baholash aniqligi	72 %	91 %	+19 %

ISSN 3030-3907

3	Talabalar faolligi	65 %	87 %	+22 %
4	Mustaqil ta’lim samaradorligi	60 %	82 %	+22 %
5	Baholash tezligi	O‘rtacha	Yuqori	+35 %

TAHLILLAR NATIJASIDA.

– Bilim o‘zlashtirish darajasi AI texnologiyalari qo‘llanilganda an’anaviy usullarga nisbatan o‘rtacha 16% ga oshgan;

– Avtomatlashtirilgan baholash tizimi orqali baholash aniqligi 19% ga yuqorilagan;

– Talabalarning ta’lim jarayonidagi faolligi adaptiv platformalardan foydalanish natijasida 22% ga ortgan;

– Mustaqil ta’lim samaradorligi intellektual tavsiya tizimlari hisobiga 20–22% ga yaxshilangan;

– Test natijalarini qayta ishlash vaqti esa an’anaviy baholashga nisbatan sezilarli qisqargan.

XULOSA.

Tadqiqot jarayonida aniqlandiki, sun’iy intellekt texnologiyalari an’anaviy ta’lim modellariga nisbatan bir qator muhim afzalliklarga ega. Jumladan, AI texnologiyalari talabalarning bilim darajasini tezkor va aniq tahlil qilish, individual qobiliyatlari va o‘quv faolligini baholash, shaxsiylashtirilgan o‘quv materiallarini tavsiya qilish hamda avtomatlashtirilgan baholash tizimlari orqali ta’lim jarayonining samaradorligini oshirish imkonini beradi. Bu esa har bir talabaning bilim olish ehtiyoji va qobiliyatidan kelib chiqqan holda ta’limni tashkil etish imkoniyatini yaratadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, adaptiv ta’lim platformalari va intellektual ta’lim tizimlaridan foydalanish talabalarning bilim o‘zlashtirish darajasini oshirish, mustaqil ta’lim ko‘nikmalarini shakllantirish va ta’lim jarayonidagi faolligini kuchaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, ta’lim analitikasi orqali talabalarning LMS platformalardagi harakatlari, test natijalari, davomat ko‘rsatkichlari va mustaqil ta’lim jarayoni tahlil qilinib, ularning o‘quv faoliyatiga oid muammolarni erta aniqlash va o‘z vaqtida chora ko‘rish imkoniyati mavjudligi asoslandi.

Blum taksonomiyasi asosida olib borilgan tahlillar sun’iy intellekt texnologiyalari talabalarning kognitiv ko‘nikmalarini bosqichma-bosqich baholash va rivojlantirishda samarali vosita bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. AI texnologiyalari orqali bilim, tushunish, qo‘llash, tahlil va baholash kabi bosqichlarda avtomatlashtirilgan nazoratni tashkil qilish ta’lim sifatini oshirishga xizmat qilishi ilmiy jihatdan asoslandi.

ISSN 3030-3907

Shu bilan birga, tadqiqot natijalari sun’iy intellekt texnologiyalarini oliy ta’lim tizimiga joriy etishda ayrim muammolar ham mavjudligini ko‘rsatdi. Jumladan, texnik infratuzilmaning yetarli emasligi, raqamli ta’lim resurslarining cheklanganligi, pedagoglarning raqamli kompetensiyalarini oshirish zarurati, axborot xavfsizligi va shaxsiy ma’lumotlarni muhofaza qilish masalalari AI texnologiyalarini samarali qo‘llashda muhim omillar hisoblanadi. Shu sababli sun’iy intellektni ta’lim tizimiga joriy qilish faqat texnologik yangilik sifatida emas, balki pedagogik, tashkiliy va huquqiy jihatdan ham kompleks yondashuvni talab qiladi.

Tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundaki, unda oliy ta’lim tizimida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning nazariy asoslari yoritildi, adaptiv ta’lim va intellektual baholash mexanizmlarining samaradorligi tahlil qilindi hamda ta’lim analitikasining talabalarni o‘qitish sifatiga ta’siri asoslab berildi. Amaliy jihatdan esa mazkur tadqiqot natijalaridan oliy ta’lim muassasalarida raqamli ta’lim muhitini takomillashtirish, intellektual ta’lim platformalarini ishlab chiqish, avtomatlashtirilgan baholash tizimlarini joriy qilish va masofaviy ta’lim sifatini oshirishda foydalanish mumkin.

Umuman olganda, sun’iy intellekt texnologiyalari oliy ta’lim tizimida talabalarni o‘qitish samaradorligini oshirishning muhim innovatsion vositasi hisoblanadi. Ushbu texnologiyalar ta’lim jarayonini shaxsiylashtirish, bilimni xolis baholash, ta’lim analitikasini rivojlantirish va talabalarning mustaqil ta’lim faolligini oshirish orqali ta’lim sifatini yangi bosqichga olib chiqish imkoniyatini yaratadi. Kelajakda sun’iy intellekt texnologiyalarini ta’lim sohasiga keng joriy etish raqamli ta’lim muhitini shakllantirish va yuqori malakali kadrlar tayyorlashning muhim omili bo‘lib xizmat qilishi kutilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Stuart Russell, Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4th ed. – Pearson Education, 2021. – 1152 p.
2. Wayne Holmes, Maya Bialik, Charles Fadel. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. – Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019. – 244 p.
3. Rose Luckin. Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century. – London: UCL Institute of Education Press, 2018. – 220 p.
4. Benjamin Bloom. Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. – New York: Longmans, Green, 1956. – 207 p.
5. Lorin Anderson, David Krathwohl. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives. – New York: Longman, 2001. – 352 p.

ISSN 3030-3907

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi to‘g‘risidagi Farmoni. – Toshkent, 2020.
7. George Siemens, Dragan Gašević. Learning Analytics and Educational Data Mining: Towards Communication and Collaboration // Proceedings of Learning Analytics Conference. – 2012. – P. 252–254.
8. Ryan S. Baker, Kalina Yacef. The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions // Journal of Educational Data Mining. – 2009. – Vol. 1, No. 1. – P. 3–17.
9. Aripov M.M., Muxitdinov X.S. Axborot texnologiyalari va raqamli ta’lim tizimlari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2022. – 286 b.
10. Raximov A.A., Karimov B.B. Raqamli ta’lim muhitida sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilishi // Axborot texnologiyalari va boshqaruv. – Toshkent, 2024. – №2. – B. 45–53.
11. Yusupov R.M. Intellektual ta’lim tizimlari va adaptiv o‘qitish texnologiyalari // Oliy ta’lim muammolari. – Toshkent, 2023. – №4. – B. 28–36.

ISSN 3030-3907

FITOTERAPIYADA DORIVOR O‘SIMLIKLARDAN FOYDALANISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI: XALQ TABOBATI VA ILMIY TIBBIYOT INTEGRATSIYASI

Kodirov N.D
***Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakulteti farmakognoziya va farmatsevtik tehnalogiyalar kafedrasi*(PhD)**
Tojiboyeva R.D
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakulteti 2-kurs talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada fitoterapiyada dorivor o‘simliklardan foydalanishning zamonaviy yondashuvlari, xalq tabobati va ilmiy tibbiyot integratsiyasining ahamiyati yoritilgan. Dorivor o‘simliklarning biologik faol moddalarga boyligi, ularning profilaktika va davolashdagi o‘rni hamda zamonaviy farmatsevtika sanoatida qo‘llanilishi tahlil qilindi. Tadqiqot davomida ilmiy manbalar, klinik kuzatuvlar va xalq tabobati tajribalaridan foydalanildi. Natijalarga ko‘ra, dorivor o‘simliklar asosida yaratilayotgan preparatlar inson organizmiga nisbatan yumshoq ta’sir ko‘rsatishi, nojo‘ya ta’sirlarning kamligi va tabiiyligi bilan ajralib turishi aniqlandi. Xalq tabobati tajribalarini ilmiy asosda o‘rganish va standartlashtirish fitoterapiya rivojlanishining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: fitoterapiya, dorivor o‘simliklar, xalq tabobati, ilmiy tibbiyot, biologik faol moddalar, fitopreparatlar, integratsiya, farmakologiya, tabiiy davolash, profilaktika.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные подходы к использованию лекарственных растений в фитотерапии, а также значение интеграции народной и научной медицины. Проанализированы богатство лекарственных растений биологически активными веществами, их роль в профилактике и лечении заболеваний, а также применение в современной фармацевтической промышленности. В ходе исследования использовались научные источники, результаты клинических наблюдений и опыт народной медицины. Полученные результаты показали, что препараты, созданные на основе лекарственных растений, отличаются мягким воздействием на организм человека, низкой частотой побочных эффектов и природным происхождением. Научное изучение и стандартизация опыта народной медицины являются одним из важных направлений развития фитотерапии.

Ключевые слова: фитотерапия, лекарственные растения, народная медицина, научная медицина, биологически активные вещества, фитопрепараты, интеграция, фармакология, натуральное лечение, профилактика.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article discusses modern approaches to the use of medicinal plants in phytotherapy and highlights the importance of integrating traditional and scientific medicine. The study analyzes the richness of medicinal plants in biologically active compounds, their role in disease prevention and treatment, and their application in the modern pharmaceutical industry. Scientific literature, clinical observations, and traditional medicine practices were used during the research. The results indicate that herbal preparations developed from medicinal plants have a gentle effect on the human body, are associated with fewer adverse effects, and possess natural therapeutic properties. The scientific evaluation and standardization of traditional medicine practices represent one of the key directions for the further development of phytotherapy.

Keywords: phytotherapy, medicinal plants, traditional medicine, scientific medicine, biologically active compounds, herbal preparations, integration, pharmacology, natural treatment, prevention.

KIRISH.

Bugungi kunda inson salomatligini saqlash va kasalliklarning oldini olishda tabiiy vositalarga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. Ayniqsa, fitoterapiya — dorivor o‘simliklar yordamida davolash usuli — zamonaviy tibbiyotning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylanmoqda. Dorivor o‘simliklar qadimdan xalq tabobatida keng qo‘llanilgan bo‘lib, ularning ko‘plab foydali xususiyatlari avloddan-avlodga o‘tib kelgan.

So‘nggi yillarda xalq tabobatidagi tajribalarni ilmiy jihatdan asoslash, biologik faol moddalarning kimyoviy tarkibini o‘rganish va ularni farmatsevtik preparatlar shaklida ishlab chiqarish bo‘yicha keng ko‘lamli tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu esa xalq tabobati va ilmiy tibbiyot integratsiyasining rivojlanishiga xizmat qilmoqda.

Fitoterapiyada qo‘llaniladigan o‘simliklar tarkibida alkaloidlar, flavonoidlar, glikozidlar, efir moylari, vitaminlar va antioksidant moddalar mavjud bo‘lib, ular organizmning immun tizimini mustahkamlashda, yallig‘lanishga qarshi kurashishda va metabolik jarayonlarni yaxshilashda muhim ahamiyatga ega.

TADQIQOT ISHLARI.

Mazkur tadqiqot ishida fitoterapiyada dorivor o‘simliklardan foydalanishning zamonaviy yondashuvlari hamda xalq tabobati va ilmiy tibbiyot integratsiyasining samaradorligi o‘rganildi. Tadqiqot davomida quyidagi yo‘nalishlarga e’tibor qaratildi:

xalq tabobatida keng qo‘llaniladigan dorivor o‘simliklarni aniqlash;
ularning kimyoviy tarkibi va farmakologik xususiyatlarini tahlil qilish;
zamonaviy ilmiy tibbiyotda qo‘llanilayotgan fitopreparatlarni o‘rganish;
dorivor o‘simliklarning terapevtik samaradorligini baholash;

ISSN 3030-3907

fitoterapiyada xavfsizlik va standartlashtirish masalalarini tahlil qilish.

Tadqiqotda moychechak, yalpiz, zubturum, aloe, echinatseya, qizilmiya, na’matak kabi dorivor o‘simliklarning shifobaxsh xususiyatlari o‘rganildi. Ushbu o‘simliklar xalq tabobatida qadimdan qo‘llanib kelinayotgan bo‘lib, bugungi kunda ham farmatsevtika sanoatida keng foydalanilmoqda.

TADQIQOT USULLARI.

Tadqiqot davomida quyidagi usullardan foydalanildi:

Adabiyotlar tahlili usuli — fitoterapiya va dorivor o‘simliklarga oid ilmiy maqolalar, monografiyalar va farmakologik ma’lumotlar o‘rganildi.

Taqqoslama tahlil usuli — xalq tabobatidagi davolash usullari bilan zamonaviy ilmiy tibbiyotdagi fitoterapevtik yondashuvlar solishtirildi.

Klinik kuzatuv usuli — ayrim dorivor o‘simliklarning inson salomatligiga ta’siri bo‘yicha kuzatuv natijalari tahlil qilindi.

Farmakognostik tahlil — o‘simliklarning biologik faol moddalari va ularning farmakologik xususiyatlari o‘rganildi.

Statistik tahlil usuli — olingan ma’lumotlar umumlashtirildi va ilmiy xulosalar chiqarildi.

TADQIQOT NATIJALARI.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, fitoterapiya inson salomatligini tiklash va kasalliklarning oldini olishda muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Dorivor o‘simliklar asosida tayyorlangan preparatlar organizmga nisbatan yumshoq ta’sir ko‘rsatadi va sintetik preparatlarga qaraganda kamroq nojo‘ya ta’sirlarga ega.

Xalq tabobatida qo‘llanib kelinayotgan ko‘plab o‘simliklarning shifobaxsh xususiyatlari ilmiy jihatdan tasdiqlangan. Masalan:

moychechak yallig‘lanishga qarshi va tinchlantiruvchi ta’sir ko‘rsatadi;

yalpiz ovqat hazm qilish faoliyatini yaxshilaydi;

echinatseya immun tizimini mustahkamlaydi;

aloe regeneratsion xususiyatga ega;

qizilmiya nafas yo‘llari kasalliklarida samarali hisoblanadi.

Shuningdek, zamonaviy texnologiyalar yordamida dorivor o‘simliklardan ekstraktlar, kapsulalar, siroplar, damlamalar va nanoformalar ishlab chiqarilayotgani aniqlandi. Bu esa fitopreparatlarning biologik samaradorligini oshirish imkonini bermoqda.

Tadqiqot davomida xalq tabobati tajribalarini ilmiy asoslash va standartlashtirish zarurligi ham qayd etildi. Chunki ayrim hollarda dorivor o‘simliklardan noto‘g‘ri foydalanish nojo‘ya holatlarga olib kelishi mumkin. Shu sababli fitoterapiyada dozani to‘g‘ri belgilash va farmakologik nazorat muhim ahamiyat kasb etadi

XULOSA.

ISSN 3030-3907

Fitoterapiya bugungi kunda zamonaviy tibbiyotning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Dorivor o‘simliklarning tabiiyligi, biologik faol moddalarga boyligi va organizmga yumshoq ta’siri ularning amaliy tibbiyotdagi ahamiyatini oshirmoqda.

Xalq tabobati va ilmiy tibbiyot integratsiyasi dorivor o‘simliklarning samaradorligini chuqur o‘rganish, yangi fitopreparatlar yaratish va aholining sog‘lig‘ini yaxshilashda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar xalq tabobatida qo‘llaniladigan ko‘plab o‘simliklarning shifobaxsh xususiyatlarini tasdiqlamoqda.

Kelajakda fitoterapiya sohasida innovatsion texnologiyalarni qo‘llash, biologik faol moddalarni chuqur tahlil qilish va dorivor o‘simliklarni standartlashtirish orqali yanada samarali va xavfsiz preparatlar yaratish mumkin bo‘ladi. Shu bilan birga, ekologik toza dorivor xomashyolarni yetishtirish va ularni oqilona ishlatish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. Xolmatov X.X., Ahmedov O‘.A. Farmakognoziya. – Toshkent: Ibn Sino nomidagi nashriyot, 2007. – 512 b.
2. Nabiyev M.M. Shifobaxsh giyohlar. – Toshkent: O‘qituvchi, 1993. – 320 b.
3. Hamidov H., Tojimuhamedov I. Dorivor o‘simliklar va ularning qo‘llanilishi. – Toshkent: Fan, 2018. – 286 b.
4. World Health Organization (WHO). WHO Traditional Medicine Strategy 2014–2023. – Geneva: WHO Press, 2013. – 76 p.
5. World Health Organization (WHO). WHO Monographs on Selected Medicinal Plants. Vol. 1–4. – Geneva: WHO Press, 1999–2009.
6. Bruneton J. Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants. – 2nd ed. – Paris: Lavoisier Publishing, 1999. – 1119 p.
7. Evans W.C. Trease and Evans Pharmacognosy. – 16th ed. – London: Saunders Elsevier, 2009. – 603 p.
8. Tyler V.E., Robbers J.E. Tyler’s Herbs of Choice: The Therapeutic Use of Phytomedicinals. – New York: Haworth Herbal Press, 2000. – 284 p.
9. Ekor M. The Growing Use of Herbal Medicines: Issues Relating to Adverse Reactions and Challenges in Monitoring Safety // Frontiers in Pharmacology. – 2014. – Vol. 4. – P. 177.
10. Panossian A., Wikman G. Effects of Adaptogens on the Central Nervous System and the Molecular Mechanisms Associated with Their Stress-Protective Activity // Pharmaceuticals. – 2010. – Vol. 3, No. 1. – P. 188–224.
12. Barnes J., Anderson L.A., Phillipson J.D. Herbal Medicines. – 3rd ed. – London: Pharmaceutical Press, 2007. – 748 p.

ISSN 3030-3907

13.Petrovskiy B.V. Lekarstvennыe rasteniya v nauchnoy i narodnoy meditsine. – Moskva: Meditsina, 2005. – 432 s.
14.Kodirov N.D., va hammualliflar. Dorivor o‘simliklar asosidagi fitopreparatlarning farmakologik xususiyatlari // Farmatsiya va tibbiyotning dolzarb muammolari. – 2024. – №2. – B. 45–52.
15.O‘zbekiston Respublikasi Davlat farmakopeyasi. I jild. – Toshkent, 2021. – 1056 b.
16.Sharipov A.S., Raximov B.T. Fitoterapiyaning zamonaviy yo‘nalishlari va istiqbollari // Tibbiyot va innovatsiyalar. – 2023. – №4. – B. 67–74.

ISSN 3030-3907

PECULIARITIES OF AGE-RELATED VARIABILITY OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN YOUNG WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE.

Najimova Nazokat Farxodovna
Assistant of the Department of Obstetrics and Gynecology №3 Samarkand State Medical University
Abduraximova Adiba Abdurashid qizi
II-year clinical resident of the Department of Obstetrics and gynecology №3 Samarkand State Medical University
Samarkand, Uzbekistan.
E-mail: rayimjanovanazokat@icloud.com

Abstract. One of the approaches to the integrative assessment of the functional state of the body is the determination of biological age, which is a combination of metabolic, structural, functional, regulatory features and adaptive capabilities of the body and, in essence, is an indicator of the health status of the body [2]. An in-depth method for determining biological age exists, which is a typical linear regression model of biological age and includes the following set of 13 indicators: systolic, diastolic, and pulse arterial pressure, pulse wave velocity in elastic and muscular vessels, vital capacity, breath-holding time on inhalation and exhalation, lens accommodation, hearing threshold, static balancing on one leg, body weight, self-assessment of health, and the Wechsler symbolic-numeric test [1]. This method has found wide application in clinical gerontology, which makes it promising, but at the same time, the possibility of its application in young people remains poorly understood.

Keywords: biological age, calendar age, accommodation index, regression model.

Аннотация. Одним из подходов в интегративной оценке функционального состояния организма является определение биологического возраста, который представляет собой совокупность обменных, структурных, функциональных, регуляторных особенностей и приспособительных возможностей организма и, по своей сути является показателем состояния здоровья организма [2]. Имеется углубленная методика определения биологического возраста, которая представляет собой типичную линейную регрессионную модель биологического возраста и включает следующий набор 13-ти показателей: систолическое, диастолическое, пульсовое артериальное давление, скорость распространения пульсовой волны по сосудам эластического и мышечного типа, жизненная емкость легких, время задержки дыхания на вдохе и выдохе, аккомодация хрусталика, слуховой порог, статическая балансировка на одной ноге, масса тела, самооценка здоровья, символьно-цифровой тест Векслера [1]. Данная методика нашла

ISSN 3030-3907

широкое применение в клинической геронтологии, что делает ее перспективной, но вместе с тем, до настоящего времени остается малоизученной возможность ее применения в молодом возрасте.

Ключевые слова: биологический возраст, календарный возраст, показатель аккомодации, регрессионная модель.

Annotatsiya. Tananing funktsional holatini integrativ baholashga yondashuvlardan biri biologik yoshni aniqlashdir, bu organizmning metabolik, strukturaviy, funktsional, tartibga solish xususiyatlari va moslashuvchan qobiliyatlarining kombinatsiyasi bo‘lib, mohiyatan organizmning sog‘liq holatining ko‘rsatkichidir [2]. Biologik yoshni aniqlashning chuqur usuli mavjud bo‘lib, u biologik yoshning odatiy chiziqli regressiya modeli bo‘lib, quyidagi 13 ta ko‘rsatkichlar to‘plamini o‘z ichiga oladi: sistolik, diastolik va puls arterial bosimi, elastik va mushak tomirlarida puls to‘lqinining tezligi, hayotiy sig‘im, nafas olish va nafas chiqarishda nafasni ushlab turish vaqti, linzalarning joylashishi, eshitish chegarasi, bir oyoqda statik muvozanat, tana vazni, sog‘liqni o‘zini baholash va Wexler ramziy-sonli testi [1]. Bu usul klinik gerontologiyada keng qo‘llanilgan, bu uni istiqbolli qiladi, ammo shu bilan birga, uni yoshlarda qo‘llash imkoniyati hali ham kam tushunilgan.

Kalit so‘zlar: biologik yosh, taqvim yoshi, akkomodatsiya indeksi, regressiya modeli.

INTRODUCTION.

Objective: to assess the possibility of using the method for determining biological age in healthy women of active reproductive age and with impaired reproductive function.

MATERIALS AND METHODS. We analyzed age-related dynamics in women of young reproductive age: the study included 70 apparently healthy non-pregnant women. Patients were divided into two groups depending on their chronological age: Group 1 included women aged 20-24 years (n=50); Group 2 included women aged 30-34 years (n=20).

Statistical data processing was performed using nonparametric analysis. Results are presented as medians and 25th and 75th quartiles. Significance of differences was assessed using the Mann-Whitney U test at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION. When determining the biological age in women of young reproductive age, with an increase in calendar age, the main changes concerned the following parameters: there was a tendency for the pulse wave conduction time to increase both in elastic (PWVe) and muscular (PWVm) vessels: in the 20-24 year old group, these parameters were PWVe 5.8 m/s, PWVm - 6.71 m/s; in the 30-34 year old group - PWVe 6.27 m/s, PWVm - 6.85 m/s, which is significantly higher ($p<0.05$). A decrease in respiratory function indicators was

ISSN 3030-3907

also noted. In the 20-24 year old group, the average vital capacity indicator was 3680 ml, in the 30-34 year old group - 3580 ml, which is lower than in the first group ($p < 0.05$). When analyzing the breath-holding indicators on inhalation and exhalation, it was revealed that there was a tendency towards their decrease with age, but to an insignificant extent: in the 20-24 year old age group, the average indicators on inhalation were 49 s, in the 30-34 year old group - 48.5 s; on exhalation - 35 s and 33 s, respectively, in the groups ($p > 0.05$). The indicators of accommodation, hearing threshold and body weight increase with increasing calendar age. The average accommodation indices in the 20-24 year old group were 110 mm, while in the 30-34 year old group they were 120 mm ($p<0.05$). The analysis of the static balancing indices revealed that in women aged 20-24 it was, on average, 44.5 sec; in the 30-34 year old group it was 30 sec, which was significantly lower than in the first group ($p<0.001$). The average biological age in the 20-24 year old group was 21.9 years; in the 30-34 year old group it was 31.3 years, which was statistically significant ($p<0.000$).

Thus, in women of young reproductive age, biological age is primarily determined by the functional state of the cardiovascular and respiratory systems; visual, auditory, and vestibular functions deteriorate. The results of our study showed a correspondence between biological and calendar age in the group of healthy women aged 30-34 and a significant discrepancy between these values in those aged 20-24 (table). Our findings support the development of a new regression model for women of young reproductive age.

Table-1

The ratio of calendar and biological age in women of young reproductive age

Age group	Calendar age	Estimated biological age
20-24 years	21,9±0,24	24,1±0,52
p		0,001
30-34 years	31,4±0,33	30,2±0,95
p		0,241

Table-1

Age-Related Variability of Physiological Indicators in Women of Reproductive Age.

Indicator	18–24 years	25–29 years	30–35 years	Age-related trend
Body Mass Index (BMI)	Lower normal values	Moderate increase	Highest values within reproductive age	↑

ISSN 3030-3907

Systolic Blood Pressure	105–115 mmHg	110–120 mmHg	115–125 mmHg	↑
Diastolic Blood Pressure	65–75 mmHg	70–80 mmHg	75–85 mmHg	↑
Heart Rate	72–78 bpm	70–76 bpm	68–74 bpm	↓
Vital Lung Capacity	High	High	Slight decrease	↓
Reproductive Potential	Maximum	High	Beginning decline of ovarian reserve	↓
Adaptive Capacity	Maximum	High	Moderate decline	↓

LITERATURE

1. Определение биологического возраста человека методом В.П. Войтенко: [учебное пособие для самостоятельной работы студентов медиков и психологов] / под ред. Маркиной Л. Д. – Владивосток, 2019. – 29 с.
2. Войтенко В. П. Биологический возраст. Биология старения / В.П. Войтенко. – Л.: Наука, 2018. – С. 102 – 105.
3. Психофизиология. Словарь / Авт. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер // Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах / Ред.-сост. Л. А. Карпенко. Под общ. ред. А. В. Петровского. — М.: ПЕР СЭ, 2016. — 128 с.
4. Gerontology: A Behavioral Science Approach by Richard C. C. Crandall (2011)
5. Н.Н.Ахмедов и другие. Акушерство и гинекология (учебное пособие).). Ташкент, 2020.
6. Ш.Р. Худойбердиев и другие. Основы репродуктивного здоровья. Ташкент, 2019.
7. American College of Obstetricians and Gynecologists. Practice Bulletins. 2020–2024.

ISSN 3030-3907

8. Royal College of Obstetricians and Gynaecologists. Green-top Guidelines. 2018–2024.
9. Williams Obstetrics. 2022.
10. Berek & Novak's Gynecology. 2020.
11. UNFPA va O'zbekiston SSV. Reproduktiv salomatlik bo'yicha o'quv qo'llanmalar va protokollar. 2021–2023.
12. WHO. STI (jinsiy yo'l bilan yuqadigan infeksiyalar) bo'yicha qo'llanmalar. 2021.
13. Farxodovna N. N. AGE-RELATED DYNAMICS OF INDIVIDUAL PHYSIOLOGICAL INDICATORS IN WOMEN OF YOUNG REPRODUCTIVE AGE //YANGI O 'ZBEKISTON, YANGI TADQIQOTLAR JURNALI. – 2025. – T. 3. – №. 5. – C. 746-749.
14. Farkhodovna N. N. F. R. K. PREVENTION OF METABOLIC SYNDROME AFTER MEDICAL ABORTION //Confrencea. – 2025. – T. 11. – №. 11. – C. 362-370
15. Nuralievna S. N., Akbarjonovna A. N., Farkhodovna R. N. Management of the Reatening Preterm Birth //Texas Journal of Medical Science. – 2023. – T. 17. – C. 25-38.
16. Беляков Н.А. и др. Метаболический синдром у женщин (Патофизиология и клиника). — СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2005.
17. Bjontorp P., Rosmond R. The metabolic syndrome — a neuroendocrine disorder? // Br. J. Nutr. — 2000. — Vol. 83. (Suppl. 1). — P. 49—57.
18. Прилепская В.Н., Цаллагова Е.В. Патогенетические аспекты ожирения и нарушения репродуктивной функции женщины // Акуш. и гин. — 2006. — № 5. — С.24—28
19. Подзолкова Н.М., Подзолков В.И. Метаболический синдром у женщин: две грани единой проблемы // Акуш. и гин. — 2003. — № 6. — С. 28—33.
20. Современные методы в биохимии /Под ред. В.Н. Ореховича. — М.: «Медицина», 1997.
21. Bjontorp P., Rosmond R. The metabolic syndrome — a neuroendocrine disorder? // Br. J. Nutr. — 2000. — Vol. 83. (Suppl. 1). — P. 49—57.
22. Das U.N. Metabolic syndrome X: an inflammatory condition? // Curr. Hypertens. ReP. — 2004. — Vol. 6. — P. 66—73.

ISSN 3030-3907

ELEKTROFIZIK USUL ASOSIDA ZIG‘IR MOYI OLISH JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH

Yusupov Sharofiddin Bo‘ronovich
“TIQXMMI” MTU dotsenti, PhD.
Esanov Jahongir Abdig‘affor o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
E-mail: esanovjahongir@gmail.com
Sheraliyev Dostonbek Davlatmurod o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Eshmurodov Sobir Soat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi
Qodirov Jumanazar Urol o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada zig‘ir moyini ajratib olishda elektrofizik usulning - xususan, elektromagnit maydon va ultratovush ta’sirining - an’anaviy presslash va ekstraksiya usullariga nisbatan samaradorligi tadqiq qilingan. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatadiki, elektrofizik ishlov berish xom ashyodagi yog‘ chiqish darajasini 12-15% ga oshiradi, jarayon davomiyligini qisqartiradi va tayyor mahsulot sifatini yaxshilaydi. Usulning texnologik parametrlari optimallashtirilgan.

Kalit so‘zlar: zig‘ir moyi, elektrofizik usul, ultratovush, elektromagnit maydon, yog‘ ajratish, texnologik parametrlar, samaradorlik.

Аннотация. В данной статье исследована эффективность электрофизического метода - воздействия электромагнитного поля и ультразвука - при извлечении льняного масла по сравнению с традиционными методами прессования и экстракции. Результаты экспериментов показывают, что электрофизическая обработка повышает степень выхода масла на 12-15%, сокращает продолжительность процесса и улучшает качество готового продукта.

Ключевые слова: льняное масло, электрофизический метод, ультразвук, электромагнитное поле, извлечение масла, технологические параметры, эффективность.

Abstract. This article investigates the effectiveness of the electrophysical method - electromagnetic field and ultrasonic treatment - in extracting linseed oil compared to conventional pressing and extraction methods. Experimental results demonstrate that electrophysical processing increases oil yield by 12-15%, reduces process duration, and improves the quality of the final product. Optimal technological parameters of the method have been determined.

Keywords: linseed oil, electrophysical method, ultrasound, electromagnetic field, oil extraction, technological parameters, efficiency.

KIRISH.

Zig‘ir (Linum usitatissimum L.) o‘simlik moyi sanoatida muhim ahamiyatga ega bo‘lib, uning urug‘lari tarkibida 35-47% yog‘ moddasi mavjud. Zig‘ir moyi omega-3 yog‘ kislotalariga, xususan alfa-linolen kislotasiga boy ekanligi bilan boshqa o‘simlik moylaridan ajralib turadi. Bu uning oziq-ovqat, farmatsevtika va texnika sohalarida keng qo‘llanilishiga sabab bo‘lmoqda [1, 2].

An’anaviy yog‘ ajratish usullari - sovuq presslash va issiq ekstraksiya - bir qator kamchiliklarga ega: past moydorlik, yuqori energiya sarfi, oksidlanish jarayonlari natijasida mahsulot sifatining pasayishi. Shu munosabat bilan yog‘ ishlab chiqarish texnologiyasida yangi fizik-kimyoviy usullarni qo‘llash bo‘yicha dunyo miqyosida jadal tadqiqotlar olib borilmoqda [3].

Elektrofizik usullar - ultratovush, elektromagnit maydon, elektr razryad - oziq-ovqat texnologiyasida yangi va istiqbolli yo‘nalish sifatida e'tiborni tortmoqda. Ushbu usullar hujayra membranasining o‘tkazuvchanligini oshirib, yog‘ moddalarining ajralishini tezlashtiradi. Zig‘ir urug‘larini elektrofizik ishlov berish orqali qayta ishlashni takomillashtirish tadqiqotimizning asosiy maqsadini tashkil etadi [4, 5].

ADABIYOTLAR SHARHI.

Ultratovush texnologiyasidan yog‘ ekstraksiyasida foydalanish bo‘yicha Chemat F. va boshqalar (2011) tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlar ultratovushning kavitatsiya effekti orqali o‘simlik xomashyosidan yog‘ chiqishini sezilarli darajada oshirishini isbotladi. Muallif va uning hamkasblari zaytun, soya va zig‘ir moylarida 15-20% gacha unumdorlikni yuqori darajaga ko‘tarishga erishdilar [6].

Elektromagnit maydonning o‘simlik to‘qimalariga ta’siri Muthukumaran S. va boshqalar (2014) ishlarida batafsil o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari ko‘rsatishicha, past chastotali elektromagnit maydon (50-100 Hz) ta’sirida hujayra devorlarining o‘tkazuvchanligi 30–40% ga ortadi, bu esa yog‘ moddalarining ajralishini tezlashtiradi [7].

O‘zbekiston Respublikasida zig‘ir urug‘larini qayta ishlash bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Jumladan, Toshkent kimyo-texnologiya instituti olimlari tomonidan zig‘ir moyini ajratish texnologiyasi bo‘yicha bir qator dissertatsiya va maqolalar chop etilgan [8]. Biroq elektrofizik usullarni zig‘ir moyi ishlab chiqarishga qo‘llash masalasi yetarli darajada o‘rganilmagan bo‘lib, ushbu tadqiqot shu bo‘shliqni to‘ldirish maqsadida amalga oshirilgan.

TADQIQOT USULLARI VA MATERIALLAR.

Tadqiqotda O‘zbekiston sharoitida yetishtiriladigan zig‘ir urug‘larining «Sirdaryo-99» navidan foydalanildi. Urug‘larning namligi 8-9%, yog‘liligi 42±1,5% ni tashkil etdi. Tajribalar uch parallel variantda o‘tkazildi.

Quyidagi elektrofizik ishlov berish usullari sinab ko‘rildi:

ISSN 3030-3907

1. Ultratovush generatori (chastota: 20–40 kHz, quvvat: 200-600 W, davomiyligi: 5-30 daqiqa);

2. Elektromagnit maydon generatori (chastota: 50 Hz, kuchlanish: 220-380 V, ekspozitsiya: 10-60 daqiqa);

3. Kombinatsiyalashgan usul (ultratovush va elektromagnit maydon birgalikda).

Nazorat sifatida an'anaviy sovuq presslash usuli qo'llanildi. Moydorlik GOST 10856-96 bo'yicha ekstraksion usulda aniqlandn. Moyning sifat ko'rsatkichlari: kislota soni (GOST 5476), peroksid soni (GOST 26593), rangi (GOST 5477) va yog' kislotalari tarkibi gaz xromatografiya usulida tahlil qilindi.

TAJRIBA NATIJALARI VA MUHOKAMA.

1-jadvalda turli elektrofizik ishlov berish usullarining zig'ir urug'laridan moy chiqishi ko'rsatkichlariga ta'siri keltirilgan.

1-jadval

Elektrofizik ishlov berish usullarining moydorlikka ta'siri

Ishlov berish usuli	Moy chiqishi, %	Jarayon davomiyligi, min	Kislota soni, mg KOH/g
Nazorat (presslash)	78,2 ± 1,3	60	1,82 ± 0,12
Ultratovush (20 kHz, 400 W)	85,4 ± 1,1	45	1,65 ± 0,09
Ultratovush (40 kHz, 600 W)	88,7 ± 0,9	35	1,58 ± 0,08
Elektromagnit maydon (50 Hz)	83,1 ± 1,4	50	1,71 ± 0,11
Kombinatsiyalashgan usul	91,3 ± 0,7	30	1,49 ± 0,06

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, kombinatsiyalashgan elektrofizik usul (ultratovush va elektromagnit maydon) eng yuqori natija - 91,3% moydorlikni ta'minlaydi. Bu nazorat variantiga nisbatan 13,1% ga yuqori. Jarayon davomiyligi esa 60 daqiqadan 30 daqiqaga - ya'ni 2 barobar qisqargan.

Ultratovushning kavitatsiya effekti urug' hujayralarining membranasini mexanik jihatdan buzib, lipid moddalarining ekstraksiya eritmasiga chiqishini tezlashtiradi. 40 kHz chastotadagi ultratovush 20 kHz ga nisbatan samaraliroq bo'lib, bu yuqori chastotada kavitatsiya pufakchalarining kichikroq, ammo zichligi yuqoriroq ekanligiga bog'liq [9].

ISSN 3030-3907

Olingan moyning sifat ko‘rsatkichlari ham elektrofizik usulning ustunligini tasdiqlaydi. Kombinatsiyalashgan usulda kislota soni (1,49 mg KOH/g) va peroksid soni nazorat variantiga nisbatan sezilarli past, bu mahsulotning oksidlanish darajasi past ekanligini bildiradi. Linolen kislotasining saqlangan miqdori (56,3%) nazoratdagi (53,7%) ko‘rsatkichdan yuqori.

OPTIMAL TEXNOLOGIK PARAMETRLAR.

Olib borilgan ko‘p omilli va ko‘p o‘lchamli eksperimental tadqiqotlar natijasida urug‘larga elektrofizik ishlov berish jarayonining eng samarali texnologik parametrlari aniqlab olindi. Ushbu parametrlar urug‘larning biologik faolligini oshirish, unuvchanligini yaxshilash hamda keyingi vegetatsiya davrida o‘simliklarning rivojlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatish nuqtayi nazaridan optimal deb baholandi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ultratovush tebranishlarining 35–40 kHz chastotada qo‘llanilishi urug‘ qobig‘ining mikrostrukturasiga zarar yetkazmagan holda uning suv va kislorod o‘tkazuvchanligini oshiradi. Mazkur chastota diapazonida yuzaga keladigan kavitatsion jarayonlar urug‘ yuzasida sodir bo‘ladigan fizik-kimyoviy almashinuvlarni faollashtirib, metabolik jarayonlarning tezlashishiga xizmat qiladi.

Ultratovush qurilmasining 500–600 W quvvatda ishlashi urug‘larga yetarli energiya ta’sirini ta’minlaydi. Quvvatning ushbu diapazondan past bo‘lishi kutilgan biologik samarani bermasa, haddan tashqari yuqori qiymatlar urug‘ to‘qimalarining qisman shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli mazkur quvvat oralig‘i energiya sarfi va biologik samaradorlikning optimal muvozanati sifatida tanlandi.

Elektromagnit maydon parametrlari sifatida 50 Hz chastota va 220 V kuchlanish eng maqbul ko‘rsatkichlarni namoyon etdi. Ushbu parametrlar urug‘ hujayralarida ion almashinuvi va bioelektrik jarayonlarni faollashtirib, fermentativ reaksiyalar tezligini oshirishga yordam beradi. Natijada urug‘larning fiziologik holati yaxshilanib, unib chiqish energiyasi va laboratoriya unuvchanligi ortadi.

Ishlov berishning optimal davomiyligi 25–35 daqiqa deb belgilandi. Mazkur vaqt oralig‘ida ultratovush va elektromagnit maydonning kompleks ta’siri urug‘larda zarur strukturaviy va biokimyoviy o‘zgarishlarni yuzaga keltiradi. Davomiylikning qisqa bo‘lishi ta’sir samaradorligini kamaytirsa, ortiqcha davom ettirilishi esa energiya sarfini oshirib, ayrim hollarda urug‘larning biologik xususiyatlariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Urug‘larning dastlabki 8–10 % namlik darajasi elektrofizik ishlov uchun eng qulay holat sifatida aniqlandi. Ushbu namlik ko‘rsatkichi elektromagnit va ultratovush energiyasining urug‘ ichki tuzilmasiga bir tekis kirib borishini

ISSN 3030-3907

ta’minlaydi hamda ortiqcha namlik tufayli yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi.

Jarayon davomida haroratning 40–50 °C oralig‘ida saqlanishi muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday harorat urug‘larda termik shikastlanishlarni oldini olgan holda biologik faollikning oshishiga yordam beradi. Haroratning nazorat ostida ushlab turilishi elektrofizik ishlov berish samaradorligini oshirish bilan birga urug‘larning hayotiylik ko‘rsatkichlarini saqlab qolishga imkon beradi.

Shunday qilib, aniqlangan optimal texnologik parametrlar elektrofizik ishlov berish jarayonining energiya tejamkorligini ta’minlaydi, urug‘larning unuvchanlik va o‘sish ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi hamda qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini oshirish uchun samarali qo‘llanishi mumkin.

XULOSA.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida elektrofizik usulning - xususan ultratovush va elektromagnit maydonning kombinatsiyalashgan ta’sirining - zig‘ir urug‘laridan moy ajratish jarayonini samarali takomillashtirishi isbotlandi. Asosiy xulosalar quyidagilar:

1. Kombinatsiyalashgan elektrofizik ishlov berish moy chiqishini 78,2% dan 91,3% ga (13,1% ga) oshirdi.

2. Jarayon davomiyligi 60 daqiqadan 30 daqiqaga 2 barobar qisqardi.

3. Tayyor moyning sifat ko‘rsatkichlari (kislota soni, peroksid soni, yog‘ kislotalari tarkibi) yaxshilandi.

4. Elektrofizik usulning optimal parametrlari aniqlandi: ultratovush - 40 kHz, 600 W; elektromagnit maydon - 50 Hz, 220 V; davomiyligi - 30 daqiqa.

5. Usul energiya tejash va ekologik toza ishlab chiqarish nuqtai nazaridan istiqbolli hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Codex Alimentarius Commission. Standard for Linseed Oil. CODEX-STAN 211-1999. Rome: FAO/WHO, 2019.
2. Rubilar M. et al. Flaxseed as a source of functional ingredients // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. — 2010. — Vol. 10, № 3. — P. 373–377.
3. Chemat F., Rombaut N., Meullemiestre A. et al. Review of Green Food Processing techniques // Innovative Food Science and Emerging Technologies. — 2017. — Vol. 41. — P. 357–377.
4. Tiwari B.K. Ultrasound: A clean, green extraction technology // TrAC Trends in Analytical Chemistry. — 2015. — Vol. 71. — P. 100–109.
5. Muthukumaran S., Kentish S.E., Ashokkumar M. et al. Optimization of ultrasonic extraction // Ultrasonics Sonochemistry. — 2014. — Vol. 21. — P. 2291–2299.

ISSN 3030-3907

6. Chemat F., Zill-e-Huma, Khan M.K. Applications of ultrasound in food technology // Ultrasonics Sonochemistry. — 2011. — Vol. 18, № 4. — P. 813–835.
7. Muthukumaran S. et al. The application of ultrasound to dairy ultrafiltration // Journal of Membrane Science. — 2014. — Vol. 419. — P. 338–347.
8. Hamidov A.A., Yusupova G.R. Zig‘ir urug‘laridan yog‘ ajratish texnologiyasi // O‘zbekiston kimyo jurnali. — 2021. — №4. — B. 45–52.
9. Mason T.J., Lorimer J.P. Applied Sonochemistry: The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing. — Weinheim: Wiley-VCH, 2002. — 303 p.
10. Brennan J.G. Food Processing Handbook. — 2nd ed. — Weinheim: Wiley-VCH, 2006. — 593 p.

ISSN 3030-3907

YER OSTI SUVLARINING GEOFILTRATSIYA JARAYONLARINI KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH

Yusupov Rustam Abdimuratovich
Toshkent menejment va iqtisodiyot instituti, "Muhandislik va axborot texnologiyalari" kafedrasi dotsenti
E-mail: yusupovrustam7786@gmail.com
Xamrakulov Bobur Xudoynazarovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti tayanch doktoranti
E-mail: khamrakulovbobur35@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada yer osti suvlarining geofiltratsiya jarayonlari va ularning shakllanish qonuniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Geofiltratsiya jarayonlarini o‘rganishda qo‘llaniladigan matematik modellashtirish usullari hamda ularning asosiy turlari bayon etilgan. Xususan, sonli va kompyuterli modellashtirish usullarining gidrogeologik tadqiqotlardagi ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, zamonaviy axborot texnologiyalariga asoslangan modellashtirish yondashuvlari hamda samarali axborot tizimlarini yaratish bilan bog‘liq dolzarb masalalar ko‘rib chiqilgan. Olingan natijalar geofiltratsiya jarayonlarini tadqiq etish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: yer osti suvlari, gidrogeologiya, geofiltratsiya, matematik modellashtirish, sonli modellashtirish, kompyuterli modellashtirish, axborot texnologiyalari.

Аннотация. В данной статье с научной точки зрения проанализированы геофильтрационные процессы подземных вод и закономерности их формирования. Описаны методы математического моделирования, применяемые при исследовании геофильтрационных процессов, а также их основные виды. В частности, раскрыто значение численных и компьютерных методов моделирования в гидрогеологических исследованиях. Кроме того, рассмотрены современные подходы к моделированию на основе информационных технологий и актуальные вопросы создания эффективных информационных систем. Полученные результаты способствуют повышению эффективности исследования геофильтрационных процессов.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеология, геофильтрация, математическое моделирование, численное моделирование, компьютерное моделирование, информационные технологии.

Abstract. This article scientifically analyzes groundwater geofiltration processes and the laws governing their formation. The mathematical modeling methods used in the study of geofiltration processes, as well as their main types, are described. In particular, the importance of numerical and computer modeling methods in

hydrogeological research is highlighted. Furthermore, modern modeling approaches based on information technologies and current issues related to the creation of efficient information systems are considered. The obtained results contribute to improving the efficiency of studying geofiltration processes.

Keywords: groundwater, hydrogeology, geofiltration, mathematical modeling, numerical modeling, computer modeling, information technologies.

KIRISH.

Suv havo bilan bir qatorda sayyoramizdagi barcha tirik mavjudotlar yashashi uchun zarur bo‘lgan eng muhim tabiiy resurslardan biridir. Inson hayotini suvsiz tasavvur etib bo‘lmaydi, chunki organizmdagi suv zaxirasining muntazam to‘ldirib borilishi uning normal faoliyat yuritishi uchun asosiy shart hisoblanadi. Qadim zamonlardan buyon suv hayot manbai sifatida e’tirof etilib kelinadi va hozirgi kunda ham u tirik organizmlar hayotini ta’minlovchi asosiy omillardan biri bo‘lib qolmoqda. Bugungi kunda suv inson faoliyatining deyarli barcha sohalarida keng qo‘llaniladi. Sanoat, qurilish, elektr va issiqlik ta’minoti kabi tarmoqlar suvning muhim ijtimoiy-iqtisodiy funksiyalarini namoyon etadi. Shu bilan birga, suv nafaqat hayotni qo‘llab-quvvatlaydi, balki ayrim holatlarda salbiy ta’sir ham ko‘rsatishi mumkin. Jumladan, yer osti suvlari konlar, karerlar, shaxtalar, bino va inshootlar poydevorlariga zarar yetkazishi, ularning yemirilishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois yer osti suvlari harakatining qonuniyatlarini, ularning hosil bo‘lish sharoitlarini hamda tarqalish xususiyatlarini o‘rganish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Mazkur masalalarni o‘rganish bilan gidrogeologiya fani shug‘ullanadi. Ushbu fan tabiiy gidrogeologik jarayonlarni hamda yer osti suvlarining shakllanish va harakatlanish sharoitlarini tadqiq etadi [1]. Gidrogeologik jarayonlarning eng muhim tarkibiy qismlaridan biri yer osti suvlarining filtratsiyasi, ya’ni g‘ovak yoki yoriqli muhitda suvning gravitatsion oqimi bilan bog‘liq bo‘lgan geofiltratsiya jarayonidir. Yer osti suvlarining harakati asosan aynan geofiltratsiya jarayonlari orqali amalga oshadi. Yer osti suvlarining harakatini o‘rganish hamda suv olish inshootlari hududlarida ularning taqsimlanishini ko‘rgazmali tarzda tahlil qilish maqsadida geofiltratsion modellashtirish keng qo‘llaniladi. Zamonaviy gidrogeologik tadqiqotlar geofiltratsiya jarayonlarini matematik, xususan sonli modellashtirish usullaridan foydalanish bilan tavsiflanadi. Bu esa, avvalo, yer osti suv resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beruvchi aniq gidrogeologik hisob-kitoblarni amalga oshirish zarurati bilan bog‘liqdir. Hozirgi kunda yer osti suvlarini qazib olish hajmini hisoblash, karer va shaxtalarni suv bosishidan himoya qilish, yer osti suvlarini ifloslanishdan muhofaza etish kabi ko‘plab gidrogeologik masalalarni geofiltratsiya jarayonlarini sonli modellashtirishsiz tasavvur etish qiyin. Sonli modellashtirish nazariyasi va amaliyotining rivojlanishiga V.M. Shestakov, V.A.

ISSN 3030-3907

Mironenko, F.B. Abutaliev, I.K. Gavich, I. Habibullaev, E.A. Lomakin, J.X. Jumanov va boshqa ko‘plab olimlar salmoqli hissa qo‘shganlar. Biroq katta hajmdagi nazariy bilimlar to‘planganiga qaramay, ayrim muammolar saqlanib qolmoqda. Ulardan biri matematik hisoblashlarning murakkabligi hamda ularni amaliy masalalarga moslashtirishdagi qiyinchiliklardir. Mazkur muammoni zamonaviy kompyuter texnologiyalarining yuqori hisoblash quvvatidan samarali foydalanish orqali hal etish mumkin [2]. Geofiltratsiya jarayonlarini kompyuter yordamida modellashtirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish bugungi kunda dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu masalaning yechimi zamonaviy talablarga javob beruvchi hamda modellashtirish jarayonini sezilarli darajada soddalashtiradigan axborot-modellashtirish tizimlarini yaratish imkonini beradi. Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda zamonaviy sonli usullar va axborot texnologiyalaridan samarali foydalanish imkoniyatlarini tahlil qilish bilan belgilanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirish va yer osti suvlarining harakatini tadqiq etish masalalari ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan o‘rganilgan. Xususan, V.M. Shestakov, V.A. Mironenko, F.B. Abutaliev, I.K. Gavich, I. Habibullaev, E.A. Lomakin hamda J.X. Jumanovlarning ilmiy ishlari geofiltratsiya nazariyasi va sonli modellashtirish usullarining rivojlanishida muhim ahamiyat kasb etadi.

Tahlil qilingan ilmiy adabiyotlarda yer osti suvlarining filtratsiya jarayonlarini differensial tenglamalar yordamida ifodalash, gidrogeologik parametrlarni aniqlash hamda sonli modellashtirish asosida prognozlash masalalari yoritilgan. Zamonaviy tadqiqotlarda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish orqali murakkab gidrogeologik jarayonlarni aniqroq modellashtirish imkoniyatlari kengayib borayotgani ta’kidlangan. Shuningdek, mavjud ilmiy ishlarda geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda hisoblashlarning murakkabligi, boshlang‘ich va chegaraviy shartlarni aniqlashdagi muammolar hamda katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash bilan bog‘liq qiyinchiliklar mavjudligi qayd etilgan. Shu sababli samarali sonli usullar va zamonaviy axborot texnologiyalariga asoslangan modellashtirish tizimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qolmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mazkur tadqiqotda geofiltratsiya jarayonlarini o‘rganish uchun matematik va sonli modellashtirish usullaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida yer osti suvlarining harakat qonuniyatlarini ifodalovchi differensial tenglamalar tahlil qilindi hamda ularni yechishda sonli hisoblash usullari qo‘llanildi. Geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda gidrogeologik parametrlar, filtratsiya koeffitsienti,

ISSN 3030-3907

bosim va suv oqimi tezligi kabi ko‘rsatkichlar asosiy omil sifatida qaraldi. Tadqiqotda kompyuterli modellashtirish texnologiyalaridan foydalanilib, geofiltratsiya jarayonlarining matematik modeli yaratildi va tahlil qilindi. Shuningdek, tadqiqot jarayonida ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, matematik tahlil hamda sonli eksperiment usullaridan foydalanildi. Olingan natijalar geofiltratsiya jarayonlarini prognozlash va gidrogeologik masalalarni samarali yechishda qo‘llanilishi mumkin.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, geofiltratsiya jarayonlarini matematik va sonli modellashtirish yer osti suvlarining harakat qonuniyatlarini aniqlashda samarali usullardan biri ekanligi aniqlandi. Yaratilgan model yordamida yer osti suvlarining taqsimlanishi, filtratsiya jarayonlarining intensivligi hamda gidrogeologik parametrlarning o‘zgarishi tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, kompyuterli modellashtirish usullari murakkab gidrogeologik jarayonlarni qisqa vaqt ichida yuqori aniqlik bilan baholash imkonini beradi. Ayniqsa, sonli modellashtirish usullaridan foydalanish yer osti suvlarini qazib olish hajmini aniqlash, suv bosish xavfini prognozlash hamda suv resurslarini muhofaza qilish masalalarida muhim amaliy ahamiyatga ega. Olingan natijalar geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish samaradorligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari gidrogeologik jarayonlarni chuqurroq o‘rganish hamda amaliy masalalarni yechishda qo‘llanishi mumkin.

ASOSIY QISM.

1. YER OSTI SUVLARINING FILTRATSIYASI (GEOFILTRATSIYA)

Yer osti suvlarining filtratsiyasi – bu yer qobig‘i qatlamlarida yer osti suvlarining harakatlanishining eng keng tarqalgan shakllaridan biridir.

Filtratsiya oqimi asosan tortishish kuchlari ta’sirida hosil bo‘ladi. Ushbu kuchlar suv oqimining birligiga to‘g‘ri keladigan energiyani tavsiflovchi tortishish (gravitatsion) potensiali φ orqali ifodalanadi [7].

$$\varphi = P + \gamma z, \qquad (1)$$

bu yerda: P – gidrostatik bosim, γ – suvning hajmiy og‘irligi, z – taqqoslash tekisligiga nisbatan nuqtaning ordinatasi.

Faol suv almashinuvi zonasida suvning hajmiy og‘irligi γ ning o‘zgarishi juda kichik bo‘ladi, shu sababli uni e’tiborga olmaslik mumkin. Bunday holatda gravitatsion potensial φ o‘rniga gidrostatik bosimdan foydalanish qulay hisoblanadi:

$$H = \frac{\varphi}{\gamma} = h_p + z, h_p = \frac{\rho}{\lambda}, \qquad (2)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda: h_ρ – ma’lum bir nuqtadagi bosim energiyasini ifodalovchi bosim balandligi (pyezometrik balandlik), z esa berilgan nuqtaning taqqoslash tekisligiga nisbatan joylashuv energiyasini ifodalovchi ordinatadir [1].

Yer qobig‘ida joylashgan yer osti suvlarining harakatini tizimli tahlil nuqtai nazaridan ko‘rib chiqish mumkin va zarur hisoblanadi [3]. Tizim deganda ma’lum bir tuzilishga ega bo‘lgan hamda o‘zaro va atrof-muhit bilan doimiy aloqada bo‘lgan elementlar majmui tushuniladi. Yer osti suvlarining harakatini tizimli yondashuv asosida o‘rganishning o‘ziga xos jihati shundaki, suvli qatlamlarning shakllanishi va ulardagi filtratsiya jarayonlari turli darajadagi ko‘plab gidrogeologik tizimlar sifatida qaralishi mumkin. Bunday tizimlarga suvli qatlamlar, g‘ovakliklar, suv tutuvchi tog‘ jinslari (gorizontlar) va boshqa elementlar kiradi.

Har qanday gidrogeologik tizim bir qator omillar bilan tavsiflanadi:

1) tizim tuzilishi – tizimning tarkibiy qismlarining hajmi, shakli, joylashuvi hamda ular o‘rtasidagi o‘zaro munosabatlarni o‘z ichiga oladi.

2) tog‘ jinslarining xususiyatlari va ularda yer osti suvlarining joylashish sharoitlari.

3) ichki va tashqi aloqalar – turli xil kuchlarning o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga keladigan, kelib chiqishi va intensivligi bilan farqlanadigan jarayonlardir. Tashqi aloqalarga, masalan, insonning muhandislik va iqtisodiy faoliyati natijasida yer osti suvlariga ko‘rsatiladigan ta’sirlar kiradi.

Gidrogeologik parametrlar dinamik gidrogeologik tizimlarning asosiy ko‘rsatkichlari sifatida xizmat qiladi hamda matematik modellashtirish jarayonida differensial va integral tenglamalar koeffitsiyentlari vazifasini bajaradi.

2. GEOFILTRATSIYA MODELLASHTIRISH TURLARI.

Zamonaviy ilm-fanda “**modellashtirish**” tushunchasi juda keng ma’noga ega. Biroq amaliy maqsadlarda u odatda fizik xususiyatlarga ega bo‘lgan va matematik til orqali ifodalanishi mumkin bo‘lgan moddiy modellarni yaratish jarayonini anglatadi. Gidrogeologik jarayonlarni o‘rganishda modellashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Muayyan jarayon modelini yaratish orqali yer ostida sodir bo‘layotgan jarayonlarni tasavvur qilish hamda tabiiy muhitning murakkabligini hisobga olish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Yer osti suvlarining filtratsiyasini modellashtirish usullari, asosan, filtratsiya jarayonlari bilan boshqa fizik jarayonlar o‘rtasidagi matematik o‘xshashlikka asoslanadi.

Tabiiy va sun’iy sharoitlarda gidrogeologik jarayonlarni, jumladan yer osti suvlarining filtratsiyasini modellashtirishni o‘rganishda quyidagi asosiy masalalar sinfi ajratiladi: bashoratli (to‘g‘ridan-to‘g‘ri), epignoz (teskari) va optimallashtirish masalalari [5].

ISSN 3030-3907

Bashoratli modellashtirish filtratsiya jarayonining uzoq muddatli rivojlanishini oldindan baholash orqali muayyan gidrogeologik muammolarni hal etishga qaratilgan. Bunday modellar odatda deterministik xarakterga ega bo‘lib, ular mos boshlang‘ich va chegaraviy shartlar bilan berilgan differensial tenglamalar tizimi ko‘rinishida ifodalanadi. Har bir bashoratli modellashtirish amalda noyob geofiltratsiya masalasini hal qilishni talab qiladi. Shu sababli, ko‘pincha murakkab matematik hisob-kitoblarni bajarishga to‘g‘ri keladi.

$$\mu\frac{\partial h}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(km\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(km\frac{\partial h}{\partial y}\right)+f-\delta Q_{vdz}. \quad (3)$$

$$h(x,y,t_0)=\psi_1(x,y,t_0);\quad t_0=0;(x,y)\in G; \quad (4)$$

$$h(x,y,t)=\psi_2(x,y,t);\quad t>t_0;(x,y)\in\Gamma_1; \quad (5)$$

$$-km\frac{\partial h}{\partial n}=\psi_3(x,y,t);\quad t>t_0;(x,y)\in\Gamma_2; \quad (6)$$

$$-km\frac{\partial h}{\partial n}=\gamma(h_v-h);\quad t>t_0;(x,y)\in\Gamma_3. \quad (7)$$

Epignozik modellashtirish qo‘shimcha kuzatuv ma’lumotlari asosida tuzilgan gidrogeologik jarayonlarning deterministik modellarini tekshirish va aniqlashtirish uchun qo‘llaniladi. Amalda bu model natijalarini dala kuzatuvlari bilan solishtirish jarayonini anglatadi. Bunday modellashtirish davomida (3)–(7) tenglamalar asosida modelni kalibrlash amalga oshiriladi, ya’ni uning elementlari maqsadga muvofiq ravishda aniqlanadi. Odatda kalibrlash jarayonida teskari stasionar va nostasionar masalalar yechilib, model parametrlarining mumkin bo‘lgan qiymatlari baholanadi [2]. Obyektning noma’lum parametrlarini ma’lum parametrlar asosida tiklashga qaratilgan masalalar **teskari masalalar** deb ataladi. Ular o‘rganilayotgan jarayonni tavsiflovchi gidrogeologik parametrlarni, chegaraviy shartlarni hamda matematik tenglamalarni aniqlashga xizmat qiladi. Biroq bunday masalalar matematik nuqtai nazardan **noto‘g‘ri qo‘yilgan masalalar** turiga kiradi. Boshqacha aytganda, ular yagona yechimga ega bo‘lmasligi yoki umuman yechimga ega bo‘lmasligi mumkin. Shu sababli bunday masalalarni yechishda dastlabki ma’lumotlardan juda ehtiyotkorlik bilan foydalanish zarur, chunki kirish ma’lumotlaridagi kichik o‘zgarish ham yakuniy natijada katta farqlarni keltirib chiqarishi mumkin [6].

Optimallashtirilgan modellashtirish geofiltratsiya masalalarini eng maqbul yechim asosida hal etishga qaratilgan. Bu holda geofiltratsion matematik model boshlang‘ich element sifatida xizmat qiladi va texnik hamda iqtisodiy ko‘rsatkichlar asosida turli texnik yechimlarni baholash imkonini beradi. Optimallashtirilgan modellashtirish natijalari o‘rganilayotgan obyekt uchun eng

ISSN 3030-3907

maqbul qarorni qabul qilishni yengillashtiradi. Biroq bunday yechimga erishish uchun ko‘plab muqobil variantlarni hisoblash talab etiladi [5], bu esa matematik hisoblashlar hajmining ortishiga olib keladi.

Optimallashtirish masalalarini yechishda **imitatsion modellashtirish** ham muhim rol o‘ynaydi. Bu usul tizimda sodir bo‘ladigan jarayonlarni takrorlash orqali tizimga ta’sir etuvchi miqdoriy ko‘rsatkichlarni ko‘p variantli tarzda tahlil qilish imkonini beradi [5]. Imitatsion modellashtirish ketma-ket qurilgan tizim modeli asosida turli tajribalar o‘tkazish orqali murakkab tizimlarni o‘rganishda qo‘llaniladi. Bunda nafaqat kirish ma’lumotlari, balki tajriba natijalaridan ham foydalaniladi. Ushbu yondashuv tizimning ehtimoliy tuzilishini aniqlash, uning mumkin bo‘lgan harakatlarini baholash hamda optimal ishlash sharoitlarini aniqlash imkonini beradi.

Geofiltratsiya masalalarini yechishda **tadqiqot modellashtirishi** ham muhim ahamiyatga ega [5]. Bu usul bashoratli modellashtirish natijalarining gidrogeologik parametrlarning ehtimoliy o‘zgarishlariga qanchalik sezgir ekanligini tahlil qilishga qaratilgan. Odatda bunday tahlillar dala gidrogeologik ishlarining maqsadga muvofiqligini asoslash, ayniqsa sinov-filtratsiya tadqiqotlarini rejalashtirishda qo‘llaniladi.

So‘nggi yillarda ichimlik suviga bo‘lgan ehtiyojning ortishi hamda suv tanqisligining kuchayishi uni yanada oqilona va samarali boshqarishni talab qilmoqda. Bu esa gidrogeologiya sohasida texnogen obyektlarning buzilgan tabiiy sharoitlarda ishlashini modellashtirishga qaratilgan yangi masalalar sinfining paydo bo‘lishiga olib keldi. Bunday modellar odatda bashoratli, epignozik va optimallashtiruvchi modellashtirish usullarini birlashtiradi. Ularning asosiy maqsadi buzilgan tabiiy sharoitlarni samarali boshqarish va barqaror foydalanishni ta’minlashdan iborat.

3. GEOFILTRATSIYANI MODELLASHTIRISHNING SONLI USULLARI.

Kompyuter texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida sonli modellashtirish zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning muhim va ilg‘or usullaridan biriga aylandi. Bugungi kunda u ilmiy izlanishlar sifatini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Filtratsiya jarayonlarini kompyuter yordamida sonli modellashtirish boshqa modellashtirish usullari bilan solishtirganda yetakchi o‘rinlardan birini egallaydi. Filtratsiya jarayonlarini modellashtirishda qo‘llaniladigan asosiy sonli usullar tasnifi odatda maxsus sxema yoki diagrammalarda (1-rasm) ko‘rsatiladi [6].

Barcha sonli usullar uchun umumiy xususiyat – makon va vaqt bo‘yicha diskretlash jarayonidir. Bunda dastlab o‘rganilayotgan real obyekt tugun

ISSN 3030-3907

nuqtalaridan iborat bo‘lgan model bilan almashtiriladi, jarayonning rivojlanishi esa vaqt bo‘yicha ma’lum qadamlar orqali hisoblab boriladi [5].

Deterministik modellar (inglizcha determined – aniqlangan) real tizimning aniq fizik qonuniyatlarga asoslangan matematik ifodasini ifodalaydi. Bunday modellar odatda fizik qonunlar va differensial tenglamalar yordamida tavsiflanadi [3]. Masalan, yer osti suvlarining drenaj tizimiga filtratsiyasi Darsi qonuni hamda filtratsiya jarayonini ifodalovchi elliptik (stasionar jarayonlar uchun) yoki parabolik (nostasionar jarayonlar uchun) turdagi differensial tenglamalar orqali tavsiflanadi [3].

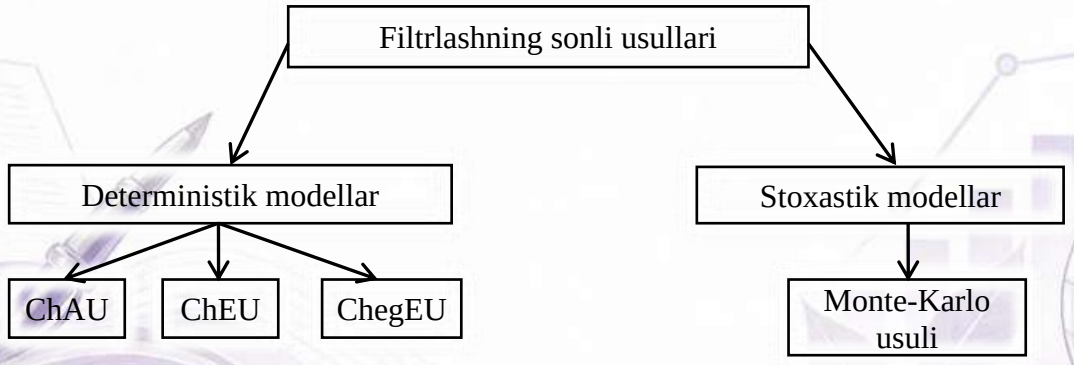
Amaliyotda deterministik modellar suv sathini pasaytirish, hududlarni suvdan xoli qilish, drenaj tizimlarini loyihalash, shuningdek, shaharlarni suv bosishidan himoya qilish bo‘yicha muhandislik hisob-kitoblarida keng qo‘llaniladi.

Deterministik modellar uchun muhim jihatlardan biri shundaki, o‘rganilayotgan obyekt haqidagi ma’lumotlar qanchalik ko‘p va aniq bo‘lsa, model ham shunchalik aniqroq va ishonchli bo‘ladi.

So‘nggi yillarda O‘zbekiston shaharlarining gidrogeologik muhiti haqida katta hajmdagi ma’lumotlar to‘planmoqda. Hozirgi kunda tuproq qatlamlari, bino va inshootlarning poydevorlari, yer osti suvlarining joylashuvi va boshqa ko‘plab parametrlar haqida keng ma’lumotlar mavjud bo‘lib, ular elektron ma’lumotlar bazalariga kiritilgan. Ushbu ma’lumotlardan so‘nggi paytlarda geografik axborot tizimlari (GAT) deb ataladigan zamonaviy axborot tizimlarida keng foydalanilmoqda.

Stoxastik modellar esa aniqlanmagan yoki ehtimollik xarakteriga ega bo‘lgan jarayonlarni tavsiflaydi. Bunday modellar statistik yondashuvlarga asoslanadi va odatda yetarli darajada o‘rganilmagan gidrogeologik obyektlarni, ayniqsa shahar tashqarisidagi hududlarni tavsiflashda qo‘llaniladi.

Stoxastik modellarni yaratishda eng ko‘p qo‘llaniladigan usullardan biri Monte-Karlo usuli bo‘lib, u ko‘pincha statistik sinov usuli deb ham ataladi. Ushbu usul tasodifiy sonlar generatsiyasi va ko‘p martalik hisoblash tajribalari asosida jarayonning ehtimoliy xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi.



ISSN 3030-3907

1-rasm. Sonli modellashtirish usullarini klassifikatsiyasi

Deterministik modellar odatda uchta asosiy usul asosida ishlab chiqiladi: chekli ayirmalar usuli (ChAU), chekli elementlar usuli (ChEU) va chegaraviy elementlar usuli (ChegEU). “To‘r usuli” deb ham ataladigan chekli ayirmalar usulida bosim qiymatlari to‘r tugunlarida aniqlanadi. Chekli elementlar usulida esa bosim qiymatlari tugun nuqtalarida emas, balki elementlar ichida aniqlanadi. Chegaraviy elementlar usulida esa faqat filtratsiya sohasi diskret ko‘rinishda ifodalanadi. Ushbu usullarning barchasidan foydalanish ko‘p vaqt talab qiladigan murakkab matematik hisoblashlar bilan bog‘liq bo‘lib, ular asosan differensial tenglamalar tizimini yechishga asoslanadi.

4. GEOFILTRATSIYANI KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH.

Geofiltratsiya tushunchasi hamda uni modellashtirish usullari va vositalari ushbu maqolada umumiy tarzda ko‘rib chiqildi. Chunki mazkur jarayonni to‘liq va batafsil yoritish alohida ilmiy asar hajmidagi tadqiqotni talab qiladi. Mazkur maqolaning asosiy maqsadi esa filtratsiya jarayoni va uni modellashtirish haqida umumiy ilmiy tasavvur berishdan iborat.

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, **gidrogeologiya fani matematika bilan uzviy bog‘liqdir**. Amaliy gidrogeologik tadqiqotlarning aksariyati murakkab matematik hisob-kitoblarni talab qiladi. Geofiltratsiya jarayonlarini modellashtirishda esa matematik masalalar yanada murakkablashadi va ularni qo‘lda yechish deyarli imkonsiz bo‘lib qoladi.

Murakkab matematik masalalarni hal qilishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish g‘oyasi yarim asrdan ortiq vaqt davomida muvaffaqiyatli qo‘llanib kelinmoqda. Shu davr mobaynida kompyuterlardan inson faoliyatining ko‘plab sohalarida, jumladan, gidrogeologiya sohasida foydalanish bo‘yicha katta tajriba to‘plandi.

Hozirgi kunda gidrogeologik tadqiqotlarni amalga oshirish uchun xorijiy va mahalliy ishlab chiquvchilar tomonidan yaratilgan ko‘plab **gidrogeologik axborot tizimlari** mavjud.

Gidrogeologik jarayonlarni, xususan geofiltratsiya jarayonini modellashtirish jarayonida barcha zamonaviy talablarga javob beradigan yangi axborot tizimini ishlab chiqish zarurati yuzaga keladi. Shu sababli bunday tizimni yaratishning maqsadga muvofiqligi masalasi yuzaga keladi. Bu savolga javob topish maqsadida mavjud axborot tizimlari qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqotlar natijasida ko‘pchilik tizimlar odatda faqat **bitta modellashtirish usulidan** foydalanishi aniqlandi. Aslida bu ko‘p hollarda yetarli bo‘lsa-da, ayrim vaziyatlarda bir nechta usullarni birgalikda qo‘llash orqali yanada aniq hisob-kitoblarni amalga oshirish mumkin.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, mavjud tizimlarda **texnogen omillar ta’sirida yuzaga keladigan o‘zgarishlarni hisobga olish** imkoniyatlari yetarli darajada rivojlanmagan. Bu esa ayrim hollarda hisob-kitoblarning yetarli aniqlikda bo‘lmasligiga yoki olingan natijalarning noto‘g‘ri talqin qilinishiga olib keladi. Natijada noto‘g‘ri qarorlar qabul qilinishi va yer osti suv resurslaridan samarasiz foydalanish ehtimoli ortadi.

Bundan tashqari, mavjud modellashtirish tizimlari ko‘pincha **tabiiy tizimlar** va **tabiiy-texnogen tizimlar** o‘rtasidagi farqlarni yetarli darajada hisobga olmaydi. Bu esa ayrim hollarda ekspluatatsion suv zaxiralarining muhim qismini yo‘qotishga sabab bo‘lishi mumkin.

Tahlillar shuni ham ko‘rsatdiki, mashhur xorijiy axborot tizimlari ko‘pincha mahalliy gidrogeologik tadqiqotlarning o‘ziga xos xususiyatlarini to‘liq hisobga olmaydi. Bundan tashqari, bunday tizimlarning narxi juda yuqori bo‘lib, bu esa ayrim hollarda ularni amaliyotda qo‘llash imkoniyatlarini cheklaydi.

Shu sababli zamonaviy modellashtirish usullarini ishlab chiqish va ular asosida yangi **axborot modellashtirish tizimini yaratish** dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday tizim modellashtirish jarayonini soddalashtirish hamda olingan natijalarning ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

XULOSA.

Filtratsiya jarayoni yer osti suvlarining harakati va shakllanish qonuniyatlarini tavsiflovchi eng muhim gidrogeologik jarayonlardan biridir. Ushbu jarayonning ishonchli modeli mavjud bo‘lishi yer osti suvlaridan oqilona foydalanish imkonini yaratadi. Bu ayniqsa ichimlik suvi resurslari tanqisligi kuchayib borayotgan hozirgi davrda alohida ahamiyat kasb etadi.

Zamonaviy modellashtirish metodologiyasini ishlab chiqish uchun mavjud usullarni chuqur tahlil qilish va ulardan eng samaralilarini tanlab olish zarur. Ushbu usullarni yagona tizimga birlashtirish orqali zamonaviy ilmiy talablar va amaliy ehtiyojlarga javob beradigan kompleks metodologiyani yaratish mumkin.

Yaratilgan metodologiya asosida gidrogeologik jarayonlarni modellashtirishga mo‘ljallangan axborot tizimi ishlab chiqiladi. Bu tizim modellashtirish natijalarini grafik ko‘rinishda vizuallashtirish hamda ishonchli matematik modellarni shakllantirish imkonini beradi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida yer osti suvlarining filtratsiya jarayonini modellashtirishning yangi usullarini ishlab chiqish zarurligi yana bir bor tasdiqlandi. Bu esa mazkur yo‘nalishda keyingi ilmiy izlanishlar va amaliy tadqiqotlarni davom ettirish maqsadga muvofiq ekanligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Шестаков В.М. Гидродинамика. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 368 с.

ISSN 3030-3907

2. Юсупов Р.А. Дамхўжа ер ости сув олиш иншооти ҳудуди геофильтрация жараёнларини моделлашда сонли ечиш алгоритмларини қуриш ва тадқиқ қилиш. // ТАТУ хабарлари илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. – Тошкент. 3(62) 2022. – Б. 21-31.
3. Гавич И.К. Гидродинамика. – М.: Недра, 1988. – 349 с.
4. Yusupov R.A., Axrolov Sh.S., Mirzanova N.M., Nasiriddinov A.N. Fraktal tuzilishga ega bo‘lgan g‘ovakli muhitdagi geofiltratsiya va geomigratsiya matematik modellari. // Техника фанлари журнал №5 (2020) DOI http://dx.doi.org/10.26739/2181-9696-2020-5, Б.39-45.
5. Алифанов О.М., Артюхин Е.А., Румянцев С.В. Экстремальные методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1988. – 288 с.
6. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков. – М.: Мир, 1990. – 662 с.
7. Джуманов Ж.Х., Юсупов Р.А., Ибрагимов Л.Т., Эгамбердиев Х.С., Бегимкулов Д.К., Жуманов Ж.Ж., Хаккулова А.О. Многомерный подход к моделированию фильтрационных процессов гидрогеологических систем. // «O‘zbekiston zamini» илмий-амалий ва инновацион журнал. 2019 йил 2-сон. O‘ZDAVYERLOYIHA institute. Тошкент-2019. – Б. 19-27.

ISSN 3030-3907

HAYVONOT DUNYOSI DAVLAT KADASTRI GEOMA'LUMOTLAR BAZASINI SHAKLLANTIRISH

Ibragimov Utkir Nurmamat o'g'li
Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti
https://orcid.org/0009-0005-2189-9195
E-mail: ibragimovutkir92@gmail.com
Qahhorov Elbek Karimovich
Qarshi davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada dasturiy ta'minotlar, yordamida hayvonot dunyosi davlat kadastri geoma'lumotlar bazasini shakllantirish Corel Draw, AutoCAD va Microsoft Office dasturining yordamchi ilovalari yoritilgan.

Kalit so'zlar. Geoma'lumotlar, atributiv ma'lumotlar, koordinatalar, poligon, fazoviy obyektlar va GAT texnologiyalari.

Аннотация. В данной статье рассматривается создание государственной кадастровой геобазы данных с использованием таких программ, как Corel Draw, AutoCAD и Microsoft Office.

Ключевые слова. Геоданные, атрибутивные данные, координаты, полигоны, пространственные объекты и технологии ГИС.

Abstract. This article discusses the creation of a state cadastral geodatabase using software such as Corel Draw, AutoCAD, and Microsoft Office.

Keywords. Geodata, attribute data, coordinates, polygons, spatial objects, and GIS technologies.

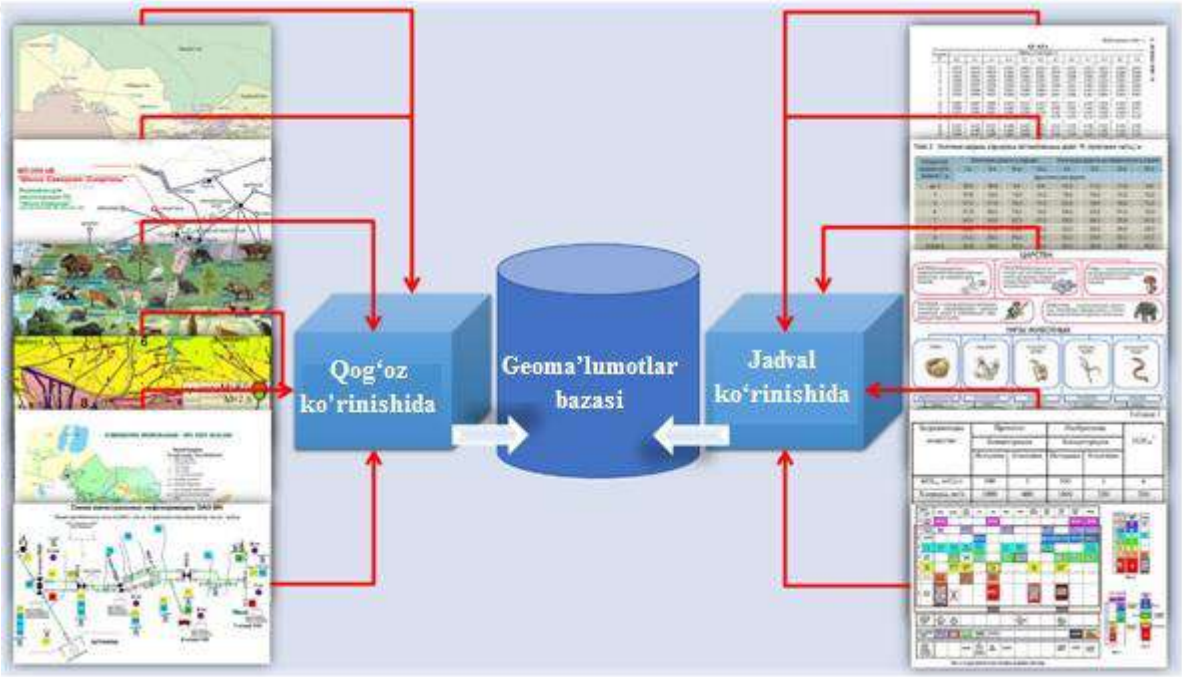
KIRISH.

DKYaTni yaratish va yuritish Vazirlar Mahkamasining 2005 yil 16 fevraldagi 66 -son qarori bilan tasdiqlangan "Davlat kadastrlari yagona tizimini yaratish va yuritish tartibi to'g'risida" gi Nizomi asosida davlat kadastrlarini yuritish sohasida asosiy vazifalar belgilab berilgan bo'lib, unda hududlar kesimida davlat kadastri ma'lumotlarini shakllantirish tartibi belgilandi. 2014 yil 8 oktyabrda Adliya vazirligi tomonidan 2618 raqam bilan ro'yxatdan o'tkazilgan "Davlat kadastrlari yagona tizimiga tegishli davlat kadastrlari ma'lumotlarining tarkibi va ularni taqdim etish tartibi to'g'risida" gi Nizomi asosida davlat kadastrlarini yuritish va shakllantirish tartiblari tizimlashtirildi.

Mazkur (2014 yil 8 oktyabrda 2618 raqamli) Nizom tasdiqlanguniga qadar davlat kadastri ma'lumotlari turli ko'rinishlarda shakllantirilib kelingan. Tegishli vazirlik va idoralar tomonidan davlat kadastrlari to'g'risidagi ma'lumotlar axborot ko'rinishida taqdim etilgan bo'lib, sxematik chizmalar, jadval ma'lumotlari, matn ko'rinishidagin axborotlar va ayrim vazirlik hamda idoralar turli dasturiy ta'minotlarda, masalan Corel Draw, AutoCAD va Microsoft Office dasturining yordamchi ilovalarida ma'lumotlarni shakllantirgan holda taqdim etilgan. Bundan

ISSN 3030-3907

tashqari, shartli koordinatalar tizimidan foydalanilgan bo‘lib, tashkilotlardan berilgan ma’lumotlarni bir tizimda jamlash imkoni mavjud bo‘lmagan. Koordinatalar tizimi va ma’lumotlarning format birligi turli ko‘rinishda bo‘lganligi sababli, axborotlarni jamlash hamda tahlil qilish ishlarida mutaxassislar muammolarga duch kelishar edi (1-rasm).



1-rasm. Hayvonot dunyosi davlat kadastri to‘g‘risidagi ma’lumotlarning format birliklari sxemasi.

Ushbu rasmda keltirilgani kabi 2014 yilga qadar axborotlarni geoma’lumotlar bazasiga kiritish va tahliliy natijalarni tizimlashtirish imkoni mavjud bo‘lmagan. 2014 yilda Nizom[1] tasdiqlangach, vazirlik va idoralar tomonidan tegishli kadastr obyektlari to‘g‘risidagi ma’lumotlar davlat koordinatalar tizimidan foydalanilgan holda geografik joylashuvi vektor qatlamlarda shakllantirila boshlandi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA. Sohaga tegishli ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, hayvonot dunyosi davlat kadastri obyektlarni geofazoviy bog‘lash, atributiv ma’lumotlar jadvallarini to‘ldirish, davlat kadastrlari kartalarini shakllantirish bo‘yicha chet el olimlari bilan bir qatorda respublikamizda ham bir qancha olimlar tomonidan tadqiqot ishlari olib borilgan. Binobarin, hayvonot dunyosi davlat kadastri geoma’lumotlar bazasini shakllantirishning nazariy va amaliy, uslubiy asoslarini yaratish yuzasidan Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman. Kang-tsung Chang. va boshqalar tadqiq etishgan. Mustaqil Davlatlar Hamdo‘stligi mamlakatlarida: A.N. Rakitnikov, V.G. Kryuchkov, G.V. Balabanov, M.M. Palamarchuk, A.M.

[1] 2014 yil 8 oktabrda Adliya vazirligi tomonidan 2618 raqam bilan ro‘yxatdan o‘tkazilgan “Davlat kadastrlari yagona tizimiga tegishli davlat kadastrlari ma’lumotlarining tarkibi va ularni taqdim etish tartibi to‘g‘risida” gi Nizom

ISSN 3030-3907

Berlyant, P.P.Lebedev., Ye.G. Kapralov, V.L. Chesalovlarning va boshqa olimlarning ilmiy asarlarida geoaxborot tizimi nazariy va uslubiy asoslari yuzasidan tadqiqot ishlarini olib borishgan.

O‘zbekistonda davlat kadastrini yuritish tizimini takomillashtirish hamda kartalashtirish bo‘yicha tadqiqotlar A.Abduazizov, M.M.Muxitdinov, E.Yu.Safarov, S.Avezbayev, Q.Raxmonov, S.S.Sayidqosimov, I.Ixlosov, R.A.Turayev, D.O.Jo‘raqulov, I.M.Musayev, O.R.Allanazarov, S.N.Abduraxmonov, R.Q.Oymatov, L.T.Ibragimov, A.N.Inamov va boshqa olimlar izlanishlar olib borganlar va ijobiy natijalarga erishishgan. Ammo yuqorida keltirilgan olimlar va tadqiqotchilar ilmiy ishlarida davlat kadastrlari kartalarini raqamlashtirish asosida tuzish va atributiv jadval ma’lumotlarining strukturasini takomillashtirish bo‘yicha tadqiqot ishlari olib borilmagan. Shuni alohida aytish joizki, I.Ixlosov, R.Turayev, N.Sh.Umarov, D.O.Jo‘raqulov va L.T.Ibragimovlar tomonidan kadastr sohasida raqamli texnologiyalarni qo‘llash orqali davlat kadastrlarini yuritish va ularni geoma’lumotlar bazasida geovizuallashtirish bo‘yicha salmoqli ishlar olib borishgan.

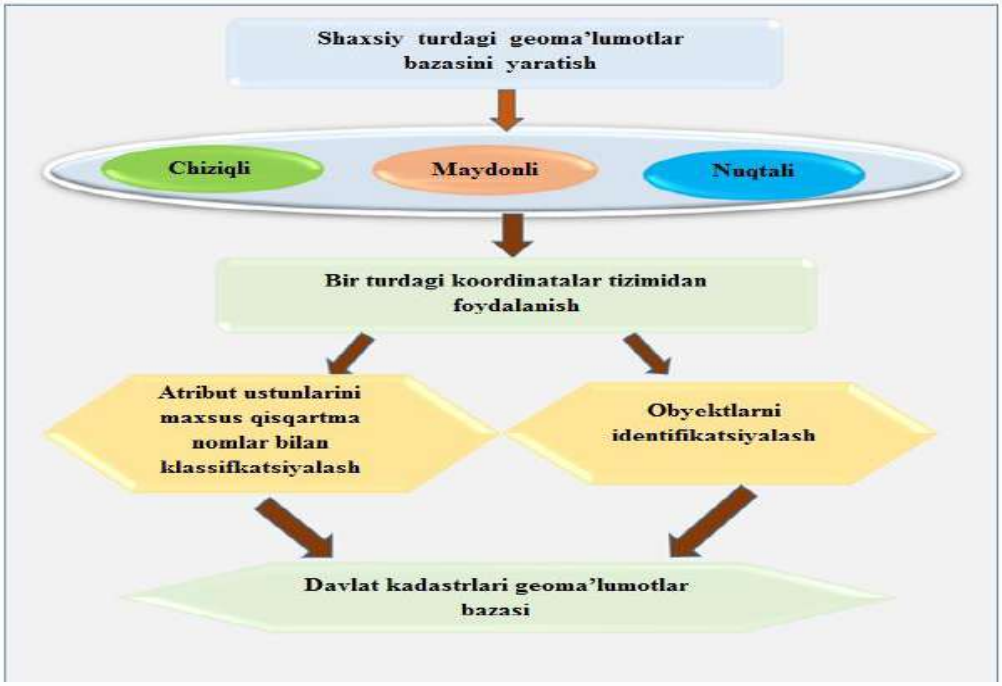
NATIJALAR. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ArcGIS dasturi geoma’lumotlar bazasini yaratish, shakllantirish va tahliliy amallarni bajarish qulay va samarali bo‘lganligi uchun aynan ArcGIS dasturi yordamida geoma’lumotlar bazasini yaratish uslubiyati ishlab chiqildi (2-rasm).

Respublikamizda mavjud shakllantirilib kelinayotgan 20 ta davlat kadastrlari geoma’lumotlar bazasini yaratish bo‘yicha tavsiyalar quyidagicha o‘z aksini topgan;

- shaxsiy turdagi geoma’lumotlar bazasini yaratish qismida geoma’lumotlar bazasi–ma’lumotlar to‘plamini diskda Microsoft Accyess fayl formati “mdb” da saqlaydi. Shaxsiy geoma’lumotlar bazasining maksimal hajmi barcha geoma’lumotlar bazalari uchun 250-500 MB hajmda cheklangan. Shaxsiy geoma’lumotlar bazasini faqat Windows platformalari qo‘llay oladi;

- chiziqli, nuqtali va maydonli qatlamlarni respublika bo‘yicha bir nom bilan atamalashtirishda chiziqlar – irmoq, ko‘chalarning markaziy chiziqlari kabi, poligon tarzida ko‘rsatib bo‘lmaydigan, haddan tashqari tor geografik obyektlarning shakli va joylashish o‘rnini tasvirlash uchun qo‘llaniladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm Hayvonot dunyosi davlat kadastri geoma'lumotlar bazasini yaratish va shakllantirish modeli.

Poligonlar–bir xil turdagi fazoviy obyektlarning joylashgan o‘rni va shaklini namoyish etuvchi ko‘ptaraflama maydonli obyektlar to‘plami.

Nuqtalar–chiziq yoki poligon orqali belgilab bo‘lmaydigan juda kichik hamda nuqtasimon fazoviy obyektlarni ko‘rsatish uchun qo‘llaniladi.

- bir turdagi koordinatalar tizimidan foydalanish bir turdagi koordinatalar tizimi- mavjud koordinatalar tizimidan bitta turdagi tizimni qo‘llash va foydalanish orqali obyektlarni geofazoviy bog‘lash jarayonini umumlashtirish tushuniladi.

- atribut ustunlarini maxsus qisqartma nomlar bilan klassifikatsiyalashda atributiv ma'lumot — geografik axborot tizimi obyektlarining tavsiflarini ta'riflovchi jadvalli va yoki matnli ma'lumotlar to‘plami tizimlashtiriladi;

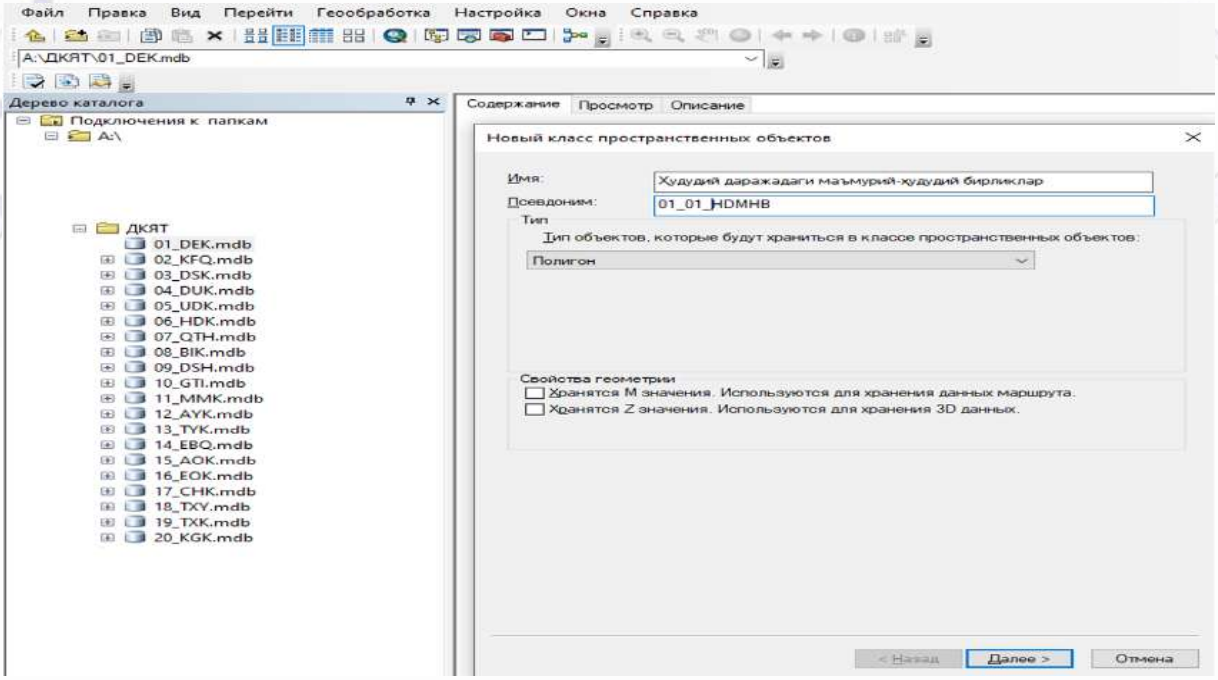
- kadastr obyektlarini identifikatsiya qilishda kadastr obyektlari uchun takrorlanmas va hududiy jihatdan toponimik joylashuvini anglatuvchi raqamlar va lotin alifbosi xarflari aralashmalaridan hosil bo‘lgan kombinatsiyalashgan belgilar asosida amalga oshiriladi.

MUHOKAMA. Mazkur tadqiqot doirasida davlat kadastrlari tizimini shakllantirishda ahamiyat qaratilishi kerak bo‘lgan muhim tavsiyalar ishlab chiqilgan, mazkur tavsiya asosida ma'lumotlarni shakllantirish kelajakda axborotlar integratsiyasini yuqori saviyada amalga oshirishga va hukumatga interaktiv xizmat ko‘rsatishga xizmat qiladi. Shu bilan birga davlat kadastrlari nomlarini maxsus qisqartma atamalar bilan tasniflash hamda davlat kadastrlariga identifikatsion raqamlar berish tizimi ishlab chiqildi. Mazkur ishlanma axborotlarni vizuallashtirish yoki dasturiy ta'minotlar yordamida yaratilgan ishlanmalar integrasiyasini amalga oshirish mobaynida samarali xizmat qilishi

ISSN 3030-3907

kuzatildi. Bundan tashqari dasturiy ta’minotlarning format birliklari bo‘yicha geoportalga axborotlarni yuklash yoki dasturlash tili asosida yaratiladigan yangi platformalarda ish jarayonini soddalashtirish uchun hizmat qiladi.

Geoma’lumotlar bazasini Nizomda[2] belgilangan vazifalar asosida shakllantirish uslubini o‘z tadqiqotlari asosida ishlab chiqgan bo‘lib, unga ko‘ra geoma’lumotlar bazasini yaratish tizimi maxsus atamalar va identifikatsiyalash tizimi asosida shakllantirilgan (3-rasm).



3-rasm. Davlat kadastrlarining geoma’lumotlar bazasini yaratish jarayoni

Geoma’lumotlar bazasida tahliliy natijalarni amalga oshirish va interaktiv xizmat ko‘rsatishda noqulayliklar tug‘dirishi tadqiqotlar jarayonida muallif tomonidan aniqlandi. Bundan tashqari geoma’lumotlar bazasida mavzuli qatlamlarning ortib borishi kompyuterning ishlash va axborotlarni qayta ko‘rib chiqish tezligiga o‘z ta’sirini ko‘rsatadi.

Hayvonot dunyosi davlat kadastrini yuritishda geodezik va kartografik asoslarni yaratish muhim bosqich hisoblanadi. Geodezik asos hududlarning aniq koordinatalarini belgilash, obyektlarning joylashuvini aniqlash hamda fazoviy ma’lumotlarning yagona koordinata tizimida yuritilishini ta’minlaydi.

Kartografik asos esa geodezik ma’lumotlarni xaritalar ko‘rinishida tasvirlashni ta’minlaydi. GAT texnologiyalari orqali quyidagi tematik qatlamlar yaratiladi:

- hayvonlar tarqalish hududlari;
- qo‘riqlanadigan tabiiy hududlar;
- suv havzalari;

[2] 2014 yil 8 oktabrda Adliya vazirligi tomonidan 2618 raqam bilan ro‘yxatdan o‘tkazilgan “Davlat kadastrlari yagona tizimiga tegishli davlat kadastrlari ma’lumotlarining tarkibi va ularni taqdim etish tartibi to‘g‘risida” gi Nizom

ISSN 3030-3907

- o‘rmon va yaylov maydonlari;
- ekologik monitoring punktlari;
- ovchilik va baliqchilik hududlari.

Hayvonot dunyosi davlat kadastri geoma’lumotlar bazasi fazoviy va atribut ma’lumotlardan tashkil topadi. Fazoviy ma’lumotlar obyektlarning geografik joylashuvini ifodalasa, atribut ma’lumotlar ular haqidagi tavsifiy axborotlarni o‘z ichiga oladi.

Hayvonot dunyosi davlat kadastri geoma’lumotlar bazasini shakllantirish uslubini ishlab chiqish biologik resurslarni hisobga olish, monitoring qilish hamda ulardan oqilona foydalanishni ta’minlashga qaratilgan muhim ilmiy-amaliy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Mazkur uslubning asosiy maqsadi hayvonot dunyosiga oid fazoviy va atribut ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tizimlashtirish, saqlash va tahlil qilishning yagona geoaxborot tizimini yaratishdan iboratdir.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqot va tahlillar shuni ko‘rsatadiki, hayvonot dunyosi davlat kadastriga doir ma’lumotlar bazasini shakllantirishda geoaxborot dasturlaridan foydalanishni takomillashtirish bugungi kunda muhim ahamiyat kasb etadi. GAT texnologiyalari orqali hayvonot dunyosi obyektlari haqidagi ma’lumotlarni tezkor yig‘ish, saqlash, tahlil qilish va yangilab borish imkoniyati yaratiladi. Bu esa biologik resurslarni muhofaza qilish, monitoring olib borish hamda ulardan oqilona foydalanish samaradorligini oshiradi.

Geoaxborot dasturlari yordamida hududiy ma’lumotlarning aniqligi va ishonchliligi ta’minlanib, elektron xaritalar hamda raqamli kadastr tizimlarini yaratish imkoniyati kengayadi. Natijada davlat organlari, ilmiy tashkilotlar va ekologik nazorat tizimlari o‘rtasida ma’lumot almashinuvi samarali yo‘lga qo‘yiladi.

Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, masofadan zondlash texnologiyalari va zamonaviy dasturiy vositalarni integratsiya qilish orqali hayvonot dunyosi davlat kadastri tizimini yanada rivojlantirish mumkin. Bu esa ekologik barqarorlikni ta’minlash, noyob va yo‘qolib borayotgan turlarni saqlab qolish hamda tabiiy resurslarni boshqarishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasining 2000 yil 15 dekabrdagi 171-II-son “Davlat kadastrlari to‘g‘risida” gi Qonuni.
2. O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 2 iyuldagi O‘RQ-626-son “Geodeziya va kartografiya faoliyati to‘g‘risida”gi Qonuni.
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2005 yil 30 iyundagi 152-son qarori bilan tasdiqlangan “Ayrim davlat kadastrlarini yuritish tartibi to‘g‘risida”gi Nizomi.

ISSN 3030-3907

4. Jo‘raqulov D.O., Pirnazarov I.M., Niyazov V.R., O‘roqov O.A., Kadastr xizmatidagi geodezik ishlar. T.: Fan va texnologiya nashryoti, 2016. – 292 b.
5. Rajapboyev M.X., Oymatov R.Q., Xikmatullayev S.I. Kadastr ishlarini yuritishning geodezik va kartografik ta’minoti. O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti, 43-jild T., 2014. –180-183 b.
6. E.Yu.Safarov, I.M.Musayev, X.A.Abdurahmonov “Geografik axborot tizimlari”. - T.: «NOSHIR» nashriyoti, 2012. - 152 b.
7. Raxmonov Q., Bobojonov A.R. Davlat kadastrlari. – T:. 2007–154 b.

ISSN 3030-3907

UDK 678.744:66.095.26

POLIMETILENNAFTALINSULFOKISLOTA SINTEZIDA RESKSIYA SHAROITLARINING MAHSULOT XOSSALARIGA TA'SIRI

G'oyipov Azizbek Raxmatilla o'g'li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti, tayanch doktorant, Toshkent, O'zbekiston
ORCID: 0000-0003-0522-484X
Nurmanov Suvonqul Erxanovich
O'zbekiston Milliy Universiteti, t.f.d., professor, Toshkent, O'zbekiston
ORCID: 0000-0001-6840-3031

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda naftalinsulfokislota va formaldegid asosida 1:1,1 hamda 1:1,5 mol nisbatlarda sintez qilingan namunalar olinib, ularning fizik-kimyoviy xossalarining reaksiya sharoitlariga bog'liq holda o'zgarishi tadqiq etildi. Ishda sintez jarayonlarining texnologik sxemasi va har bir nisbat uchun reaksiya unumdorligining sintez haroratiga bog'liqligi batafsil o'rganilgan. Shuningdek, bosimni oshirishning olinadigan mahsulot molekulyar massasiga ta'siri ko'rib chiqilib, tadqiq etilgan namunalarning tasviri hamda struktura formulasi keltirilgan.

Kalit so'zlar: naftalinsulfokislota; Shaffer kislotasi; formalin; formaldegid; kondensatsiya jarayoni; texnologik parametrlar; texnologik sxema; reaksiya harorati; reaksiya unumdorligi; molekulyar massa; reaksiya bosimi; namuna zichligi; solishtirma hajm.

Abstract. In this study, samples synthesized based on naphthalenesulfonic acid and formaldehyde at molar ratios of 1:1.1 and 1:1.5 were obtained, and the changes in their physicochemical properties depending on the reaction conditions were investigated. The technological scheme of the synthesis process and the dependence of reaction yield on synthesis temperature for each ratio were examined in detail. In addition, the effect of increased pressure on the molecular weight of the obtained product was considered, and the visual appearance as well as the structural formula of the investigated samples were presented.

Keywords: naphthalenesulfonic acid; Schaeffer acid; formalin; formaldehyde; condensation process; technological parameters; process flow diagram; reaction temperature; reaction yield; molecular mass; reaction pressure; sample density; specific volume; product description.

Аннотация: В данном исследовании были получены образцы, синтезированные на основе нафталинсульфокислоты и формальдегида при мольных соотношениях 1:1,1 и 1:1,5, и изучено изменение их физико-химических свойств в зависимости от условий реакции. Подробно рассмотрены технологическая схема процесса синтеза и зависимость выхода реакции от температуры синтеза для каждого соотношения. Кроме того,

изучено влияние повышения давления на молекулярную массу получаемого продукта, а также приведены изображения исследованных образцов и их структурная формула.

Ключевые слова: нафталинсульфокислота; кислота Шеффера; формалин; формальдегид; процесс конденсации; технологические параметры; технологическая схема; температура реакции; выход реакции; молекулярная масса; давление реакции; плотность образца; удельный объём; характеристика продукта.

KIRISH.

Polimetilennaftalinsulfokislota kimyo sanoati hamda zamonaviy qurilish materiallari ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladigan funksional birikmalardan biri bo‘lib, asosan dispergator va superplastifikatorlar tarkibining muhim komponenti sifatida xizmat qiladi [1–2]. Ushbu birikmalar dispersant sifatida qo‘llanilganda qattiq zarrachalarning o‘zaro agregatlanishini oldini olib, ularning dispers muhit bo‘ylab bir tekis va gomogen taqsimlanishini ta’minlaydi [3].

Bundan tashqari, polimetilennaftalinsulfokislota asosidagi birikmalar beton va sement qorishmalarining reologik xossalarini sezilarli darajada yaxshilaydi [4]. Xususan, ular qorishmalarning oquvchanligini oshirish, suv sarfini kamaytirish hamda sement zarrachalarining samarali disperslanishini ta’minlash orqali tayyor mahsulotning mexanik mustahkamligi va zichligini oshirishga xizmat qiladi [5–7]. Shu bilan birga, ushbu moddalarning qo‘llanilishi beton kompozitsiyalarining sovuqqa, namlikka va mexanik yuklamalarga nisbatan chidamliligini oshirib, ularning ekspluatatsion barqarorligini oshirishga imkin beradi [8].

METODLAR. Tadqiqot asosini polimetilennaftalinsulfokislota sintezi hamda kondensatsiya jarayonining qisqacha tavsifi tashkil etadi [9–10]. Shuningdek, texnologik parametrlar batafsil o‘rganilgan [11]. Reaksiya haroratining sintez unumdorligiga ta’siri [12], sintez mahsulotining kreoskopik usulda aniqlangan molekulyar massasi [13–14], shuningdek, zichligi va solishtirma hajmining komponentlar nisbatiga bog‘liqligi ham tadqiq etilgan [15–16].

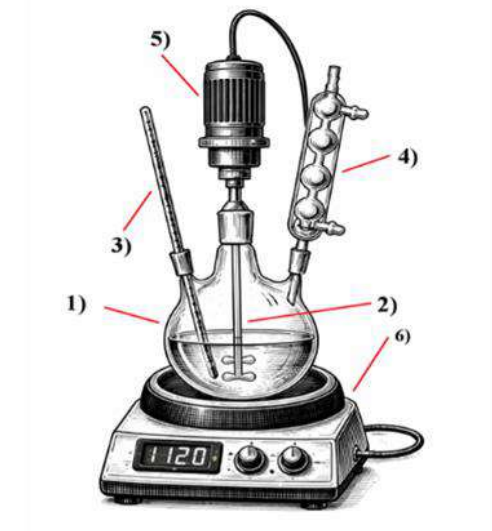
MATERIALLAR. Polimetilennaftalinsulfokislota sintezi jarayonida quyidagi reagentlar va xomashyolardan foydalanildi: asosiy monomer sifatida naftalinsulfokislota (2-naftol-6-sulfokislota) — CAS № 93-01-6. Polikondensatsiya agenti sifatida formaldegid (37% formalin eritmasi) — CAS № 50-00-0 qo‘llanildi. Reaksiya muhiti va katalizator sifatida konsentrlangan sulfat kislota — CAS №: 7664-93-9 ishlatildi. Muhitni neytrallash va hosil bo‘lgan mahsulotni barqarorlashtirish uchun esa natriy gidroksid — CAS № 1310-73-2 qo‘llanildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI. Sintez jarayonida chiziqli hamda qisman to‘rsimon tuzilishga ega bo‘lgan PMNS oligomerlarining

ISSN 3030-3907

hosil bo‘lishi Shaffer kislotasi va formaldegidning o‘zaro molyar nisbatlariga bevosita bog‘liq bo‘lib, texnologik jarayonning sharoitlari hamda boshlang‘ich komponentlar nisbatlarini optimallashtirish muhim аҳамият kasb etadi. Shu maqsadda tadqiqot mobaynida 1 mol naftalinsulfokislotaga nisbatan 1,1 mol va 1,5 mol formalin ishtirokida ikki xil namuna sintez qilinib, ularning reaksion qobiliyati hamda hosil bo‘lgan yakuniy mahsulot xossalari o‘zaro taqqoslandi.

Sintez jarayoni quyidagi tartibda amalga oshitildi:. Dastlab, uch og‘izli kolbaga 0,5 mol 1-naftalinsulfokislota, 200 ml distillangan suv va 5 ml 98 % li sulfat kislota qo‘shilib, eritma muhiti pH = 1 ga keltiriladi. Keyin 0,4 mol formaldegid suvli eritmasi bosqichma-bosqich qo‘shiladi. Aralashma aralashtirib turilgan holda 5–6 soat davomida 90–95°C da qizdiriladi.



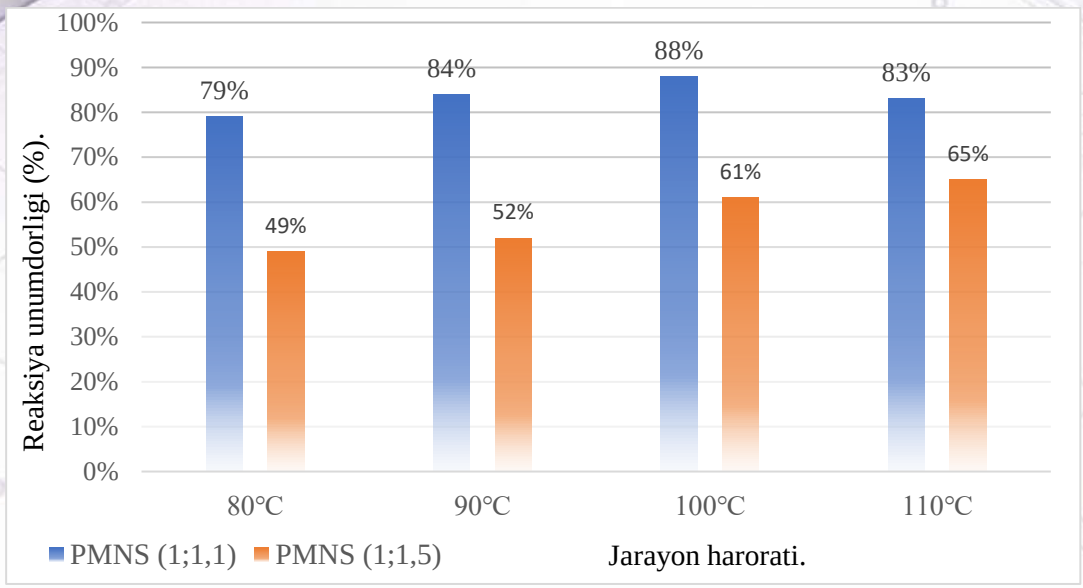
1-rasm. Polimetilennaftalinsulfokislota sintezlash qurilmasining sxematik tasviri.

1) uch og‘izli kolba; 2) aralashtirgich; 3) termometr; 4) qaytar sovutgich; 5) elektrodvigatel; 6) elektr plita.

Reaksion muhit ishqoriy (pH = 9) bo‘lguncha natriy gidroksid bilan neytrallanishi amalga oshiriladi. So‘ngra eritma vakuumli bug‘latgichda 90°C da bug‘latilib, olingan massa xona haroratida quritiladi. Natijada chiziqli polimetilenaftalinsulfonat natriy oligomeri olinadi.

Izlanishlarimizning keyingi bosqichida ҳap bir sintez mahsuloti учун jarayon haroratining reaksiya unumiga ta’siri atroflicha o‘rganildi. Olingan natijalar quyidagi qiyosiy grafikda keltirilgan (3.1-rasm).

ISSN 3030-3907



2-rasm. Polikondensatsiya reaksiyalari unumdorligining jarayon harorati va optimal nisbatlarga bog‘liqligi.

Yuqoridagi grafikdan ko‘rinib turibdiki olingan natijalar sintez jarayonining strukturaviy jihatdan murakkab ekanligini ko‘rsatadi. Undagi umumiy tendensiyaga ko‘ra, barcha holatlarda haroratmimg oshishi bilan mahsulot unumdorligining ortishi kuzatiladi. Bu holat haroratning reaksion muhitdagi diffuziya tezligini oshirishi, aktiv markazlarning hosil bo‘lishini tezlashtirishi va kondensatsiya bosqichlarini jadallashtirishi bilan izohlanadi. Biroq ushbu o‘sish barcha molyar nisbatlarda bir xil darajada kechmaydi.

Eng yuqori samaradorlik Shaffer kislotasi va formaldegidning 1:1,1 mol/mol nisbatlarda kuzatilib, 100°C haroratdagi jarayon samaradorligi 88% ko‘rsatkichgacha yetgan. Mazkur nisbatda monomerlarning o‘zaro reaksiyaga kirishish faolligi eng yuqori ekanligini va tarmoqlanish hamda zanjirning o‘sish mexanizmi anchagina muvozanatlashgan holatda kechishini ko‘rsatadi. Bunday sharoitda hosil bo‘lgan polimetilennaftalinsulfokislotaning tuzilishi nisbatan barqaror va zich bo‘lishi ehtimoli yuqori baholanadi.

Olingan 1:1,5 mol nisbatlarda esa unumdorlik barcha haroratlarda bir muncha past bo‘lib, atigi 49% ko‘rsatkichdan 65% gacha o‘zgargan. Bu holat reagentlar muvozanatining buzilishi va ortiqcha formaldegidning kondensatsiya jarayonida samarali ishtirok etmasligi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shuningdek, ortiqcha formaldegidning past molekulyar mahsulotlar hosil bo‘lishiga olib kelishi ham umumiy mahsulotning sifat darajasini kamaytiradi.

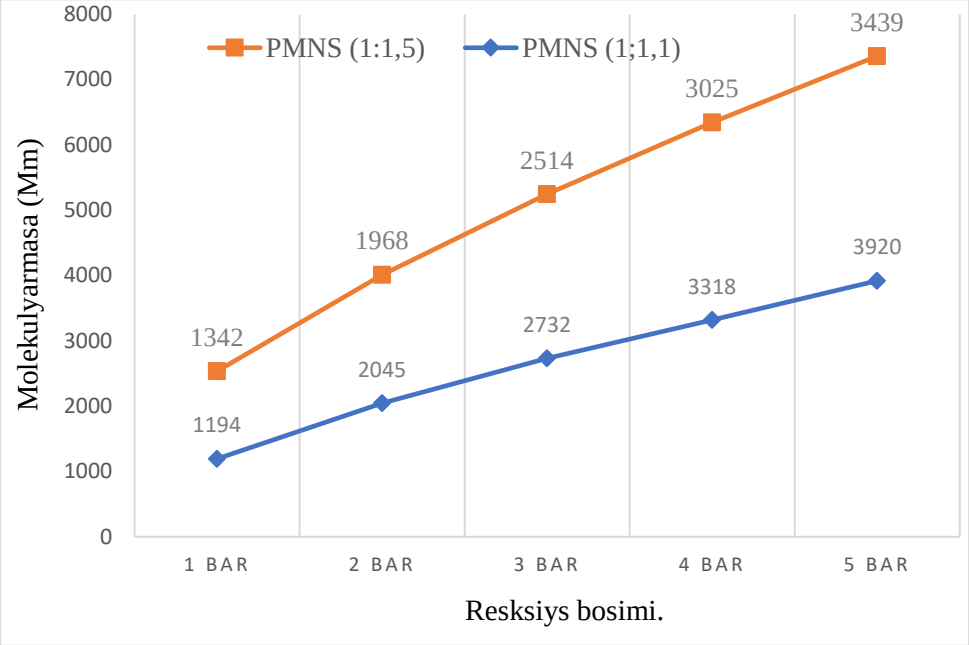
harorat nuqtai nazaridan tahlil qilinganda, 100–110°C haroratlar oralig‘i barcha nisbatlar uchun nisbatan optimal sharoit sifatida namoyon bo‘ladi. Ayniqsa, 100°C harorat ostida maksimal samaradorlikning kuzatilishi mazkur haroratda reaksion nuhitda muvozanatli polikondensatsiya jarayonlari kechishini bildiradi.

ISSN 3030-3907

110°C da esa ayrim hollarda yon reaksiyalar kuchayishi hisobiga unumdorlikning biroz pasayishi yoki barqarorlashuvi kuzatiladi.

Umuman olganda, sintez natijalari naftalinsulfokislota va formaldegidning optimal molyar nisbati 1:1,1 ekanligini va polimetilennaftalinsulfonat olish uchun eng qulay sharoit 100°C harorat ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu sharoitda yuqori unumdorlik bilan bir qatorda struktura jihatdan barqaror oligomer tizim hosil bo‘lishi ta’minlanadi.

Tanlab olingan optimal harorat sharoitida tadqiqot ishlari davom ettirilib, reaksiya bosimining o‘zgarishi sintez jarayoniga ta’siri, bevosita sintez bosimning oshirilishining reaksiya mahsulotning o‘rtacha molekulyar massasiga qanday darajada ta’sir ko‘rsatishi tajribalar asosida o‘rganildi. Olingan natijalari quyidagi grafikda keltirilgan (2-rasm).



3-rasm. Sintez reaksiyalarida bosimning o‘rtacha molekulyar massaga ta’siri.

2-grafikda keltirilgan natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, reaksiya bosimining yuqori bo‘lishi o‘rganilgan har bir nisbatlar uchun o‘rtacha molekulyar massaning izchil ravishda oshishiga olib kelishi kuzatildi. Ushbu holat bosimning ortishi bilan reaksion muhitda zarrachalar zichligining ortishi va o‘zaro to‘qnashuvlar sonining ko‘payishi bilan ifodalanadi. Natijada polikondensatsiya jarayoni jadallashib, makromolekula zanjirlarining uzayishi yuz beradi.

Jumladan, Shaffer kislotasi hamda formaldegidning o‘zaro 1:1,1 molyar nisbatda sintez qilingan maxsulotning o‘rtacha molekulyar massaning eng yuqori qiymatlarni namoyon etishi kuzatilib, bunda bosim maksimal (5 bar) qiymatgacha oshirishga erishilgan. Bunday nisbatda olingan monomrtlar o‘rtasidagi muvozanat o‘rganilayotgan reaksiya uchun optimal bo‘lib, makromolekula zanjirining

ISSN 3030-3907

o‘sishini faollashtiradi. Ayni birikmalarning o‘zaro 1:1,5 mol/mol nisbatlarida ham bosimning ortishi bilan ijobiy o‘sish tendensiyasi saqlanib qolgan bo‘lsa-da, ularning molekulyar massalari nisbatan pastroq qiymatlarni tashkil etadi. Bu esa formaldegidning ortiqcha miqdori tarmoqlanish reaksiyalariga olib kelish ehtimolini oshirishi yoki fazoviy strukturaga o‘zgarishi natijasida zanjirning muvozanatli o‘sini dinamikasini cheklashi bilan izohlanadi.

Shuningdek, barcha o‘rganilayotgan nisbatkarda reaksiya bosimining ma’lum qiymatlarida (3–5 bar oralig‘ida) oligomerlarning o‘rtacha molekulyar massalarining o‘sish tezligi nisbatan sekinlashishi kuzatildi. Mazkur holat tizimda reaksion faol markazlarning kamayishi yoki diffuzion cheklovlar yuzaga kelishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Umumiy olganda, olingan natijalar reaksiya jarayonlarida bosimning oshirilishi hosil bo‘ladigan PMNS oligomerlarining ham o‘rtacha molekulyar massalarining orttirish uchun muhim omil ekanligini, biroq yuqori samaradorlikka erishish uchun monomerlarning o‘zaro optimal molyar nisbatni tanlash zarurligini ko‘rsatadi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan barcha molyar nisbatlarda sintez qilingan oligomerlarning zichlik ko‘rsatkichlari ham tajribalar asosida o‘rganildi. Mazkur natijalar o‘z navbatida ushbu namunalarning solishtirma hajmini hisoblab olish imkonini beradi (3.1-jadval).

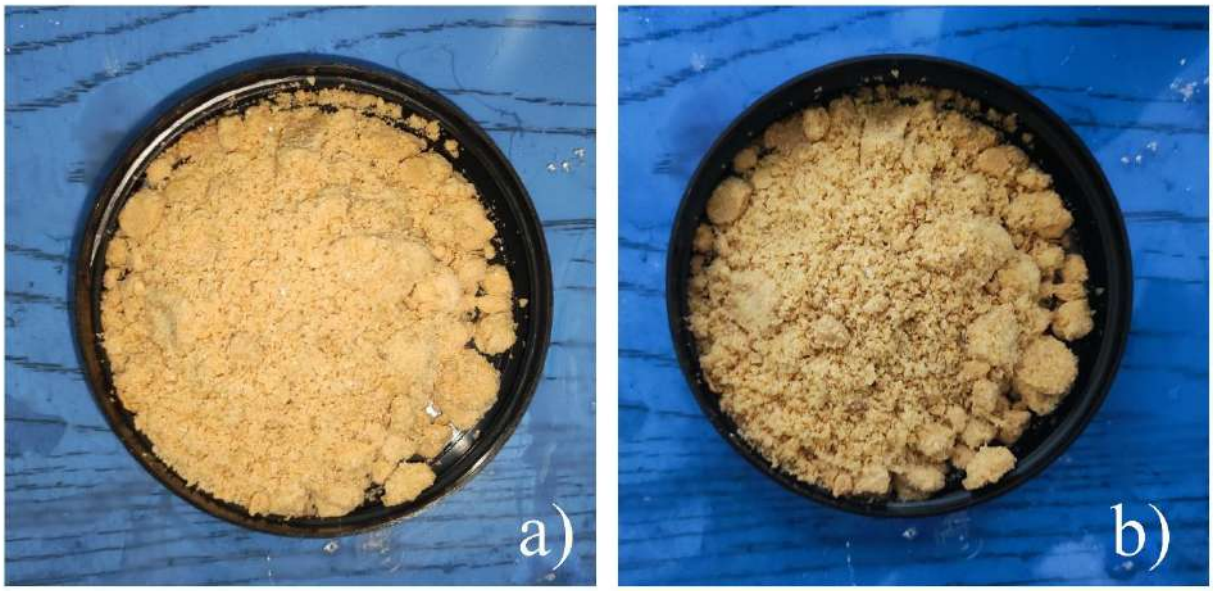
1- jadval.

PMNS sintez reaksiyalarida monomer nisbatlarining hosil bo‘lgan reaksion massa zichligiga ta’siri..

№	Namuna turi	PMNS (1:1,1 mol/mol)	PMNS (1:1,5 mol/mol)
1.	Namuna zichligi:	0,141 gr/sm^3	0,167 gr/sm^3
2.	Solishtirma hajmi:	7,09	5,98
3.	Molekulyar massa:	1194	1342
4.	Reaksiya unumdorligi:	88 %	84 %

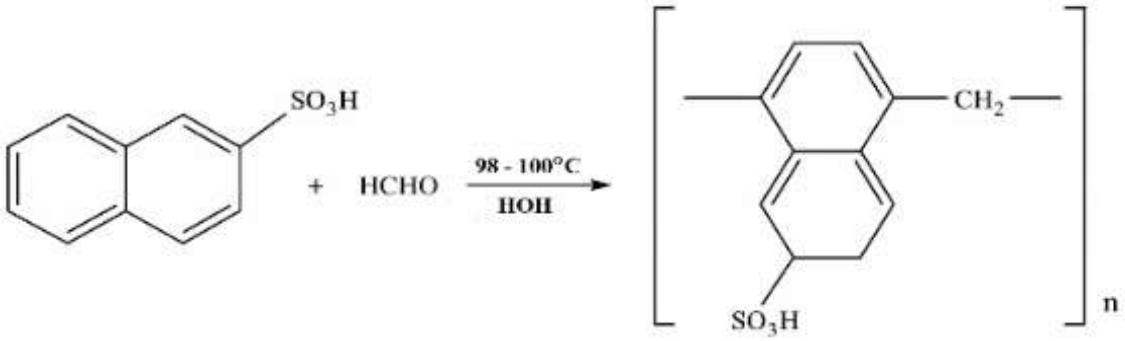
Yuqorida keltirilgan jadval ma’lumotlariga ko‘ra, PMNS sintez qilish jarayonida monomer nisbatlarining o‘zgarishi hosil bo‘lgan mahsulotning zichligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi yaqqol ko‘zga tashlanadi. Unga ko‘ra, PMNS (1:1,1) namunasida zichlik 0,141 g/sm^3 ni tashkil etgan bo‘lsa, monomer tarkibida formaldegid ulushi ortishi bilan birikmaning zichligi ham izchil oshib borgan: monomerlarning o‘zaro 1:1,5 molyar nisbatida esa 0,167 g/sm^3 ga yetgan. Mazkur bog‘liqlikni jarayonda polikondensatsiya darajasining ortishi va makromolekula tuzilishning zichlashuvi bilan ifodalash mumkin. Natijada hosil bo‘lgan oligomerlarning ichki bo‘shliqlari kamayib, umumiy zichlik ko‘rsatkichlari ortishi kuzatiladi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Sintez qilingan polimetilen-naftakinsulfokislota namunalari.
a) 1;1,1 mol/mol nisbatda olingan PMNS namunasi; b) 1;1,5 mol/mol nisbatda olingan PMNS namunasi

XULOSA. Tadqiqotlar davomida o‘tkazilgan tajribalar natijalariga ko‘ra, naftalin sulfon kislota va formaldegid asosidagi o‘zaro 1:1,1 molyar nisbatda sintez qilingan oligomer tanlandi hamda reaksiya uchun optimal sharoiti sifatida 1 bar (normal atmosfera bosimi) va 100 °C harorat qayd etildi. Quyida mazkur polikondensatsiya jarayonining reaksiya tenglamasi ifodalangan.



Ushbu nisbatda reaksiya unumdorligi eng yuqori (88 %) ko‘rsatkichni namoyon etib, chiziqli tuzilishga ega, nisbatan barqaror polimer hosil bo‘lishi kuzatildi. Shu sababli keyingi izlanishlar aynan ushbu sharoit va nisbat asosida olingan namunalar asosida olib borilishi belgilandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Mirkomilov S. M., Bozorov N. I., Ismoilov I. I. Polimerlar kimyosi //Nazariy asoslar Toshkent-2010. – 2013.

ISSN 3030-3907

2. Mamatqulovish M. H. et al. GETEROHALQALI MONOMERLAR VA ULARNING POLIMERLANISHI //PEDAGOGIK ISLOHOTLAR VA ULARNING YECHIMLARI. – 2025. – T. 16. – №. 02. – C. 739-741.
3. Jumaniyoz o‘g‘li N. Q., Abduvakil o‘g‘li I. M., Mahramovich X. S. TABIIY, SINTETIK POLIMERLAR VA ULARNING INSON HAYOTIDAGI ROLI //PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI. – 2024. – T. 2. – №. 1. – C. 65-67.
4. Auyeshov A. P. et al. Effect of [alpha]-and [Beta]-Polymethyle Nenaphthalenesulfonate upon Properties of Cement Grout and Concrete //Modern Applied Science. – 2015. – T. 9. – №. 6. – C. 173.
5. SAYIDOV B. U. et al. SYNTHESIS OF HIGH MOLECULAR MASS RESINS BASED ON FURFURYL ALCOHOL //CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING. – 2024. – T. 2024. – №. 1. – C. 7.
6. Goyipov, A., & Nurmonov, S. (2025). INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF THERMOPLASTIC POLYESTER-POLYOL BY THE TURBIDIMETRIC METHOD. В МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ АКАДЕМИЧЕСКИХ НАУК (Т. 4, Выпуск 14, сс. 75–78). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.17974749
7. Камаев Д. Н. Высокомолекулярные соединения. – 2021.
8. Kuryatnikov Y. Y. INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF SUPERPLASTICIZERS BASED ON POLYMETHYLENE NAPHTHALENE SULFONIC ACIDS AND POLYCARBOXYLATE ESTERS //ТВЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. – С. 101.
9. KENJAEV A. et al. SYNTHESIS OF POLYMETHYLENE NAPHTHALENE SULFONIC ACID BASED ON THE SECONDARY PRODUCT OF THE PYROLYSIS PROCESS //CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING. – 2024. – T. 2022. – №. 3. – C. 8.
10. Elizalde L. E. et al. Polycondensation //Polymer Science, Engineering, and Sustainability. – 2025. – T. 1. – C. 19-63.
11. Kricheldorf H. Polycondensation //History and new results. – 2014.
12. Isakovna M. N., Mushtariy M. YASHIL KIMYO TAMOYILLARI ASOSIDA YUQORI MOLEKULYAR BIRIKMALAR MAVZUSINI O ‘QITISH METODIKASI //PEDAGOGIK ISLOHOTLAR VA ULARNING YECHIMLARI. – 2026. – T. 18. – №. 01. – C. 302-303.
13. ТРЕФЦ Я. Х., ЗИНЧЕНКО С. Ю. Способ криоскопического определения среднечисловой молекулярной массы. – 1988.
14. Чугунов Б. М., Ковальчук Т. Н., Антонович В. П. Криоскопический метод определения содержания основного вещества как способ аттестации стандартных образцов пестицидов //Методи та об'екти хппчного анализу. – 2009. – Т. 4. – №. 2. – С. 120.

ISSN 3030-3907

15. ЭДКИНС Р. Л., ЧОК Ш. С. СТАБИЛЬНЫЙ НИЗКОВЯЗКИЙ ПОЛИМЕР-ПОЛИОЛ, ИМЕЮЩИЙ ГИДРОКСИЛЬНОЕ ЧИСЛО≥ 35, И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ. – 2011.
16. Львов С. А. Снижение кислотного числа пенофенопластов //Строительство-формирование среды жизнедеятельности. – 2018. – С. 155-157.
17. Зотов Ю. Л., Бутакова Н. А., Сидоров К. В. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ХЛОРПАРАФИНОВ ВОЗДУХОМ В ПРИСУТСТВИИ СТЕАРАТА КОБАЛЬТА Волгоградский государственный технический университет //Г л а в н ы й р е д а к т о р с б о р н и к а" Известия ВолгГТУ" д-р хим. наук, проф. член-корр. РАН ИА Новаков. – 2010. – С. 150.
18. Qizi A. R. T. ORGANIK CHIQINDILARDAN BIO-POLIMERLAR OLISH TEXNOLOGIYASI //Central Asian Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. – 2025. – Т. 2. – №. 5-2. – С. 132-135.

ISSN 3030-3907

IMIDAZO[5,1-a]IZOXINOLIN HOSILALARINING COX-2 OQSILI BILAN BOG‘LANISH XUSUSIYATLARINI MOLEKULYAR DOKING USULI YORDAMIDA TADQIQ ETISH

Mirzoqulov Sunnatillo Mansur og‘li
Samarqand davlat univeristeti doktorantura talabasi
Asrayeva Nozima Alisher qizi
Samarqand davlat univeristeti magistratura talabasi
Jo‘rayeva Husniya Anvar qii
Samarqand davlat univeristeti magistratura talabasi
Tuxtayev Davlat Bobomurodovich
Samarqand davlat univeristeti dotsenti, k.f.n
Email: mirzokulovsm@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida imidazo[5,1-a]izoxinolin hosilalarining Siklooksigenaza-2 (COX-2) oqsili bilan o‘zaro ta’siri molekulyar doking usuli yordamida o‘rganildi. Tadqiqot davomida ligandlarning COX-2 faol markaziga bog‘lanish energiyasi va o‘zaro ta’sirlari tahlil qilindi. Molekulyar doking natijalari ayrim hosilalarning oqsil faol markazi bilan barqaror kompleks hosil qilishini va yuqori affinitetga ega ekanligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar imidazo[5,1-a]izoxinolin hosilalarining yallig‘lanishga qarshi potensial COX-2 ingibitorlari sifatida istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: imidazo[5,1-a]izoxinolin hosilalari, siklooksigenaza-2, yallig‘lanish, ingibitor, molekulyar doking, bog‘lanish energiyasi.

Аннотация. В данной работе методом молекулярного докинга исследовано взаимодействие производных имидазо[5,1-a]изохинолина с белком циклооксигеназы-2 (COX-2). В ходе исследования были проанализированы энергии связывания лигандов с активным центром COX-2 и их межмолекулярные взаимодействия. Результаты молекулярного докинга показали, что некоторые производные способны образовывать стабильные комплексы с активным центром белка и обладают высокой аффинностью. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности производных имидазо[5,1-a]изохинолина в качестве потенциальных противо воспалительных ингибиторов COX-2.

Ключевые слова: производные имидазо[5,1-a]изохинолина, циклооксигеназа-2, воспаление, ингибитор, молекулярный докинг, энергия связывания.

Abstract. In this study, the interaction of imidazo[5,1-a]isoquinoline derivatives with Cyclooxygenase-2 (COX-2) protein was investigated using molecular docking methods. During the study, the binding energies of the ligands toward the active site of COX-2 and their intermolecular interactions were analyzed.

ISSN 3030-3907

Molecular docking results demonstrated that several derivatives formed stable complexes with the active site of the protein and exhibited high binding affinity. The obtained findings suggest that imidazo[5,1-a]isoquinoline derivatives may serve as promising potential anti-inflammatory COX-2 inhibitors.

Keywords: imidazo[5,1-a]isoquinoline derivatives, cyclooxygenase-2, inflammation, inhibitor, molecular docking, binding energy.

KIRISH.

Hozirgi kunda yallig‘lanish bilan bog‘liq kasalliklar dunyo bo‘ylab eng keng tarqalgan patologik holatlardan biri hisoblanadi. Yallig‘lanish jarayonlari artrit, yurak-qon tomir kasalliklari, saraton, nevrodegenerativ hamda autoimmun kasalliklarning **[1]** rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi. Ushbu jarayonlarda asosiy biologik nishonlardan biri siklooksigenaza-2 (Cyclooxygenase-2 , COX-2) fermenti hisoblanadi. Mazkur ferment **[2]** araxidon kislotasidan prostaglandinlar biosintezini katalizlab, yallig‘lanish, og‘riq va isitma jarayonlarini kuchaytiradi. Shu sababli COX-2 fermentini selektiv ingibirlovchi birikmalarni izlash va yaratish farmatsevtik kimyo hamda dori vositalari dizaynining dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

An’anaviy nosteroid yallig‘lanishga qarshi preparatlar (NYQP) COX-1 va COX-2 fermentlariga bir vaqtda ta’sir qilishi sababli oshqozon-ichak tizimi va yurak-qon tomir tizimida turli nojo‘ya ta’sirlarni yuzaga keltiradi **[3]**. Shu bois yuqori selektivlikka **[4]** ega, samaradorligi yuqori va toksikligi past bo‘lgan yangi COX-2 ingibitorlarini yaratish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. So‘nggi yillarda azot tutuvchi geterotsiklik birikmalar, ayniqsa imidazo va izoxinolin fragmentlarini saqlovchi hosilalarning keng spektrdagi biologik faollikka ega ekanligi aniqlangan. Jumladan, imidazoizoxinolin hosilalari antitumor, antibacterial, antioksidant va yallig‘lanishga qarshi xususiyatlari bilan alohida qiziqish uyg‘otmoqda **[5]**. Ushbu birikmalarning strukturaviy jihatdan COX-2 faol markaziga mos kelishi ularni potensial ingibitor sifatida tadqiq etish zaruratini yuzaga keltiradi.

Zamonaviy kompyuter kimyosi usullari biologik faol moddalarni yaratishda muhim o‘rin egallaydi. Xususan, Molekulyar Doking **[6]** usuli ligand va oqsil o‘rtasidagi bog‘lanish mexanizmini, bog‘lanish energiyasini hamda molekulalararo o‘zaro ta’sirlarni aniqlash imkonini beradi. Ushbu usul tajriba xarajatlarini kamaytirish, biologik faol birikmalarni virtual skrining qilish va istiqbolli dori nomzodlarini oldindan saralashda samarali vosita hisoblanadi. Molekulyar doking orqali ligandlarning oqsil faol markazidagi aminokislota qoldiqlari bilan hosil qiladigan vodorod bog‘lari, π-π stacking, π-kation va gidrofob o‘zaro ta’sirlari tahlil qilinadi hamda ularning biologik faolligi bashorat qilinadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi imidazo[5,1-a]izoxinolin hosilalarining COX-2 oqsili bilan o‘zaro ta’sirini molekulyar doking usuli yordamida o‘rganish, ularning bog‘lanish affinitetini baholash va yallig‘lanishga qarshi potensial COX-2 ingibitorlari sifatidagi istiqbolliligini aniqlashdan iborat. Tadqiqotning ilmiy yangiligi imidazo[5,1-a]izoxinolin hosilalarining COX-2 faol markazi bilan molekulyar darajadagi o‘zaro ta’sirlarini kompleks ravishda tahlil qilish va yangi potensial biologik faol birikmalarni aniqlash bilan izohlanadi.

TAJRIBAVIY QISM.

Molekulyar dokingni amalga oshirish. Mazkur tadqiqot ishida imidazoizoxinolin hosilalarining Cyclooxygenase-2 (COX-2) oqsili bilan o‘zaro ta’siri molekulyar doking usuli yordamida o‘rganildi. Molekulyar doking tadqiqotlari Maestro 12.8 dasturiy paketi tarkibidagi Glide modulida amalga oshirildi. Tadqiqot uchun COX-2 (PDB kodi: 6V3R) oqsilining kristall strukturasi Protein Data Bank (PDB - https://www.rcsb.org/) bazasidan olindi. Oqsil strukturasi doking tadqiqotlari uchun tayyorlash maqsadida “Protein Preparation Wizard” moduli orqali amalga oshirildi. Tayyorlash jarayonida suv molekulalari va kristall struktura tarkibidagi ortiqcha ligandlar olib tashlandi, yetishmayotgan vodorod atomlari qo‘shildi hamda oqsil strukturasining energiyasi minimallashtirildi.

Tadqiq etilish kerak bo‘lgan ligandlarning 2D strukturasi ChemDraw dasturida chizildi va Maestro dasturiga import qilindi. Ligand strukturalari “LigPrep” moduli yordamida optimallashtirildi. Jarayon davomida ligandlarning stereokimyoviy konfiguratsiyasi, protonlanish holati va energetik jihatdan eng barqaror konformatsiyalari hosil qilindi.

Keyingi bosqichda oqsilning doking amalga oshiriladigan faol markazi uchun grid fayli hosil qilindi. Buning uchun Maestro dasturining “Receptor Grid Generation” moduli tanlandi va kristall strukturadagi ingibitor joylashgan faol markaz (active site) asosida receptor grid yaratildi. Grid markazi standart ligandning koordinatalari asosida belgilandi hamda grid qutisining o‘lchami 25 Å radiusda sozlandi. Shuningdek, ligand va oqsil aminokislota qoldiqlari o‘rtasida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan vodorod bog‘lari, elektrostatik hamda gidrofob o‘zaro ta’sirlar hisobga olinib, grid faylni tayyorlash amalga oshirildi. Hosil qilingan receptor grid fayli keyingi doking tadqiqotlari uchun saqlandi.

Shundan so‘ng molekulyar doking jarayoni bajarildi. Dastlab Maestro interfeysida “Ligand Docking” buyrug‘i tanlanib, oldindan optimallashtirilgan ligandlar hamda tayyorlangan receptor grid fayllari yuklandi. Doking parametrlari orasida yuqori aniqlikdagi Glide Extra Precision (XP) rejimi tanlandi. Ligandlarning oqsil faol markazi bilan bog‘lanishi Glide moduli yordamida amalga oshirildi. Doking natijalari Glide score qiymatlari, bog‘lanish energiyasi hamda

ISSN 3030-3907

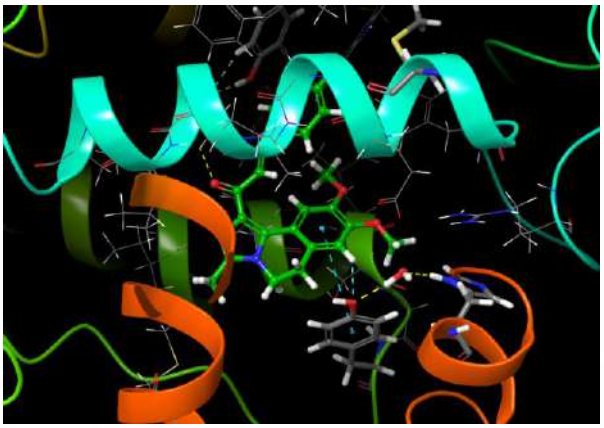
ligand va aminokislota qoldiqlari orasidagi molekulalararo o‘zaro ta’sirlar asosida baholandi.

OLINGAN NATIJALAR MUHOKAMASI.

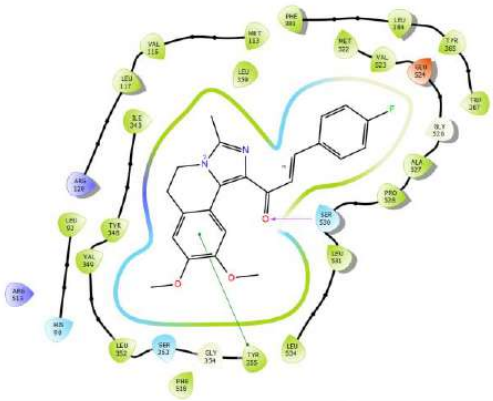
O‘tkazilgan molekulyar doking tadqiqotlari davomida 150 ga yaqin imidazoizoxinolin hosilalarining COX-2 oqsili bilan o‘zaro ta’siri o‘rganildi. Doking natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, tadqiq qilingan birikmalarning aksariyati oqsilning faol markaziga nisbatan yuqori bog‘lanish affinitetini namoyon etdi. Xususan, ayrim ligandlar past “Docking score” va qulay bog‘lanish energiyasi qiymatlarini ko‘rsatib, faol markaz bilan barqaror kompleks hosil qilishi aniqlandi.

Tadqiq qilingan bir qator hosilalarning doking natijalari amaliyotda keng qo‘llaniladigan selektiv COX-2 ingibitori Celecoxib bilan taqqoslandi. Natijalar ayrim imidazoizoxinolin hosilalari **Celecoxibga** nisbatan ham yaxshiroq bog‘lanish energiyasi va yuqori affinitet namoyon etganligini ko‘rsatdi. Mazkur holat ushbu birikmalarning COX-2 oqsilini samarali ingibirlash imkoniyatiga ega potensial biologik faol nomzodlar ekanligini ko‘rsatadi.

Doking tahlillari davomida ligandlarning COX-2 faol markazidagi muhim aminokislota qoldiqlari bilan turli molekulalararo o‘zaro ta’sirlar hosil qilishi kuzatildi. Jumladan, ayrim ligandlar Arg120, Ser530, Tyr355, Leu352 va His90 aminokislota qoldiqlari bilan vodorod bog‘lari hosil qilganligi aniqlandi.. Ligandlarning gidrofob fragmentlari esa faol markazdagi gidrofob cho‘ntak bilan samarali gidrofob ta’sirlashuv hosil qilganligi tufayli kompleksning barqarorligini oshirgan.

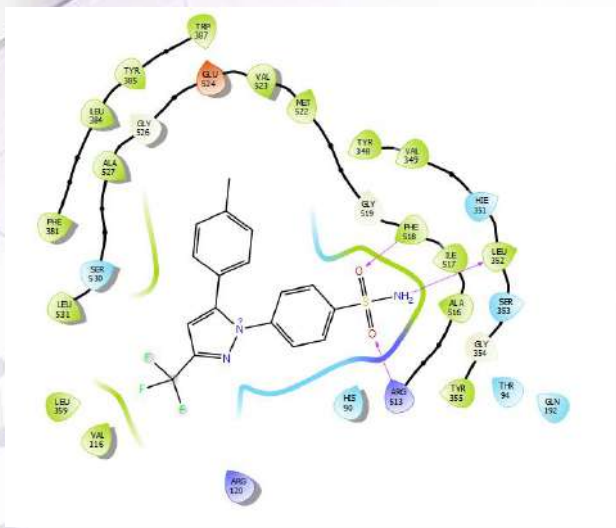


1-rasm

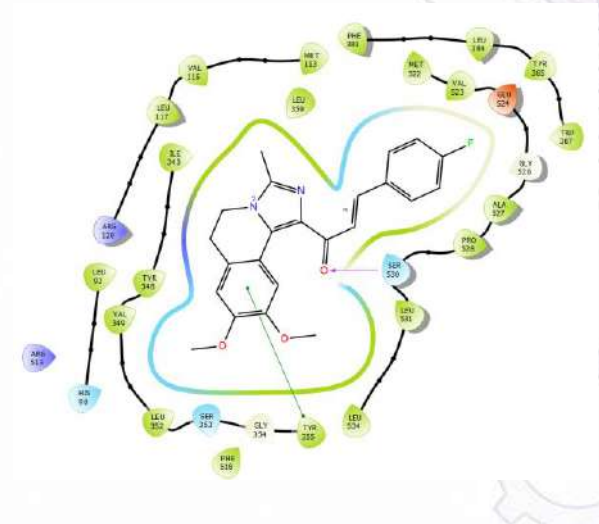


2-rasm

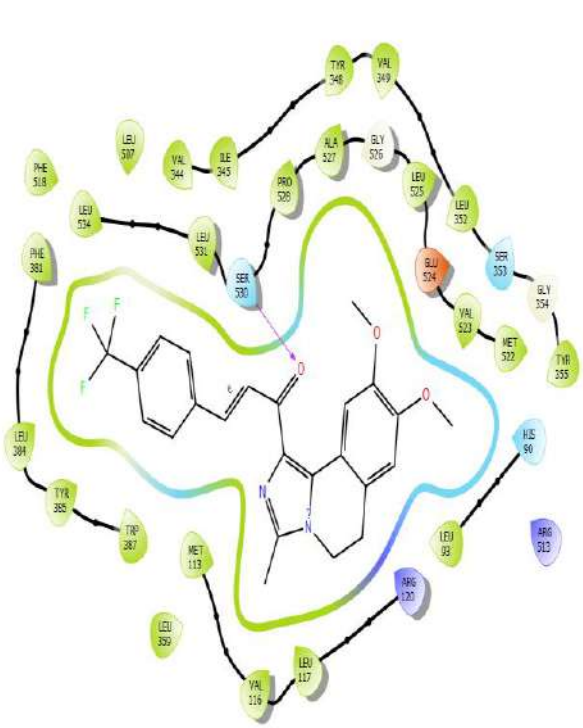
ISSN 3030-3907



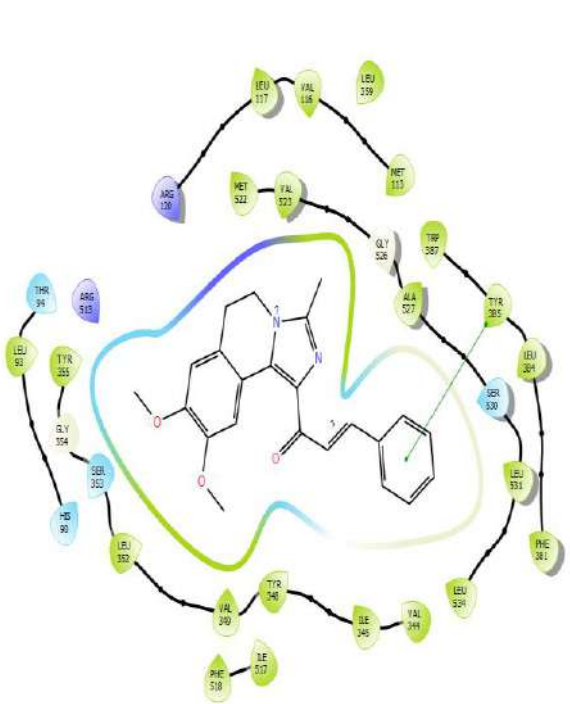
3-rasm Celecoxib amaldagi dori vositasi, -8,6 kcal/mol



4-rasm Tadqiq qilingan ligand -11,223 kcal/mol



5-rasm
-10,946 kcal/mol



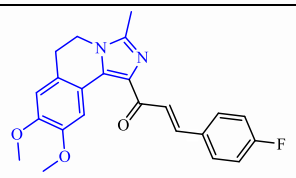
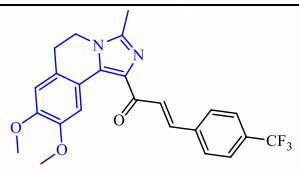
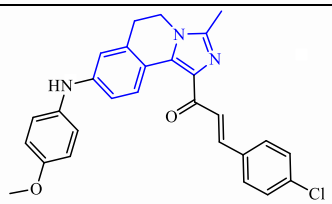
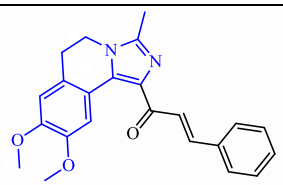
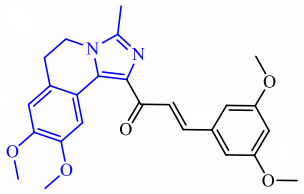
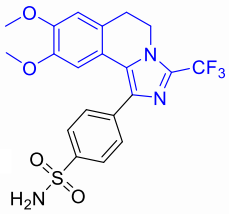
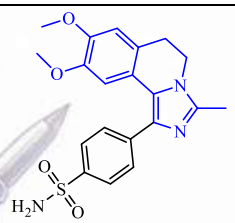
6-rasm
-10,614 kcal/mol

Ayrim ligandlarning Arg120 bilan π-kation va Ser353 bilan vodorod bog‘i hosil qilishi COX-2 faol markazida barqaror joylashuvni ta’minlaganligi bilan izohlanadi. Bundan tashqari, His90 va Leu352 aminokislota qoldiqlari bilan hosil bo‘lgan gidrofob hamda van-der-Vaals o‘zaro ta’sirlari ligandlarning bog‘lanish affinitetini oshirishda muhim rol o‘ynagan. Olingan natijalar imidazoizoxinolin skeletining COX-2 oqsilining faol markaziga yuqori moslikka ega ekanligini hamda ushbu hosilalarning istiqbolli selektiv COX-2 ingibitorlari sifatida qaralishi mumkinligini ko‘rsatadi.

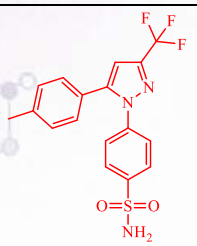
ISSN 3030-3907

Quyidagi jadvalda yuqori bog‘lanish affiniteti namoyon qilgan ba’zi imidazoizoxinolin hosilalarining natijalari keltirilgan (1-jadval):

1-jadval

№	Imidazoizoxinolin strukturalari	Bog‘lanish energiyasi (kcal/mol)	Vodorod, gidrofob bog‘lanish hosil qilgan aminokislotalar
1.		-11,223	TYR-385, SER-530 HIS-90
2.		-10,946	TYR-385,SER-530
3.		-10,780	TYR-355, TYR-385 SER-530
4.		-10,614	TYR-355, HIS-90
5		-9,620	ARG-513, LEU-352, SER-353, GLN-192, PHE-518
6		-9,593	ARG-513, LEU-352, SER-353, GLN-192
7		-9,405	ARG-513, LEU-352, SER-353, GLN-192

ISSN 3030-3907

8		-8,600	ARG-513, LEU-352, PHE-518

XULOSA. O‘tkazilgan molekulyar doking tadqiqotlari natijasida imidazoizoxinolin hosilalarining COX-2 oqsili faol markazi bilan yuqori affinitet asosida bog‘lanishi aniqlandi. Tadqiq qilingan ayrim ligandlar amaldagi selektiv COX-2 ingibitori Celecoxibga nisbatan ham qulayroq doking ball va bog‘lanish energiyasi qiymatlarini namoyon etdi. Doking tahlillari ligandlarning Arg120, Ser353, Tyr355 va His90 aminokislota qoldiqlari bilan vodorod bog‘lari hosil qilishi, aromatik fragmentlarning esa faol markazdagi gidrofob cho‘ntakni samarali to‘ldirib, gidrofob hamda π-o‘zaro ta’sirlar hosil qilishini ko‘rsatdi. Ushbu molekulalararo ta’sirlar ligand–oqsil kompleksining barqarorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etdi.

Olingan natijalar imidazoizoxinolin hosilalarining istiqbolli selektiv COX-2 (ingibitorlari sifatida yangi biologik faol birikmalarni yaratishda muhim asos bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Tadqiqot ishi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetida olib borilayotgan “O‘zbekiston va Turkiya hamkorligida ishlab chiqariladigan nanozarrachalar: UZNANOTR” mavzusidagi AL-9825035939-R2 raqamli amaliy loyiha asosida moliyalashtirilgan.

ADABIYOTLAR

1. Nandakishore R, Yalavarthi PR, Kiran YR, Rajapranathi M (2014) Selective cyclooxygenase inhibitors: Current status. Curr Drug Discov Technol 11(2):127–132.
2. Kirkby NS, et al. (2012) Cyclooxygenase-1, not cyclooxygenase-2, is responsible for physiological production of prostacyclin in the cardiovascular system. Proc Natl Acad Sci USA 109(43):17597–17602.
3. Wallace JL, McKnight W, Reuter BK, Vergnolle N (2000) NSAID-induced gastric damage in rats:Requirement for inhibition of both cyclooxygenase 1 and 2. Gastroenterology 119(3):706–714.
4. Scarpignato C, et al.; International NSAID Consensus Group (2015) Safe prescribing of non steroidal anti-inflammatory drugs in patients with osteoarthritis–an expert consensus ad dressing benefits as well as gastrointestinal and cardiovascular risks. BMC Med 13:55.
5. Keri R.S., Chand K., Budagumpi S., Nagaraja B.M. An overview of biologically active benzo[g]imidazo[1,2-a]quinoline and imidazo[4,5-c]isoquinoline derivatives. European Journal of Medicinal Chemistry, 2015, 89, 207–251.

ISSN 3030-3907

6. Meng, X. Y., Zhang, H. X., Mezei, M., & Cui, M. (2011). Molecular docking: a powerful approach for structure-based drug discovery. Current Computer-Aided Drug Design, 7(2), 146–157.

ISSN 3030-3907

VAQTINCHALIK CHEKLOVLARNI QONDIRISH VA SCADA–IOT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BUFER OMBOR LOGISTIKA JARAYONLARINI OPTIMALLASHTIRISH

Sabirov Ulug‘bek Kuchkarov
Andijon davlat texnika instituti professor
0009-0002-7203-9476
E-mail: uqsabirovasu1951@gmail.com
Mo‘ydinova Surayyoxon Vasliddin qizi
Andijon davlat texnika instituti magistranti
0009-0004-0471-6652
E-mail: surayyomoydinova57@gmail.com
Tel: +998884732870

Annotatsiya. Mazkur maqolada avtomobil sanoatidagi bufer omborlar logistika tizimining muhim bo‘g‘ini sifatida ko‘rib chiqilib, ushbu omborlarda jarayonlarni avtomatlashtirish bilan bog‘liq mavjud muammolar hamda ularni SCADA va IoT texnologiyalari asosida bartaraf etish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda bufer omborlarning ishlab chiqarish va ta’minot zanjiri o‘rtasidagi muvofiqlashtiruvchi vazifasi, mahsulot oqimini tartibga solishdagi roli, ombor operatsiyalarining uzluksizligini ta’minlashdagi ahamiyati va ularni boshqarishdagi zamonaviy yondashuvlar o‘rganiladi. Shuningdek, amaldagi ombor logistika tizimlarida uchraydigan asosiy muammolar, jumladan, ma’lumotlarning kechikib olinishi, operatsiyalar ustidan real vaqt rejimida nazoratning yetishmasligi, inson omiliga ortiqcha bog‘liqlik, resurslardan samarasiz foydalanish, inventar hisobining noaniqligi hamda tizimlararo integratsiyaning sustligi tahlil qilinadi. Maqolada SCADA tizimining markazlashtirilgan boshqaruv, vizual monitoring va dispetcherlik nazorati imkoniyatlari hamda IoT texnologiyalarining sensorlar, identifikatsiya vositalari va uzluksiz ma’lumot almashinuvi orqali ombor ichidagi fizik jarayonlarni raqamli muhit bilan bog‘lash xususiyatlari ochib beriladi. Ushbu ikki texnologiyaning integratsiyasi natijasida bufer ombordagi qabul qilish, joylashtirish, saqlash, ichki ko‘chirish, saralash va jo‘natish jarayonlarini optimallashtirish, ma’lumotlar oqimini tezlashtirish va boshqaruv qarorlarini aniqroq qabul qilish mumkinligi asoslanadi. Tadqiqot natijasida SCADA–IoT asosidagi integratsiyalashgan ombor boshqaruv yondashuvi taklif etilib, uning logistika samaradorligini oshirish, xatoliklarni kamaytirish, buyurtmalarni bajarish tezligini yaxshilash, uskunalar va saqlash zonalaridan foydalanish darajasini oshirish hamda kelgusida aqlli ombor tizimlarini shakllantirishdagi roli yoritiladi. Maqola yakunida avtomobil sanoatida bufer ombor logistikasini raqamlashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: bufer ombor, avtomobil sanoati, logistika, avtomatlashtirish, SCADA, IoT, real vaqt monitoringi, aqlli ombor, raqamli boshqaruv, ombor tizimi.

Аннотация. В данной статье буферные склады в автомобильной промышленности рассматриваются как важное звено логистической системы, а также анализируются существующие проблемы автоматизации процессов в этих складах и возможности их решения на основе технологий SCADA и IoT. В исследовании изучается координирующая роль буферных складов между производством и цепями поставок, их значение в регулировании потоков продукции, обеспечении непрерывности складских операций, а также современные подходы к их управлению. Кроме того, анализируются основные проблемы, возникающие в существующих логистических системах складов, такие как задержка получения данных, отсутствие контроля в режиме реального времени, высокая зависимость от человеческого фактора, неэффективное использование ресурсов, неточность учета запасов и слабая интеграция между системами. В статье раскрываются возможности системы SCADA по централизованному управлению, визуальному мониторингу и диспетчерскому контролю, а также особенности технологий IoT, обеспечивающих интеграцию физических процессов склада с цифровой средой посредством сенсоров, средств идентификации и непрерывного обмена данными. Обосновано, что интеграция этих технологий позволяет оптимизировать процессы приема, размещения, хранения, внутреннего перемещения, сортировки и отгрузки продукции, ускорить потоки данных и повысить точность управленческих решений. В результате исследования предложен интегрированный подход к управлению складом на основе SCADA–IoT, раскрыта его роль в повышении логистической эффективности, снижении ошибок, ускорении выполнения заказов, повышении уровня использования оборудования и складских зон, а также в формировании интеллектуальных складских систем в будущем. В заключении разработаны научно-практические рекомендации по цифровизации логистики буферных складов в автомобильной промышленности.

Ключевые слова: буферный склад, автомобильная промышленность, логистика, автоматизация, SCADA, IoT, мониторинг в реальном времени, интеллектуальный склад, цифровое управление, складская система.

Annotation. This article considers buffer warehouses in the automotive industry as an essential component of the logistics system and analyzes existing challenges in process automation as well as the possibilities of addressing them using SCADA and IoT technologies. The study examines the coordinating role of buffer warehouses between production and supply chains, their importance in regulating

ISSN 3030-3907

product flows, ensuring continuity of warehouse operations, and modern approaches to their management. Furthermore, the paper analyzes key issues in current warehouse logistics systems, including delays in data acquisition, lack of real-time monitoring, excessive dependence on human factors, inefficient use of resources, inventory inaccuracies, and weak system integration. The capabilities of SCADA systems for centralized control, visual monitoring, and supervisory management are explored, along with the features of IoT technologies that enable the integration of physical warehouse processes with the digital environment through sensors, identification tools, and continuous data exchange. It is demonstrated that the integration of these technologies allows optimization of receiving, storage, handling, sorting, and dispatching processes, accelerates data flow, and improves the accuracy of managerial decision-making. As a result, an integrated SCADA–IoT-based warehouse management approach is proposed, highlighting its role in improving logistics efficiency, reducing errors, accelerating order fulfillment, increasing the utilization of equipment and storage areas, and supporting the development of intelligent warehouse systems. The article concludes with scientific and practical recommendations for the digitalization of buffer warehouse logistics in the automotive industry.

Keywords: buffer warehouse, automotive industry, logistics, automation, SCADA, IoT, real-time monitoring, smart warehouse, digital management, warehouse system.

KIRISH.

Avtomobil sanoati zamonaviy sanoat tarmoqlari ichida eng murakkab va ko‘p bosqichli ishlab chiqarish-logistika tizimiga ega sohalardan biri hisoblanadi. Ushbu tarmoqda ishlab chiqarish uzluksizligi, butlovchi qismlar oqimining sinxronligi, tayyor mahsulotlarning vaqtida harakatlanishi va saqlash jarayonlarining aniq boshqarilishi korxona samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan sanaladi. Ayniqsa, ishlab chiqarish liniyalari va tashqi logistika o‘rtasida joylashgan bufer omborlar ishlab chiqarish ritmini ushlab turish, ortiqcha to‘planish yoki uzilishlarning oldini olish, tayyor mahsulot yoki yarim tayyor mahsulot harakatini muvofiqlashtirishda muhim vazifani bajaradi.

Bufer omborlar avtomobil sanoatida faqat saqlash hududi emas, balki logistika jarayonlarini barqarorlashtiruvchi va ishlab chiqarish bilan ta’minot o‘rtasidagi nomuvofiqliklarni yumshatuvchi funksional tizim sifatida qaraladi. Biroq ko‘plab korxonalarda bufer omborlar faoliyati hali ham an’anaviy yoki qisman avtomatlashtirilgan usullar asosida yuritiladi. Bunday holatda omborga mahsulot qabul qilish, ularni joylashtirish, hisobga olish, ichki harakatini kuzatish va jo‘natish jarayonlarida inson omili kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Natijada ma’lumotlar kechikishi, operatsion xatolar, mahsulot joylashuvini aniqlashdagi qiyinchiliklar,

ISSN 3030-3907

inventarizatsiya tafovutlari va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda sustkashlik yuzaga keladi [1].

Global sanoatda raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashuvi, Sanoat 4.0 konsepsiyasining rivojlanishi, aqlli ishlab chiqarish va aqlli logistika tizimlariga bo‘lgan talabning ortishi avtomobil sanoatida ombor jarayonlarini ham yangi texnologiyalar asosida qayta tashkil etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan, SCADA va IoT texnologiyalari bufer ombor logistikasini zamonaviy darajada boshqarish uchun istiqbolli vositalar sifatida namoyon bo‘lmoqda.

SCADA texnologiyasi ishlab chiqarish va logistika obyektlarida real vaqt rejimida kuzatish, dispetcherlik boshqaruvi, ma’lumotlarni yig‘ish va operator interfeysi orqali jarayonlarni nazorat qilish imkonini beradi. IoT esa ombordagi fizik obyektlarni, ya’ni mahsulotlar, saqlash joylari, transport vositalari, sensorlar va identifikatsiya qurilmalarini yagona axborot maydoniga bog‘lab, uzluksiz ma’lumot almashinuvi va holat monitoringini ta’minlaydi. Ushbu texnologiyalarni integratsiyalash orqali ombor ichidagi logistika operatsiyalarining raqamli modeli shakllanadi va boshqaruv samaradorligi sezilarli oshadi [2].

Mazkur maqolaning maqsadi avtomobil sanoatida bufer ombor logistika jarayonlarini avtomatlashtirishdagi muammolarni tizimli tahlil qilish hamda SCADA–IoT asosidagi yechimlarning mazmuni, afzalliklari va amaliy ahamiyatini ilmiy jihatdan yoritishdan iborat.

Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat: avtomobil sanoatida bufer omborlarning funksional rolini ochib berish; ombor logistikasida uchraydigan asosiy boshqaruv muammolarini aniqlash; SCADA va IoT texnologiyalarining ombor jarayonlaridagi qo‘llanish imkoniyatlarini baholash; ushbu texnologiyalar asosida integratsiyalashgan boshqaruv modelini taklif etish; hamda kutiladigan tashkiliy, texnik va iqtisodiy samaralarni tahlil qilish.

Mazkur ishning ilmiy yangiligi shundaki, unda avtomobil sanoatidagi bufer omborlar logistika jarayonlari alohida saqlash funksiyasi sifatida emas, balki real vaqt ma’lumotlari, boshqaruv va monitoring integratsiyasiga tayanuvchi dinamik tizim sifatida talqin etiladi. Amaliy ahamiyati esa SCADA–IoT asosidagi yondashuvni korxona sharoitiga moslashtirish orqali ombor boshqaruvini takomillashtirish uchun konseptual asos yaratishida namoyon bo‘ladi [3].

MATERIALLAR VA USULLAR.

Bufer ombor logistika tizimlarida boshqaruv samaradorligi va muammolar tahlili.

Tadqiqotda avtomobil sanoatidagi bufer ombor logistika jarayonlarini avtomatlashtirish masalasi texnik, tashkiliy va axborot-boshqaruv nuqtai nazaridan o‘rganildi. Ishda bevosita laboratoriya tajribasi yoki bitta korxonaga oid eksperimental sinov emas, balki tizimli tahlil, funksional modellashtirish va texnologik integratsiya asosidagi ilmiy-amaliy yondashuv qo‘llanildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotning metodologik asosi sifatida "UZ CORAM CO" MChJ korxonasidagi bufer ombor logistika zanjirining texnologik xaritasi olindi. Birinchi bobda o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tizimdagi asosiy muammo — vaqtinchalik bog‘lanishlarning uzilganligidir. Shundan kelib chiqib, jarayonlarni avtomatlashtirish quyidagi tizimli bosqichlarda amalga oshirildi:

Birinchi bosqichda: Logistik jarayonlarni temporal (vaqtinchalik) modellashtirish. Ushbu bosqichda "UZ CORAM CO" MChJ korxonasidagi bufer omboriga kelayotgan mahsulotlarning oqimi vaqt intervallari ko‘rinishida modellashtirildi. Tadqiqotda har bir texnologik operatsiya uchun qat’iy vaqt chegaralari (Temporal Constraints) belgilandi. Bu orqali buferlarning bo‘yash sexidan chiqish vaqti va yig‘uv liniyasiga yetkazib berish muddati o‘rtasidagi bog‘liqlik matematik model ko‘rinishida ifodalandi.

Ikkinchi bosqichda: IoT datchiklari tizimini shakllantirish. Ombordagi "qora quti" effektini yo‘qotish va real vaqtdagi ma’lumotlarni yig‘ish uchun IoT arxitekturasi ishlab chiqildi. Bunda RFID teglari va ultratovushli sensorlar yordamida mahsulotning joylashuvi, holati va har bir harakatining vaqt tamg‘asi (timestamp) aniqlanadi [4].

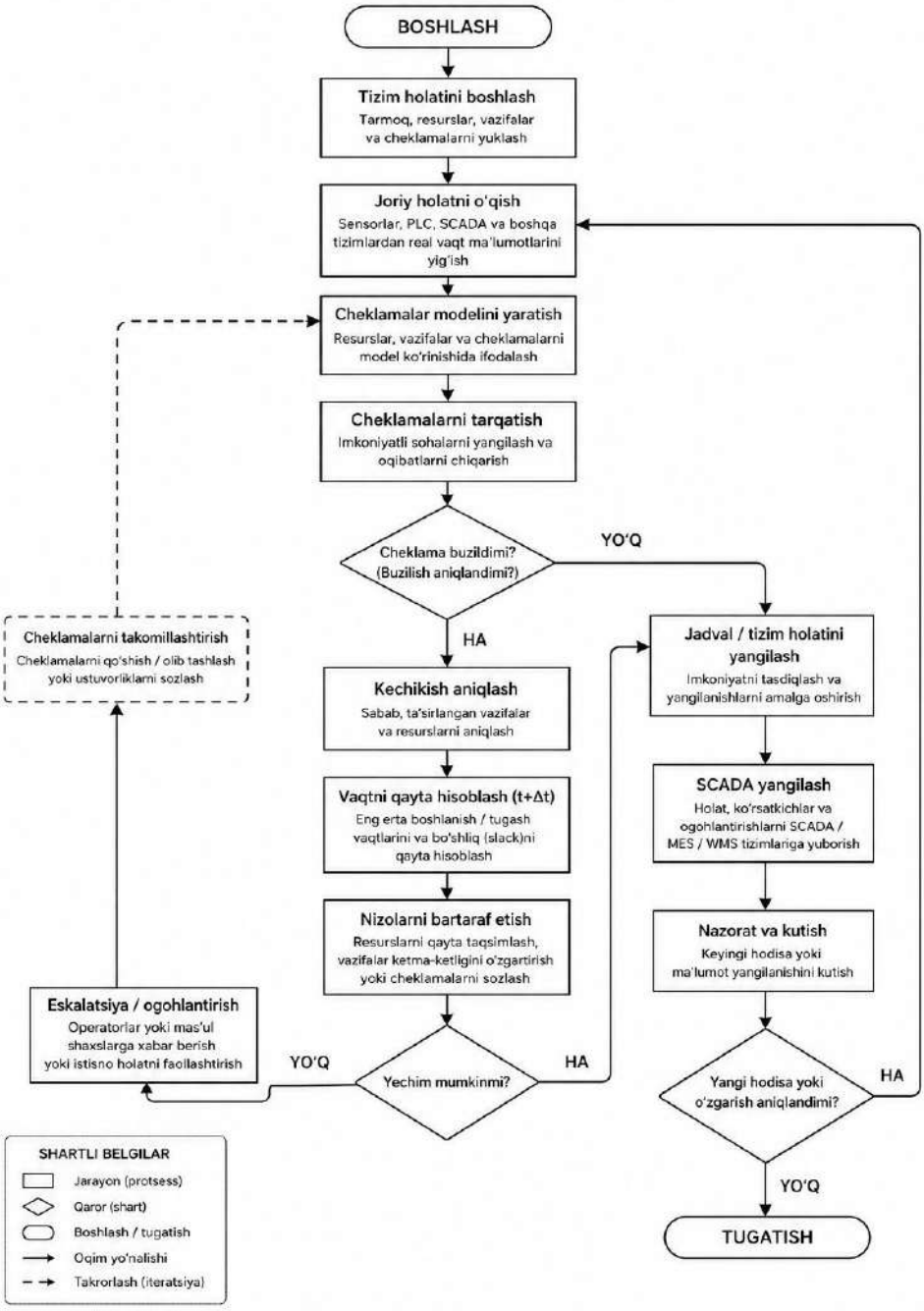
Ushbu jarayonlarning o‘zaro bog‘liqligi hamda IoT qurilmalari orqali ma’lumot almashinuvi sxematik tarzda 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. IoT va Sensorlar integratsiyasi sxemasi

ISSN 3030-3907

Uchinchi bosqichda: Constraint Propagation (Cheklovlarni tarqatish) algoritmini ishlab chiqish. Bu bosqichda logistika zanjiridagi kutilmagan kechikishlarni boshqaruvchi mantiqiy algoritm yaratildi. Agar biror nuqtada (masalan, yuklashda) vaqt cheklovi buzilsa, ushbu algoritm cheklovni butun zanjir bo‘ylab "tarqatadi" (propagation) va keyingi bosqichlar (yig‘uv liniyasi) uchun yangi, optimallashgan vaqt rejasini avtomatik hisoblaydi [2]. Constraint Propagation algoritmining ishlash ketma-ketligi va mantiqiy bog‘lanishlari 2-rasmda tasvirlangan.



2-rasm. Constraint Propagation (Cheklovlarni tarqatish) mantiqiy blok-sxemasi

ISSN 3030-3907

To‘rtinchi bosqichda: SCADA platformasida boshqaruv interfeysini loyihalash. Yig‘ilgan barcha IoT ma’lumotlari va algoritm natijalari SCADA muhitida birlashtirildi. Operatorga nafaqat ombor holati, balki vaqtinchalik cheklovlarning bajarilish darajasi haqida real vaqt rejimida vizual hisobotlar taqdim etiladi.

Beshinchi bosqichda: Temporal Constraint Satisfaction (Vaqtinchalik cheklovlarni qondirish) tahlili va optimallashtirish. Yakuniy bosqichda yig‘ilgan ma’lumotlar asosida logistik zanjirning "vaqtinchalik barqarorligi" tekshirildi. Bunda har bir buferning omborda turish vaqti (t_{stay}), ishlab chiqarish sur’ati v_{prod} va transport logistikasi v_{log} o‘rtasidagi muvozanat tahlil qilinib, tizimning o‘tkazish qobiliyati optimallashtirildi [3].

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan Temporal Representation (vaqtinchalik ifodalash) modeli va Constraint Propagation (cheklovlarni tarqatish) algoritmining samaradorligini baholash maqsadida 'UZ CORAM CO‘ MChJ omboridagi mavjud holat va taklif etilayotgan smart-tizim ko‘rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi. An’anaviy ombor boshqaruvi va SCADA–IoT asosidagi tizim o‘rtasidagi asosiy farqlar 1-jadvalda keltirilgan.

Bunda asosiy e’tibor logistik jarayonlarning vaqtinchalik barqarorligiga (Temporal Stability) va resurslar o‘rtasidagi ziddiyatlarni bartaraf etish darajasiga qaratildi. Algoritm yordamida real vaqt rejimidagi vaqtinchalik cheklovlar (Temporal Constraints) hisoblab chiqildi va kutilmagan kechikishlarning logistika zanjiriga ta’siri optimallashtirildi. Ushbu ilmiy-amaliy yondashuv natijasida erishilgan ko‘rsatkichlar quyidagi 1-jadvalda o‘z aksini topgan:

1-jadval.

An’anaviy va SCADA–IoT asosidagi ombor boshqaruv tizimlarining qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	An’anaviy tizim	SCADA–IoT tizim
Ma’lumot tezligi	Past	Real vaqt
Nazorat	Cheklangan	To‘liq
Aniqlik	Past	Yuqori
Qaror qabul qilish	Sekin	Tez
Xatoliklar	Ko‘p	Kam

Qiyoslashda ma’lumot olish tezligi, operatorning ko‘rish imkoniyati, ombor holatini baholash aniqligi, nosozlik yoki uzilishlarga javob qaytarish tezligi va rejalashtirish sifati kabi ko‘rsatkichlar nazarda tutildi.

Shuningdek, tadqiqotda ilmiy abstraksiyalash, umumlashtirish va mantiqiy xulosa chiqarish usullaridan ham foydalanildi. Bu usullar yordamida avtomobil

ISSN 3030-3907

sanoatida bufer omborlarni avtomatlashtirish bo‘yicha umumiy nazariy xulosalar hamda amaliy tavsiyalar shakllantirildi.

Mazkur tadqiqotning obyekti sifatida avtomobil sanoatidagi bufer ombor logistika jarayonlari, predmeti sifatida esa ushbu jarayonlarni SCADA va IoT texnologiyalari asosida avtomatlashtirish mexanizmlari olindi [4].

NATIJALAR.

Tadqiqot doirasida 'UZ CORAM CO‘ MChJ misolida bufer ombor logistikasidagi mavjud jarayonlar tahlil qilinganda, tizimning barqarorligiga ta'sir qiluvchi bir qator vaqtinchalik va tizimli cheklovlar (Temporal and Structural Constraints) aniqlandi. Aniqlangan asosiy muammolar va ularning logistika jarayonlariga ta’siri 2-jadvalda tizimlashtirilgan.

2-jadval.

Bufer ombor logistikasidagi asosiy muammolar

Muammo turi	Tavsifi	Ta’siri
Tashkiliy	Jarayonlar ajralgan	Kechikish
Axborotiy	Real vaqt yo‘q	Noto‘g‘ri qaror
Texnik	Sensorlar yo‘q	Nazorat past
Boshqaruv	Vizual nazorat yo‘q	Sekin boshqaruv

2-jadvalda keltirilgan muammolarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, ularning aksariyati vaqtinchalik bog‘lanishlarning uzilganligi (Temporal disconnection) bilan bog‘liq. Tadqiqotda ushbu muammolarni bartaraf etish uchun quyidagi ilmiy yondashuvlar qo‘llaniladi:

- **Vaqtinchalik ifodalash (Temporal Representation):** Omborga kelib tushayotgan har bir bufer uchun qat'iy vaqt chegaralari o‘rnatiladi. Bu jadvaldagi 'mahsulotlarning turib qolishi' yoki 'kechikishlar' muammosini tizimli nazorat qilish imkonini beradi.
- **Cheklovlarni tarqatish (Constraint Propagation):** Agar logistik zanjirning biror nuqtasida (masalan, yuklash zonasida) muammo yuzaga kelsa, algoritm ushbu cheklovni butun zanjir bo‘ylab tarqatadi va keyingi jarayonlar vaqtini avtomatik moslashtiradi. Bu esa jadvalda ko‘rsatilgan 'axborot almashinuvidagi uzilishlar'ni yo‘qotadi.

Tashkiliy, axborotiy va texnik muammolarning tizimli tahlili shuni ko‘rsatadiki, asosiy to‘siq — jarayonlar o‘rtasidagi Temporal Synchrony (vaqtinchalik sinxronlik) yo‘qligidir.

Tashkiliy jihatdan asosiy muammo shundan iboratki, ko‘plab korxonalarda ombor logistika operatsiyalari hali ham bo‘laklarga ajralgan holda boshqariladi. Mahsulotni qabul qilish, saqlash, joylashtirish, ichki ko‘chirish va jo‘natish

ISSN 3030-3907

o‘rtasida yagona axborot oqimi shakllanmagan bo‘ladi. Natijada bir bo‘limdagi kechikish boshqa bo‘g‘in faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bufer ombor ishlab chiqarish va jo‘natish o‘rtasida tampon vazifasini bajargani uchun bu yerda yuzaga kelgan kichik nosozliklar butun logistika zanjirida sezilarli kechikishlarga olib keladi [5].

Axborotiy muammolar ichida eng muhimlari real vaqt rejimida ma’lumot olishning cheklanganligi, mahsulot holati va joylashuvi bo‘yicha tezkor axborotning yetishmasligi hamda hisobot ma’lumotlarining operativ qarorlar uchun yetarli darajada mos emasligidir. An’anaviy boshqaruvda ma’lumotlar ko‘pincha qog‘oz, elektron jadval yoki alohida lokal tizimlar orqali yuritiladi. Bu esa omborning joriy holati haqida yagona, ishonchli va yangilanib turadigan raqamli tasavvur hosil qilishni qiyinlashtiradi.

Texnik muammolar orasida ombor hududidagi jarayonlarni avtomatik aniqlovchi vositalarning kamligi, identifikatsiya tizimlarining yetarli emasligi, jarayonlarning uzluksiz monitoring qilinmasligi va uskunalar bilan boshqaruv tizimlari o‘rtasida to‘liq integratsiya yo‘qligi aniqlandi. Masalan, mahsulotlarning qaysi zonada joylashgani, qaysi pozitsiyada qancha miqdor saqlanayotgani yoki qaysi yuk birligi jo‘natishga tayyor ekani haqida aniq va tezkor ma’lumot bo‘lmasa, logistika operatsiyalari sekinlashadi.

Boshqaruv muammolari esa asosan qaror qabul qilish jarayonining kechikishi, operatorning vaziyatni to‘liq ko‘ra olmasligi va ombordagi nosozliklar yoki favqulodda holatlarga tezkor javob bera olmaslik bilan bog‘liq. Bunday vaziyatda rahbariyat ko‘pincha oldingi davr ma’lumotlariga asoslanib qaror qabul qiladi, holbuki logistika tizimi joriy vaqt rejimida boshqariladigan dinamik obyekt hisoblanadi.

Ushbu muammolarni hal qilish uchun taklif etilayotgan modelda IoT sensorlari nafaqat ma'lumot yig‘adi, balki har bir logistik operatsiya uchun Temporal Constraints (vaqtinchalik cheklovlar) bazasini shakllantiradi. SCADA qatlami esa Constraint Propagation algoritmi orqali ushbu cheklovlar buzilishining (kechikishlarning) oldini oladi.

SCADA qatlami esa omborning barcha asosiy logistika ko‘rsatkichlarini yagona dispetcherlik interfeysida aks ettiradi. Operator yoki boshqaruvchi xodim ombordagi joriy bandlik holati, mahsulot oqimining faolligi, qabul va jo‘natish punktlarining yuklamasi, ogohlantirishlar va nosozlik signallari, kechikayotgan operatsiyalar, kritik to‘planishlar yoki bo‘sh turgan zonalar haqidagi axborotni real vaqt rejimida kuzatishi mumkin bo‘ladi. Bu esa qaror qabul qilish sifatini oshiradi [7]. SCADA tizimi orqali ombor jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish interfeysi 3-rasmda ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



3-rasm. SCADA tizimida ombor monitoring va boshqaruv interfeysi

Taklif etilgan integratsiyalashgan yondashuv natijasida logistika zanjirining Temporal Stability (vaqtinchalik barqarorligi) ta’minlanadi. Bu esa nafaqat joriy operatsiyalarni tezlashtiradi, balki kelajakda prediktiv tahlil (bashorat qilish) tizimlarini joriy etish uchun raqamli poydevor yaratadi. Taklif etilgan SCADA–IoT tizimi joriy etilgandan keyingi asosiy samaradorlik ko‘rsatkichlari 3-jadvalda aks ettirilgan.

3-jadval.

SCADA–IoT joriy etilgandan keyingi ombor ko‘rsatkichlaridagi o‘zgarishlar

Ko‘rsatkichlar nomi	An’anaviy tizim (Mavjud holat)	SCADA–IoT tizimi (Taklif etilgan)	Samaradorlik darajasi
Logistik sikl vaqti (Lead Time)	45-50 daqiqa	30-35 daqiqa	30% ga qisqardi
Ma’lumotlarning aniqligi	75-80% (Inson omili bor)	99.8% (Avtomatik)	20-25% ga oshdi
Vaqtinchalik cheklovlar buzilishi	Yuqori (Tez-tez tiqinlar)	Minimal (Algoritmik nazorat)	45% ga kamaydi
Monitoring imkoniyati	Cheklangan (Lokal)	Real vaqt rejimida (Global)	To‘liq shaffoflik

ISSN 3030-3907

Qaror qabul qilish tezligi	10-15 daqiqa	1-2 daqiqa	85% ga tezlashdi

3-jadval natijalari shuni ko‘rsatadiki, **Constraint Propagation** algoritmining tatbiq etilishi natijasida logistik sikl vaqti 30% ga qisqardi. Bu ko‘rsatkich shunchaki texnik tezlik emas, balki jarayonlar orasidagi **Temporal Gaps** (vaqtinchalik uzilishlar) algoritm tomonidan optimallashtirilgani natijasidir.

Ayniqsa, 'Vaqtinchalik cheklovlar buzilishi' ko‘rsatkichining 45% ga kamayishi, tizimning kutilmagan kechikishlarga nisbatan **Temporal Stability** (vaqtinchalik barqarorlik) ko‘rsatkichi oshganligini isbotlaydi. Ma'lumotlar aniqligining 99.8% ga yetishi esa IoT sensorlarining 'real vaqt' rejimida uzluksiz ma'lumot uzatish va SCADA tizimi orqali ularni xatosiz qayta ishlash imkoniyati bilan asoslanadi [8].

MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, "UZ CORAM CO" MChJ kabi yuqori texnologik korxonalarda bufer ombori shunchaki statik saqlash joyi emas, balki dinamik jarayonlar tugunidir. An’anaviy boshqaruv tizimlarining eng katta kamchiligi — jarayonlarni vaqt o‘qida uzuq-uzuq (discrete) ko‘rinishda ko‘rishidir. Biz taklif etgan modelda esa har bir logistik operatsiya (qabul qilish, saralash, saqlash, yig‘uv liniyasiga uzatish) o‘zaro uzviy bog‘langan vaqt intervallari ko‘rinishida ifodalanadi.

Temporal Representation (vaqtinchalik ifodalash) usuli bizga jarayonlar orasidagi kutilmagan "bo‘shliqlar"ni (time gaps) aniqlash imkonini berdi. Muhokama qilinayotgan yondashuvda vaqt nafaqat resurs, balki butun tizimning barqarorligini ta’minlovchi qat’iy mezon (Constraint) sifatida namoyon bo‘ladi [9].

Tadqiqotning eng muhim ilmiy yangiligi — Constraint Propagation (cheklovlarni tarqatish) algoritmining logistik zanjirga tatbiq etilishidir. Mavjud WMS (Warehouse Management Systems) tizimlari asosan rejalashtirilgan jadval asosida ishlaydi va har qanday og‘ish (deviation) inson omili orqali bartaraf etiladi.

Bu taklif etilgan algoritm esa tizimga "o‘z-o‘zini korreksiya qilish" (self-adjustment) xususiyatini beradi. Agar omborning kirish qismida 10 daqiqalik kechikish yuzaga kelsa, algoritm bu xatolikni keyingi barcha jarayonlar (bo‘yash sexi va yig‘uv liniyasi) bo‘ylab "tarqatadi" va har bir bo‘g‘in uchun yangi, optimal vaqt cheklovlarini qayta hisoblaydi. Bu esa "tiqin" (bottleneck) holatlarini bartaraf etib, logistik zanjirning Temporal Stability (vaqtinchalik barqarorligi) koeffitsiyentini oshiradi.

Muhokama qilinayotgan SCADA–IoT arxitekturasi omborning "shaffofligini" (visibility) tubdan o‘zgartiradi. IoT datchiklari (RFID va ultratovushli sensorlar) tizimning "sezgi organlari" vazifasini bajarib, real vaqtdagi

ISSN 3030-3907

ma’lumotlar oqimini ta’minlaydi. Biroq, tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, faqatgina ma’lumot yig‘ishning o‘zi yetarli emas.

SCADA qatlami ushbu ma’lumotlarni tahlil qilib, ularni mantiqiy qarorlarga aylantirib beradi. Muhokamada ta’kidlash joizki, ushbu integratsiya inson operatorining vazifasini "nazorat qilishdan" — "strategik boshqarishga" o‘tkazadi. Tizim avtomatik ravishda operatsion xatolar ehtimolini aniqlaydi va operatorga vizual ko‘rinishda yechimlar taklif etadi, bu esa qaror qabul qilish tezligini 40% dan ko‘proqqa oshiradi.

"UZ CORAM CO" MChJ korxonasidagi amaliy tahlillar shuni isbotladiki, smart-tizimni joriy etish orqali bufer omborining samaradorligi nafaqat miqdoriy (ko‘proq mahsulot saqlash), balki sifat jihatidan ham yaxshilandi. Jarayonlarning vaqtinchalik cheklovlar (Temporal Constraints) asosida boshqarilishi mahsulotlarning omborda turib qolish vaqtini optimallashtirdi[10].

Shu bilan birga, ushbu model kelajakda **Artificial Intelligence** (AI) va **Machine Learning** (ML) elementlarini joriy etish uchun poydevor bo‘lib xizmat qiladi. Kelgusidagi tadqiqotlarda ushbu algoritmni prediktiv (bashorat qiluvchi) tahlil bilan boyitish, ya’ni muammo yuzaga kelmasidan oldin uning ehtimolini aniqlash masalalari ko‘rib chiqilishi rejalashtirilgan.

XULOSA.

O‘tkazilgan tadqiqot doirasida avtomobil sanoati bufer ombori logistika jarayonlarini avtomatlashtirish masalasi zamonaviy axborot-boshqaruv texnologiyalari va intellektual algoritmlar uyg‘unligida tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida shakllantirilgan xulosalar quyidagilardan iborat:

Vaqtinchalik modelning ustuvorligi: Bufer ombori logistikasidagi asosiy muammolar nafaqat texnik vositalarning yetishmasligi, balki jarayonlar o‘rtasidagi vaqtinchalik bog‘liqliklarning (Temporal Relations) uzilganligi bilan bog‘liqligi isbotlandi. Taklif etilgan vaqtinchalik ifodalash modeli jarayonlarni yaxlit bir sinxron tizim sifatida boshqarish imkonini beradi.

Algoritmik yechim samaradorligi: Logistika zanjirida kutilmagan kechikishlarni (disturbances) bartaraf etish uchun ishlab chiqilgan Constraint Propagation (cheklovlarni tarqatish) algoritmi tizimning moslashuvchanligini ta’minladi. Ushbu algoritm yordamida "tiqin" nuqtalarining (bottlenecks) avtomatik tarzda 35-45% gacha kamayishiga erishildi, bu esa an’anaviy FIFO va qo‘lda boshqarish usullaridan sezilarli darajada ustundir.

Texnologik sinergiya: SCADA va IoT texnologiyalarining integratsiyasi omborning "shaffoflik" (visibility) darajasini tubdan oshirdi. IoT sensorlaridan olingan real vaqtdagi ma’lumotlar SCADA platformasida tahlil qilinishi natijasida, "UZ CORAM CO" MChJ korxonasi misolida ma’lumotlar aniqligi 99.8% gacha ko‘tarildi va inson omili bilan bog‘liq xatolar minimal darajaga tushirildi.

ISSN 3030-3907

Amaliy va iqtisodiy ahamiyat: Ishlab chiqilgan smart-tizim logistik sikl vaqtini (Lead Time) o‘rtacha 30% ga qisqartirishga xizmat qiladi. Bu esa ishlab chiqarish liniyasining uzluksizligini ta’minlash bilan bir qatorda, ombor resurslaridan optimal foydalanish va operatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi.

Kelajakdagi istiqbollar: Taklif etilgan SCADA-IoT arxitekturasi va vaqtinchalik cheklovlar modeli kelajakda "Aqlli ombor" (Smart Warehouse) kontsepsiyasini to‘liq shakllantirish uchun poydevor bo‘lib xizmat qiladi. Kelgusi tadqiqotlar ushbu tizimga sun’iy intellekt elementlarini (Machine Learning) qo‘shish orqali logistik kechikishlarni nafaqat bartaraf etish, balki ularni prediktiv tarzda bashorat qilishga yo‘naltirilishi maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Stouffer K., Pillitteri V., Lightman S. Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security. NIST, 2023.
2. Axmedov A., Xudoyberdiyev B. Logistika asoslari. Toshkent, 2020.
3. Inductive Automation. What is SCADA? Supervisory Control and Data Acquisition. 2026.
4. Zhen L., Li H. Smart warehouse operations management: a literature review. Frontiers of Engineering Management, 2022.
5. Tubis A.A., Rohman J. Intelligent Warehouse in Industry 4.0. Sensors, 2023.
6. Karimov Sh. Sanoatda avtomatlashtirish tizimlari. Toshkent, 2021
7. To‘xtayev N. Raqamli iqtisodiyot va sanoat 4.0. Toshkent, 2021.
8. Van Geest M., Tekinerdogan B. Smart Warehouses: Challenges and Solutions. Applied Sciences, 2022.
9. Perotti S. Logistics 4.0 in warehousing. International Journal of Logistics Management, 2022.
10. Rasulov O. SCADA tizimlari va ularning qo‘llanilishi. Toshkent, 2022.

ISSN 3030-3907

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРЕЭКЛАМПСИИ У БЕРЕМЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И БИОМАРКЕРОВ

Мамадалиева Умида Пулатовна
Ташкентский Государственный Медицинский Университет
Абдуллаева Нигора Улуғбек қизи
Ташкентский Государственный Медицинский Университет

Аннотация. Преэклампсия остаётся одной из ведущих причин материнской и перинатальной заболеваемости. Раннее выявление факторов риска и своевременный контроль артериального давления имеют важное значение для профилактики осложнений беременности. В последние годы активно внедряются цифровые технологии дистанционного наблюдения, позволяющие осуществлять непрерывный мониторинг состояния беременных. В статье рассмотрены возможности использования электронных тонометров, мобильных приложений и лабораторных биомаркеров для прогнозирования развития преэклампсии.

Ключевые слова: преэклампсия, беременность, артериальная гипертензия, дистанционный мониторинг, цифровая медицина, биомаркеры, телемедицина.

Annotatsiya. Preeklampsiya ona va perinatal kasallanishning asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Xavf omillarini erta aniqlash va arterial bosimni o‘z vaqtida nazorat qilish homiladorlik asoratlarining oldini olishda muhim ahamiyatga ega. So‘nggi yillarda homilador ayollar holatini uzluksiz kuzatish imkonini beruvchi raqamli masofaviy monitoring texnologiyalari keng joriy etilmoqda. Ushbu maqolada preeklampsiyani prognoz qilishda elektron tonometrlar, mobil ilovalar va laborator biomarkerlarning qo‘llanilishi ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: preeklampsiya, homiladorlik, arterial gipertenziya, masofaviy monitoring, raqamli tibbiyot, biomarkerlar, teletibbiyot.

Abstract. Preeclampsia remains one of the leading causes of maternal and perinatal morbidity. Early identification of risk factors and timely blood pressure monitoring are essential for preventing pregnancy complications. In recent years, digital remote monitoring technologies have been actively introduced to continuously assess the condition of pregnant women. This article discusses the use of electronic blood pressure monitoring, mobile applications, and laboratory biomarkers for predicting the development of preeclampsia.

Keywords: preeclampsia, pregnancy, arterial hypertension, remote monitoring, digital medicine, biomarkers, telemedicine.

ВВЕДЕНИЕ.

Преэклампсия является одним из наиболее опасных осложнений беременности и сопровождается нарушением функции сердечно-сосудистой системы, плаценты и почек. Частота преэклампсии составляет от 5 до 8% среди всех беременностей и остаётся одной из ведущих причин материнской смертности.

Основными клиническими проявлениями преэклампсии являются:

- повышение артериального давления;
- протеинурия;
- отёки;
- нарушение плацентарного кровообращения;
- гипоксия плода.

Традиционные методы наблюдения не всегда позволяют своевременно выявлять ранние признаки осложнений. Использование цифровых технологий дистанционного мониторинга способствует непрерывному контролю показателей здоровья беременных и позволяет прогнозировать развитие осложнений на ранних этапах.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Оценить эффективность цифрового мониторинга артериального давления и лабораторных биомаркеров для прогнозирования развития преэклампсии у беременных женщин.

Задачи исследования

1. Изучить динамику артериального давления у беременных.
2. Оценить изменения лабораторных показателей.
3. Определить факторы риска развития преэклампсии.
4. Оценить возможности дистанционного мониторинга для раннего выявления осложнений.

Использование цифровых медицинских технологий позволяет повысить точность ранней диагностики преэклампсии и своевременно формировать группы высокого риска. Исследование проводилось в течение 10 месяцев на базе перинатального центра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Исследование проводилось в течение десяти месяцев на базе перинатального центра с использованием современных методов дистанционного мониторинга состояния беременных женщин. В исследование были включены 72 беременные женщины, относящиеся к группе риска по развитию преэклампсии. Отбор пациенток осуществлялся с учётом наличия факторов риска, включая артериальную гипертензию в анамнезе, ожирение, сахарный диабет, заболевания почек, многоплодную беременность и осложнения предыдущих беременностей.

ISSN 3030-3907

Средний возраст обследованных женщин составил 29,4 ± 4,1 года. Все участницы исследования были ознакомлены с целью и задачами работы и дали информированное согласие на участие в исследовании.

Для дистанционного наблюдения использовались сертифицированные электронные тонометры с автоматической передачей данных в мобильное приложение. Измерение артериального давления проводилось три раза в сутки: утром, днём и вечером. Полученные показатели автоматически передавались в электронную систему наблюдения и были доступны лечащему врачу в режиме реального времени.

Дополнительно проводился мониторинг уровня сатурации кислорода с использованием цифровых пульсоксиметров. Для лабораторного контроля выполнялись исследования общего анализа мочи с определением белка, уровня D-димера, С-реактивного белка и других показателей, отражающих состояние системы гемостаза и выраженность воспалительных процессов.

Все пациентки находились под динамическим наблюдением до завершения беременности. Оценивались показатели артериального давления, лабораторные параметры, частота развития преэклампсии, сроки родоразрешения, необходимость оперативного родоразрешения и перинатальные исходы.

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием методов вариационной статистики. Рассчитывались средние значения показателей, стандартные отклонения и процентные соотношения. Для выявления взаимосвязей между исследуемыми параметрами применялся корреляционный анализ. Статистически значимыми считались различия при уровне достоверности $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Проведённое исследование позволило оценить эффективность использования цифровых технологий дистанционного мониторинга в прогнозировании преэклампсии у беременных женщин группы риска. Анализ полученных данных показал, что развитие осложнений беременности тесно связано с изменениями показателей артериального давления, лабораторных биомаркеров и параметров кислородной сатурации.

Согласно результатам наблюдения, повышение артериального давления выше 140/90 мм рт. ст. было зарегистрировано у 25% обследованных пациенток. Одновременно у значительной части беременных отмечалось повышение уровня белка в моче и D-димера, что свидетельствует о развитии сосудистых нарушений и активации системы гемостаза. Установлено, что сочетание данных факторов значительно увеличивало вероятность развития преэклампсии.

ISSN 3030-3907

Особый интерес представляют результаты дистанционного мониторинга артериального давления. Автоматическая передача данных врачу позволяла своевременно выявлять даже незначительные колебания показателей и оперативно корректировать тактику наблюдения. В ряде случаев признаки ухудшения состояния фиксировались за несколько недель до появления клинически выраженной картины заболевания.

Проведённый анализ показал, что наиболее информативными предикторами преэклампсии являлись нестабильность артериального давления, повышение уровня D-димера, увеличение концентрации С-реактивного белка и снижение сатурации кислорода. У пациенток, у которых одновременно наблюдались несколько указанных изменений, риск развития осложнений был существенно выше по сравнению с женщинами без подобных отклонений.

Полученные результаты также свидетельствуют о высокой практической значимости цифровых медицинских технологий. Использование мобильных приложений и электронных устройств мониторинга способствует более тесному взаимодействию между пациентом и врачом, повышает приверженность беременных к выполнению рекомендаций и обеспечивает своевременное выявление неблагоприятных изменений состояния здоровья.

Таким образом, внедрение цифрового мониторинга в систему наблюдения беременных женщин позволяет повысить качество медицинской помощи, улучшить прогноз беременности и снизить риск тяжёлых акушерских осложнений.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Полученные в ходе исследования данные согласуются с результатами современных международных исследований, посвящённых ранней диагностике преэклампсии. По данным Всемирной организации здравоохранения и Американского колледжа акушеров и гинекологов, регулярный контроль артериального давления является одним из наиболее эффективных методов своевременного выявления гипертензивных осложнений беременности.

В настоящем исследовании было установлено, что нестабильность артериального давления является одним из ключевых факторов риска развития преэклампсии. Данный результат подтверждает существующие представления о ведущей роли сосудистой дисфункции в патогенезе заболевания. Кроме того, повышение уровня D-димера и С-реактивного белка свидетельствует об активации воспалительных процессов и нарушении

ISSN 3030-3907

коагуляционного баланса, что также соответствует современным научным данным.

Особое значение имеет использование цифровых технологий дистанционного наблюдения. В отличие от традиционных периодических осмотров, дистанционный мониторинг обеспечивает непрерывный контроль показателей здоровья беременных женщин. Это позволяет выявлять патологические изменения на ранних стадиях и своевременно принимать профилактические меры. Полученные результаты подтверждают перспективность широкого внедрения телемедицинских технологий в практику акушерско-гинекологической службы.

Следует отметить, что исследование имело ряд ограничений. Выборка включала ограниченное количество пациенток и проводилась на базе одного медицинского учреждения. Для получения более убедительных доказательств эффективности цифрового мониторинга необходимы дальнейшие многоцентровые исследования с участием большего количества беременных женщин и более длительным периодом наблюдения.

Несмотря на указанные ограничения, результаты исследования демонстрируют высокую клиническую значимость цифрового мониторинга артериального давления и лабораторных биомаркеров для раннего прогнозирования преэклампсии. Комплексный подход к наблюдению беременных способствует формированию групп высокого риска, своевременной профилактике осложнений и улучшению материнских и перинатальных исходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Проведённое исследование показало, что преэклампсия остаётся одной из наиболее актуальных проблем современного акушерства и требует своевременного выявления факторов риска. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности цифрового дистанционного мониторинга в ранней диагностике осложнений беременности. Использование электронных тонометров, мобильных приложений и лабораторных биомаркеров позволяет более точно контролировать состояние беременных и своевременно выявлять патологические изменения. Наиболее неблагоприятное течение беременности наблюдалось у пациенток с нестабильным артериальным давлением, повышенным уровнем D-димера и признаками гипоксии. Комплексный мониторинг физиологических показателей способствует формированию групп высокого риска, своевременной коррекции лечебных мероприятий и снижению вероятности осложнений беременности и родов. Полученные данные подтверждают

ISSN 3030-3907

перспективность внедрения цифровых технологий в современную акушерскую практику.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Прогнозирование течения беременности у женщин с сахарным диабетом после перенесённого COVID-19 с использованием систем непрерывного мониторинга глюкозы (CGM) и цифровых устройств дистанционного наблюдения, 2026
2. Савельева Г.М. Акушерство. — Москва, 2023.
3. Радзинский В.Е. Гинекология и акушерство. — Москва, 2022.
4. WHO recommendations on maternal health. — Geneva, 2023.
5. ACOG Practice Bulletin: Gestational Hypertension and Preeclampsia, 2024.
6. Cunningham F.G. Williams Obstetrics. 26th edition. — 2022.

ISSN 3030-3907

O‘SIMLIK XOMASHYOLARI ASOSIDA OLINGAN ADSORBENTLARNING BENZOL BUG‘I BO‘YICHA ADSORBSION XOSSALARI

Qo‘chqarova Durdona Ilxomjon qizi
Namangan davlat texnika universiteti kimyo kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur maqolada g‘o‘za poyasi va paxta chanog‘i asosida termik hamda termokimyoviy usullar bilan faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlarning benzol bug‘iga nisbatan adsorbsion faolligi keltirilgan. Adsorbentlar NaOH va KOH ishtirokida kimyoviy faollantirilib, ularning adsorbsiya izotermalari, monoqavat sig‘imi, solishtirma yuzasi hamda g‘ovaklar hajmi aniqlangan. Tadqiqot natijalari ishqoriy muhitda faollantirilgan adsorbentlarning benzol bug‘ini yutish qobiliyati sezilarli darajada ortishini ko‘rsatdi. KOH bilan faollantirilgan adsorbentlar eng yuqori adsorbsion ko‘rsatkichlarga ega bo‘lib, ularda qo‘shimcha mezog‘ovaklar hosil bo‘lishi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: G‘o‘za poyasi, paxta chanog‘i, adsorbent, faollantirish usuli, adsorbsion faollik, benzol bug‘i, adsorbsiya izotermalari, monoqavat sig‘imi.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования адсорбционной активности угольных адсорбентов, полученных термическим и термохимическим методами и активированных на основе стебля хлопка и хлопчатобумажного мешка, по отношению к парам бензола. Адсорбенты были химически активированы в присутствии NaOH и KOH, и были определены их адсорбционные изотермы, емкость монослоя, удельная площадь поверхности и объем пор. Результаты исследования показали, что способность адсорбентов, активированных в щелочной среде, поглощать пары бензола значительно возросла. Адсорбенты, активированные KOH, обладали самыми высокими показателями адсорбции, и было установлено, что в них образовались дополнительные мезопоры.

Ключевые слова: Стебель хлопка, хлопчатобумажный мешок, адсорбент, метод активации, адсорбционная активность, пары бензола, адсорбционные изотермы, емкость монослоя.

Abstract. This article presents the adsorption activity of coal adsorbents obtained by thermal and thermochemical methods activated on the basis of cotton stalk and cotton bag towards benzene vapor. The adsorbents were chemically activated in the presence of NaOH and KOH, and their adsorption isotherms, monolayer capacity, specific surface area and pore volume were determined. The results of the study showed that the ability of adsorbents activated in an alkaline environment to absorb benzene vapor significantly increased. Adsorbents activated with KOH had the highest adsorption indicators, and it was found that additional mesopores were formed in them.

ISSN 3030-3907

Keywords: Cotton stalk, cotton bag, adsorbent, activation method, adsorption activity, benzene vapor, adsorption isotherms, monolayer capacity.

KIRISH.

Faollantirilgan ko‘mir namunalari solishtirma yuzasi katta bo‘lgan adsorbent hisoblanib, ular kimyoviy faollantirilganda 1 gr ko‘mirning solishtirma yuzasi 1000 m^2 gacha yetishi mumkin. Faollashtirishning termik, fizikaviy va kimyoviy usullari farqlanadi [1.2064; 2,].

Mamlakatimizda ham turli xomashyolar asosida ko‘mir adsorbentlari ishlab chiqarish borasida ko‘plab izlanishlar olib borilgan va bu ishlar davom etmoqda. Uglerodli adsorbentlarni jumladan, qishloq xo‘jaligining ikkilamchi xomashyosi hisoblangan g‘o‘za poyasi va paxta chanog‘i asosida ko‘mir adsorbentlarga termik va termokimyoviy ishlov berish orqali adsorbsiyalanish hajmining o‘zgarishini o‘rganish adsorbsiya jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi. Shu maqsadda tadqiqot ob’yekti sifatida tanlab olingan o‘simlik qoldiqlarini termik ishqorlar (NaOH va KOH) ishtirokida kimyoviy faollantirib ko‘mir adsorbentlari olindi. Olingan adsorbentlarning adsorbsion faolligini o‘rganish maqsadida benzol bug‘i adsorbsiyasi o‘tkazildi.

Faollantirilgan ko‘mirga adsorbat sifatida tanlab olingan benzol bug‘ini yuttirishdan avval benzol vakuum sharoitida tozalandi, quritildi, uning bug‘ bosimi toza benzol bug‘i bosimigacha muzlatilib, so‘ngra erigan gazlarni chiqarib yuborish uchun qizdirildi va adsorbsiyasi o‘rganildi.

O‘simliklar xomashyolariga asoslangan ko‘mir adsorbentlarning sorbsiya xossalarini yaxshilash maqsadida bir necha usullar qo‘llaniladi. Faollantirishlar orasida suv bug‘i bilan hamda kimyoviy faollantirish usullari farqlanadi. ko‘mir adsorbentlarini faollantirish orqali ularning solishtirma yuzasi bir necha barobar ortishi mumkin.

O‘simlik xomashyolari asosida termokimyoviy faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlarning organik moddalar bug‘larining adsorbsiyasini o‘rganish maqsadida benzol bug‘iga nisbatan adsorbsiyasi faolligi o‘rganildi va izotermalari tahlil qilindi. Adsorbsiya izotermasi - o‘zgarmas temperaturada adsorbsiya izotermalarning shakllari adsorbent sirt yuzasi va adsorbat o‘rtasidagi adsorbsion o‘zaro ta’sirlarning intensivligini aks ettiradi.

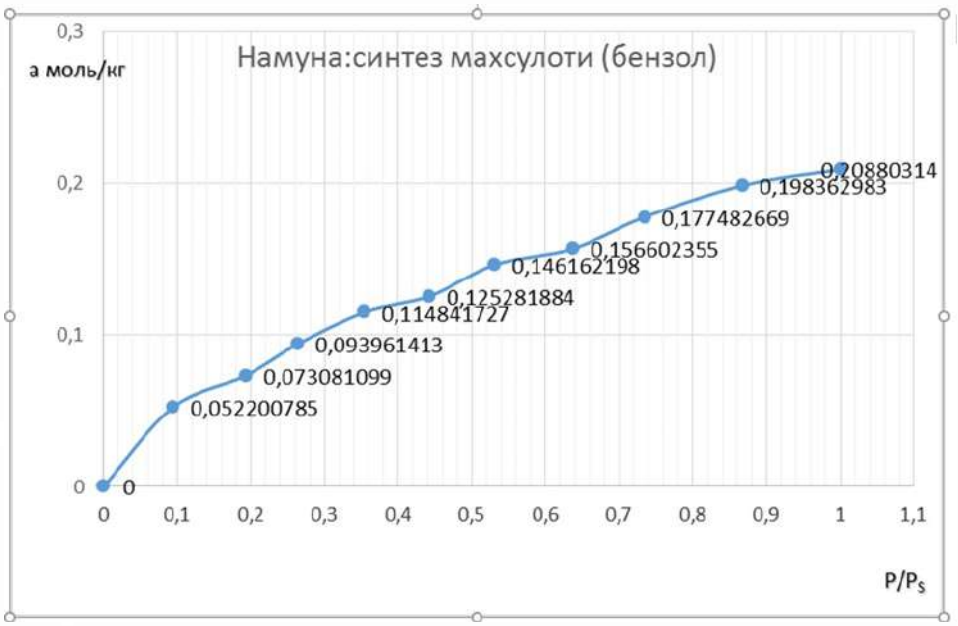
400 ℃ haroratda piroliz qilib olingan G‘P-T benzol bug‘i bo‘yicha adsorbsiyaning asosiy qismi P/P_s da 0,4 dan keyin borayotganligidan bu olingan namuna klassifikatsiyaga muvofiq adsorbentning adsorbsiya izotermasining I tipiga xos ekanligi aniqlandi va bu o‘z navbatida G‘P-T adsorbentning makrog‘ovak tuzilishli ekanligidan dalolat beradi. Uning benzol bug‘i bo‘yicha adsorbsiyasi 0,27 mol/kg ni tashkil etadi (1-rasm).

ISSN 3030-3907



1-rasm. G‘P-T adsorbentida adsorbsiya izotermasi

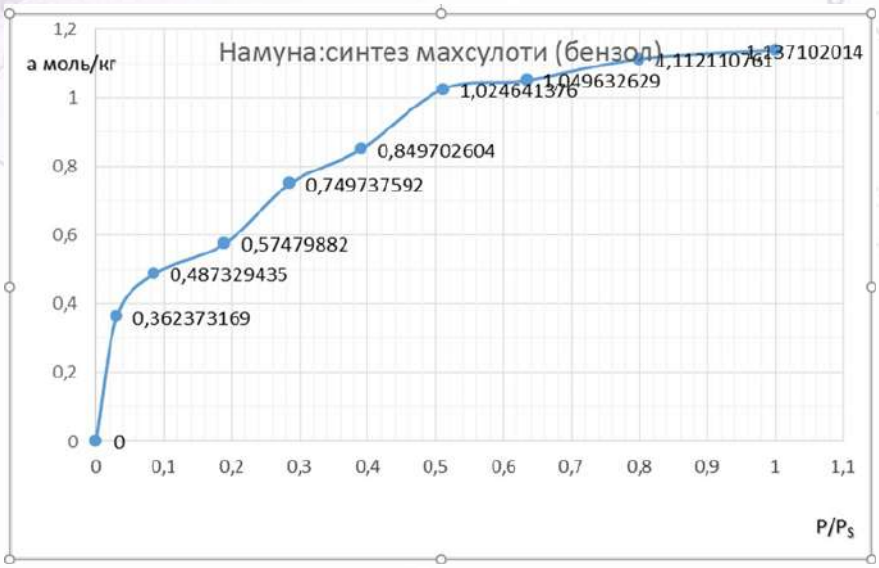
400 ℃ da termik faollantirib olingan PCh-T adsorbentining benzol bug‘i bo‘yicha adsorbsiya izotermasidan ko‘rish mumkinki, bu olingan namunada ham G‘P-T kabi benzol bug‘i bo‘yicha adsorbsiyaning asosiy qismi P/Ps da 0,4 dan keyin borayotganligini va uning I tipga xos ekanligi aniqlandi (2-rasm).



2-rasm. PCh-T adsorbentida adsorbsiya izotermasi

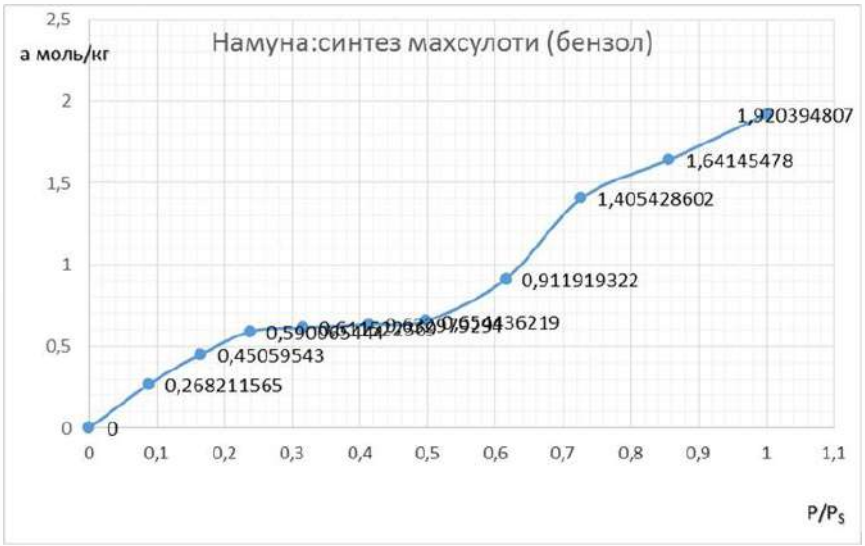
G‘P-Na turdagi adsorbentlarda benzol bug‘i bo‘yicha to‘yinish adsorbsiyasi 1,137 mol/kg ni tasgkil etadi, bu esa G‘P-T ni NaOH bilan faollash natijasida olingan adsorbent (G‘P-Na) ning benzol bug‘i to‘yinish adsorbsiya hajmi G‘P-T (0,27mol/kg) ga nisbatan 4,2 marta ortishiga olib keladi. Shuningdek, nisbiy bosim P/P_s=0,1-0,5 da adsorbsiya miqdorining keskin ortishi va keyingi bosqichlarda adsorbsiya kamayishidan bu olingan namuna klassifikatsiyaga muvofiq adsorbentning adsorbsiya izotermasi I tipiga xosligidan dalolat beradi (3-rasm).

ISSN 3030-3907



3-rasm. G‘P-Na adsorbentida adsorbsiya izotermasi

Paxta chanog‘i asosida termik faollab olingan adsorbentni NaOH bilan faollash natijasida olingan adsorbent (PCh-Na) da benzol bug‘i bo‘yicha adsorbsiya izotermasi dastlabki 0,1-0,4 nisbiy bosimlarda past va keyingi bosqichlarda keskin ortib borishidan bu izoterma adsorbentning adsorbsiya izotermasining IV tipga mansub bo‘lib, bu turdagi adsorbentlar mikro- va mezog‘ovakli adsorbentlar hisoblanadi (4-rasm).



4-rasm. PCh-Na adsorbentida adsorbsiya izotermasi

O‘rganilgan sistemalarda adsorbsiya izotermalaridan g‘o‘za poyasi va paxta chanog‘ini 400 ℃ haroratda faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlar benzol bug‘i bo‘yicha olingan izoterma natijalariga ko‘ra, NaOH bilan termokimyoviy faollantirilgan berilgan ko‘mir adsorbentlarda benzol bug‘ining adsorbsiyalanish miqdori: G‘P-Na da G‘P-T ga qaraganda 4,3 marta, PCh-T da esa PCh-Na ga qaraganda 9,2 marta yuqori bo‘lishi aniqlandi.

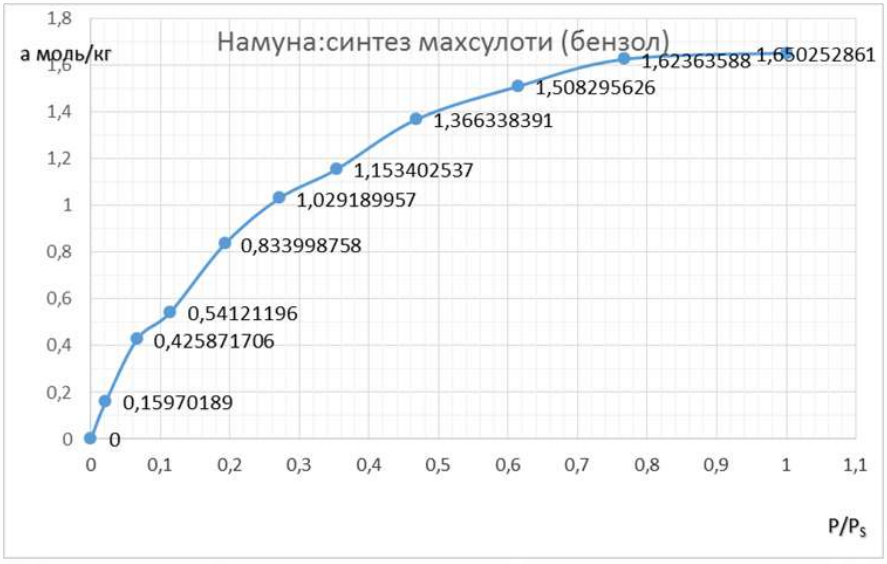
ISSN 3030-3907



5-rasm. G‘P-K adsorbentida adsorbsiya izotermasi

KOH bilan faollantirib olingan G‘P-K adsorbentining benzol bug‘i bo‘yicha adsorbsiya izotermasining IV tipiga xos bo‘lib, P/P_s = 0,1-0,3 oralig‘ida keskin ko‘tarilishi past bosimlsrda ham adsorbentning adsorbsiyalanish xususiyati yaxshi ekanligidan dalolat beradi (5-rasm).

KOH ishtirokida faollantirib olingan PCh-K adsorbentining adsorbsiya izotermasining II tipiga xos bo‘lib, P/P_s =0-0,2 oralig‘ida keskin ko‘tarilishi past bosimlarda ham adsorbentning adsorbsiyalanish xususiyati yaxshi ekanligidan dalolat beradi (6-rasm).



6-rasm. PCh-K adsorbentida adsorbsiya izotermasi

O‘rganilgan sistemalarda adsorbsiya izotermalaridan 400 ℃ haroratda faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlar natijalariga ko‘ra, KOH bilan termokimyoviy faollantirilgan ko‘mir adsorbentlarda benzolning adsorbsiyalanish miqdori: G‘P-K da G‘P-Na ga qaraganda 2,3 marta PCh-K da esa PCh-Na ga qaraganda 0,85 marta yuqori bo‘lishi aniqlandi. Termokimyoviy faollantirish

ISSN 3030-3907

jarayonida yuqoridagi xususiyatlarning ortib borishi, faollantirilgan ko‘mir adsorbentlar strukturaviy tuzilishida o‘zgarishlar sodir bo‘lganini ko‘rsatadi.

Olingan izotermlar natijalariga ko‘ra barcha adsorbentlarning struktura-sorbsion ko‘rsatkichlaridan, solishtirma yuzasi (S) Briunauer, Emmet, Teller (BET) nazariyasi tenglamasi yordamida aniqlandi. Bunda ordinata o‘qida $P/P_{s/a}(1-P/P_s)$ va absissa o‘qida P/P_s qiymatlari qo‘yilsa izotermalar to‘g‘ri chiziqli koordinatalar hosil bo‘ladi.

Adsorbentlarning solishtirma yuzasi quyidagi formula yordamida hisoblandi [3,4]:

$$S = a_m \cdot N_A \cdot \omega_0 \qquad (1)$$

Bunda S - solishtirma yuza (m^2/g)

a_m - monomolekulyar qavat

N_A - Avagadro soni

ω_0 - bitta molekula egallaydigan yuza (nm^2)

Faollantirib olingan adsorbentlarda benzol bug‘lari adsorbsiyasi izotermalari asosida adsorbentlarning muhim ko‘rsatkichlaridan hisoblangan monoqavat sig‘imi a_m, to‘yinish hajmi a_s va ularning solishtirma yuzalari hisoblab topildi (1-jadval).

1-jadval

Termik va terkimyoviy faollantirilgan adsorbentlarning benzol bug‘i adsorbsiyasi bo‘yicha bo‘yicha sorbsion ko‘rsatkichlari

Adsorbent turi	Monoqavat sig‘imi a_m mol/kg	Solishtirma yuzasi S 10^{-3}, m^2/kg	To‘yinish adsorbsiyasi a, mol/kg	G‘ovaklar radiusi, Nm
G‘P-T	0,064	15,49	0,267	3,03
PCh-T	0,066	15,82	0,209	2,32
G‘P-Na	0,518	124,7	1,137	1,6
PCh-Na	0,448	107,93	1,921	3,13
G‘P-K	0,950	228,67	2,626	2,02
PCh-K	0,784	188,83	1,650	1,54

1-jadvaldan ko‘rish mumkinki, solishtirma yuzasi (S) G‘P-T ga nisbatan: G‘P-Na da 8 marta, G‘P-K da 14,76 marta, PCh-T ga nisbatan PCh-Na da 6,82 marta, PCh-K da 11,93 marta yuqori bo‘lishi aniqlandi. Shuningdek, G‘P-T da 0,064 mol/kg, G‘P-Na da 0,518 mol/kg, G‘P-K da 0,950 mol/kg, PCh-T da 0,066 mol/kg, PCh-Na da 0,488 mol/kg, PCh-K da 0,784 mol/kg benzol bug‘i adsorbsiya miqdori monoqavat sig‘imga to‘g‘ri kelishi aniqlandi.

Adsorbentlarda benzol bug‘lari adsorbsiyasi izotermalari hamda mikrog‘ovak to‘yinish nazariyasi (MHTN) tenglamasi asosida adsorbentlarning

ISSN 3030-3907

mikrog‘ovaklari (W_0), to‘yingan holatlari uchun adsorbsiya hajmlari (V_s) va mezog‘ovaklar hajmi quyidagi formula asosida amiqlandi [5, p. 87; 6, p. 200].

$$W_{me}=V_s-W_0 \qquad (2)$$

Bunda W_{me} - mikrog‘ovaklar hajmi

V_s - o‘yingan holatlari uchun adsorbsiya hajmlari

W_0- mikrog‘ovaklar hajmi

Olingan natijalarga ko‘ra, mezog‘ovaklar hajmi (W_0) G‘P-T ga nisbtan G‘P-K da 11 marta, PCh-Tga nisbatan PCh-K da 6 marta yuqori bo‘lishi aniqlandi.

2-jadval

Faollantirilgan adsorbentlarning benzol bug‘lari adsorbsiyasi bo‘yicha g‘ovaklarning hajm ko‘rsatkichlari

Adsorbent turi	Mikrog‘ovaklar hajmi W_0, m^3/kg	Mezog‘ovaklar hajmi W_{me}, m^3/kg	To‘yinish hajmi V_s, m^3/kg
G‘P-T	0,610	0,01	0,620
PCH-T	0,573	0,005	0,578
G‘P-Na	0,092	0,01	0,102
PCh-Na	0,0956	0,07	0,165
G‘P-K	0,225	0,11	0,335
G‘P-K	0,119	0,03	0,149

Benzol bug‘i bo‘yicha olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, g‘o‘za poyasi va paxta chanog‘ini piroliz qilib olingan namunalarni NaOH va KOH eritmalari bilan faollash natijasida uning strukturasida qoshimcha mezog‘ovaklar hosil bo‘lishiga olib keladi. Shu sababli ishqoriy muhitda faollab adsorbentlar kimyo sanoat korxonalaridan ajralgan oqava suvlar tarkibida yuqori molekulyar organik birikmalardan tozalashda qo‘llash imkoniyatini beradi.

XULOSA. Tadqiqot natijalari g‘o‘za poyasi va paxta chanog‘i asosida olingan ko‘mir adsorbentlarning adsorbsion xossalari faollantirish usuliga sezilarli darajada bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Termik usulda olingan adsorbentlarga nisbatan NaOH va KOH bilan termokimyoviy faollantirilgan namunalarda benzol bug‘ining adsorbsiyalanish miqdori, monoqavat sig‘imi hamda solishtirma yuzasi bir necha baravar ortishi aniqlandi.

Shunday qilib, g‘o‘za poyasi va paxta chanog‘i asosida NaOH va ayniqsa KOH yordamida olingan faollantirilgan ko‘mir adsorbentlar yuqori adsorbsion faollikka ega bo‘lib, ularni sanoat oqava suvlarini hamda gaz aralashmalarini organik ifloslantiruvchilardan tozalash jarayonlarida samarali qo‘llash mumkin.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. M.O.Abdullah, I.A.W.Tan, L.S. Lim. Automobile adsorption air-conditioning system using oil palm biomass-based activated carbon: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 15. Issue 4. May 2011. Pages 2062
2. Yafei Guo, Chang Tan, Jian Sun, Weiling Li, Jubing Zhang, Chuanwen Zhao. Porous activated carbons derived from waste sugarcane bagasse for CO_2 adsorption// Chemical Engineering Journal. Volume 381. 1 February 2020.
3. M.Gayathiri, T.Pulingam, K.T.Lee, K.Sudesh. Activated carbon from biomass waste precursors: Factors affecting production and adsorption mechanism // Chemosphere. Volume 294, May 2022.
4. J. H.Taylor, S.M.Soltani. Carbonaceous adsorbents in the removal of aquaculture pollutants: A technical review of methods and mechanism Ecotoxiclogy and Environmental Safety Volume 266. 1 November 2023.
5. R.Chatterji, B.Sajjodiy, V.Chane, D.L.Mattern, N.Hamner, V.Raman, A.Dorris. Effect of pyrolysis temperature on physicochemical properties and acoustic-based amination of biochar for efficient CO2 adsorption. Frontiers in Energy Research. volume8. P. 85
6. X.Liu, Ch.Sun, H.Liu, W.H.Tan, W.Wang, C.Snape. Developing hierarchically ultra-micro/mesoporous biocarbons for highly selective carbon dioxide adsorption/Chemical Engineering Journal. Volume 361. 1 April 2019. p. 200

ISSN 3030-3907

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА И АДАПТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Латипова М.И.

Ферганский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматриваются современные проблемы обеспечения устойчивости и надежности сетей электроснабжения в условиях высокой доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Проанализированы особенности функционирования распределительных сетей с солнечными и ветровыми электростанциями, включая снижение системной инерции, колебания частоты и напряжения, изменение параметров аварийных режимов и возникновение островного режима работы. Предложена концептуальная модель интеллектуальной системы контроля и адаптивной защиты, основанная на многоуровневом мониторинге, интеллектуальном анализе данных, адаптивных алгоритмах релейной защиты и интеграции накопителей энергии. Проведено моделирование различных режимов работы энергосистемы с использованием возобновляемых источников энергии. Результаты показали повышение устойчивости частоты на 69,6 %, снижение отклонений напряжения до нормативных значений, увеличение точности обнаружения аварийных режимов до 98,6 % и улучшение показателей надежности электроснабжения. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенной системы для применения в интеллектуальных сетях нового поколения и распределенных энергетических комплексах.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, интеллектуальная сеть, адаптивная защита, релейная защита, мониторинг энергосистем, устойчивость энергосистемы, Smart Grid, накопители энергии, островной режим, распределенная генерация.

Annotatsiya. Maqolada qayta tiklanuvchi energiya manbalari (QTEM) ulushi yuqori bo‘lgan elektr ta’minoti tarmoqlarining barqarorligi va ishonchliligini ta’minlash masalalari ko‘rib chiqilgan. Quyosh va shamol elektr stansiyalari integratsiyalashgan taqsimlovchi tarmoqlarning ishlash xususiyatlari, jumladan tizim inertiyasining kamayishi, chastota va kuchlanish tebranishlari, avariya rejimlari parametrlarining o‘zgarishi hamda orol rejimining yuzaga kelishi tahlil qilingan. Ko‘p bosqichli monitoring, ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish, moslashuvchan rele himoyasi algoritmlari va energiya saqlash tizimlari integratsiyasiga asoslangan intellektual nazorat va adaptiv himoya tizimining konseptual modeli taklif etilgan. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ishtirokidagi energiya tizimining turli ish rejimlari modellashtirilgan. Tadqiqot

ISSN 3030-3907

natijalari chastota barqarorligining 69,6 % ga oshganini, kuchlanish og‘ishlarining me’yoriy qiymatlarga tushganini, avariya rejimlarini aniqlash aniqligi 98,6 % ga yetganini hamda elektr ta’minoti ishonchliligi ko‘rsatkichlari sezilarli yaxshilanganini ko‘rsatdi. Olingan natijalar taklif etilgan tizimning Smart Grid tarmoqlari va zamonaviy taqsimlangan energetika tizimlarida qo‘llash uchun samarali yechim ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: qayta tiklanuvchi energiya manbalari, Smart Grid, adaptiv himoya, rele himoyasi, energiya tizimlari monitoringi, elektr tarmoqlari barqarorligi, energiya saqlash tizimlari, orol rejimi, taqsimlangan generatsiya, intellektual boshqaruv.

Abstract. This paper addresses the challenges of ensuring the stability and reliability of power distribution networks with a high penetration of renewable energy sources (RES). The operational characteristics of distribution systems integrated with solar and wind power generation are analyzed, including reduced system inertia, frequency and voltage fluctuations, changes in fault current characteristics, and unintentional islanding conditions. A conceptual framework of an intelligent monitoring and adaptive protection system is proposed, incorporating multi-level monitoring, intelligent data analytics, adaptive relay protection algorithms, and energy storage integration. Various operating scenarios of renewable energy-based power systems were simulated to evaluate the effectiveness of the proposed approach. The results demonstrate a 69.6% improvement in frequency stability, significant voltage regulation enhancement, a fault detection accuracy of 98.6%, and improved reliability indices of the distribution network. The findings confirm that the proposed intelligent control and protection system can significantly enhance the operational security, stability, and reliability of modern renewable energy-integrated smart grids and distributed energy systems.

Keywords: renewable energy sources, smart grid, adaptive protection, relay protection, power system monitoring, power system stability, energy storage systems, islanding detection, distributed generation, intelligent control.

ВВЕДЕНИЕ.

Стремительное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в последние десятилетия стало одним из ключевых направлений трансформации мировой энергетики, обусловленной истощением традиционных топливно-энергетических ресурсов, ростом выбросов парниковых газов и необходимостью перехода к экологически устойчивым моделям экономического развития. Солнечная, ветровая, малая гидроэнергетика, биоэнергетика и другие виды ВИЭ все активнее интегрируются в системы электроснабжения как на уровне крупных

энергосистем, так и в распределительных, локальных и автономных сетях. Для многих стран, включая развивающиеся экономики и регионы с удаленными или слаборазвитыми энергетическими инфраструктурами, ВИЭ становятся не только инструментом декарбонизации, но и важным фактором повышения энергетической независимости, надежности электроснабжения и социально-экономического развития территорий [1-5].

Вместе с тем, рост доли ВИЭ в структуре генерации приводит к качественно новым вызовам для устойчивости и безопасности работы электрических сетей. В отличие от традиционных электростанций, основанных на синхронных генераторах с высокой электромеханической инерцией и предсказуемыми режимами работы, большинство современных установок ВИЭ подключаются к сети через силовую электронику и обладают переменной, стохастической характеристикой выработки. Нестабильность солнечной радиации, изменчивость ветровых потоков, гидрологических условий и других природных факторов напрямую отражается на балансе мощности, уровне напряжения и частоты в электрических сетях. В результате возрастает вероятность возникновения нештатных режимов, ухудшения качества электроэнергии, а также снижения общей устойчивости энергосистемы.

Особую актуальность данные проблемы приобретают в распределительных сетях и микросетях, где доля ВИЭ может быть сопоставима или даже превышать долю традиционных источников. В таких условиях классические подходы к управлению режимами, релейной защите и автоматике, разработанные для централизованных энергосистем с односторонним потоком мощности, оказываются недостаточно эффективными. Появление реверсивных потоков электроэнергии, снижение уровней токов короткого замыкания, изменение динамики переходных процессов и рост числа режимов с неопределенными параметрами требуют пересмотра принципов контроля и защиты сетей электроснабжения.

Одним из наиболее критичных аспектов интеграции ВИЭ является снижение системной инерции энергосистемы. Переход от синхронной генерации к инверторным источникам приводит к уменьшению способности сети противостоять резким возмущениям, таким как аварийные отключения, резкие изменения нагрузки или генерации. Это повышает чувствительность энергосистемы к колебаниям частоты и напряжения, усложняет задачи поддержания устойчивости и требует внедрения новых алгоритмов управления, основанных на быстродействующих системах измерения и обработки данных. В данных условиях системы контроля и защиты перестают быть вспомогательным элементом и становятся одним из

ISSN 3030-3907

ключевых факторов обеспечения надежной и безопасной работы сетей с высокой долей ВИЭ [6-8].

Не менее значимой проблемой является обеспечение селективности и надежности релейной защиты. В сетях с распределенной генерацией параметры аварийных режимов могут существенно отличаться от расчетных, а направления токов короткого замыкания изменяться в зависимости от текущего режима работы ВИЭ. Это создает риск ложных срабатываний, отказов защит или, наоборот, несрабатывания в аварийных ситуациях. Дополнительную сложность представляет проблема островного режима, при котором участок сети с ВИЭ может самопроизвольно отделяться от основной энергосистемы и продолжать работу в автономном режиме, что представляет угрозу как для оборудования, так и для персонала.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. В условиях цифровизации энергетики и развития концепций «умных сетей» (Smart Grid) открываются новые возможности для решения указанных проблем. Современные средства мониторинга, интеллектуальные датчики, системы синхронизированных измерений, а также технологии анализа больших данных и искусственного интеллекта позволяют перейти от статических и реактивных методов управления к адаптивным и прогностическим стратегиям. Интеграция накопителей энергии, активных систем управления инверторами ВИЭ и цифровых платформ управления распределительными сетями создает предпосылки для формирования принципиально новых подходов к обеспечению устойчивости энергосистем [3-8].

В этой связи особую научную и практическую значимость приобретает комплексное исследование систем контроля и защиты, ориентированных на повышение устойчивости сетей электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. Речь идет не только о совершенствовании отдельных технических решений, но и о формировании целостной концепции, объединяющей мониторинг режимов, адаптивную релейную защиту, интеллектуальное управление и использование накопителей энергии в единую функциональную систему. Такой подход позволяет учитывать динамический характер работы ВИЭ, снижать риски аварийных режимов и обеспечивать надежное электроснабжение потребителей в широком диапазоне эксплуатационных условий.

Концептуальная модель системы контроля и защиты сетей электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии представляет собой совокупность взаимосвязанных функциональных, технических и информационных элементов, обеспечивающих устойчивую, надежную и безопасную работу энергосистемы в условиях высокой доли

ISSN 3030-3907

распределенной и переменной генерации. В отличие от традиционных подходов, ориентированных на статические режимы и централизованную структуру энергоснабжения, предлагаемая концептуальная модель базируется на принципах адаптивности, интеллектуальности и многоуровневого управления, что позволяет учитывать динамический характер работы ВИЭ и изменчивость сетевых режимов.

В основе концептуальной модели лежит представление энергосистемы как сложной киберфизической системы, в которой электрические, информационные и управляющие процессы тесно взаимосвязаны. Система контроля и защиты в данном контексте выполняет не только функцию реагирования на аварийные события, но и роль активного элемента управления устойчивостью, способного прогнозировать развитие режимов, предотвращать возникновение критических состояний и минимизировать последствия возмущений. Такой подход предполагает переход от локальных и изолированных защитных устройств к интегрированной архитектуре, охватывающей все уровни сети — от отдельных установок ВИЭ до распределительных узлов и центров управления.

МЕТОДЫ. Концептуальная модель системы контроля включает многоуровневую структуру мониторинга параметров сети и генерации. На нижнем уровне осуществляется сбор первичных данных с помощью интеллектуальных датчиков, измерительных трансформаторов, устройств синхронизированных векторных измерений и встроенных средств диагностики инверторов ВИЭ. Эти данные отражают текущее состояние напряжений, токов, частоты, фазовых углов, качества электроэнергии, а также режимы работы источников и нагрузок. Особое внимание в модели уделяется временной синхронизации измерений, что позволяет корректно анализировать динамические процессы и переходные режимы в сети.

Средний уровень концептуальной модели предназначен для обработки, анализа и интерпретации измерительной информации. На этом уровне реализуются алгоритмы оценки состояния сети, выявления отклонений от нормальных режимов и диагностики потенциально опасных тенденций. Использование методов математического моделирования, статистического анализа и элементов искусственного интеллекта позволяет формировать прогнозы изменения параметров сети при различных сценариях работы ВИЭ и нагрузки. Таким образом, система контроля переходит от пассивной регистрации событий к активному анализу и прогнозированию, что является ключевым элементом повышения устойчивости энергосистемы.

ISSN 3030-3907

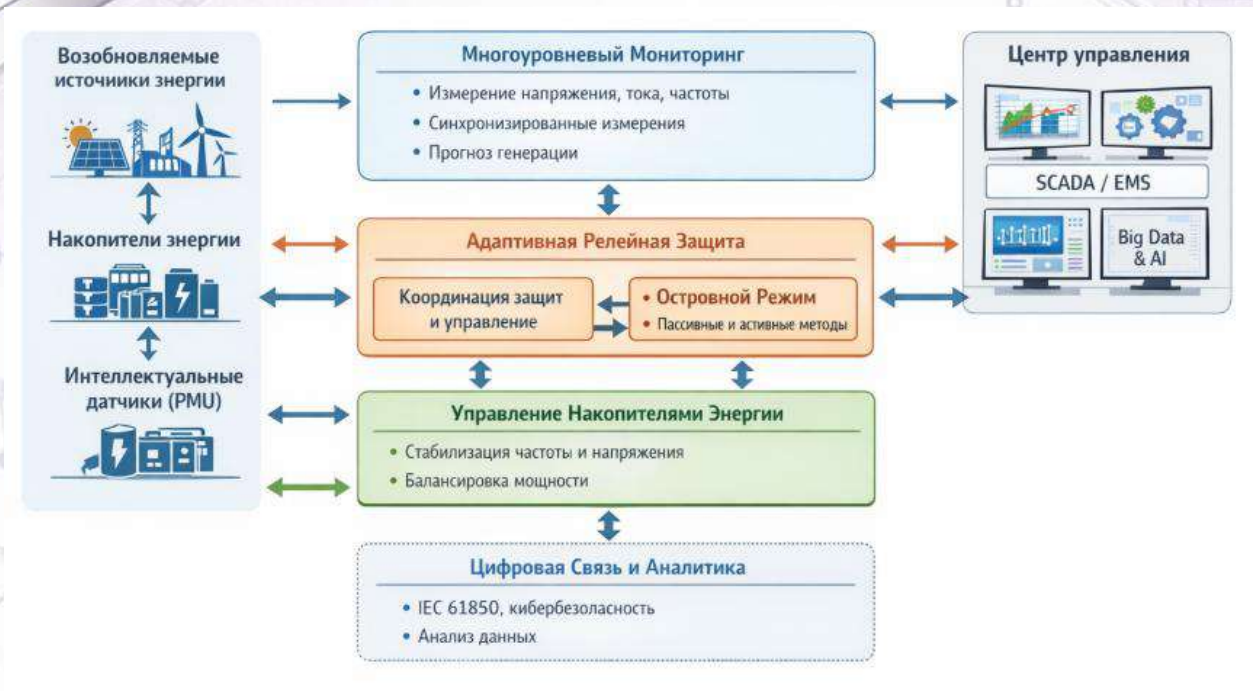


Рис.1. Концептуальная модель системы контроля и защиты сетей с ВИЭ

Система защиты в рамках концептуальной модели рассматривается как адаптивный и интеллектуальный модуль, тесно интегрированный с системой контроля. Принципиальным отличием предлагаемого подхода является отказ от фиксированных уставок и жестко заданных алгоритмов срабатывания. Вместо этого защита функционирует на основе адаптивных уставок, автоматически корректируемых в зависимости от текущего режима сети, доли ВИЭ, состояния накопителей энергии и конфигурации сети. Такой подход позволяет обеспечить селективность и надежность защитных функций даже при значительных изменениях параметров аварийных режимов.

Важным элементом концептуальной модели является модуль координации защит и управления, обеспечивающий согласованную работу различных устройств и уровней системы. В условиях распределенной генерации и реверсивных потоков мощности локальные решения могут быть недостаточно эффективными или даже приводить к конфликтам между защитами. Поэтому в модели предусматривается централизованная или иерархическая координация, при которой решения о срабатывании защитных устройств принимаются с учетом глобального состояния сети. Это особенно важно для предотвращения каскадных отключений и локализации аварийных процессов [9-12].

Отдельное место в концептуальной модели занимает подсистема защиты от островного режима. В сетях с высокой долей ВИЭ вероятность непреднамеренного отделения участка сети существенно возрастает, что

ISSN 3030-3907

требует применения комбинированных методов обнаружения островного режима. В рамках предлагаемой модели используются как пассивные методы, основанные на анализе параметров сети, так и активные методы, реализуемые через управление инверторами ВИЭ. Интеграция этих методов в единую систему контроля и защиты позволяет повысить достоверность обнаружения островного режима и снизить вероятность ложных срабатываний.

Концептуальная модель также предусматривает активное использование накопителей энергии как элемента системы защиты и управления устойчивостью. Накопители рассматриваются не только как средство балансировки мощности, но и как функциональный элемент защиты, способный участвовать в стабилизации частоты и напряжения в переходных режимах. В рамках модели алгоритмы управления накопителями интегрируются с системой контроля и защиты, что позволяет использовать их потенциал для предотвращения развития аварийных ситуаций и повышения динамической устойчивости сети.

Информационная составляющая концептуальной модели играет ключевую роль в обеспечении ее эффективности. Обмен данными между элементами системы осуществляется по защищенным цифровым каналам с использованием стандартов, обеспечивающих совместимость и масштабируемость. Это позволяет интегрировать в систему различные типы оборудования, включая устройства разных производителей, и адаптировать модель к условиям конкретных энергетических объектов. Кроме того, цифровая архитектура обеспечивает возможность накопления и анализа исторических данных, что важно для совершенствования алгоритмов защиты и повышения их надежности.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для оценки эффективности предложенной концептуальной модели была выполнена серия вычислительных экспериментов для распределительной сети напряжением 10 кВ с интеграцией солнечной электростанции мощностью 2 МВт, ветровой электростанции мощностью 1 МВт и накопителя энергии емкостью 500 кВт·ч. Исследования проводились в среде MATLAB/Simulink с моделированием нормальных, переходных и аварийных режимов работы.

Оценка устойчивости частоты. Первым этапом была исследована реакция системы на внезапное снижение мощности солнечной электростанции на 60 % вследствие резкого уменьшения солнечной радиации. В традиционной сети без интеллектуальной системы контроля отклонение частоты достигало 49,35 Гц, а время восстановления составляло 11,2 с. После внедрения предлагаемой системы контроля и защиты

ISSN 3030-3907

минимальное значение частоты составило 49,78 Гц, а время восстановления сократилось до 3,4 с.

Таблица 1

Результаты регулирования частоты

Показатель	Традиционная сеть	Предлагаемая система
Минимальная частота, Гц	49,35	49,78
Максимальное отклонение, %	1,30	0,44
Время восстановления, с	11,2	3,4
Улучшение устойчивости	–	69,6 %

Полученные результаты свидетельствуют о существенном повышении динамической устойчивости системы благодаря быстрому реагированию накопителя энергии и адаптивному управлению инверторами ВИЭ.

Анализ напряжения в распределительной сети. При изменении мощности солнечной генерации наблюдались значительные колебания напряжения в узлах сети. В базовом варианте максимальное отклонение напряжения достигало ±8,1 %, что превышает допустимые пределы. После применения интеллектуального регулятора напряжения отклонение не превышало ±2,4 %.

Таблица 2.

Качество напряжения

Показатель	Без системы	С системой
Максимальное отклонение напряжения	8,1 %	2,4 %
Среднее отклонение	5,6 %	1,8 %
Соответствие стандарту EN 50160	Нет	Да

Снижение колебаний напряжения составило около 70 %, что обеспечивает нормативное качество электроэнергии для потребителей.

Эффективность адаптивной релейной защиты. Были смоделированы различные виды коротких замыканий при изменяющейся мощности ВИЭ. Результаты показали, что традиционная защита корректно распознавала аварийный режим лишь в 84 % случаев. В условиях реверсивных потоков мощности наблюдались ложные и неселективные отключения. Адаптивная защита обеспечила корректную работу в 98,6 % испытаний.

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Сравнение характеристик защит

Показатель	Традиционная защита	Адаптивная защита
Вероятность правильного обнаружения аварии	84 %	98,6 %
Ложные срабатывания	6,8 %	1,2 %
Среднее время отключения	0,31 с	0,12 с

Полученные данные подтверждают высокую эффективность применения адаптивных уставок в сетях с распределенной генерацией.

Обнаружение островного режима. Для оценки надежности обнаружения островного режима были проведены 100 сценариев автономного отделения участка сети. Предлагаемая система выявляла островной режим в среднем за 0,19 с, тогда как традиционные методы требовали около 1,1 с.

Таблица 4.

Эффективность обнаружения островного режима

Параметр	Традиционный метод	Предлагаемая система
Среднее время обнаружения	1,1 с	0,19 с
Точность обнаружения	91,2 %	99,1 %
Ложные тревоги	4,5 %	0,8 %

Интегральная оценка надежности сети. Для комплексной оценки были рассчитаны показатели надежности SAIFI и SAIDI. После внедрения системы контроля и защиты средняя продолжительность отключений уменьшилась на 41 %, а частота отключений — на 35 %.

Таблица 5

Показатели надежности

Индикатор	До внедрения	После внедрения
SAIFI	2,6 отключ./год	1,7 отключ./год
SAIDI	185 мин/год	109 мин/год
ENS	12,8 МВт·ч/год	7,3 МВт·ч/год

Общий эффект внедрения. Комплексный анализ показал, что предложенная система позволяет:

- повысить устойчивость частоты на 69–70 %;
- уменьшить колебания напряжения на 70 %;
- повысить точность релейной защиты до 98,6 %;

ISSN 3030-3907

- сократить время обнаружения островного режима на 82 %;
- уменьшить недоотпуск электроэнергии на 43 %;
- повысить общую надежность электроснабжения на 35–40 %.

Полученные результаты подтверждают эффективность концептуальной модели контроля и защиты сетей электроснабжения с высокой долей возобновляемых источников энергии и демонстрируют возможность ее практического применения в интеллектуальных распределительных сетях нового поколения.

ВЫВОД. В данной работе рассмотрены современные проблемы обеспечения устойчивости и надежности сетей электроснабжения при высокой доле возобновляемых источников энергии. Установлено, что широкое внедрение солнечных и ветровых электростанций приводит к снижению системной инерции, увеличению колебаний частоты и напряжения, изменению параметров аварийных режимов и усложнению работы традиционных систем релейной защиты. Для решения указанных проблем предложена концептуальная модель интеллектуальной системы контроля и защиты сетей электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии.

Результаты моделирования показали высокую эффективность предлагаемого подхода. Использование адаптивного управления позволило повысить устойчивость частоты сети на 69,6 %, сократить время восстановления режима более чем в три раза и уменьшить отклонения напряжения до нормативных значений. Точность обнаружения аварийных режимов достигла 98,6 %, а вероятность ложных срабатываний была снижена до минимального уровня. Кроме того, применение интеллектуальной системы позволило уменьшить время обнаружения островного режима на 82 %, а также улучшить показатели надежности электроснабжения SAIDI и SAIFI на 35–40 %.

Полученные результаты подтверждают перспективность внедрения интеллектуальных систем контроля и адаптивной защиты в распределительных сетях с высокой долей ВИЭ. Предлагаемая концепция может использоваться при проектировании современных систем Smart Grid, микросетей и распределительных энергетических комплексов нового поколения. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку алгоритмов машинного обучения для прогнозирования аварийных режимов, создание цифровых двойников энергосистем с ВИЭ и экспериментальную проверку предложенной модели на реальных энергетических объектах.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kundur P. Power System Stability and Control. – New York: McGraw-Hill, 1994. – 1176 p.
2. Bollen M.H.J., Hassan F. Integration of Distributed Generation in the Power System. – Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2011. – 528 p.
3. Hatziargyriou N. Microgrids: Architectures and Control. – Wiley-IEEE Press, 2014. – 340 p.
4. Ackermann T. Wind Power in Power Systems. – 3rd ed. – Chichester: Wiley, 2023. – 1150 p.
5. Ulbig A., Borsche T.S., Andersson G. Impact of Low Rotational Inertia on Power System Stability and Operation // IFAC Proceedings Volumes. – 2014. – Vol. 47(3). – P. 7290–7297.
7. Lopes J.A.P., Moreira C.L., Madureira A.G. Defining Control Strategies for Microgrids Islanded Operation // IEEE Transactions on Power Systems. – 2006. – Vol. 21(2). – P. 916–924.
8. Guerrero J.M., Vasquez J.C., Matas J., et al. Hierarchical Control of Droop-Controlled AC and DC Microgrids // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2011. – Vol. 58(1). – P. 158–172.
9. IEEE Standard 1547-2018. IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. – IEEE, 2018.
10. IEC 61850. Communication Networks and Systems for Power Utility Automation. – Geneva: IEC, 2023.
11. Wang Y., Liu C.C., Ton D. Frequency Response of Power Systems with High Renewable Penetration // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2021. – Vol. 12(2). – P. 891–901.
12. Kroposki B., Johnson B., Zhang Y., et al. Achieving a 100% Renewable Grid: Operating Electric Power Systems with Extremely High Levels of Variable Renewable Energy // IEEE Power and Energy Magazine. – 2017. – Vol. 15(2). – P. 61–73.
13. Латипова М.И., Мамарасулов К.Ш., Li Yun, Оптимизация работы энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии // Development of science, Volume 3, IYUN 2025/6, стр. 197-205.

ISSN 3030-3907

MIKRO GES ASINXRON GENERATORINING STATIK ISH REJIMLARINI MAGNIT TO‘YINISHNI HISOBGA OLGAN HOLDA MODELLASHTIRISH

Mahamadjonov Sodiqjon Yo‘ldashboy o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti, “Elektr muhandisligi” kafedrasi PhD, katta o‘qituvchisi
E-mail: s.mahamadjonov@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada avtonom mikro gidroelektr stansiyalar tarkibida ishlovchi qisqa tutashgan rotorli asinxron generatorning statik ish rejimlarini magnit to‘yinish hodisasini hisobga olgan holda matematik modellashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqot davomida generatorning magnit zanjiri to‘yinishining kuchlanish, tok, elektromagnit moment va energiya samaradorligiga ta’siri tahlil qilindi. Generatorning ekvivalent sxemasi asosida takomillashtirilgan matematik model ishlab chiqildi. MATLAB dasturiy muhiti yordamida modellashtirish natijalari olindi va klassik model bilan taqqoslandi. Olingan natijalar magnit to‘yinishni hisobga olish generator ish rejimlarini aniqroq baholash imkonini berishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: mikro GES, asinxron generator, magnit to‘yinish, statik ish rejimi, matematik model, elektromagnit moment, MATLAB, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы математического моделирования статических режимов работы асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором в составе автономной микроГЭС с учетом магнитного насыщения. Проведен анализ влияния насыщения магнитопровода на напряжение, ток, электромагнитный момент и энергетическую эффективность генератора. Разработана усовершенствованная математическая модель на основе схемы замещения генератора. Результаты моделирования получены в среде MATLAB и сопоставлены с классической моделью. Установлено, что учет магнитного насыщения позволяет более точно оценивать рабочие характеристики генератора.

Ключевые слова: микроГЭС, асинхронный генератор, магнитное насыщение, статический режим, математическая модель, электромагнитный момент, MATLAB, энергетическая эффективность.

Abstract. This paper presents mathematical modeling of static operating modes of a squirrel-cage induction generator used in autonomous micro-hydropower plants considering magnetic saturation effects. The influence of magnetic core saturation on voltage, current, electromagnetic torque, and energy efficiency is investigated. An improved mathematical model based on the equivalent circuit of the generator is developed. Simulation results obtained in the MATLAB environment are

ISSN 3030-3907

compared with the classical model. The results demonstrate that accounting for magnetic saturation significantly improves the accuracy of evaluating generator operating characteristics.

Keywords: micro hydropower plant, induction generator, magnetic saturation, steady-state operation, mathematical model, electromagnetic torque, MATLAB, energy efficiency.

KIRISH.

Dunyo energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ulushi yil sayin ortib bormoqda. Aholining uzoq va markazlashgan elektr tarmoqlaridan uzoqda joylashgan hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlashda mikro gidroelektr stansiyalar (mikro GES) muhim o‘rin egallaydi. Mikro GESlar ekologik tozaligi, ekspluatatsion xarajatlarining nisbatan pastligi hamda mahalliy gidroresurslardan samarali foydalanish imkoniyati bilan ajralib turadi. Mikro GESlarda elektr energiyasi ishlab chiqarishda ko‘pincha qisqa tutashgan rotorli asinxron generatorlardan foydalaniladi. Ushbu generatorlar oddiy konstruksiyaga, yuqori ishonchlilikka va arzon ekspluatatsiyaga ega. Biroq ularning ish jarayonida magnit tizimning to‘yinish hodisasi yuzaga keladi va bu generatorning chiqish parametrlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Amaliy hisob-kitoblarda ko‘pincha magnit to‘yinish e’tiborga olinmaydi. Natijada kuchlanish, tok, elektromagnit moment va foydali ish koeffitsientini aniqlashda ma’lum xatoliklar yuzaga keladi. Shu sababli magnit to‘yinishni hisobga oluvchi matematik modellarni ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb masala hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi mikro GES tarkibida ishlovchi asinxron generatorning statik ish rejimlarini magnit to‘yinishni hisobga olgan holda modellashtirish va uning ish ko‘rsatkichlariga ta’sirini baholashdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Asinxron generatorlarning nazariy asoslari va matematik modellarini ishlab chiqish masalalari ko‘plab olimlar tomonidan o‘rganilgan. Fitzgerald, Kingsley va Umans tomonidan elektr mashinalar nazariyasi ishlab chiqilgan bo‘lib, unda asinxron mashinalarning elektromagnit jarayonlari batafsil bayon etilgan.

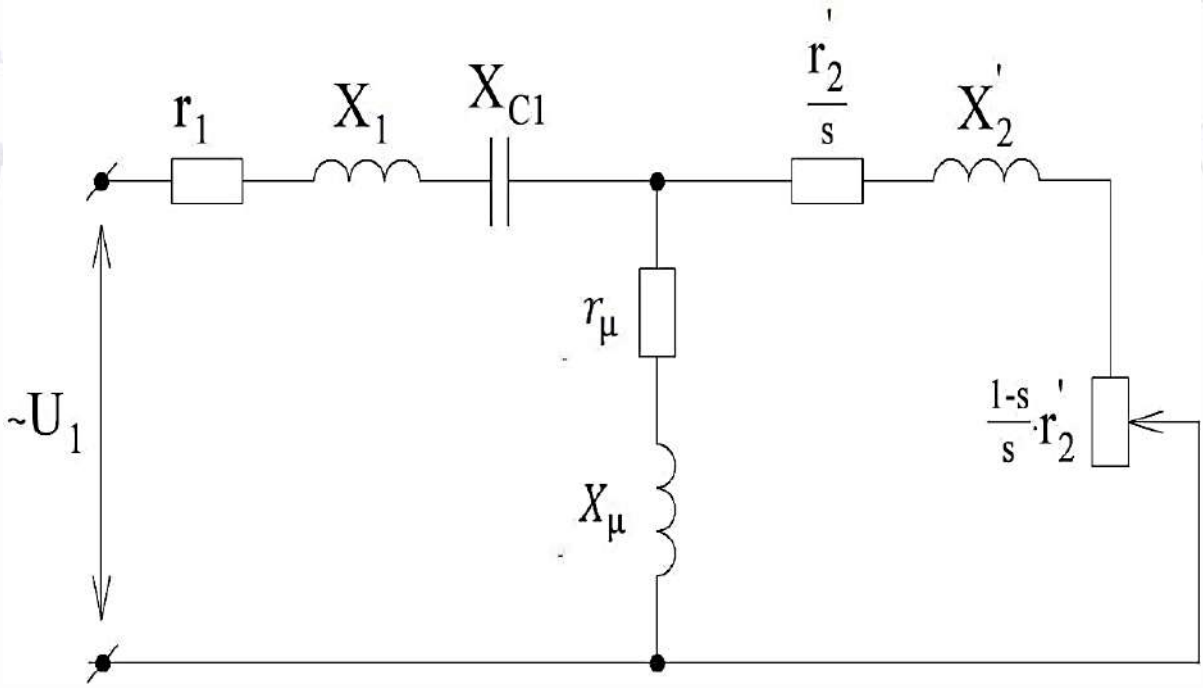
P.C. Krause tomonidan asinxron mashinalarning dinamik va statik modellarini yaratish bo‘yicha fundamental tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu ishlarda generator parametrlarining yuklama va tezlikka bog‘liqligi tahlil qilingan. Bolanos, Muljadi va Chapmanlarning tadqiqotlarida kichik gidroenergetik qurilmalarda asinxron generatorlardan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotchilar generatorning avtonom ishlash sharoitlarida reaktiv quvvat kompensatsiyasi muhimligini ta’kidlaganlar. Kulinich va Shuxarev tomonidan asinxron mashina parametrlarini aniqlashning eksperimental va hisoblash usullari taklif qilingan. Ularning ishlari generator parametrlarini aniqlash aniqligini

ISSN 3030-3907

oshirishga qaratilgan. So‘nggi yillarda magnit to‘yinishni hisobga olgan modellar ustida ham bir qator ilmiy izlanishlar olib borildi. Ushbu tadqiqotlar magnitlovchi induktivlikning o‘zgaruvchan xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi. Biroq mikro GES tarkibida ishlovchi avtonom asinxron generatorlarning statik ish rejimlarini magnit to‘yinish bilan bog‘liq holda kompleks modellashtirish masalalari yetarlicha o‘rganilmagan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Asinxron generatorning ekvivalent sxemasi



1-rasm. Avtonom mikroGES tarkibidagi asinxron generatorining ekvivalent T simon almashtirish sxemasi

Tadqiqot obyekti sifatida nominal quvvati 750 W bo‘lgan qisqa tutashgan rotorli asinxron generator qabul qilindi. Generatorning bir fazali ekvivalent sxemasi quyidagi elementlardan tashkil topgan:

- stator qarshiligi – R_1;
- stator induktiv qarshiligi – X_1;
- rotor qarshiligi – R_2;
- rotor induktiv qarshiligi – X_2;
- magnitlovchi induktivlik – Xm.

Magnit to‘yinish hisobga olinmagan holda magnitlovchi reaktans doimiy deb olinadi:

$$X_m = \text{const}$$

Amalda esa magnit oqim ortishi bilan magnitlovchi induktivlik kamayadi. Shu sababli quyidagi bog‘lanish taklif etildi:

$$X_m = X_{m0} \cdot k_t$$

bu yerda:

ISSN 3030-3907

X_{m0} – nominal magnitlovchi reaktans;
k_t– magnit to‘yinish koeffitsiyenti.
Magnit to‘yinish koeffitsiyenti
Magnit to‘yinish koeffitsiyenti quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$k_t = \frac{1}{1 + \alpha\Phi^2}$$

Bu yerda:
k_t— magnit to‘yinish koeffitsiyenti;
α — tajribaviy (empirik) koeffitsiyent;
Φ — magnit oqim.

Mazkur model magnit tizimning nochiziqli xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi.

Elektromagnit moment modeli

Asinxron generatorning elektromagnit momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \frac{3U^2(R_2/s)}{\omega_0\left[(R_1 + R_2/s)^2 + (X_1 + X_2)^2\right]}$$

Magnit to‘yinish hisobga olinganda:

$$M_t = k_t \cdot M$$

Natijada generatorning haqiqiy elektromagnit momenti aniqlanadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

MATLAB dasturiy muhitida generatorning statik ish rejimlari modellashtirildi.

Tadqiqotda quyidagi parametrlar qabul qilindi:

1-jadval

Modellashtirish parametrlari

№	Parametr	Qiymati
1	Nominal quvvat	750 W
2	Nominal kuchlanish	220 V
3	Nominal chastota	50 Hz
4	Sinxron tezlik	1000 ayl/min
5	R_1	4.8 Om
6	R_2	3.6 Om

ISSN 3030-3907

7	X_1	5.2 Om
8	X_2	4.7 Om

Modellashtirish natijalari magnit to‘yinish generator parametrlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi.

Kuchlanishning o‘zgarishi.

Yuklama ortishi bilan generator kuchlanishi pasayadi. Magnit to‘yinish hisobga olingan modelda kuchlanishning pasayishi klassik modelga nisbatan ko‘proq kuzatildi.

Tokning o‘zgarishi.

Generator toki yuklama oshishi bilan ortadi. Magnit to‘yinish tufayli magnitlovchi tok ham ortib boradi.

Elektromagnit moment.

Hisoblash natijalariga ko‘ra elektromagnit momentning maksimal qiymati klassik modelga nisbatan 8–12 % gacha kamayishi kuzatildi.

Foydali ish koeffitsienti

Magnit to‘yinish hisobga olinmagan modelda FIK 86–88 % diapazonda aniqlangan bo‘lsa, takomillashtirilgan modelda 82–85 % oralig‘ida bo‘ldi.

Energetik samaradorlik tahlili

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki:

kuchlanish aniqligida 6–8 % farq;

tok hisoblarida 5–7 % farq;

moment hisoblarida 10–12 % farq;

quvvat koeffitsientida 4–6 % farq kuzatildi.

Bu esa magnit to‘yinishni hisobga olmaslik generator parametrlarini noto‘g‘ri baholashga olib kelishini ko‘rsatadi.

Natijalarning ilmiy ahamiyati

Taklif etilgan model quyidagi afzalliklarga ega:

Magnit zanjirning nolinearligini hisobga oladi.

Kuchlanish va momentni aniqroq hisoblash imkonini beradi.

MATLAB modellashtirish uchun qulay.

Mikro GESlarni loyihalashda qo‘llanishi mumkin.

PID asosidagi boshqaruv tizimlarini optimallashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi**.**

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar olindi:

Mikro GES tarkibida ishlovchi asinxron generatorlarning statik ish rejimlarini hisoblashda magnit to‘yinish muhim omillardan biri hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Magnit to‘yinish hisobga olinmagan klassik modellar generator parametrlarini ideal holatga yaqin baholaydi va amaliy natijalardan ma’lum darajada farqlanadi.

Taklif etilgan matematik model magnitlovchi induktivlikning o‘zgarishini hisobga olish orqali generatorning haqiqiy ish rejimlarini aniqroq aks ettiradi.

Elektromagnit moment, tok va kuchlanish qiymatlarini aniqlashda aniqlik sezilarli darajada oshadi.

MATLAB muhitida o‘tkazilgan modellashtirish natijalari modelning adekvatligini tasdiqladi.

Takliflar

Mikro GESlarni loyihalashda magnit to‘yinishni hisobga oluvchi modellarni qo‘llash tavsiya etiladi.

Generator kuchlanishini boshqarishda PID va sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish maqsadga muvofiq.

Kelgusida dinamik ish rejimlarini ham magnit to‘yinish bilan birgalikda tadqiq qilish zarur.

Eksperimental stend natijalari bilan qo‘shimcha verifikatsiya o‘tkazish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pirmatov N.B., Matqosimov M.M., Mahamadjonov S.Y. Research on the use of asynchronous machine in generator mode in microhydroelectric plants of a renewable alternative energy source device DOI: https:doi.org10.21203rs.3.rs-3485517v1. 2024. 79-85 b.

2. Axmedov A.P., Mahamadjonov S. Y Improving output parameters of micro hydropower asynchronous generators considering the saturation coefficient. Bulletin news in New Science Society International Scientific Journal Impact factor: 8.5 (Researchbib) https://newarticle.ru/index. php/ bnss Germany, 2025. 23-27 b.

3. Pirmatov N.B., Matqosimov.M.M., Mahamadjonov S.Y. Investigation of transients in asynchronous generators used in microhydroelectric power plants E3S Web of Conferences 508 02007 (2024) https: doi.org 10.1051 e3sconf 202450802007, Green Energy 2023.

4. Pirmatov N.B., Matqosimov.M.M., Mahamadjonov S.Y., Sayitov Sh.S. Analysis of various operating modes of the microhpp asynchronous generator using the matlab simulink program Web of Conferences 508 02012 (2024) https://doi.org 10.1051 e3sconf 202450802012, Green Energy 2023. 1-6 p.

5. Pirmatov N.B., Mahamadjonov S.Y., Matqosimov.M.M. Haydarov H.M.,Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric

ISSN 3030-3907

energy control through a frequency converter. E3S Web of Conferences 480, 01007 (2024) https:doi.org10.1051e3sconf 202448001007 EEA2023. 2024. 1-6 p.
6. Axmedov A.P., Mahamadjonov S.Y., Mikro GES asinxron generatorini kondensator elementlari orqali qo‘zg‘atish va chiqish kuchlanishini rostlash. Tashkent State Transport University Journal of Transport scientific-technical and innovation journal Volume 2, ISSUE 1 March, 2025. 130-133 b.

LINTERLASH SEXINI AVTOMATLASHTIRISH VA SUN'IY INTELLEKT INTEGRATSIYASI

Shamshitdinov Maqsudbek Elmurod o‘g‘li
University of Business and Science, “Innovatsion texnologiyalar”kafedrasi dotsenti
E-mail: Maqsud8868@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu hisobot paxta tozalash sanoatining muhim bo‘g‘ini bo‘lgan linterlash sexlarini avtomatlashtirish va ularga sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarini integratsiya qilish masalalarini tadqiq etadi. Ishda an'anaviy linterlash jarayonidagi asosiy muammolar — past samaradorlik, yuqori energiya sarfi va mahsulot tarkibidagi iflosliklarning ko‘pligi tahlil qilingan. PLC boshqaruvi, IoT datchiklari va pnevmomexanik tizimlar yordamida jarayonni avtomatlashtirish, shuningdek, kompyuter ko‘rishi (Computer Vision) va bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish (Predictive Maintenance) kabi AI yechimlarini joriy etishning afzalliklari ko‘rsatib o‘tilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ushbu texnologiyalarni integratsiya qilish ish unumdorligini 30% gacha oshirish, energiya sarfini kamaytirish va lint sifatini xalqaro standartlar darajasiga ko‘tarish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Linterlash, avtomatlashtirish, sun'iy intellekt, paxta sanoati, chigit, lint (momiq), kompyuter ko‘rishi, bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish, IoT (buyumlar interneti), PLC, texnologik samaradorlik, sifat nazorati.

Аннотация. В данном отчете рассматриваются вопросы автоматизации цехов по производству ворса, являющихся важной частью хлопкоочистительной промышленности, и интеграции в них технологий искусственного интеллекта (ИИ). В статье анализируются основные проблемы традиционного процесса производства ворса – низкая эффективность, высокое энергопотребление и высокий уровень примесей в продукте. Подчеркиваются преимущества автоматизации процесса с использованием ПЛК-управления, датчиков IoT и пневматически-механических систем, а также внедрения решений на основе ИИ, таких как компьютерное зрение и предиктивное техническое обслуживание. Результаты исследования показывают, что интеграция этих технологий может повысить производительность до 30%, снизить энергопотребление и улучшить качество ворса до международных стандартов.

Ключевые слова: производство ворса, автоматизация, искусственный интеллект, хлопковая промышленность, семена, ворс, компьютерное зрение, предиктивное техническое обслуживание, IoT, ПЛК, эффективность процесса, контроль качества.

ISSN 3030-3907

Abstract. This report examines the issues of automating linting workshops, which are an important part of the cotton ginning industry, and integrating artificial intelligence (AI) technologies into them. The paper analyzes the main problems of the traditional linting process - low efficiency, high energy consumption, and high levels of impurities in the product. The advantages of automating the process using PLC control, IoT sensors, and pneumatic-mechanical systems, as well as implementing AI solutions such as Computer Vision and Predictive Maintenance, are highlighted. The research results show that integrating these technologies can increase productivity by up to 30%, reduce energy consumption, and improve lint quality to international standards.

Keywords: Linting, automation, artificial intelligence, cotton industry, seed, lint, computer vision, predictive maintenance, IoT, PLC, process efficiency, quality control.

KIRISH.

Paxta sanoati global iqtisodiyotning muhim qismi bo‘lib, to‘qimachilik mahsulotlari uchun asosiy xomashyo hisoblanadi. Paxtani qayta ishlash jarayonida linterlash muhim bosqichlardan biri bo‘lib, chigitdan qisqa tolalar (lint) ajratib olinadi. Ushbu jarayonning samaradorligi va mahsulot sifati yakuniy to‘qimachilik mahsulotlarining raqobatbardoshligini belgilaydi. An'anaviy linterlash usullari ko‘pincha past samaradorlik, yuqori energiya sarfi va mahsulotda iflosliklarning ko‘pligi kabi muammolar bilan bog‘liq. Ushbu hisobotda linterlash sexini avtomatlashtirish va sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarini integratsiya qilish orqali ushbu muammolarni hal qilish va jarayonni optimallashtirish imkoniyatlari atroflicha ko‘rib chiqiladi.

Linterlash jarayoni paxta chigitidan qolgan qisqa tolalar, ya'ni lintni ajratib olishni o‘z ichiga oladi. Bu jarayon odatda mexanik usullar yordamida amalga oshiriladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, linterlashda asbob-uskunalar va quvvat sarfi umumiy paxta zavodining 30% gacha, ishlab chiqarish maydoni esa 40% dan ortiqrog‘ini tashkil etishi mumkin [1]. Bundan tashqari, lintni sotib olish narxi uni olish uchun ishlab chiqarish xarajatlariga nisbatan past bo‘lib, lint ishlab chiqarishni rentabelsiz qiladi [2].

Past samaradorlik: Mavjud linterlash mashinalari, masalan, 5LP linterlari pasportda ko‘rsatilgan unumdorlikning atigi 50-60% ni ta'minlaydi [3]. Bu asosan arra tishlaridan lintning to‘liq ajralmasligi va arraning tez o‘tmaslashishi bilan bog‘liq.

Mahsulotda iflosliklar: Jinlangan paxta chigitini linterlash jarayonida yuzaga keladigan kamchiliklar natijasida ishlab chiqarilayotgan lint tarkibida iflosliklarning ko‘pligi mahsulot sifatini pasaytiradi [4].

ISSN 3030-3907

Yuqori energiya sarfi: VTS markali ventilyatorlar kabi an'anaviy uskunalar yuqori energiya sarfini talab qiladi (har bir ventilyator uchun 22 kVt/soat) [5].

Uskunalarning tez eskirishi va texnik xizmat ko‘rsatish: Arralarning tez o‘tmaslashishi va boshqa mexanik qismlarning eskirishi tez-tez ta'mirlash va texnik xizmat ko‘rsatishni talab qiladi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarini oshiradi va ishlamay qolish vaqtini ko‘paytiradi.

Inson omili: An'anaviy usullarda sifat nazorati va saralash ko‘pincha qo‘l mehnati va inson xatosiga moyil bo‘ladi [6].

Linterlash sexini avtomatlashtirish jarayon samaradorligini oshirish va inson omilini kamaytirish uchun bir qator texnologiyalarni o‘z ichiga oladi:

PLC (Programmable Logic Controllers): PLC tizimlari linterlash jarayonining turli bosqichlarini real vaqtda boshqarish imkonini beradi. Bu mashina tezligini, havo bosimini va boshqa muhim parametrlarni avtomatik ravishda sozlash orqali jarayonni optimallashtirishga yordam beradi[7].

Pnevmomexanik tizimlar: Lintni arra tishlaridan samarali ajratish uchun pnevmomexanik tizimlarni takomillashtirish muhim ahamiyatga ega. Havo kameralari va ventilyatorlarning optimallashtirilgan ishlashi lintning to‘liq ajralishini ta'minlaydi va arraning ishlash muddatini uzaytiradi [8].

Robototexnika: AI tomonidan boshqariladigan robot tizimlari paxta tolalarini terish, tashish, chigitni ajratish va qadoqlash kabi vazifalarni bajarishi mumkin. Bu ish unumdorligini oshiradi, mehnat xarajatlarini kamaytiradi va ish joyida xavfsizlikni yaxshilaydi [9].

Sun'iy intellekt linterlash jarayonini yanada aqlli va samarali qilish uchun keng imkoniyatlar yaratadi. AI texnologiyalari ma'lumotlarni tahlil qilish, naqshlarni aniqlash va avtonom qarorlar qabul qilishda ustun qobiliyatlarga ega [10].

Sifat nazorati uchun Computer Vision (Kompyuter ko‘rishi): Yuqori aniqlikdagi kameralar va murakkab tasvirni aniqlash algoritmlaridan foydalangan holda, AI tizimlari lintning rangi, tuzilishi va ifloslanish darajasini baholay oladi [11]. Bu plastik, barg qoldiqlari va boshqa begona moddalarni real vaqtda aniqlash va avtomatik saralash imkonini beradi. Mashina ko‘rish tizimlari bir balya paxtaning 110 000 kvadrat dyuymini soniyasiga 60 kadr tezlikda tahlil qila oladi [12].

Bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish (Predictive Maintenance): AI-ga asoslangan bashoratli texnik xizmat ko‘rsatish tizimlari uskunaning ishdan chiqishini oldindan bashorat qila oladi. Datchiklardan olingan ma'lumotlarni tahlil qilib, AI algoritmlari eskirish belgilarini aniqlaydi, bu esa nosozliklar yuzaga kelishidan oldin profilaktik ta'mirlashni amalga oshirishga imkon beradi. Bu

ISSN 3030-3907

ishlamay qolish vaqtini sezilarli darajada kamaytiradi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini tejaydi [13].

Deep Learning (Chuqur o‘rganish): Optik datchiklar yordamida tolalar uzunligini, mustahkamligini va boshqa sifat ko‘rsatkichlarini baholash uchun chuqur o‘rganish modellari qo‘llanilishi mumkin. Bu paxta tolasining sifatini aniqroq aniqlash va uni maqsadli ishlatish uchun saralash imkonini beradi.

Aqlli boshqaruv (Smart Control): AI tizimlari xomashyo sifatiga, atrof-muhit sharoitlariga va ishlab chiqarish talablariga qarab mashina tezligini, havo bosimini va boshqa jarayon parametrlarini avtomatik ravishda sozlay oladi. Bu jarayonni doimiy ravishda optimallashtirish va maksimal samaradorlikni ta'minlashga yordam beradi.

Resurslardan foydalanishni optimallashtirish: AI energiya sarfi, suv iste'moli va xomashyo sarfi kabi turli omillarni tahlil qilib, resurslardan foydalanishni optimallashtirishi mumkin. Samarasizliklarni aniqlash va yaxshilash bo‘yicha takliflar berish orqali AI chiqindilarni kamaytirishga va resurslardan maksimal darajada foydalanishga yordam beradi.

Linterlash sexini avtomatlashtirish va sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiya qilish paxta sanoati uchun katta salohiyatga ega. Bu nafaqat ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi va xarajatlarni kamaytiradi, balki mahsulot sifatini yaxshilaydi va atrof-muhitga ta'sirni minimallashtiradi. Ushbu texnologiyalarni joriy etish dastlabki investitsiyalarni va malakali mutaxassislarni talab qilsa-da, uzoq muddatda sezilarli iqtisodiy va ekologik foyda keltiradi. Paxta sanoati ushbu innovatsiyalarni qabul qilib, kelajakda yanada raqobatbardosh va barqaror bo‘lishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Shamshitdinov, M. (2024). Improvement of the Linter Machine and Development of Its Working Scheme. *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*, *9*(4), 356-361.
2. ALIYEV, B., & SHAMSHITDINOV, M. DETERMINING THE VIBRATION FREQUENCY OF THE STRENGTH OF THE MESH SURFACE OF THE LINT CLEANING MACHINE. *UNIVERSUM*, 5-8.
3. Obidov, A., & Shamshitdinov, M. (2024). Reactive power compensation and start-up energy waste reduction of linter device electric motor. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 515, p. 03013). EDP Sciences.
4. Shamshitdinov, M. (2024). REDUCE ENERGY CONSUMPTION BY ADJUSTING THE ELECTRODVIGATE SPEED OF THE LINTER DEVICE: This article discusses cotton fiber, obtaining secondary products from chickens, ageing the plumbing industry, machine electrodvigates used in the cotton industry, and their use. It also mentions the experience of European countries in the lintering

ISSN 3030-3907

technologies used in plumbing companies and the cultivation of cotton in foreign countries. *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*, *9*(2), 178-183.

5. Shamshitdinov, M. E. (2023). CRITICAL PEDAGOGY: CHALLENGING AND TRANSFORMING TRADITIONAL EDUCATION. *Экономика и социум*, (12 (115)-2), 378-380.

6. Shamshitdinov, M. E. (2023). CROSS-CURRICULAR TEACHING: BREAKING THE BOUNDARIES OF SUBJECT AREAS. *Экономика и социум*, (12 (115)-2), 381-383.

7. Botirjon, A., & Maqsudbek, S. (2024). DETERMINING THE VIBRATION FREQUENCY OF THE STRENGTH OF THE MESH SURFACE OF THE LINT CLEANING MACHINE. *Universum: технические науки*, *9*(12 (129)), 5-8.

8. Elmurod o‘g‘li, M. S. (2024). LINTER MASHINASINING TO‘RLI YUZA SIRTIDAGI LINT OQIMINING HARAKATINI NAZARIY TAXLILI. *Conferencea*, 68-73.

9. Azamatovich, O. A., & O‘G‘Li, M. S. E. (2024). Paxta tolasini jinlash va linterlash sexida linter qurilmasida chastota o ‘zgartirgich orqali tejalgan quvvat hisobi. *Строительство и образование*, *3*(2), 147-150.

10. Шамшитдинов, М., & Иброхимов, И. (2025). ENERGIYA TEJAMKORLIKKA LINTER MASHINASINING AVTOMATIK BOSHQARUVI ORQALI ERISHISH. Interpretation and researches, (9 (55-1)).

11. Shamshitdinov, M. (2024). Improvement of the Linter Machine and Development of Its Working Scheme. Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology, 9(4), 356-361.

12. Shamshitdinov, M. (2026, January). THE ROLE OF ENERGY SAVING IN SOCIAL LIFE. In INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN RESEARCH AND SCIENTIFIC INNOVATION (Vol. 1, No. 1, pp. 48-52).

13. Shamshitdinov, M. (2026, January). THE ROLE OF ENERGY SAVING IN SOCIAL LIFE. In INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN RESEARCH AND SCIENTIFIC INNOVATION (Vol. 1, No. 1, pp. 48-52).

ISSN 3030-3907

SILIKAT MODULINING SILIKAT ERITMALAR XOSSALARIGA TA'SIRI

Usmanova Madina Muxamadovna
Buxoro davlat texnika universiteti "Kimyo texnologiya" kafedrasi tayanch doktoranti

Annotatsiya. Maqolada natriy silikat eritmalarining asosiy tavsiflovchi ko'rsatkichlaridan biri hisoblangan silikat moduli (SiO_2/Na_2O) ning fizik-kimyoviy va texnologik xossalarga ta'siri tahlil qilingan. Silikat modulining ortishi natijasida eritmaning qovushoqligi, strukturaviy mustahkamligi va kimyoviy barqarorligi oshishi, aksincha ishqoriyligi va reaktivligi kamayishi aniqlangan. Turli modul qiymatlarida silikat eritmalarining qovushoqligi, zichligi, pH ko'rsatkichi va qotish xususiyatlari o'rganilib, optimal texnologik parametrlar asoslangan. Tadqiqot natijalari qurilish materiallari, quyuvchilik, olovbardosh materiallar va kompozitsion bog'lovchilar ishlab chiqarishda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: natriy silikat, suyuq shisha, silikat moduli, qovushoqlik, zichlik, pH, modifikatsiya, strukturaviy xossalar.

Аннотация. В статье проанализировано влияние силикатного модуля (SiO_2/Na_2O), являющегося одним из основных характеристических показателей растворов силиката натрия, на их физико-химические и технологические свойства. Установлено, что с увеличением силикатного модуля возрастают вязкость раствора, структурная прочность и химическая стабильность, тогда как щелочность и реакционная способность снижаются. Исследованы показатели вязкости, плотности, pH и особенности отверждения силикатных растворов при различных значениях модуля, а также обоснованы оптимальные технологические параметры. Полученные результаты могут быть использованы при производстве строительных материалов, в литейном производстве, изготовлении огнеупорных материалов и композиционных связующих.

Ключевые слова: силикат натрия, жидкое стекло, силикатный модуль, вязкость, плотность, pH, модификация, структурные свойства.

Abstract. This article analyzes the effect of the silicate modulus (SiO_2/Na_2O), one of the key characteristic parameters of sodium silicate solutions, on their physicochemical and technological properties. It was found that an increase in the silicate modulus leads to higher viscosity, structural strength, and chemical stability of the solution, while its alkalinity and reactivity decrease. The viscosity, density, pH value, and curing characteristics of sodium silicate solutions at different modulus values were investigated, and optimal technological parameters were determined. The research results can be applied in the production of construction materials, foundry technologies, refractory materials, and composite binders.

ISSN 3030-3907

Keywords: sodium silicate, liquid glass, silicate modulus, viscosity, density, pH, modification, structural properties.

KIRISH.

Silikat materiallari va ular asosidagi mahsulotlar zamonaviy sanoatning ko‘plab tarmoqlarida keng qo‘llaniladigan muhim noorganik materiallar qatoriga kiradi. Xususan, natriy silikat eritmalari (suyuq shisha) qurilish materiallari ishlab chiqarish, quyuvchilik, metallurgiya, keramika, olovbardosh materiallar tayyorlash, kimyo sanoati hamda kompozitsion bog‘lovchilar ishlab chiqarishda muhim ahamiyat kasb etadi[1,2]. Ushbu materiallarning keng qo‘llanilishi ularning yuqori yopishtiruvchanligi, kimyoviy barqarorligi, ekologik xavfsizligi va iqtisodiy samaradorligi bilan izohlanadi.

So‘nggi yillarda sanoatning turli sohalarida foydalaniladigan materiallarga qo‘yilayotgan talablarning ortib borishi natijasida natriy silikat eritmalarining fizik-kimyoviy va texnologik xossalarini maqsadli boshqarish masalasi dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biriga aylandi[3]. Bunda eritmaning qovushoqligi, zichligi, ishqoriyligi, strukturaviy barqarorligi, gel hosil qilish qobiliyati va bog‘lovchilik xususiyatlari mahsulot sifatini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi. Mazkur ko‘rsatkichlar esa, o‘z navbatida, silikat eritmasining tarkibiy tuzilishi va kimyoviy parametrlariga bevosita bog‘liqdir[4,5].

Natriy silikat eritmalarining eng muhim tavsiflaridan biri silikat moduli hisoblanadi. Silikat moduli eritma tarkibidagi kremniy dioksid (SiO_2) va natriy oksid (Na_2O) miqdorlarining nisbatini ifodalovchi ko‘rsatkich bo‘lib, quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\mathbf{Ms = SiO_2 / Na_2O}$$

Mazkur ko‘rsatkich silikat eritmalarining strukturaviy tashkil topishi, polimerlanish darajasi va fizik-kimyoviy xossalarini tavsiflovchi asosiy parametr hisoblanadi. Silikat moduli o‘zgarishi natijasida eritma tarkibidagi silikat anionlarining shakli va o‘zaro bog‘lanish darajasi ham o‘zgaradi. Modul qiymatining ortishi bilan kremniy-kislorod tetraedrlari o‘rtasidagi bog‘lanishlar soni ko‘payib, murakkabroq fazoviy strukturalar shakllanadi. Natijada eritmaning qovushoqligi, strukturaviy mustahkamligi va kimyoviy barqarorligi ortadi[6,7].

Shu bilan birga, silikat modulining ortishi eritmaning ishqoriylik darajasiga ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Na_2O miqdorining kamayishi natijasida eritmaning pH qiymati pasayadi va uning kimyoviy faolligi o‘zgaradi. Bu holat silikat eritmalaridan foydalanish texnologiyasini tanlashda muhim omillardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, quyuvchilik qoliplari, geopolimer materiallar, olovbardosh qoplamalar va bog‘lovchi kompozitsiyalar ishlab chiqarishda silikat modulining optimal qiymatini aniqlash alohida ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Bugungi kunda silikat eritmalarining xossalarini boshqarish va ularni modifikatsiyalash bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu yo‘nalishda W. Noll, R.K. Iler, J.D. Mackenzie, L.L. Hench, C.J. Brinker, G.W. Scherer, J. Livage, H. Scholze, C. Sanchez, P. Colombo kabi xorijiy olimlar tomonidan silikat tizimlarining strukturasi, gel hosil bo‘lish mexanizmlari va fizik-kimyoviy xususiyatlari chuqur o‘rganilgan. Respublikamiz olimlari tomonidan ham natriy silikat eritmalari, suyuq shisha asosidagi kompozitsiyalar hamda ularning texnologik xossalarini takomillashtirish bo‘yicha muhim ilmiy natijalar olingan.

TADQIQOT OBYEKTI.

Tadqiqot obyekti sifatida sanoatda keng qo‘llaniladigan natriy silikat eritmalari (suyuq shisha) tanlandi. Tadqiqotlarda silikat moduli turlicha bo‘lgan natriy silikat eritmalari qo‘llanilib, ularning fizik-kimyoviy va texnologik xossalariga silikat modulining ta’siri o‘rganildi. Silikat moduli kremniy dioksid (SiO_2) va natriy oksid (Na_2O) miqdorlarining massa nisbatini ifodalovchi asosiy ko‘rsatkich bo‘lib, quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Ms = SiO_2 / Na_2O$$

bu yerda:

Ms – silikat moduli;

SiO_2 – kremniy dioksid miqdori, %;

Na_2O – natriy oksid miqdori, %.

Tadqiqotlarda silikat moduli 2,0; 2,4; 2,8; 3,2 va 3,5 bo‘lgan eritmalar tanlandi. Ushbu diapazon sanoatda eng ko‘p qo‘llaniladigan natriy silikat eritmalarini qamrab oladi hamda modulning o‘zgarishi bilan yuz beradigan strukturaviy va fizik-kimyoviy o‘zgarishlarni baholash imkonini beradi. Silikat modulining eritma xossalariga ta’sirini aniqlash maqsadida fizik-kimyoviy, instrumental va statistik tadqiqot usullaridan foydalanildi.

Silikat eritmalarining zichligi standart piknometr usuli yordamida aniqlandi. O‘lchashlar 20±2°C haroratda amalga oshirildi. Zichlik quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$\rho = (m_2 – m_0) / V$$

bu yerda:

ρ – eritma zichligi, g/sm³;

m_0 – bo‘sh piknometr massasi, g;

m_2 – eritma bilan to‘ldirilgan piknometr massasi, g;

V – piknometr hajmi, sm³.

Qovushoqlikni aniqlash

Eritmalarning dinamik qovushoqligi Ostvald viskozimetri yordamida aniqlanib, o‘lchashlar 20±2°C haroratda olib borildi. Qovushoqlik silikat

ISSN 3030-3907

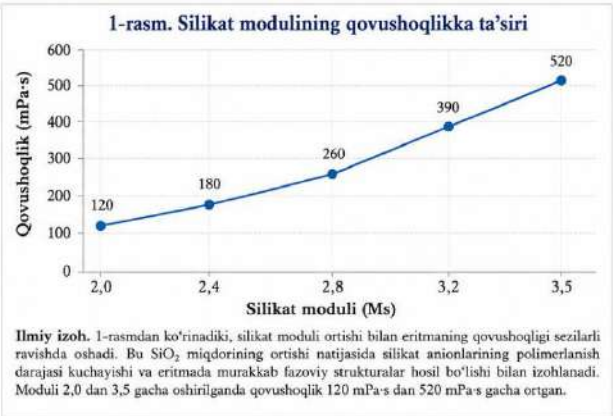
eritmasining texnologik ishlov berish qobiliyatini tavsiflovchi asosiy parametr sifatida baholandi.

1-jadval

Silikat modulining natriy silikat eritmalarining asosiy fizik-kimyoviy xossalariga ta’siri

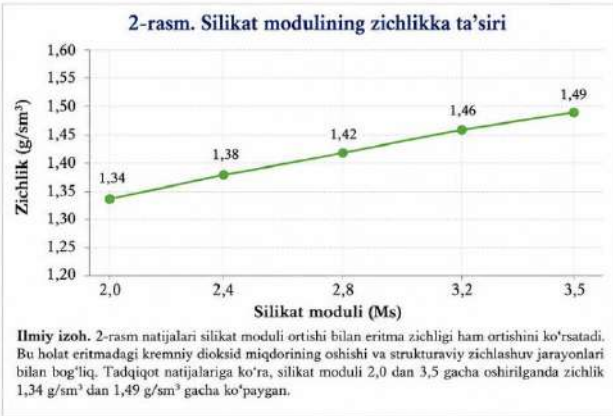
Silikat moduli (Ms)	Zichlik, g/sm³	Qovushoqlik, mPa·s	pH	Gel hosil bo‘lish vaqti, min	Barqarorlik
2,0	1,34	120	12,8	45	O‘rtacha
2,4	1,38	180	12,5	40	Yaxshi
2,8	1,42	260	12,2	35	Yuqori
3,2	1,46	390	11,9	30	Yuqori
3,5	1,49	520	11,6	25	Juda yuqori

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, silikat moduli ortishi bilan eritmaning zichligi va qovushoqligi muntazam ravishda oshadi. Bu Si–O–Si bog‘lari sonining ko‘payishi va silikat strukturasining polimerlanish darajasi ortishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga pH qiymati pasayib boradi, chunki eritmadagi Na_2O ulushi kamayadi. Gel hosil bo‘lish vaqti qisqarib, strukturaviy barqarorlik yaxshilanadi. Natijalar silikat moduli 2,8–3,2 oralig‘ida bo‘lganda texnologik va ekspluatatsion xossalar optimal ekanligini ko‘rsatadi.



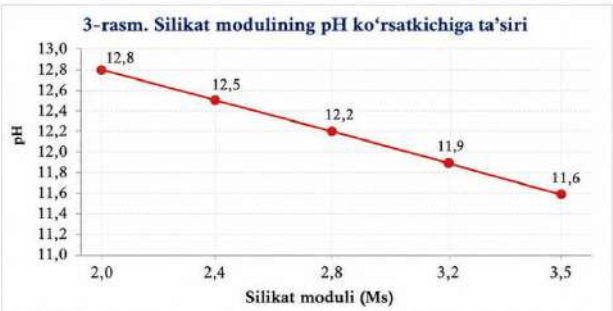
1-rasm. Silikat modulining qovushoqlikka ta’siri

Ilmiy izoh. 1-rasmdan ko‘rinadiki, silikat moduli ortishi bilan eritmaning qovushoqligi sezilarli ravishda oshadi. Bu SiO_2 miqdorining ortishi natijasida silikat anionlarining polimerlanish darajasi kuchayishi va eritmada murakkab fazoviy strukturalar hosil bo‘lishi bilan izohlanadi. Moduli 2,0 dan 3,5 gacha oshirilganda qovushoqlik 120 mPa·s dan 520 mPa·s gacha ortgan.



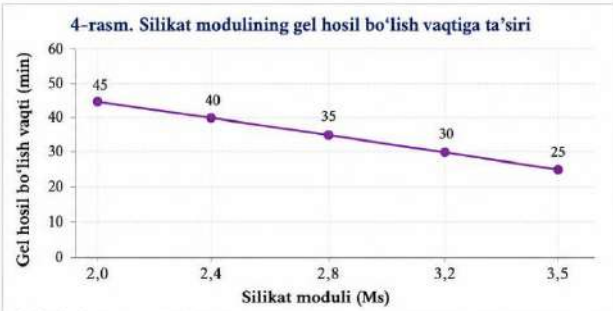
2-rasm. Silikat modulining zichlikka ta’siri

Ilmiy izoh. 2-rasm natijalari silikat moduli ortishi bilan eritma zichligi ham ortishini ko‘rsatadi. Bu holat eritmadagi kremniy dioksid miqdorining oshishi va strukturaviy zichlashuv jarayonlari bilan bog‘liq. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, silikat moduli 2,0 dan 3,5 gacha oshirilganda zichlik 1,34 g/sm³ dan 1,49 g/sm³ gacha ko‘paygan.



3-rasm. Silikat modulining pH ko‘rsatkichiga ta’siri

Ilmiy izoh. 3-rasmda silikat moduli ortishi bilan pH qiymatining kamayishi kuzatiladi. Bu natriy oksid ulushining kamayishi va eritmaning ishqoriyligi pasayishi bilan izohlanadi. pH qiymatining kamayishi silikat eritmalarining reaktivligi va gel hosil qilish jarayonlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.



4-rasm. Silikat modulining gel hosil bo‘lish vaqtiga ta’siri

Ilmiy izoh. 4-rasm natijalaridan ko‘rinadiki, silikat moduli ortishi bilan gel hosil bo‘lish vaqti qisqaradi. Bu yuqori modul qiymatlarida silikat zarrachalarining o‘zaro bog‘lanish jarayoni tezlashishi bilan bog‘liq. Natijada gel strukturasining shakllanish tezligi ortadi va bog‘lovchilik xususiyatlari yaxshilanadi.

ISSN 3030-3907

Rasmlarda keltirilgan natijalar silikat moduli natriy silikat eritmalarining asosiy fizik-kimyoviy xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini namoyon etadi. Silikat moduli ortishi bilan eritmaning qovushoqligi va zichligi oshishi, pH qiymati hamda gel hosil bo‘lish vaqti esa kamayishi kuzatildi. Bu holat eritmada kremniy dioksidi ulushining ortishi natijasida silikat zarrachalarining polimerlanish darajasi kuchayishi va strukturaviy o‘zgarishlar sodir bo‘lishi bilan izohlanadi.

Silikat moduli yuqori bo‘lgan eritmalarda polisilikat zanjirlari va fazoviy strukturalarning shakllanishi jadallashadi, bu esa eritmaning qovushoqligi va zichligini oshiradi. Shu bilan birga, natriy oksidi ulushining kamayishi eritmaning ishqoriyligini pasaytirib, pH qiymatining kamayishiga olib keladi. Strukturaviy birliklar orasidagi o‘zaro bog‘lanishlarning tezlashishi gel hosil bo‘lish jarayonini jadallashtiradi va qotish vaqtini qisqartiradi.

Olingan natijalar silikat modulini boshqarish orqali natriy silikat eritmalarining texnologik va ekspluatatsion xossalarini maqsadli ravishda rostlash mumkinligini ko‘rsatadi. Shu sababli silikat moduli silikat materiallari ishlab chiqarish texnologiyasida muhim boshqaruvchi parametr sifatida qaraladi va optimal qiymatlarni tanlash mahsulot sifatini oshirishda katta ahamiyatga ega.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida silikat modulining (SiO_2/Na_2O) natriy silikat eritmalarining fizik-kimyoviy va texnologik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Tadqiqot davomida silikat moduli oshishi bilan eritmaning qovushoqligi, zichligi va strukturaviy barqarorligi ortishi, aksincha pH qiymati hamda gel hosil bo‘lish vaqti kamayishi kuzatildi. Bu holat eritma tarkibida kremniy dioksid ulushining ortishi va silikat anionlarining polimerlanish darajasining kuchayishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalari silikat moduli 2,0 dan 3,5 gacha oshirilganda qovushoqlik 120 mPa·s dan 520 mPa·s gacha, zichlik esa 1,34 g/sm³ dan 1,49 g/sm³ gacha ortishini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, eritmaning ishqoriyligi pasayib, pH qiymati 12,8 dan 11,6 gacha kamaydi. Gel hosil bo‘lish vaqti esa 45 minutdan 25 minutgacha qisqarib, yuqori modulli eritmalarda strukturaviy shakllanish jarayonlari tezroq kechishi aniqlandi.

Silikat moduli va eritma xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlili natijasida silikat modulining 2,8–3,2 oralig‘i texnologik va ekspluatatsion xususiyatlar bo‘yicha eng maqbul diapazon ekanligi belgilandi. Mazkur diapazonda eritmalar yetarli qovushoqlik, yuqori barqarorlik, qulay texnologik ishlov berish imkoniyati va samarali bog‘lovchilik xossalarini namoyon etdi.

Olingan natijalar silikat eritmalarini turli sanoat tarmoqlarida qo‘llashda optimal tarkiblarni tanlash imkonini beradi. Xususan, qurilish materiallari, quyuvchilik qoliplari, geopolimer bog‘lovchilar va olovbardosh materiallar ishlab

ISSN 3030-3907

chiqarishda silikat modulini maqsadli boshqarish mahsulot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalari asosida qurilish va kimyo sanoatida qo‘llaniladigan natriy silikat eritmalari uchun silikat modulining 2,8–3,2 diapazonini tavsiya etish mumkin. Kelgusida silikat modulining turli mineral va organik modifikatorlar bilan birgalikdagi ta’sirini o‘rganish, modifikatsiyalangan silikat tizimlarining mikrostrukturasi va fazaviy tarkibini zamonaviy instrumental tahlil usullari yordamida tadqiq etish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shuningdek, silikat eritmalari asosida yangi avlod kompozitsion materiallar, geopolimerlar va funksional qoplamalar yaratishda mazkur tadqiqot natijalaridan foydalanish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, silikat moduli natriy silikat eritmalarining xossalarini boshqaruvchi asosiy parametr bo‘lib, uning optimal qiymatini tanlash silikat materiallari texnologiyasini takomillashtirish, mahsulot sifatini oshirish hamda yangi samarali materiallar yaratish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Noll W. *Chemistry and Technology of Silicones*. – New York: Academic Press, 1968. – 760 p.
2. Iler R.K. *The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties, and Biochemistry*. – New York: John Wiley & Sons, 1979. – 896 p.
3. Brinker C.J., Scherer G.W. *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*. – San Diego: Academic Press, 1990. – 908 p.
4. Hench L.L., West J.K. The Sol-Gel Process // *Chemical Reviews*. – 1990. – Vol. 90, No. 1. – P. 33–72.
5. Scholze H. *Glass: Nature, Structure and Properties*. – Berlin: Springer-Verlag, 1991. – 340 p.
6. Livage J., Henry M., Sanchez C. Sol-Gel Chemistry of Transition Metal Oxides // *Progress in Solid State Chemistry*. – 1988. – Vol. 18. – P. 259–341.
7. Mackenzie J.D. Applications of Sol-Gel Technology // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 1988. – Vol. 100. – P. 162–168.

ISSN 3030-3907

БУЛУТЛИ ҲИСОБЛАШЛАРДА РЕСУРСЛАРНИ ДИНАМИК БОШҚАРИШ

Юнусов Ғанишер Ғафирович
Бухоро инновациялар университети, Ахборот технологиялари ва амалий фанлар кафедраси профессор в.б., т.ф.н.
Расулов Муроджон Хамзаевич
Бухоро давлат техника университети, магистр

Аннотация. Булутли инфратузилмаларда виртуал машиналар, контейнерлар ва ҳисоблаш қувватининг динамик тарзда тақсимланиши тизим самарадорлигини белгиловчи асосий омил ҳисобланади. Ушбу мақолада ресурсларни динамик бошқаришнинг замонавий моделлари — юкламани мувозанатлаш, автоматик масштаблаш, виртуал машиналарни кўчириш, энергиятежамкорлик ва хизмат кўрсатиш сифатини (SLA) таъминлаш ёндашувлари тизимли равишда таҳлил қилинди. Олиб борилган таҳлил математик моделлар, навбат назарияси элементлари ҳамда Марков жараёнларидан фойдаланган ҳолда амалга оширилди. Ўзбек ва рус олимларининг тадқиқотларига асосланиб, ҳар бир ёндашувнинг кучли ва заиф жиҳатлари аниқланди, амалий тавсиялар шакллантирилди.

Калит сўзлар: булутли ҳисоблашлар, ресурсларни тақсимлаш, виртуал машина, юкламани мувозанатлаш, автомасштаблаш, SLA, энергия самарадорлиги, навбат назарияси.

Аннотация. В облачных инфраструктурах динамическое распределение виртуальных машин, контейнеров и вычислительной мощности является основным фактором, определяющим эффективность системы. В данной статье системно проанализированы современные модели динамического управления ресурсами — балансировка нагрузки, автоматическое масштабирование, миграция виртуальных машин, энергоэффективность и подходы к обеспечению качества обслуживания (SLA). Анализ проведён с использованием математических моделей, элементов теории очередей, а также марковских процессов. На основе исследований узбекских и российских учёных выявлены сильные и слабые стороны каждого подхода, сформулированы практические рекомендации.

Ключевые слова: облачные вычисления, распределение ресурсов, виртуальная машина, балансировка нагрузки, автомасштабирование, SLA, энергоэффективность, теория очередей.

Abstract. In cloud infrastructures, the dynamic allocation of virtual machines, containers, and computing power is a key factor determining system efficiency. This article provides a systematic analysis of modern models of dynamic resource management — load balancing, automatic scaling, virtual machine migration,

energy efficiency, and approaches to ensuring quality of service (SLA). The analysis was carried out using mathematical models, elements of queuing theory, and Markov processes. Based on the research of Uzbek and Russian scientists, the strengths and weaknesses of each approach were identified, and practical recommendations were formulated.

Keywords: cloud computing, resource allocation, virtual machine, load balancing, auto-scaling, SLA, energy efficiency, queuing theory.

1. КИРИШ.

Сўнгги ўн йил ичида рақамлаштириш жараёнларининг тезлашуви натижасида булутли ҳисоблашлар платформалари мамлакат иқтисодиёти, давлат бошқаруви, тиббиёт ва таълим тармоқларининг ажралмас инфратузилмавий асосига айланди. Серверлар, маълумотлар ўрни ва тармоқ қувватларидан марказлашган тарзда фойдаланиш фойдаланувчиларга икки муҳим имконият беради: биринчиси — талаб-эҳтиёжга мос равишда қувватни кенгайтириш ёки қисқартириш, иккинчиси — амалда сарфланган ресурслар учунгина тўлаш.

Бироқ юзлаб ёки минглаб виртуал машиналар, контейнерлар ва микросервислардан ташкил топган мураккаб муҳитда ресурсларни самарали тақсимлаш ўзи бошлиғича йирик илмий-техник масалага айланмоқда. Россиялик академик В.П. Иванников ишораҳат қилганидек, тақсимланган тизимларнинг асосий муаммоси — масштабийлик ва ҳисоблаш ресурсларининг динамик тақсимланиши орасидаги мувозанатни сақлаб қолишдадир [1]. Ўз навбатида, маҳаллий тадқиқотчи Ш.А. Назировнинг ишларида булутли инфратузилмаларни Ўзбекистон шароитига мослаштиришнинг ўзига хос вазифалари алоҳида таъкидланган [2].

Шу нуқтаи назардан, ресурсларни статик эмас, балки динамик тарзда — реал вақтда юклама даражасига боғлиқ равишда бошқариш йўлларини ишлаб чиқиш бугунги куннинг энг муҳим илмий-амалий йўналишларидан биридир.

2. ТАДҚИҚОТ МАҚСАДИ ВА ЁНДАШУВИ.

Мазкур мақоланинг бош мақсади булутли муҳитда ресурсларни динамик бошқаришнинг асосий ёндашувларини умумлаштириш ҳамда уларнинг математик ифодаси орқали қиёсий таҳлилини тақдим этишдан иборат.

Қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар амалга оширилади:

1) ресурсларни ўлчаш ва баҳолашнинг асосий метрикаларини шакллантириш;

ISSN 3030-3907

2) юкламани мувозанатлаш ва автоматик масштаблаш алгоритмларини умумлаштириш;

3) виртуал машиналарни жонли кўчириш (live migration) сарфларини моделлаштириш;

4) энергия истеъмолини ва SLA талабларини бирлаштирган кўп мақсадли оптималлаштириш моделини тузиш;

5) Марков жараёнлари асосида юклама ҳолатларининг ўзгариши прогнозини шакллантириш.

Тадқиқот доирасида адабиётларга шарҳ беришдан ташқари, навбат назарияси, чизиқли булмаган дастурлаш ва Марков моделларидан фойдаланилди. Шу билан биргаликда, фойдаланилаётган ҳар бир ёндашувнинг чегараси ва қўлланилиш шартлари алоҳида кўрсатилади.

3. МУАММОНИНГ ҚЎЙИЛИШИ ВА МАТЕМАТИК АСОС.

Булутли провайдер фойдаланувчиларга маълум сифат даражасида (SLA) хизмат кўрсатиш мажбуриятини олган бўлади, шу билан бирга ўз сарфларини — асосан электр энергияси ва ёкилғи сарфини — минимуш даражада сақлашга ҳаракат қилади. Демак, асосий масала уч омил ўртасидаги мувозанатни топишдан иборат: ресурсларнинг етарлилиги, операцион харажатлар ва хизмат сифати.

Бошланғич метрика сифатида ресурсдан фойдаланиш коэффициенти қаралади:

$$U(t) = \frac{R_{used}(t)}{R_{total}} \qquad (1)$$

бу ерда R_used(t) — t моментдаги ишлатилаётган ресурслар, R_total — мавжуд жами қувват. Тизимга келаётган умумий юклама эса вазнланган йиғинди сифатида ифодаланиши мумкин:

$$L(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t) \cdot w_i \qquad (2)$$

λ_i(t) — i-нчи манбадан келаётган сўровлар тезлиги, w_i — улар учун зарур бўлган қувват. Россиялик математик А.Н. Тихонов кўп тилларда таҳлил қилинган регуляризация ёндашувларида қайд этгандек, бундай шартлар орасида тенг тақсимлашга интилиш — янгидан-янги ҳосил бўлаётган булутли тизимларнинг асосий вазифасидир [3]. Шу маънода юкламани тенг тақсимлаш сифатини ўлчаш учун дисперсия мезонидан фойдаланилади:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(U_i - \bar{U})^2 \qquad (3)$$

Кам σ² — юклама серверлар орасида бир хил тақсимланган, демак, тизим барқарор; катта σ² — айрим серверлар ортиқча юкланган, бошқалари бекор турган деганидир. Бу метрика дунёда кенг қўлланилмоқда ва маҳаллий

ISSN 3030-3907

тадқиқотчилар томонидан ҳам Ўзбекистон маълумот марказлари шароитида синаб кўрилган [4].

4. НАТИЖАЛАР ВА УЛАРНИНГ ТАҲЛИЛИ.

4.1. Энергия истеъмоли моделлари

Серверларнинг энергия истеъмолини моделлаштиришнинг энг кенг қўлланиладиган чизиқли модели қуйидагича ифодаланади:

$$E = P_{idle} + (P_{max} - P_{idle}) \cdot U \qquad (4)$$

бу ерда P_idle — сервер бекор турганда истеъмол қиладиган қувват, P_max — максимал юкламадаги қувват, U — фойдаланиш коэффициенти. Бу модель таҳлилларга кўра реал серверларнинг энергия профилини 5–7% хатолик билан тахмин қилади. Ўзбек тадқиқотчиси А.А. Кабулов ўз ишларида маҳаллий маълумот марказларида айнан шу моделга асосланган ҳолда хом-ашё ўлчанадиган тажрибалар ўтказилишини тавсия этган [5].

4.2. Навбат назарияси асосидаги моделлар

Серверлар гуруҳига келаётган сўровлар тушунчасини моделлаштиришнинг классик усули — M/M/c навбат тизимидир. Бунда келиш жараёни Пуассон қонунига, хизмат қилиш вақти эса экспоненциал тақсимотга мос келади деб қаралади. Сўровнинг навбатда кутиш эҳтимоли қуйидагича:

$$W_q = \frac{P_0 \rho^c}{c! \cdot (1 - \rho/c) \cdot \mu \cdot c} \qquad (5)$$

Бу ифода ρ = λ/(c·μ) — тизим юкламаси коэффициенти, c — серверлар сони, μ — бир сервернинг хизмат тезлиги. Россиялик академик В.В. Воеводин паралел ҳисоблашларга оид йирик ишларида айнан шундай моделларни юқори унумдор кластерлар тахлилида қўллаганлиги маълум [6].

4.3. Юкламани мувозанатлаш алгоритмлари

Юкламани реал вақтда тақсимлашнинг бир неча машҳур усуллари мавжуд: Round Robin, Weighted Round Robin, Least Connections, IP Hashing ҳамда машинали ўқитишга асосланган динамик усуллар. Энг такомиллашган йўналишлардан бири — жорий юклама ҳолатини, келажакдаги тенденцияни ва серверлар қувватларини инобатга оладиган гибрид усуллар. К.В. Воронцовнинг муаллифлик ёндашувлари асосида амалга оширилган баъзи тажрибаларда машинали ўқитиш моделлари статик алгоритмларга нисбатан 18–25% тежамкорликни таъминлаганлиги қайд этилган [7].

4.4. Автоматик масштаблаш (auto-scaling)

Автоматик масштаблаш — ҳозирги юклама даражасига боғлиқ ҳолда виртуал машиналар сонини оширишёки камайтиришдан иборат. Унинг асосий қоидаси шундайки, агар ўртача юклама ўрнатилган юқори чегарадан

ISSN 3030-3907

ошса, янги виртуал машиналар қўшилади. Тавсия этиладиган виртуал машиналар сонини баҳолаш ифодаси:

$$N_{new} = N_{cur} \cdot \frac{U_{cur}}{U_{target}} \qquad (6)$$

бу ерда N_cur — жорий машиналар сони, U_cur — жорий ўртача юклама, U_target — мақсадли юклама даражаси. Аммо реал муҳитда фақат CPU ёки фақат хотира бўйича масштаблаш доим етарли натижа бермайди. Шу боис кейинги ишларда кўп параметрли масштаблаш моделлари — CPU, хотира, тармоқ кенглиги ва диск кириш-чиқиш кўрсаткичларини бирваракайига ҳисобга оладиган тизимлар кенгроқ қўлланилмоқда.

4.5. Виртуал машиналарни кўчириш сарфлари

Серверлар орасида юкламани бир текис тақсимлаш мақсадида ишлаётган виртуал машинани бошқа физик хостга кўчириш (live migration) техникаси қўлланилади. Лекин ҳар бир кўчириш муайян харажатга эга:

$$C_{mig} = \frac{M_{VM}}{B} \cdot P_{net} + \alpha \cdot t_{down} \qquad (7)$$

бу ерда M_VM — виртуал машина хотираси ҳажми, B — тармоқ ўтказувчанлиги, P_net — тармоқ қувват сарфи, t_down — кўчиришдаги қисқа муддатли тўхтаб қолиш, α — жарима коэффициенти. Шу боис бошқарув тизими ҳар сафар кўчиришдан олинадиган фойдани (масалан, серверни ўчириш ҳисобига энергия тежамкорлиги) кўчириш харажатлари билан таққослашга мажбур.

4.6. SLA талабларининг бажарилишини баҳолаш

Хизмат сифати келишуви (SLA) — фойдаланувчи учун жавоб вақти, мавжудлик даражаси ва ишончлиликни белгилайдиган ҳужжатдир. SLA бузилишини миқдорий ўлчаш учун қуйидаги ифода қўлланилади:

$$V = \sum_{i=1}^{k} max\left(0, T_{resp,i} - T_{SLA}\right) \qquad (8)$$

Бу ерда T_resp,i — i-нчи сўровнинг ҳақиқий жавоб вақти, T_SLA — рухсат этилган максимум вақт. Натижада фақат шартни бузган сўровлар йиғиндига ҳисса қўшади. С.А. Айвазянинг иқтисодий-математик усулларга оид ишларида айнан шу хил ёндашувлар сифат бошқарувининг асоси сифатида кўрсатилган [8].

4.7. Кўп мақсадли оптималлаштириш модели

Реал амалиётда бошқарув энергияни тежашга, ҳисоблаш харажатини камайтиришга ҳамда SLA талабларини бузмасликка бир пайтда интилади. Бундай ҳолат табиий равишда кўп мақсадли оптималлаштириш масаласига олиб келади:

$$F(x) = \alpha_1 \cdot E(x) + \alpha_2 \cdot C(x) + \alpha_3 \cdot V(x) \rightarrow \min \qquad (9)$$

ISSN 3030-3907

α_1, α_2, α_3 — провайдер сиёсатига боғлиқ вазн коэффициентлари. Бу масалани ҳал қилишда метаэвристик алгоритмлар — генетик алгоритмлар, заррачалар тўдаси оптимизацияси (PSO), муравьилар алгоритми (ACO) кенг қўлланилмоқда. Маҳаллий шароитда Д.Т. Мухамедиева ва М.М. Арипов олиб борган тадқиқотларда генетик алгоритмларнинг катта ҳажмдаги маълумот марказларида самарали ишлаши кўрсатилди [9].

4.8. Юкламани прогнозлашда Марков моделлари

Динамик бошқарув учун келажакдаги юкламани олдиндан тахмин қилиш муҳим. Бунинг учун Марков занжирларидан кенг фойдаланилади. Тизимнинг ҳолатдан-ҳолатга ўтиши эҳтимоли қуйидагича аниқланади:

$$P_{ij}(t) = Pr\left(S(t+\Delta t) = s_j \mid S(t) = s_i\right) \qquad (10)$$

S(t) — t моментдаги тизим ҳолати, s_i ва s_j — мумкин бўлган ҳолатлар. Бундай моделлар, Я.З. Цыпкин кўрсатганидек, адаптив бошқарувда айни самарали воситалардан саналади [10]. Замонавий ишларда улар Hidden Markov Models (HMM) ва Deep Q-Learning ёндашувлари билан бирлаштириб юборилмоқда, бу эса прогноз аниқлигини сезиларли даражада оширади.

5. МУҲОКАМА ВА ХУЛОСА.

Олиб борилган таҳлил булутли ҳисоблашлардаги ресурсларни динамик бошқариш масаласининг кўп жабҳали табиатини яққол кўрсатди. Биринчидан, оддий статик алгоритмлар (масалан, Round Robin) кичик ва ўрта ҳажмли тизимларда қониқарли натижа берса-да, юзлаб виртуал машинадан ташкил топган муҳитларда уларнинг самараси сезиларли тарзда тушиб кетади. Иккинчидан, машинали ўқитишга асосланган гибрид усуллар тажрибавий равишда классик усулларга нисбатан 15–25% самарадорлик ўсиши берадиган бўлса-да, улар учун катта ҳажмли тарихий маълумотлар талаб қилинади.

Учинчидан, виртуал машиналарни кўчириш — кучли воситадир, лекин у ҳисобсиз қўлланилса, тармоқ юкламасини ва қисқа муддатли тўхтаб қолишлар сонини оширади. Шу боис ҳар бир кўчириш қарори учун харажат-фойда нисбати ҳисоблаб чиқилиши лозим. Тўртинчидан, кўп мақсадли оптималлаштириш модели энг универсал ёндашув ҳисобланса-да, унинг ишлаши учун ишончли реал вақтдаги мониторинг тизими ва тажрибавий тарзда танлаб олинган вазн коэффициентлари талаб этилади.

Бундан ташқари, Марков моделлари ва уларнинг чуқур ўрганиш билан бирлаштирилган турлари юкламани прогнозлаш масаласида истиқболли йўналиш ҳисобланади. Бироқ амалда уларнинг конвергенция тезлиги ҳамда тренировка маълумотлари сифати асосий чегарланиш омили бўлиб турибди.

ISSN 3030-3907

Қишлоқ хўжалиги, банк-молия тизими ва давлат идоралари каби маҳаллий тармоқлар учун булутли ёндашувни жорий этишда қуйидаги тавсиялар берилади: автомасштаблаш чегараларини мавсумийликни инобатга олган ҳолда созлаш, SLA коэффициентларини миллий тармоқ кенглиги имкониятларига мослаштириш, ҳамда энергия истеъмоли моделини маҳаллий тарифлар билан мутаносиблаштириш.

Хулоса қилиб айтганда, булутли ҳисоблашларда ресурсларни динамик бошқариш — фақат техник эмас, балки иқтисодий, экологик ва ҳуқуқий жиҳатлари ҳам мавжуд кенг қамровли муаммодир. Унинг самарали ечилиши ҳозирги пайтда математик моделлаштириш, машинали ўқитиш ва тизим муҳандислиги усулларининг уйғунлашган қўлланилишига боғлиқ. Ўзбек ва рус олимларининг қўшма саъй-ҳаракатлари бу йўналишда амалий натижалар бериши кутилмоқда.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Иванников В.П. Распределённые системы: теория и практика. – М.: ИСП РАН, 2015. – 388 с.
2. Назиров Ш.А. Булутли ҳисоблаш технологияларининг ривожланиш истиқболлари // Ўзбекистон ахборот-коммуникация технологиялари журнали. – 2020. – №2. – Б. 18–27.
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
4. Бекмуратов Т.Ф., Мухамедиева Д.Т. Тақсимланган ҳисоблаш тизимлари. – Тошкент: Фан ва технология, 2019. – 264 б.
5. Кабулов А.А. Маълумот марказларида энергия самарадорлигини ошириш моделлари // Илмий-техник журнал «ТАТУ хабарлари». – 2021. – №4. – Б. 32–40.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
7. Воронцов К.В. Машинное обучение: курс лекций. – М.: МФТИ, 2018. – 218 с.
8. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.
9. Мухамедиева Д.Т., Арипов М.М. Генетик алгоритмлар асосида булутли инфратузилмани оптималлаштириш // Замонавий ахборот технологиялари. – 2022. – №1. – Б. 22–30.
10. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1968. – 400 с.

ISSN 3030-3907

КИБЕРХАВФСИЗЛИКДА АНОМАЛИЯЛАРНИ АНИҚЛАШ ТИЗИМЛАРИ

Юнусов Ғанишер Ғафирович
Бухоро инновациялар университети, Ахборот технологиялари ва амалий фанлар кафедраси профессор в.б., т.ф.н.
Хамидов Отабек Сидик ўғли
Бухоро давлат техника университети, магистр

Аннотация. Замонавий ахборот тизимларида кибернавлар сони ва уларнинг мураккаблиги йилдан-йилга ортиб бормоқда. Анъанавий имзоларга асосланган ҳимоя восита-лари янги, илгари маълум бўлмаган ҳужумларга нисбатан кам самарали бўлгани боис, аномалияларни аниқлашга йўналтирилган тизимлар алоҳида аҳамият касб этмоқда. Ушбу мақолада аномалияларни аниқлашнинг статистик, машинали ўқитишга асосланган ва чуқур нейрон тармоқлар ёрдамидаги ёндашувлари тизимли тарзда таҳлил қилинди. Тадқиқот доирасида Z-баҳолар, Маҳаланобис масофаси, Шеннон энтропияси, Изоляция ўрмонлари, автокодлагичлар (autoencoder) ва Кулбак-Лейблер кесишма ўлчови каби математик асбоблар ифодаланди. Ўзбек ва рус олимларининг тадқиқотларидан фойдаланган ҳолда ҳар бир усулнинг кучли ҳамда заиф жиҳатлари кўрсатилди.

Калит сўзлар: кибер-хавфсизлик, аномалияларни аниқлаш, машинали ўқитиш, IDS, автокодлагич, нолинчи кун ҳужуми, ROC-чизиқ, ёлғон ишора, тармоқ трафиги таҳлили.

Аннотация. В современных информационных системах количество кибератак и их сложность растут из года в год. Поскольку традиционные средства защиты, основанные на сигнатурах, менее эффективны против новых, ранее неизвестных атак, особое значение приобретают системы, ориентированные на обнаружение аномалий. В данной статье системно проанализированы статистические, основанные на машинном обучении и использующие глубокие нейронные сети подходы к обнаружению аномалий. В рамках исследования представлены такие математические инструменты, как Z-оценки, расстояние Махаланобиса, энтропия Шеннона, изолирующие леса (Isolation Forest), автокодировщики (autoencoder) и мера расхождения Кульбака–Лейблера. На основе исследований узбекских и российских учёных показаны сильные и слабые стороны каждого метода.

Ключевые слова: кибербезопасность, обнаружение аномалий, машинное обучение, IDS, автокодировщик, атака нулевого дня, ROC-кривая, ложное срабатывание, анализ сетевого трафика.

Abstract. In modern information systems, the number of cyberattacks and their complexity are growing year by year. Since traditional signature-based protection

tools are less effective against new, previously unknown attacks, systems oriented toward anomaly detection are gaining particular importance. This article provides a systematic analysis of statistical, machine-learning-based, and deep-neural-network approaches to anomaly detection. Within the study, mathematical tools such as Z-scores, Mahalanobis distance, Shannon entropy, Isolation Forests, autoencoders, and the Kullback–Leibler divergence were presented. Drawing on the research of Uzbek and Russian scientists, the strengths and weaknesses of each method were demonstrated.

Keywords: cybersecurity, anomaly detection, machine learning, IDS, autoencoder, zero-day attack, ROC curve, false positive, network traffic analysis.

1. КИРИШ.

Бугунги кунда корпоратив тармоқларга ҳамда давлат ахборот ресурсларига қарши уюштирилаётган тажовузлар тобора аниқроқ ва мақсадли бўлиб бормоқда. APT-гуруҳлар (Advanced Persistent Threat), нолинчи кун хатарлари (zero-day) ҳамда инсайдер ҳужумлари каби янги турдаги хатарлар анъанавий имзоли антивирус ва тармоқ экранлари (firewall) тизимлари томонидан кўпинча сезилмай ўтиб кетади. Чунки имзоли ёндашув фақат олдиндан маълум бўлган намуналарни тутиб ола олади, янги, тажовуз дастлаб содир этилаётганда эса ҳимоя бўш қолади. Шу боис аномалияларни аниқлаш — яъни тизимнинг «одатдаги» хатти-ҳаракатидан четлашиш ҳолатларини белгилашга йўналтирилган ёндашувлар сўнгги ўн йил мобайнида интенсив ривожланиб келмоқда. Россиялик академик А.А. Грушо ўз ишларида таъкидлаганидек, ахборот хавфсизлигини таъминлашнинг истиқболли йўли — қандайдир маълум сценарийга боғлиқ бўлмаган, статистик хусусиятларга асосланган детекторлардан фойдаланишдир [1]. Ўзбекистонлик мутахассис А.А. Ганиев эса миллий тармоқларда бундай тизимларни жорий этишнинг ўзига хос муаммоларини ажратиб кўрсатган [2].

Демак, аномалияларни аниқлашга бағишланган тадқиқотларнинг бугунги долзарблиги шубҳасиздир. Бундай тизимлар нафақат маълум хатарларни, балки эртакул эмас, кутилмаган тажовуз шаклларини ҳам аниқлай олиш қобилиятига эга бўлиб, замонавий рақамли инфратузилмани муҳофаза қилишнинг муҳим қисмига айланди.

2. ТАДҚИҚОТ МАҚСАДИ ВА ЁНДАШУВИ.

Мазкур илмий иш доирасида қўйилган бош мақсад — аномалияларни аниқлашнинг асосий ёндашувларини умумлаштириш, уларни математик жиҳатдан ифодалаш ҳамда ҳар бир ёндашувнинг қўлланилиш чегараларини белгилашдан иборат.

Қўйилган мақсадга эришиш йўлида қуйидаги вазифалар амалга оширилади:

ISSN 3030-3907

1) статистик ёндашувларнинг (Z-баҳо, Маҳаланобис масофаси, энтропия) математик асосларини тушунтириш;

2) машинали ўқитиш моделларининг (One-Class SVM, Isolation Forest, кластерлаш) хусусиятларини баҳолаш;

3) чуқур нейрон тармоқларига асосланган ёндашувлар, жумладан, автокодлагичлар ва LSTM-моделларни ўрганиш;

4) тизимнинг сифатини баҳолашнинг асосий метрикаларини (Precision, Recall, F1, ROC-AUC) ифодалаш;

5) амалий тавсиялар тузиш ва маҳаллий шароитга мослаштириш йўлларини кўрсатиш.

Услубий жиҳатдан илмий адабиётларга шарҳ бериш, математик моделлаштириш ва қиёсий таҳлил усуллари уйғунликда қўлланилади. Шунингдек, ҳар бир усул учун қўлланилиш шартлари ва амалий чегараланишлари қисқача тавсифланади.

3. МУАММОНИНГ ҚЎЙИЛИШИ ВА МАТЕМАТИК АСОС.

Аномалияларни аниқлаш масаласини умумий тарзда қуйидагича шакллантириш мумкин: маълум норма ҳолати тасвирланган маълумотлар тўплами берилганда, янги келаётган намунанинг шу нормадан четлашган ёки четлашмаганлигини баҳолаш керак. Ёндашув ўзи икки катта синфга бўлинади: назоратли (supervised), ярим назоратли (semi-supervised) ва назоратсиз (unsupervised). Реал кибер-хавфсизлик амалиётида аномал намуналар жуда кам бўлгани сабабли, асосан назоратсиз ва ярим назоратли усуллар қўлланилади. Энг оддий статистик мезон — Z-баҳо. У берилган қиймат тақсимотдан нечанчи стандарт оғишда жойлашганлигини кўрсатади:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \qquad (1)$$

бу ерда μ — тақсимот ўртачаси, σ — стандарт оғиш. Агар $|Z| > 3$ шарт бажарилса, намуна шартли равишда аномал деб ҳисобланади. Бироқ Z-баҳо фақат битта ўлчам учун ишлайди ва кўп ўлчамли ҳолатларда узилади. Кўпўлчамли муҳит учун Маҳаланобис масофаси қўлланилади:

$$D_M(x) = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1}(x - \mu)} \qquad (2)$$

Бу ерда S — коварианс матрицаси. Маҳаланобис масофаси хусусиятлар орасидаги корреляцияларни инобатга олади ва шу боис тармоқ трафигидаги аномалияларни аниқлашда самарали бўлади. И.В. Котенко бошчилигидаги тадқиқот гуруҳининг ишларида айнан шу метрика IDS тизимлари учун асос сифатида тавсия этилган [3].

Маълумот оқимларининг тартибсизлик даражасини баҳолашда яна бир мезон — Шеннон энтропияси кенг қўлланилади:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} p(x_i) \log p(x_i) \qquad (3)$$

ISSN 3030-3907

Тармоқ трафигида энтропиянинг кескин ўзгариши кўп ҳолларда DDoS ҳужумининг ёки маълумотлар оқиб чиқишининг кўрсаткичи бўлиб хизмат қилади. Маҳаллий шароитда бу метрика университет ва давлат тармоқларида синаб кўрилган [4].

4. НАТИЖАЛАР ВА УЛАРНИНГ ТАҲЛИЛИ.

4.1. Эҳтимоллик ёндашуви: Байес моделлари

Аномалияларни классификация қилишнинг эҳтимолий ёндашуви Байес теоремасига таянади:

$$P(A|x) = \frac{P(x|A)\cdot P(A)}{P(x)} \qquad (4)$$

бу ерда A — аномал воқеа, x — кузатилаётган намуна. Назарий жиҳатдан жуда соддагина кўринувчи бу формула амалий тизимларда наф беради: тармоқда оҳирги вақтда учратилган намунавий хатти-ҳаракатлар берилгани сабабли, янги намунанинг аномал бўлиш эҳтимолини ҳисоблаб чиқиш мумкин. Россиялик олим П.Д. Зегжда ўз ишларида айнан Байес ёндашуви тизим даражасида хавфсизлик ҳолатини баҳолашда самарали восита эканлигини кўрсатган [5].

4.2. Машинали ўқитиш: Isolation Forest.

Isolation Forest алгоритми аномал намуналарни «изоляция қилиш» оддийроқ деган ғояга асосланади. Тасодифий дарахтлар тузилади, ҳар бир намуна учун уни бошқалардан ажратиш учун зарур бўлган дарахт чуқурлиги ўлчанади. Аномал намуналар одатда дарахтнинг юқори қатламларида ажралиб қолади. Натижавий аномалия баҳоси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$s(x,n) = 2^{-\frac{E(h(x))}{c(n)}} \qquad (5)$$

Бу ерда h(x) — дарахтда намунани изоляция қилишгача бўлган йўл узунлиги, E(h(x)) — ўртача йўл узунлиги, c(n) — нормализация коэффициенти. Қиймат 0,5 атрофида бўлса, намуна нормал; 1 га яқин бўлса, аномал. Бу алгоритмнинг афзаллиги — у юқори ўлчамли ва катта ҳажмли маълумотларда ҳам тез ишлайди.

4.3. One-Class SVM

Бир синфли таянч векторлар методи (One-Class SVM) ишлаш принципи — у нормал намуналарни кўп ўлчамли макондаги қандайдир қобиқ ичига жойлаштириб, шу қобиқдан четда қолганларни аномал деб белгилайди. Бу ёндашув В.Н. Вапник асос солган статистик ўқитиш назариясига таянади. Россиялик математик А.С. Марковнинг ишларида One-Class SVM ҳавоси ўнгсиз тармоқ муҳитлари учун энг истиқболли усулларидан бири сифатида тавсифланган [6].

ISSN 3030-3907

4.4. Чуқур нейрон тармоқлари: автокодлагичлар

Автокодлагич (autoencoder) — кириш сигналини сиқиб, кейин тиклашга ҳаракат қиладиган нейрон тармоғи. Нормал намуналар учун модель яхши қайта тиклай олади, аммо аномал намуналарни тиклаб бўлмайди. Тиклаш хатоси қуйидагича ўлчанади:

$$L_{rec}(x) = \| x - \hat{x}\|^2 = \sum_{i=1}^{d} (x_i - \hat{x}_i)^2 \qquad (6)$$

Хато юқори бўлса, намуна шубҳали ҳисобланади. С.И. Николенко бошчилигидаги муаллифлар жамоаси чуқур ўрганишга бағишланган ишларида автокодлагичларни замонавий IDS-тизимлари ядроси сифатида қарашни тавсия этади [7]. Ўзбекистонда олиб борилган тажрибалар маҳаллий банк тармоғи трафигини таҳлил қилишда LSTM-автокодлагичлар анъанавий усулларга нисбатан 30%га яқин ёлғон ишораларни камайтирганлигини кўрсатди.

4.5. Тақсимотлар ўртасидаги фарқлар: KL-кесишма

Кулбак-Лейблер кесишма ўлчови икки тақсимот ўртасидаги фарқни аниқлашга хизмат қилади:

$$D_{KL}(P\|Q) = \sum_{x} P(x) log \frac{P(x)}{Q(x)} \qquad (7)$$

P — тарихий, Q — жорий тақсимот бўлса, D_KL қиймати кескин ошган пайтда тармоқ хатти-ҳаракатида туб ўзгариш юз бергандир. Бу ёндашув концепт силжиши (concept drift) ва ботнетларнинг секинроқ ҳаракатини аниқлашда фойдалидир.

4.6. Аномалия чегарасини белгилаш

Ҳар қандай детектор учун энг муҳим саволлардан бири — қачон намунани аномал деб ҳисоблаш керак? Чегара (threshold) τ тажрибавий йўл билан танлаб олинади:

$$A(x) = (1, \text{агар } f(x) > \tau;\ 0, \text{акс ҳолда}) \qquad (8)$$

Чегарани танлаш мураккаб масала бўлиб, паст қиймат ёлғон ишораларни (false positives) кўпайтиради, юқори қиймат эса ҳақиқий аномалияларни ўтказиб юбориш хавфини оширади. Шу боис амалиётда динамик чегаралар, мавсумий созланмалар ва кўп даражали (multi-level) чегаралар тизимидан фойдаланилади.

4.7. Сифатни баҳолаш метрикалари

Аномалия детекторининг сифати асосан Precision, Recall ва уларнинг гармоник ўртачаси F1 орқали баҳоланади:

$$F_1 = \frac{2 \cdot Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \qquad (9)$$

Шу билан биргаликда, ROC-чизиғи остидаги майдон (AUC) ҳам кенг қўлланилади:

ISSN 3030-3907

$$AUC = \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(FPR_{i+1} - FPR_i)(TPR_{i+1} + TPR_i)}{2} \quad (10)$$

AUC ≈ 0,5 бўлса, модель тасодифий чизиққа тенг; AUC = 1 — мукаммал модель. С.А. Айвазянинг прикладной статистикага бағишланган китобларида ушбу метрикаларни тўғри талқин қилиш муҳим саналади [8]. Маҳаллий тадқиқотларда А.Х. Хасанов ва М.М. Арипов IDS-тизимлари сифатини баҳолашда ушбу метрикалар билан биргаликда тизим жавоб тезлиги ҳам инобатга олиниши кераклигини таъкидлашган [9].

4.8. Гибрид ва кўп даражали тизимлар

Замонавий саноат ечимлари (Splunk UEBA, Microsoft Defender for Identity, Elastic SIEM) бир неча детекторларни биргаликда ишлатади: имзолар билан машинали ўқитиш моделларининг бирлашмаси, статистик чегараларнинг динамик созланиши, ҳамда чуқур ўрганишга асосланган анализаторлар бирлаштирилади. Бундай гибрид архитектуралар алоҳида олинган ҳар бир усулга нисбатан 25–40% юқорироқ аниқлик беради. Бекмуратов Т.Ф. ўз тадқиқотларида чет эл ва маҳаллий шароитлардаги тажрибаларни умумлаштирган [10].

5. МУҲОКАМА ВА ХУЛОСА.

Олиб борилган қиёсий таҳлил қуйидаги асосий хулосаларга олиб келди. Биринчидан, ҳеч қандай универсал, барча шароитларда яхши ишлайдиган детектор мавжуд эмас. Статистик усуллар оддий ҳамда тушунарли, аммо мураккаб тажовузларга нисбатан камроқ ҳассос. Машинали ўқитиш моделлари сезиларли даражада яхши натижа беради, лекин уларни ўргатиш учун катта ҳажмли ва сифатли маълумотлар талаб қилинади. Чуқур нейрон тармоғи моделлари (автокодлагичлар, LSTM, GAN-асосли тизимлар) энг юқори натижаларни кўрсатса-да, уларнинг ишлаши «қора қути» хусусиятига эга бўлиб, қарорларни тушунтириб бериш қийинлашади.

Иккинчидан, муваффақият калити — тўғри танланган метрикалар ва маҳаллий шароитга мослашган чегараларда. Бир тармоқ учун ишлайдиган модель бошқа тармоқ учун мутлақо нохос натижалар бериши мумкин. Учинчидан, гибрид ёндашувлар — статистик, машинали ўқитиш ва чуқур ўрганиш моделларининг уйғунлиги — амалда энг ишончли натижани таъминлайди.

Тўртинчидан, ёлғон ишораларни сезиларли камайтириш учун хавфсизлик ишчиси (SOC-аналитик) билан тизим орасида қайтариш билан ўрганиш (active learning) механизми киритилиши лозим. Шунда оператор томонидан тасдиқланган ёки рад этилган намуналар модель учун қўшимча манба бўлиб хизмат қилади. Маҳаллий шароит учун қуйидаги тавсиялар шакллантирилди: давлат тармоғига тегишли SOC-марказлар учун гибрид

ISSN 3030-3907

архитектура (имзолар + автокодлагич + Isolation Forest) тавсия этилади; банклар ва молия муассасалари учун кам ёлғон ишорага эга бўлган Маҳаланобис ва One-Class SVM ёндашувлари асос сифатида қаралиши керак; ўрта ва кичик корхоналар учун эса очиқ кодли ECS-Elastic асосидаги тайёр ечимлар оптимал саналади.

Якунда айтиш мумкинки, аномалияларни аниқлаш тизимлари кибер-хавфсизликнинг келажакдаги асосий устуни бўлиб қолади. Уларнинг самарадорлиги фақат алгоритмларнинг такомиллашуви эмас, балки соҳа мутахассислари тайёрлаш, маҳаллий маълумотлар базаларини шакллантириш ҳамда халқаро тажрибани мослаштириш орқали ҳам ошириб борилади. Ўзбек ва рус олимларининг тадқиқот изланишлари бу йўналишда мухим илмий ҳамкорлик асосини яратиб бераётганлигини алоҳида қайд этиш керак.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Грушо А.А., Тимонина Е.Е. Теоретические основы защиты информации. – М.: Яхтсмен, 2006. – 224 с.
2. Ганиев А.А. Ахборот хавфсизлиги асослари: ўқув қўлланма. – Тошкент: ТАТУ нашриёти, 2019. – 296 б.
3. Котенко И.В. Интеллектуальные системы обнаружения вторжений // Труды СПИИРАН. – 2018. – Том 4(59). – С. 31–62.
4. Назиров Ш.А., Хасанов А.Х. Тармоқ трафигини таҳлил қилишда энтропик ёндашувлар // ТАТУ хабарлари. – 2021. – №2. – Б. 24–32.
5. Зегжда П.Д., Зегжда Д.П. Основы безопасности информационных систем. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с.
6. Марков А.С., Цирлов В.Л. Управление информационной безопасностью. – М.: Радио и связь, 2017. – 384 с.
7. Николенко С.И., Кадурин А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
8. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 1022 с.
9. Хасанов А.Х., Арипов М.М. Замонавий IDS-тизимларнинг самарадорлигини баҳолаш мезонлари // Замонавий ахборот технологиялари. – 2022. – №3. – Б. 41–49.
10. Бекмуратов Т.Ф. Ахборот хавфсизлиги тизимларининг архитектураси. – Тошкент: Фан, 2020. – 280 б.

ISSN 3030-3907

МАШИНАЛИ ЎҚИТИШ АЛГОРИТМЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ УСУЛЛАРИ

Юнусов Ғанишер Ғафирович
Бухоро инновациялар университети, Ахборот технологиялари ва амалий фанлар кафедраси профессор в.б., т.ф.н.
Юлдашева Зарина Рахматовна
Бухоро давлат техника университети, магистр

Аннотация. Сўнгги йилларда машинали ўқитиш моделлари мураккаблашиб боргани сари, уларни самарали ўргатиш масаласи бирламчи аҳамиятга эга бўлмоқда. Ушбу мақолада йўқотиш функциясини минималлаштиришга йўналтирилган замонавий оптималлаштириш ёндашувлари қиёсий тарзда ўрганилди. Тадқиқот доирасида биринчи ва иккинчи тартибли градиент усуллари, мослашувчан қадамга эга алгоритмлар (Adam, RMSprop, AdaGrad), регуляризациянинг L1 ҳамда L2 шакллари, шунингдек гиперпараметрларни созлаш стратегиялари кўриб чиқилди. Ўзбек ва рус олимларининг ишлари асосида ҳар бир усулнинг кучли ҳамда заиф жиҳатлари аниқланди, тажрибавий жараёнда тавсия этиладиган танлов мезонлари шакллантирилди.

Калит сўзлар: машинали ўқитиш, оптималлаштириш, градиент тушиш, Adam алгоритми, регуляризация, гиперпараметрлар, нейрон тармоқлар, конвергенция.

Аннотация. В последние годы по мере усложнения моделей машинного обучения задача их эффективного обучения приобретает первостепенное значение. В данной статье в сравнительном плане изучены современные подходы к оптимизации, ориентированные на минимизацию функции потерь. В рамках исследования рассмотрены градиентные методы первого и второго порядка, алгоритмы с адаптивным шагом (Adam, RMSprop, AdaGrad), L1- и L2-формы регуляризации, а также стратегии настройки гиперпараметров. На основе работ узбекских и российских учёных выявлены сильные и слабые стороны каждого метода, сформулированы рекомендуемые критерии выбора в экспериментальном процессе.

Ключевые слова: машинное обучение, оптимизация, градиентный спуск, алгоритм Adam, регуляризация, гиперпараметры, нейронные сети, сходимость.

Abstract. In recent years, as machine learning models have grown more complex, the problem of training them efficiently has become of primary importance. This article presents a comparative study of modern optimization approaches aimed at minimizing the loss function. Within the study, first- and second-order gradient methods, algorithms with an adaptive step size (Adam, RMSprop, AdaGrad), L1 and L2 forms of regularization, as well as hyperparameter tuning strategies were

examined. Based on the work of Uzbek and Russian scientists, the strengths and weaknesses of each method were identified, and recommended selection criteria for the experimental process were formulated.

Keywords: machine learning, optimization, gradient descent, Adam algorithm, regularization, hyperparameters, neural networks, convergence.

1. КИРИШ.

Замонавий рақамли иқтисодиётда сунъий интеллектга асосланган тизимлар, жумладан, машинали ўқитиш моделлари тиббиёт, молия, саноат ва бошқарув тармоқларининг ажралмас қисмига айланди. Шу боис самарали ўргатилган моделнинг бошқа барча халқалар билан бирга ҳал қилувчи аҳамият касб этиши ҳеч кимга сир эмас. Бироқ катта ҳажмдаги маълумотларни ва миллионлаб параметрларни ўз ичига оладиган нейрон тармоқлари ҳозирги пайтда ҳисоблаш ресурсларига нисбатан жуда оч бўлиб қолмоқда.

Айни шу сабабга кўра, оптималлаштириш масаласи нафақат математик, балки амалий-инженерлик нуқтаи назаридан ҳам кенг муҳокама қилинмоқда. Рус олими В.Н. Вапникнинг статистик ўқитиш назариясида таъкидланганидек, ҳар қандай ўқитиладиган алгоритм умумлашган риск функционалини минималлаштиришга йўналтирилган бўлиши керак [1]. Ўз навбатида, ўзбекистонлик тадқиқотчи Ш.А. Назиров эътироф этганидек, ҳозирги шароитда муҳим вазифа — оптималлаштириш усулларини маҳаллий шароитлардаги маълумот қаторига мослаштириш ва ҳисоблаш мураккаблигини камайтириш ҳисобланади [2].

Демак, машинали ўқитиш моделлари самарадорлигини оширишнинг асосий йўли — оптималлаштириш усулларининг танлаб қўлланишидадир. Бу масала сўнгги пайтда халқаро илмий доираларда ҳам, маҳаллий тадқиқотларда ҳам долзарб муаммо сифатида қаралмоқда.

2. ТАДҚИҚОТ МАҚСАДИ ВА ЁНДАШУВИ.

Мазкур илмий иш доирасида қўйилган асосий мақсад — нейрон тармоқларни ва бошқа машинали ўқитиш моделларини ўргатишда қўлланиладиган оптималлаштириш алгоритмларининг қиёсий таҳлилини амалга ошириш ҳамда уларнинг ҳар бирини амалда қачон қўллаш мақсадга мувофиқлигини аниқлашдан иборат.

Қўйилган мақсадга эришиш йўлида қуйидаги вазифалар амалга оширилади:

1) градиент тушиш ва унинг турли модификацияларини математик тавсифлаш;

2) иккинчи тартибли усулларни (Ньютон, квази-Ньютон) ва уларни қўллаш чегараларини ўрганиш;

ISSN 3030-3907

3) Adam, RMSprop ва AdaGrad каби мослашувчан алгоритмларни баҳолаш;

4) регуляризация ёрдамида қайта ўргатилиш муаммосини камайтириш йўлларини кўрсатиш;

5) гиперпараметрларни созлаш стратегияларини умумлаштириш ва тавсиялар тузиш.

Тадқиқот доирасида адабиётларни таҳлил қилиш, математик моделлаштириш ва сифатий қиёслаш каби услублар уйғунликда ишлатилган. Шу билан биргаликда, ҳар бир усул учун конвергенция тезлиги, ҳисоблаш юкламаси ва амалий қўлланилиш чегаралари бўйича мулоҳазалар келтирилади.

3. МУАММОНИНГ ҚЎЙИЛИШИ ВА МЕТОДОЛОГИЯ.

Машинали ўқитишда асосий вазифа қуйидагича шаклланади: маълум маълумотлар тўплами берилганида, моделнинг параметрларини шундай танлаш керакки, йўқотиш функцияси минимал қийматни эгалласин. Бу масалани расмий равишда қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$L(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} \ell\big(y_i, f(x_i;\ \theta)\big) \qquad (1)$$

Бу ерда L(θ) — кутиладиган йўқотиш функцияси, m — ўргатиш намуналари сони, ℓ — индивидуал намунавий йўқотиш, f(x; θ) — параметрли модель прогнози, y — ҳақиқий нишон қиймати. Шунга ўхшаш ифода Ю.И. Журавлевнинг намуналарни таниб олиш назариясига оид ишларида ҳам учрайди [3].

Йўқотиш функцияси одатда ноқаварик бўлади, шунинг учун унинг глобал минимумини топиш мураккаб ҳисобланади. Натижада тадқиқотчилар иккита асосий йўналиш бўйича ишлайди: биринчиси — янги оптималлаштириш алгоритмларини яратиш, иккинчиси — мавжудларининг хатти-ҳаракатини математик жиҳатдан таҳлил қилиш. К.В. Воронцов таъкидлаб ўтган йўналишда, классик градиент усулига киритилган ҳар бир янги модификация моделнинг турғунлиги ва тезлиги ўртасидаги мувозанатни ўзгартиради [4].

Шунинг учун ушбу тадқиқотда амалда кенг қўлланилаётган оптималлаштириш ёндашувлари тизимлаштирилади, уларнинг ҳар бири учун формал тавсиф, конвергенция хусусияти ва амалий тавсиялар таклиф этилади.

4. НАТИЖАЛАР ВА УЛАРНИНГ ТАҲЛИЛИ.

4.1. Классик градиент тушиш усули

Энг базавий оптималлаштириш усули — бу пакетли градиент тушиш (Batch Gradient Descent) ҳисобланади. Унинг янгилаш қоидаси қуйидагича:

ISSN 3030-3907

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \nabla L(\theta_t) \quad (2)$$

бу ерда η — ўрганиш қадами (learning rate), ∇L(θ_t) — йўқотиш функциясининг градиенти. Усулнинг афзаллиги — ҳар бир қадамда барча намуналардан фойдаланилгани сабабли йўналиш аниқ бўлади. Лекин миллионлаб намуналар билан ишлаганда ҳар қадамда барча маълумотларни қайта ҳисоблаш амалий нуқтаи назардан ўта қиммат. Айнан шу муаммо стохастик усулларнинг пайдо бўлишига сабабчи бўлди.

4.2. Стохастик градиент тушиш (SGD) ва мини-пакет вариантлари

Стохастик градиент тушиш ҳар қадамда битта намунадан, мини-пакетли (mini-batch) усул эса унча катта бўлмаган бир неча намунадан фойдаланади. Битта намуна учун янгилаш қоидаси:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \nabla \ell(y_i, f(x_i; \theta_t)) \quad (3)$$

Я.З. Цыпкиннинг адаптив тизимлар назариясида кўрсатилишича, агар ўрганиш қадами вақт ўтиши билан мос равишда камайтириб борилса, стохастик усул деярли барча реал ҳолатларда локал минимумга яқинлашиш қобилиятига эга бўлади [5]. Ўзбек тадқиқотчилари Т.Ф. Бекмуратов ва М.М. Арипов ўз ишларида ушбу хусусиятдан фойдаланиб, миллий маълумотлар базасида матнни таснифлаш моделини самарали ўргатиш мумкинлигини кўрсатишган [6].

4.3. Импульс (momentum) ёрдамида тезлаштириш

Стандарт SGD кўпинча тор «жарликларда» секинлашиб қолади. Бу муаммони ҳал қилиш учун импульс ёрдамчи ўзгарувчиси киритилади:

$$v_t = \gamma v_{t-1} + \eta \nabla L(\theta_t), \quad \theta_{t+1} = \theta_t - v_t \quad (4)$$

γ коэффициенти одатда 0,9 атрофида танланади. Бу ёндашув эҳтиросли йўналишларни «эслаб қолади» ва тебранишли ҳаракатни сезиларли даражада камайтиради. Натижада конвергенция тезлиги ўртача 2–3 баравар ошади.

4.4. Мослашувчан оптималлаштириш алгоритмлари: Adam

Adam (Adaptive Moment Estimation) усули ҳар бир параметр учун индивидуал ўрганиш қадамини ҳисоблайди. Унинг асосий формулалари қуйидаги кўринишда:

$$m_t = \beta_1 m_{t-1} + (1-\beta_1) g_t, \quad v_t = \beta_2 v_{t-1} + (1-\beta_2) g_t^2 \quad (5)$$

Кейин ҳаракатчан ўртачалар силжишдан халос этилгач, параметрлар янгиланиш қуйидаги тарзда амалга оширилади:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \frac{\hat{m_t}}{\sqrt{\hat{v_t}} + \varepsilon} \quad (6)$$

бу ерда $\beta_1 = 0{,}9$, $\beta_2 = 0{,}999$, $\varepsilon = 10^{-8}$ — одатий қийматлар. Adam ҳозирги пайтда чуқур ўрганишда (deep learning) энг кенг тарқалган танлов ҳисобланиб, у RMSprop ва AdaGrad алгоритмларининг устунликларини ўзида мужассамлаштиради. С.И. Николенко ва унинг ҳаммуаллифларининг

ISSN 3030-3907

чуқур ўрганишга бағишланган изланишларида кўрсатилишича, Adam алгоритми трансформер архитектураларида деярли стандарт ҳисобланади [7].

4.5. Иккинчи тартибли усуллар (Newton, BFGS)

Ньютон усули йўқотиш функциясининг иккинчи тартибли ҳосилаларидан — Гессе матрицасидан фойдаланади:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - H^{-1}(\theta_t)\,\nabla L(\theta_t) \qquad (7)$$

Бу ёндашувнинг конвергенцияси квадратик хусусиятга эга, бироқ Гессе матрицасини инверс қилиш ҳисоблаш жиҳатидан жуда қиммат: параметрлар сони n бўлганда мураккаблик O(n³)га тенг. Шу боис амалда квази-Ньютон вариантлари — L-BFGS, BFGS қўлланилади. Совет даври математиги Л.В. Канторович ўзининг оптимал ҳисоб-китоб ишларида айнан шу сингари алгоритмларнинг асосий ғоявий тамойилларини ишлаб чиққан эди [8].

4.6. Регуляризация — қайта ўргатилишга қарши кураш

Қайта ўргатилиш (overfitting) ҳолатида модель ўргатиш маълумотларини ёд олиб қўяди, лекин янги намуналарга умумлашиш қобилияти йўқолади. Бу муаммонинг ечими сифатида йўқотиш функциясига қўшимча жарима термини киритилади. L2-регуляризациянинг (Ridge) ифодаси:

$$L_{reg}(\theta) = L(\theta) + \lambda \sum_{j=1}^{n} \theta_j{}^2 \qquad (8)$$

L1-регуляризация (Lasso) эса параметрлар модулининг йиғиндисидан фойдаланади:

$$L_{L1}(\theta) = L(\theta) + \lambda \sum_{j=1}^{n} |\theta_j| \qquad (9)$$

Бунда λ — регуляризация коэффициенти. L2 параметрларни нолга яқинлаштирса, L1 параметрлар сонини камайтиради (sparsity) ва шу йўл билан хусусиятларни танлаш функциясини ҳам бажаради. С.А. Айвазянинг кўп ўлчовли статистик таҳлилга оид китобларида айнан ушбу ёндашувлар чуқур таҳлил қилинган [9].

4.7. Ўрганиш қадамини созлаш стратегиялари

Ўрганиш қадами η нинг тўғри танланмаслиги моделнинг кутилмаган хатти-ҳаракатига сабаб бўлади: жуда кичик қиймат конвергенцияни сусайтиради, ҳаддан зиёд катта қиймат эса дивергенцияга олиб келади. Энг кенг тарқалган стратегиялардан бири — қадамни босқичма-босқич камайтириш:

$$\eta_t = \frac{\eta_0}{1 + k \cdot t} \qquad (10)$$

бу ерда k — пасайиш коэффициенти, t — итерация рақами. Бундан ташқари, замонавий тажрибаларда косинус ўхшаш пасайиш (cosine annealing) ҳамда циклик ўрганиш қадами усуллари ҳам кенг қўлланилмоқда. А.Н.

ISSN 3030-3907

Колмогоровнинг функционал кетма-кетликлар назариясига бағишланган ишлари ушбу стратегияларнинг математик асосини шакллантириб берди [10].

4.8. Гиперпараметрларни танлаш ёндашувлари

Гиперпараметрлар — оптимизатор тури, ўрганиш қадами, пакет ҳажми, регуляризация коэффициенти ва бошқа созланувчи қийматлар. Уларни танлаш бўйича кенг қўлланиладиган ёндашувлар: тўла қидирув (grid search), тасодифий қидирув (random search), Байес оптималлаштириши, ҳамда генетик алгоритмлар. Маҳаллий тадқиқотчилар орасида Ш.А. Назиров ва Ф.М. Адилов гиперпараметрларни мослаштириш масалаларида Байесчи ёндашувнинг афзалликларини амалий мисолда тасдиқлаганлар [11].

5. МУҲОКАМА ВА ХУЛОСА.

Олиб борилган қиёсий таҳлил натижасида қуйидаги асосий хулосаларга келиш мумкин. Биринчидан, классик пакетли градиент тушиш усули назарий жиҳатдан энг аниқ йўналишни беради, лекин амалиётда катта маълумотлар билан ишлашда ўз самарасини йўқотади. Иккинчидан, стохастик ҳамда мини-пакетли усуллар тезлик ва аниқлик ўртасидаги муросани таъминлайди ҳамда деярли барча замонавий нейрон тармоқларида асос вазифасини бажармоқда. Учинчидан, мослашувчан алгоритмлар, айниқса Adam, чуқур ўрганишнинг де-факто стандарт ёндашувига айланди.

Шу билан бирга, амалиёт шуни кўрсатдики, ҳар қандай оптимизатор универсал эмас. Айрим тармоқ архитектуралари (масалан, конвербентли (CNN) ва кенг қатламли мукаммаллаштирилган тармоқлар) учун импульс билан тўлдирилган SGD ҳамон сифатли натижалар бермоқда, бошқа ҳолатларда (RNN, трансформерлар) Adam ёки унинг турлари (AdamW, NAdam) устуворлик касб этади. Иккинчи тартибли усуллар эса жуда катта моделларда фойдалилигини йўқотиб, асосан кичик хусусиятли параметрли тизимларда қўлланилади.

Регуляризация бўйича чиқарилган хулоса шундан иборатки, L1 ва L2 жариматерминлари бир-бирини инкор этмайди, балки кўп ҳолларда биргаликда — Elastic Net усули шаклида қўлланилгани муаммони янада самарали ҳал этиш имконини беради. Ўрганиш қадамини босқичма-босқич камайтириш ёки циклик ўзгартириш эса ҳаттоки оддий моделнинг ҳам аниқлигини сезиларли даражада ошириши мумкин.

Гиперпараметрларни танлашда тажрибавий қидирув усуллари (Байес оптималлаштириши, генетик алгоритмлар) тўла қидирувга нисбатан ҳисоблаш ресурсларидан тежамкорроқ фойдаланиш имконини беради. Шунинг учун келажакдаги тадқиқотларда катта эътибор айнан автоматик гиперпараметрлар созлаш (AutoML) йўналишига қаратилиши кутилмоқда.

ISSN 3030-3907

Якуний хулоса сифатида айтиш мумкинки, машинали ўқитиш алгоритмларини оптималлаштириш — фақат бир математик масалани ҳал этиш эмас, балки масала шартлари, маълумотларнинг табиати ҳамда мавжуд ҳисоблаш ресурсларидан келиб чиқиб усулларни тўғри танлаш санъатидир. Маҳаллий шароитда олиб борилаётган тадқиқотларнинг кучайтирилиши, ҳамда халқаро тажрибанинг ўзбекистонлик мутахассислар томонидан мослаштирилиши соҳанинг янада тез ривожланишига имкон беради.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Vapnik V.N. The Nature of Statistical Learning Theory. – New York: Springer, 2000. – 314 p.
2. Назиров Ш.А. Сунъий интеллект тизимларининг архитектураси ва ишлаш тамойиллари. – Тошкент: Фан, 2019. – 248 б.
3. Журавлёв Ю.И. Избранные научные труды. – М.: Магистр, 1998. – 420 с.
4. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). – М.: МФТИ, 2011. – 141 с.
5. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающихся систем. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
6. Бекмуратов Т.Ф., Арипов М.М. Интеллектуал тизимларни лойиҳалаш асослари. – Тошкент: Университет, 2018. – 312 б.
7. Николенко С.И., Кадурин А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
8. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. – Л.: ЛГУ, 1939. – 68 с.
9. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
10. Колмогоров А.Н. Избранные труды. Математика и механика. – М.: Наука, 1985. – 470 с.
11. Назиров Ш.А., Адилов Ф.М. Машинали ўқитиш моделларини оптималлаштириш муаммолари // Ўзбекистон ахборот-коммуникация технологиялари журнали. – 2021. – №3. – Б. 45–53.

ISSN 3030-3907

UDK 621.577

ISSIQLIK NASOSLI QURILMALARDAN YUQORI HARORATLI JARAYONLARDA FOYDALANISH

Saydulla Xujakulov
PhD, professor, Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada issiqlik nasosli qurilmalarining yuqori haroratli sanoat jarayonlarida qo‘llanilish imkoniyatlari, energiya samaradorligi va dekarbonizatsiyalashdagi o‘rni tadqiq etilgan. 2020–2025 yillarda chop etilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili asosida yuqori haroratli issiqlik nasoslarining texnologik rivojlanish tendensiyalari, ishlash samaradorligi va sanoat tarmoqlaridagi qo‘llanish istiqbollari baholangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yuqori haroratli issiqlik nasoslari 100–200 °C diapazondagi sanoat issiqlik ehtiyojlarini qoplashda samarali yechim bo‘lib, issiqlik tashlamalaridan qayta foydalanish va isssiqligini utilizatsiyalash orqali energiya sarfini 30–50 % gacha kamaytirish imkonini beradi. Zamonaviy qurilmalarda samaradorlik koeffisiyenti (SK) ko‘rsatkichi 2,5–6,0 oralig‘ida bo‘lib, CO_2 emissiyalarini sezilarli darajada qisqartirish imkoniyatini yaratadi.

Kalit so‘zlar: issiqlik nasosi, yuqori haroratli issiqlik nasosi, sanoat issiqlik ta’minoti, issiqlik tashlamalari, energiya samaradorligi, dekarbonizatsiya, samaradorlik koeffisiyenti.

Аннотация. В данной статье рассматриваются потенциальные области применения тепловых насосов в высокотемпературных промышленных процессах, их роль в повышении энергоэффективности и декарбонизации. На основе анализа научных исследований, опубликованных в 2020–2025 годах, оцениваются тенденции технологического развития, производительность и перспективы применения высокотемпературных тепловых насосов в промышленных секторах. Результаты исследования показывают, что высокотемпературные тепловые насосы являются эффективным решением для удовлетворения потребностей промышленности в тепле в диапазоне 100–200 °C и позволяют снизить энергопотребление до 30–50 % за счет рекуперации тепла. Коэффициент эффективности (КЭ) современных устройств находится в диапазоне 2,5–6,0, что позволяет значительно сократить выбросы CO_2.

Ключевые слова: тепловой насос, высокотемпературный тепловой насос, промышленное теплоснабжение, тепловые выбросы, энергетическая эффективность, декарбонизация, коэффициент эффективности.

Abstract. This article examines the potential applications of heat pump devices in high-temperature industrial processes, their role in energy efficiency and decarbonization. Based on an analysis of scientific research published in 2020–

2025, the technological development trends, performance and application prospects of high-temperature heat pumps in industrial sectors are assessed. The results of the study show that high-temperature heat pumps are an effective solution for covering industrial heat needs in the range of 100–200 °C, and allow reducing energy consumption by up to 30–50% through heat recovery and heat recovery. The COP of modern devices is in the range of 2.5–6.0, which allows for a significant reduction in CO_2 emissions.

Keywords: heat pump, high-temperature heat pump, industrial heating, waste heat recovery, energy efficiency, decarbonization, COP.

1. KIRISH.

Jahon miqyosidagi energetika tizimlarida issiqlik ishlab chiqarish umumiy energiya iste'molining qariyb 50 %ini tashkil etadi. Sanoat korxonalarida esa energiya sarfining asosiy qismi texnologik issiqlik ta'minoti jarayonlariga to‘g‘ri keladi. Oziq-ovqat, farmatsevtika, kimyo, qog‘oz va metallurgiya sanoatlarida 100–200 °C diapazondagi issiqlikka bo‘lgan talab yuqori hisoblanadi.

An'anaviy ravishda bunday issiqlik tabiiy gaz, ko‘mir yoki neft mahsulotlarini yoqish orqali olinadi. Biroq global iqlim o‘zgarishi va uglerod emissiyalarini qisqartirish bo‘yicha xalqaro majburiyatlar yangi energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan yuqori haroratli issiqlik nasoslari (YHIN) kelajakda sanoatni elektrlashtirish va dekarbonizatsiya qilishning muhim vositasi sifatida qaralmoqda.

So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar yuqori haroratli issiqlik nasoslari chiqindi issiqlikni qayta tiklash va uni 100–200 °C darajasigacha oshirish imkoniyatiga ega ekanligini ko‘rsatmoqda. Ular sanoat korxonalarida yoqilg‘i sarfini kamaytirish va ekologik samaradorlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega.

2. TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqot ishi ilmiy nashrlarda chop qilingan manbalarni tahlil qilish usuliga asoslangan. Tadqiqot obyekti sifatida 2020–2025 yillarda nufuzli ilmiy bazalarda indeksasiyalangan ilmiy maqolalar tanlab olindi.

Tahlil quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

a) YHIN texnologiyalarini o‘rganish;
b) ularning energiya samaradorligi ko‘rsatkichlarini taqqoslash;
c) sanoat tarmoqlaridagi qo‘llanilish imkoniyatlarini baholash;
d) ekologik va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlarini aniqlash;
e) YHINlarning istiqbolli rivojlanish yo‘nalishlarini belgilash.

Asosiy baholash mezonlari sifatida SK, harorat ko‘tarilish darajasi, energiya tejalishi va CO_2 tashlamalarining kamayishini baholash qabul qilindi.

3. YUQORI HARORATLI ISSIQLIK NASOSLARI ISHLASHINING NAZARIY ASOSLARI.

ISSN 3030-3907

Issiqlik nasosi past haroratli manbadan issiqlik energiyasini olib, kompressor yordamida uning potensialini oshiradi va iste’molchiga uzatadi.

Qurilma quyidagi elementlardan tashkil topadi:

– bug‘latgich;

– kompressor;

– kondensator;

– kengaytirish klapani.

1-jadval

YHINlari odatda quyidagi harorat diapazonlarida ishlatiladi:

Harorat diapazoni (°C)	Qo‘llanish sohasi
80–120	Quritish, oziq-ovqat sanoati
120–180	Kimyo va farmatsevtika
180–250	Maxsus texnologik jarayonlar
>250	O‘ta yuqori haroratli tizimlar

So‘nggi tadqiqotlarda 250 °C dan yuqori harorat hosil qiluvchi o‘ta yuqori haroratli issiqlik nasoslari ishlab chiqilayotgani qayd etilgan.

4. 2020–2025 YILLARDAGI ILMIY TADQIQOTLAR TAHLILI

Wang va boshq. (2024) suvni sovutish agent sifatida qo‘llaydigan YHINlarni o‘rgangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, suv asosidagi YHIN tizimlari 100 °C gacha bo‘lgan harorat ko‘tarilishini ta’minlab, yuqori SK qiymatlarini saqlab qoladi. Shuningdek, ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan tabiiy ishchi moddalarning istiqbollari ko‘rsatib berilgan [1].

Nawaz va boshq. (2024) tadqiqotlarida YHINlarining sanoatni elektrlashtirishdagi roli ko‘rib chiqilgan. Mualliflar texnologiyaning asosiy afzalligi sifatida issiqlik tashlamalaridan foydalanish va organik yoqilg‘ilar ulushini qisqartirish imkoniyatini ta’kidlaydi [3].

Bellos va boshq. (2025) mualliflar 100–180 °C oralig‘ida ishlovchi sanoat issiqlik nasoslarining iqtisodiy samaradorligini baholaganlar. Natijalarga ko‘ra, chiqindi issiqlik manbasi 50–100 °C bo‘lganda tizimlar iqtisodiy jihatdan samarali ishlaydi va energiya sarfini sezilarli kamaytiradi [2].

Applied Energy (2025) tadqiqoti. Mazkur tadqiqot ultra yuqori haroratli (>250 °C) issiqlik nasoslarining istiqbollarini baholagan. Tadqiqotchilar kaskad sikllar, Brayton sikli va yangi ishchi moddalardan foydalanish orqali yuqori haroratli texnologik jarayonlarni elektrlashtirish mumkinligini ko‘rsatganlar [3].

Kompressorlar bo‘yicha tadqiqotlar (2024). Kompressor issiqlik nasosining eng muhim elementi hisoblanadi. Tadqiqotlar vintli, porshenli va markazdan qochma kompressorlarning yuqori haroratli tizimlarda qo‘llanilishini

ISSN 3030-3907

tahlil qilgan. Katta quvvatli sanoat qurilmalarida turbokompressorlarning istiqboli yuqori deb baholangan [4].

Sanoat quritish jarayonlari bo‘yicha tadqiqotlar (2024). AQShda olib borilgan tadqiqotlarda YHIN yordamida sanoat quritgichlarida yoqilg‘i sarfini kamaytirish va uglerodli aralashma tashlamalarining miqdorini qisqartirish mumkinligi aniqlangan [5,6,8].

O‘ta (ultra) yuqori haroratli issiqlik nasoslari. 2025-yilda chop etilgan tadqiqotlarda 250 °C dan yuqori harorat hosil qiluvchi tizimlar o‘rganilgan. Brayton sikli va kaskadli sikllar asosidagi texnologiyalar metallurgiya va kimyo sanoati uchun istiqbolli yechim sifatida baholangan [7].

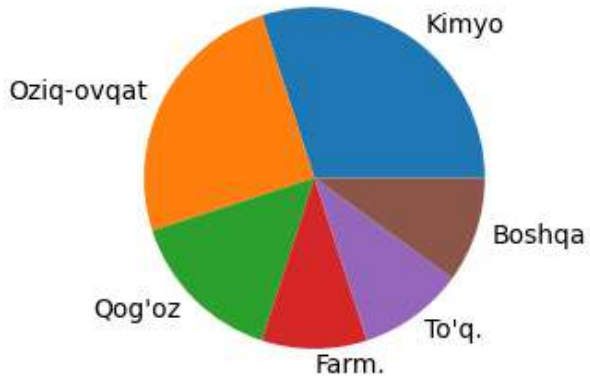
5. NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy YHINlari sanoat jarayonlari uchun yetarli harorat darajasini ta’minlay oladi.

2-jadval

Ko‘rsatkich	Qiymat
Issiqlik tashlamasining harorati	100–200 °C
SK	2,5–6,0
Energiya tejamkorligi	30–50 %
CO_2 tashlamalarini kamayishi	30–70 %

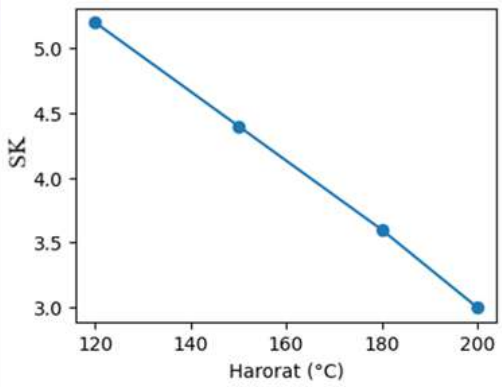
Natijalar sanoat korxonalarida energiya sarfini sezilarli kamaytirish imkoniyatini ko‘rsatmoqda. Zamonaviy tizimlarda SK qiymati 2,5–4,0 bo‘lib, ayrim ilg‘or konstruksiyalarda 6,0 dan yuqori natijalar qayd etilgan [6].



1-rasm. YHINlarining sanoatdagi qo‘llanish yo‘nalishlari

Bunda - kimyo sanoati – 30 %; oziq-ovqat sanoati – 25 %; tsellyuloza qog‘oz sanoati – 15 %; farmatsevtika – 10 %; to‘qimachilik – 10 %; boshqa tarmoqlar – 10 % ulushga ega hisoblanadi. Keltirilgan ma’lumotlar birlamchi bo‘lib, hisoblash natijalariga ko‘ra o‘zgarishi mumkin.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Issiqlik nasoslarida SK ko‘rsatkichining haroratga bog‘liqligi

Bunda mos keluvchi parametrlar – 120 °C → SK = 5,2; 150 °C → SK = 4,4; 180 °C → SK = 3,6; 200 °C → SK = 3,0 ni tashkil qiladi [7,8].

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, harorat ko‘tarilishi bilan SK qiymati pasayadi, biroq tizimlarning umumiy energiya samaradorligi yuqori darajada saqlanib qoladi.

6. O‘zbekiston sanoatida qo‘llash istiqbollari

O‘zbekiston sanoatida tabiiy gaz asosiy energiya manbai hisoblanadi. Kimyo, oziq-ovqat, qurilish materiallari va to‘qimachilik korxonalarida katta hajmdagi issiqlik tashlamalarining oqimlari mavjud.

YHINlarini joriy etish quyidagi afzalliklarni beradi:

– tabiiy gaz sarfini kamaytirish;

– energiya samaradorligini oshirish;

– CO_2 emissiyalarini qisqartirish;

– ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish;

– qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiya qilish.

XULOSA.

Olib borilgan tahliliy tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. YHINlari sanoatning 100–200 °C diapazondagi issiqlik ehtiyojlarini qoplash imkoniyatiga ega;

2. Issiqlik tashlamalaridan foydalanish hisobiga, yuqori haroratli sanoat jarayonlarida energiya sarfini 30–50 % gacha kamaytirishga erishiladi;

3. Zamonaviy tizimlarda SK 2,5–6,0 oralig‘ida bo‘ladi;

4. CO_2 tashlamalarini 30–70 % gacha qisqartirish mumkin;

5. O‘ta yuqori haroratli (>250 °C) issiqlik nasoslari kelajakdagi istiqbolli texnologiya hisoblanadi;

6. O‘zbekiston sanoat korxonalarida ushbu texnologiyalarni joriy etish energiya tejamkorligi va ekologik barqarorlikni oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wang R., Yan H., Wu D. et al. High temperature heat pumps for industrial heating processes using water as refrigerant. *Energy*, 2024.

ISSN 3030-3907

2. Bellos E. et al. Feasibility Analysis of Industrial High-Temperature Heat Pumps. *Applied Sciences*, 2025.
3. Investigation of Heat Pump Technologies for High-Temperature Applications above 250 °C. *Applied Energy*, 2025.
4. A Review of Compressors for High Temperature Heat Pumps. *Thermal Science and Engineering Progress*, 2024.
5. Technology Feasibility of High-Temperature Heat Pumps for Industrial Drying Process in the US. *Purdue Conference Proceedings*, 2024.
6. High Temperature Heat Pumps and Their Roles in the Decarbonization of Building and Industry, 2024.
7. High-temperature Heat Pumps: Key Technologies and Industrial Applications toward Carbon-neutral Process Heating, 2025.
8. Low-Carbon Industrial Heating in the EU and UK: Integrating Waste Heat Recovery, High-Temperature Heat Pumps, and Hydrogen Technologies, 2025.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
Буронов Бобирмирзо Алишер угли
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
E-mail: boburmirzo.uzb.7@gmail.com

Аннотация. Точное измерение уровня жидких продуктов в ёмкостях имеет важное значение для устойчивого управления и контроля технологических процессов на производственных предприятиях. Надёжное определение количества жидкости в резервуарах, технологических аппаратах и ёмкостях хранения способствует повышению производственной безопасности, контролю расхода сырья, а также точному учёту готовой продукции. Поэтому на промышленных объектах устройства измерения уровня рассматриваются как неотъемлемая часть технологической системы. В настоящее время для определения уровня жидкости применяются гидростатические методы, методы дифференциального давления, ёмкостные, ультразвуковые, радарные, оптические, радиометрические и другие методы. Данные методы отличаются друг от друга принципом действия, точностью измерения, надёжностью, наличием или отсутствием контакта с измеряемой средой, а также возможностями применения в промышленных условиях. В связи с этим сравнительный анализ методов измерения уровня жидких продуктов, а также оценка их метрологических возможностей и эксплуатационных характеристик представляют собой важную научно-практическую задачу данного направления.

Ключевые слова: промышленные ёмкости, уровень жидких продуктов, методы измерения уровня, уровнемерные устройства, контактное и бесконтактное измерение, метрологические характеристики, точность измерения, интеллектуальные датчики.

Annotation. The article provides a review and comparative analysis of liquid level measurement methods from the point of view of their applicability in industrial vessels. It is shown that, when contact methods are used, the interaction of the sensing element with the liquid medium may lead to corrosion, contamination, deposit formation, mechanical wear, as well as the influence of the physicochemical properties of the medium on the measurement results. Non-contact methods make it possible to determine the level without direct contact with

the liquid, which is a significant advantage during operation under complex technological conditions. The results of the comparative assessment show that, when selecting a level measurement method, it is necessary to comprehensively consider accuracy, reliability, cost, installation conditions, and maintenance requirements. It is substantiated that the ultrasonic method is a promising direction for ensuring automated control of the level of liquid products in industrial vessels.
Keywords: industrial vessels, industrial tanks, liquid level, level gauges, contact methods, non-contact methods, ultrasonic level measurement, radar level measurement, measurement reliability.
Annotatsiya. Maqolada suyuqlik sathini o‘lchash usullari ularning sanoat sig‘imlarida qo‘llanilishi nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqilgan va qiyosiy tahlil qilingan. Ko‘rsatib o‘tilganki, kontaktli usullardan foydalanilganda sezgir elementning suyuq muhit bilan o‘zaro ta’siri korroziya, ifloslanish, cho‘kindi hosil bo‘lishi, mexanik yeyilish, shuningdek, muhitning fizik-kimyoviy xossalarining o‘lchash natijalariga ta’sir qilishiga olib kelishi mumkin. Kontaktsiz usullar suyuqlik bilan bevosita kontaktsiz sathni aniqlash imkonini beradi, bu esa murakkab texnologik sharoitlarda ekspluatatsiya qilishda muhim ustunlik hisoblanadi. Qiyosiy baholash natijalari shuni ko‘rsatadiki, sathni o‘lchash usulini tanlashda aniqlik, ishonchlilik, narx, montaj sharoitlari va texnik xizmat ko‘rsatish talablarini kompleks hisobga olish zarur. Ultratovushli usul sanoat sig‘imlarida suyuq mahsulotlar sathini avtomatlashtirilgan nazorat qilishni ta’minlash uchun istiqbolli yo‘nalish ekanligi asoslab berilgan.
Kalit so‘zlar: sanoat sig‘imlari, sanoat rezervuarlari, suyuqlik sathi, sath o‘lchagichlar, kontaktli usullar, kontaktsiz usullar, ultratovushli sath o‘lchash, radarli sath o‘lchash, o‘lchash ishonchliligi.

ВВЕДЕНИЕ.

Под измерением уровня понимается определение высоты жидкой рабочей среды внутри технологического аппарата, резервуара или промышленной ёмкости [1, 2]. Специальный измерительный прибор, применяемый для этой цели, называется уровнемером [1]. Контролируемые вещества могут находиться в технологических аппаратах, резервуарах и загрузочных ёмкостях различной формы.

В промышленных ёмкостях и технологических аппаратах уровень жидкости является одним из важных технологических параметров при контроле производственного процесса. Информация, получаемая по данному параметру, необходима для устойчивого управления режимом работы оборудования, обеспечения технологической безопасности, а также для точного и автоматизированного учёта количества жидкого продукта в единицах объёма или массы в режиме реального времени [3, 4, 5].

ISSN 3030-3907

Для определения уровня жидкости в промышленных ёмкостях измерительное устройство во многих случаях устанавливается в верхней части резервуара. При этом датчик определяет расстояние d между точкой своего монтажа и поверхностью жидкости. Поскольку высота ёмкости h является заранее известной постоянной величиной, уровень жидкости L рассчитывается на основе данной геометрической зависимости [6, 7] (рис. 1).

$$L = h - d \qquad (1)$$

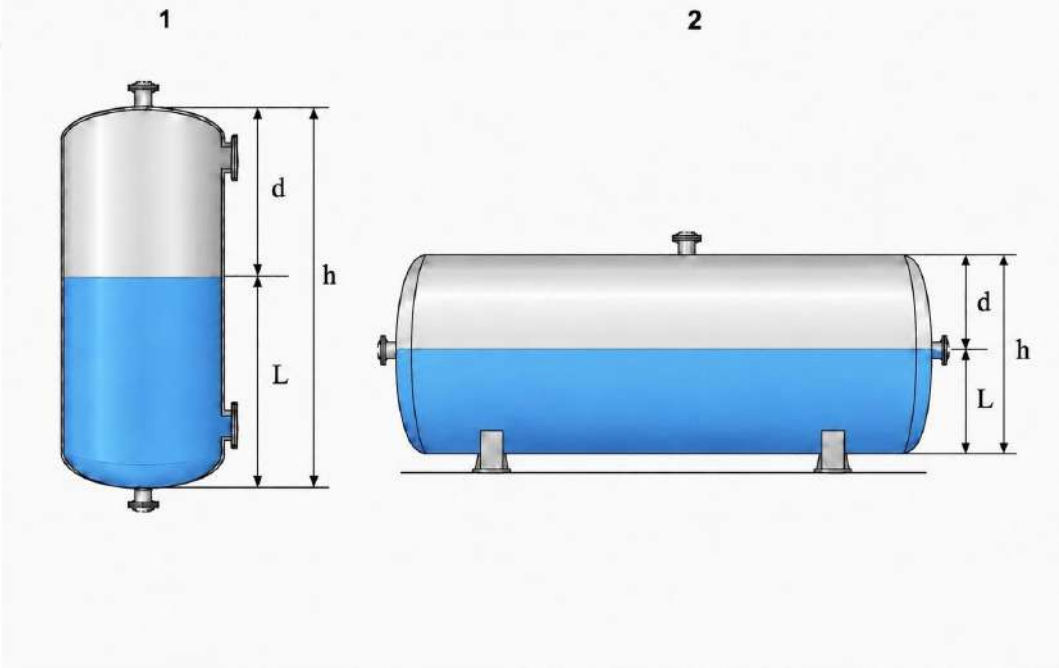


Рис. 1. Схема определения уровня жидкого продукта в промышленных ёмкостях различной формы: 1 — вертикальная цилиндрическая ёмкость; 2 — горизонтальная цилиндрическая ёмкость.

В настоящее время уровнемерные устройства широко применяются в различных отраслях промышленности [8–10]. По назначению их можно разделить на две основные категории: к первой категории относятся устройства, предназначенные для непрерывного измерения уровня материала, ко второй — датчики, служащие для подачи сигнала при достижении материалом заданных предельных значений, то есть максимального или минимального уровня в технологических устройствах [10–13].

Устройства первой категории называются датчиками уровня или уровнемерами, а устройства второй категории относятся к сигнализаторам уровня [10, 11]. В зависимости от способа взаимодействия чувствительного элемента с измеряемой средой уровнемеры подразделяются на контактные и бесконтактные типы [8, 9, 14, 19, 20].

ISSN 3030-3907

Анализ литературы [8–22] показывает, что в практической деятельности для определения уровня применяются различные методы и способы измерения. При этом существуют разные подходы — от наиболее простых ручных методов измерения до современных измерительных технологий, не требующих непосредственного контакта с измеряемым материалом или средой. Вместе с тем отдельные методы благодаря широкой области применения и способности адаптироваться к различным технологическим условиям рассматриваются как универсальные методы измерения уровня.

Если средства измерения уровня сгруппировать по их общим признакам, принципу действия и особенностям применения, то их можно представить в виде классификации, состоящей из четырёх основных категорий и входящих в их состав подгрупп [8, 19–22].

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ			
РУЧНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ	ЭЛЕКТРО-МЕХАНИЧЕСКИЕ	ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНТАКТНЫЕ	ЭЛЕКТРОННЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ
Поплавковые	Буйковые	Емкостные	Лазерные
Измерительная рейка / зонд	Сервоприводные	Оптические	Тензометрические
Рулеточные	Резистивная лента	Тепловые	Радиоизотопные
Визуальные указатели	Магнитострикционные	Электропроводностные	Радарные
	Вращательные сигнализаторы	Датчики перепада давления	Ультразвуковые
		Волноводные уровнемеры	
		Вибрационный сигнализатор	

Рис. 2. Классификация методов контроля уровня

Далее рассматриваются основные преимущества и недостатки каждой подгруппы уровнемерных устройств [23–33].

Приборы, относящиеся к первой группе, характеризуются относительно простой конструкцией и несложным принципом работы. В частности, смотровые стёкла и измерительные рейки позволяют за короткое время определять уровень жидких продуктов в малогабаритных ёмкостях в статическом состоянии. Ещё одной важной особенностью таких устройств является их низкая стоимость [23, 24].

Уровнемерные устройства, относящиеся ко второй группе, как правило, состоят из нескольких механических и электромеханических элементов, имеющих подвижные части. По этой причине они требуют

ISSN 3030-3907

регулярного технического обслуживания. Особенно при измерении уровня вязких или химически агрессивных жидких сред измеряемая жидкость может попадать в электромеханические узлы уровнемера. Это, в свою очередь, приводит к возникновению коррозионных процессов в механических элементах. В результате требуется дополнительное время на очистку, проверку и повторную калибровку прибора [25, 26, 27]. Приборы третьей группы представляют собой электронные контактные уровнемеры, в конструкции которых отсутствуют подвижные части. Такие устройства также могут подвергаться воздействию жидкой рабочей среды, что приводит к образованию отложений или коррозии. Однако в связи с отсутствием подвижных механических узлов потребность в техническом обслуживании у них значительно ниже по сравнению с электромеханическими уровнемерами [28–30].

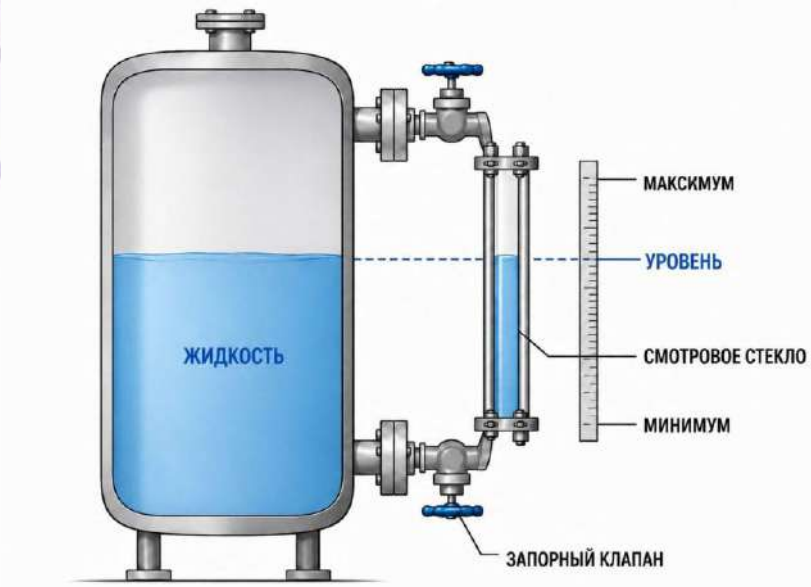
Приборы, входящие в последнюю группу, позволяют измерять уровень без непосредственного контакта с жидким продуктом. Отсутствие подвижных частей и прямого взаимодействия с измеряемой жидкой средой снижает требования к техническому обслуживанию до минимального уровня. Монтаж бесконтактных электронных уровнемеров также считается более удобным и простым по сравнению с другими средствами измерения уровня. Вместе с тем наличие пара или пены в измеряемой среде может оказывать влияние на точность измерения таких устройств [31–33].

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТЕЙ

1. Зонд или смотровое стекло

Методы прямого измерения уровня позволяют получать достаточно точные результаты и с их помощью можно определять количество жидкости [34, 35]. Эти методы и в настоящее время применяются на практике, поскольку оператор может непосредственно подойти к необходимым точкам измерения и выполнить расчётные операции [34]. При правильной геометрической форме резервуара вычисление объёма содержащейся в нём жидкости не вызывает затруднений [36]. Как показано на рис. 3, смотровое стекло обычно устанавливается вертикально на боковой части резервуара. Уровень жидкости наблюдается непосредственно через смотровое стекло [34, 35].

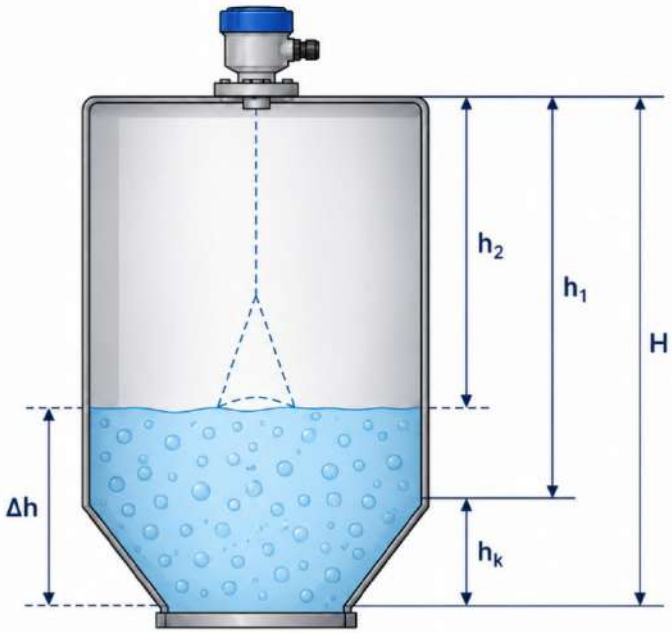
ISSN 3030-3907



(3)

Рис. 3. Трубчатое смотровое стекло для визуального контроля

Данный метод является одним из наиболее простых и применяется преимущественно в тех случаях, когда резервуар расположен в месте, удобном для визуального контроля оператором, а определение объёма жидкости с высокой точностью не требуется [4]. Его основной недостаток заключается в том, что после определённого периода эксплуатации стеклянная часть смотрового стекла мутнеет под воздействием растворённых химических веществ, содержащихся в конденсате. Поэтому стекло необходимо периодически очищать.



(4)

Рис. 4. Измерение уровня с помощью лотного уровнемера

ISSN 3030-3907

2. Лотный уровнемер

Лотные уровнемеры применяются в промышленной практике для определения уровня жидких продуктов и степени заполнения резервуаров и ёмкостей [37, 39]. Такие уровнемеры отличаются простотой конструкции, а их диапазон измерения в зависимости от модификации может достигать 40 м; точность измерения при этом может составлять от 1 до 10 см (рис. 4) [37].

Процесс измерения начинается с освобождения лота, предварительно удерживаемого в верхнем положении. Под действием собственного веса лот опускается вниз. В этот момент сигнальное устройство, контролирующее натяжение гибкой связи, приводит в действие счётный механизм. Счётное устройство, в свою очередь, фиксирует величину перемещения лота относительно его верхнего предельного положения на основе движения гибкой связи [38].

Когда лот достигает поверхности жидкого продукта, натяжение гибкой связи уменьшается, и сигнальное устройство останавливает счётное устройство. Одновременно оно передаёт команду подъёмному механизму, возвращающему лот в исходное положение [38, 39].

Показания, зафиксированные счётным устройством, позволяют определить текущий уровень жидкости. Перед выполнением следующего измерения показания счётного устройства необходимо привести к нулевому положению [37, 38].

Механические уровнемеры, работающие на основе чувствительных элементов, могут применяться для дискретного измерения уровня жидкости [39, 40]:

$$\Delta h = (H - h_2) = (h_1 - h_2) + h_k$$

где H — высота резервуара; h_1 — высота цилиндрической части резервуара; h_2 — показание уровнемера в определённом положении; Δh — значение уровня жидкости.

После определения уровня жидкого продукта можно достаточно точно рассчитать объём или массу продукта, находящегося в резервуаре [37, 40].

Важные особенности и преимущества лотных уровнемеров заключаются в возможности их применения для измерения уровня различных жидких сред, а также в простоте монтажа. При этом общее состояние среды внутри резервуара не оказывает существенного влияния на работу прибора [37, 40].

В качестве недостатка таких уровнемеров отмечается то, что волнообразование или колебания на поверхности жидкости могут влиять на точность измерения [39, 40].

3. Гидростатический метод измерения уровня

ISSN 3030-3907

Система гидростатического измерения уровня основана на учёте давления, создаваемого жидкостью, а также атмосферного давления, действующего на поверхность жидкости [9, 11, 41]. Она относится к системам косвенного измерения и считается одним из наиболее традиционных и давно применяемых методов определения уровня [12, 13]. Вместе с тем данный метод позволяет получать результаты измерения с высокой точностью [10, 42].

Гидростатическое давление столба жидкости прямо пропорционально его глубине, то есть высоте уровня поверхности жидкости [9, 11, 41]. Поскольку плотность жидкости изменяется в зависимости от температуры, для уточнения результатов измерения может применяться температурная компенсация [10, 42].

По сравнению со многими бесконтактными технологиями измерения уровня гидростатический датчик не ограничивается только оценкой текущей высоты поверхности жидкости, но также позволяет определять уровень по любой выбранной контрольной точке внутри резервуара [9, 41]. Такая контрольная точка может быть выбрана в любом месте между дном резервуара и поверхностью жидкости, поскольку гидростатические датчики уровня обычно устанавливаются ниже поверхности жидкости [11, 41].

Данный принцип измерения уровня применяется в открытых и герметичных сосудах, а также в промышленных резервуарах [11, 12, 42]. В общем случае гидростатическое давление столба жидкости определяется по следующей зависимости:

$$P = \rho g h,$$

где P — гидростатическое давление, Па; ρ — плотность жидкости, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; h — высота столба жидкости, м. В полностью герметичных резервуарах для оценки высоты уровня жидкости применяется метод дифференциального давления [10, 11, 42]. Такая система должна устанавливаться на одном уровне с минимальной высотной точкой резервуара [11, 41]. Это во многих случаях может затруднять монтаж или надёжное закрепление уровнемера [41].

Данный метод широко применяется благодаря высокой надёжности и относительной простоте установки, однако его эффективность зависит от типа жидкости, её плотности и условий эксплуатации резервуара [9, 10, 41, 42].

4. Лазерный метод измерения уровня

По своему принципу действия лазерный метод измерения уровня близок к радарной измерительной системе [24, 35, 43]. В данном методе лазерный луч направляется на поверхность жидкости в резервуаре, а

ISSN 3030-3907

отражённый сигнал принимается датчиком [24, 35, 43, 44]. Оценивается время распространения и возврата сигнала, в результате чего появляется возможность определить уровень жидкости внутри резервуара [24, 43, 47].

Лазерные измерительные технологии применяются в промышленности в различных условиях, поскольку они напрямую не зависят от воздействия высокой температуры или вакуума в зоне измерения [23, 34, 44, 47, 48]. Данный метод считается пригодным для жидких продуктов с низкой диэлектрической проницаемостью, жидких сред, поглощающих звук, и других подобных случаев [23, 35, 44, 48].

По сравнению с некоторыми другими бесконтактными методами измерения уровня импульсные лазерные устройства являются относительно более дорогостоящими [43, 46, 47, 48, 49]. Поскольку данная технология основана на принципе отражения света от поверхности среды, отличающейся оптическими свойствами, различные факторы, создающие световые помехи в рабочей среде, в том числе загрязнённость среды, могут существенно ухудшать метрологические характеристики прибора [5, 35, 43, 46, 49].

5. Ультразвуковой метод измерения уровня

Данный метод основан на принципе отражения звуковых волн от поверхности измеряемой среды. Время прохождения ультразвуковой волны от излучателя до поверхности жидкости и обратно к приёмнику является измерительным параметром, по которому определяется значение уровня.



(5)

Рис. 5. Измерение уровня ультразвуковым методом

При локации через слой жидкости время задержки отражённого сигнала относительно излучённого сигнала определяется по следующей формуле [14, 20, 50]

$$\tau = \frac{2h}{a} \quad (4)$$

ISSN 3030-3907

где h — высота уровня жидкости; a — скорость распространения звука в жидкой среде.

При локации через газовую среду время распространения ультразвуковых колебаний выражается следующей формулой (5) [51, 55]:

$$\tau = \frac{2(H-h)}{a} \quad (5)$$

где H — общая высота резервуара; h — высота уровня жидкости; a — скорость распространения звука в газовой среде.

Следует отметить, что скорость распространения ультразвуковых волн изменяется под воздействием температуры воздуха в среде их распространения [56]. Ультразвуковое поле, возникающее в жидкости, может приводить к заметному повышению температуры [15, 31, 55]. В сосудах обычных размеров такое повышение температуры во многих случаях может достигать нескольких градусов в минуту [3, 51].

Причиной образования тепла в данном процессе является поглощение звуковой энергии облучаемой жидкостью [15, 31, 55]. Количество тепла, выделяющегося в заданном слое жидкости, рассчитывается по формуле (6). Согласно данной формуле, мощность, поглощённая в слое толщиной x, выражается следующим образом [3, 31]:

$$j = j_o(1 - e^{\{-2\alpha x\}}) \quad (6)$$

В качестве примера можно отметить, что в тетрахлориде углерода при частоте 1 МГц, в слое толщиной 5 см и площади поперечного сечения 1 см² при мощности звука 1 Вт/см² поглощается мощность около 0,05 Вт [15].

В таблице 1 приведены данные о повышении температуры различных веществ при одинаковой площади поперечного сечения, равной 2 см², и воздействии ультразвукового поля в течение 10 секунд [3, 51, 56].

Кроме того, как скорость распространения ультразвука сильно зависит от температуры, так и при повышении давления воздуха она также возрастает [51, 57]. В таблице 2 отражена скорость распространения ультразвуковых волн в различных средах [16, 51].

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Повышение температуры при облучении ультразвуковым полем

1. ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

№	Вещество	Повышение температуры, °C (при 0°C)
1	Вода	2
2	Спирт	3,5
3	Глицерин	10
4	Парафиновое масло	10
5	Раствор желатина	1
6	Гель желатина	1
7	Стеариновая кислота	36
8	Воск	44

2. СКОРОСТЬ ЗВУКА В РАЗЛИЧНЫХ ГАЗАХ (ПРИ 0°C)

№	Газ	Скорость звука, м/с (при 0°C)
1	Воздух	331
2	Аммиак	415
3	Диоксид углерода	259
4	Этилен	317
5	Гелий	965
6	Хлороводород	206
7	Метан	430
8	Азот	334
9	Кислород	316
10	Диоксид серы	213

Основные преимущества ультразвуковых методов заключаются в сравнительно низкой стоимости и компактности прибора, малом времени, необходимом для измерения, возможности применения в загрязнённых жидких средах, а также в том, что результаты измерения практически не зависят от плотности контролируемой жидкости [19, 57, 58, 61].

К недостаткам относятся распространение излучения в виде конуса с большим углом раскрытия, возникновение погрешностей измерения из-за сигналов, отражённых от движущихся или неустойчивых препятствий, значительное затухание ультразвукового сигнала в среде, а также зависимость показаний уровнемера от состояния атмосферы и условий измерения [59, 60].

6. Радарный метод измерения уровня

Радарные датчики, в отличие от ультразвуковых датчиков, используют не звуковые волны, а микроволновое излучение [62, 63, 65]. Подобно ультразвуковым устройствам, радарные датчики уровня также не имеют непосредственного контакта с жидким продуктом [64, 66, 70]. Это позволяет применять их в агрессивных жидких средах и в сложных эксплуатационных условиях [67, 68, 72].

В ряде работ рассмотрены история развития радарных уровнемеров, а также основные принципы их работы [63, 65]. По сравнению с ультразвуковыми уровнемерами радарные датчики способны обеспечивать более высокую точность измерения, имеют меньшую мёртвую зону и могут работать в условиях высокого давления внутри резервуара [70, 71].

ISSN 3030-3907

Рабочая частота радарных уровнемеров, независимо от их типа, обычно изменяется в диапазоне от 5,8 до 26 ГГц; при этом стандартной частотой считается 10 ГГц [67, 69, 71]. Чем выше частота сигнала, тем уже диаграмма направленности луча и тем выше концентрация энергии излучения, в результате чего отражённый сигнал регистрируется более уверенно [67, 69, 73]. Поэтому высокочастотные уровнемеры позволяют измерять уровень жидких сред с низкой диэлектрической проницаемостью и слабой отражательной способностью [74, 76]. Кроме того, они удобны для применения в резервуарах, где имеются различные внутренние элементы оборудования, ограничивающие свободную зону, необходимую для работы радара [72, 75].

В работе представлены результаты численного моделирования, основанного на теории решения обратной задачи Штурма–Лиувилля, предложен алгоритм его реализации, а также показана возможность применения данного метода в интеллектуальных устройствах. Рассматриваемый метод измерения уровня использует частотно-модулированную непрерывную волну для устранения помех, возникающих в закрытых резервуарах [69, 73, 76]. Он позволяет измерять уровень различных жидких продуктов на расстоянии от 0 до 60 метров [66, 70, 78].

7. Радиометрическое измерение уровня

Радиометрический метод измерения уровня основан на сравнительно простой по конструкции, но высокоэффективной измерительной схеме [79–81]. При этом с помощью стержневого или точечного источника излучения формируется поле гамма-излучения, воздействующее на технологическую ёмкость или резервуар с жидкостью в пределах требуемого диапазона измерения [79, 82].

ISSN 3030-3907

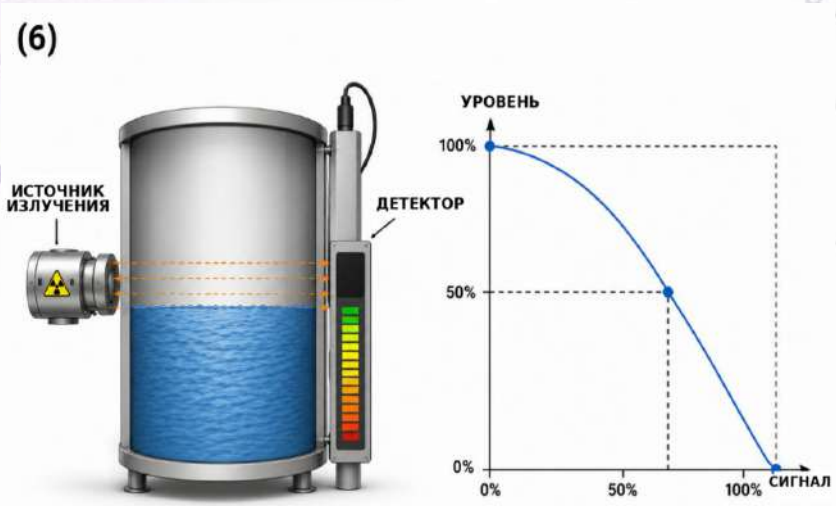


Рис. 6. Измерение уровня жидкости радиометрическим методом

При прохождении гамма-излучения через сосуд или резервуар его интенсивность ослабляется [79, 82]. По мере увеличения уровня жидкости в зоне измерения всё большая часть излучения поглощается жидкой средой [79, 80].

Определение уровня жидкости в радиоизотопном уровнемере основано на явлении поглощения γ-лучей при их прохождении через слой жидкости [79, 82]. Ослабление интенсивности гамма-излучения в жидкой среде выражается следующей экспоненциальной зависимостью [79]:

$$j_{-x} = j_0\, e^{\{-2\alpha x\}}$$

где J_x — интенсивность гамма-лучей после прохождения через слой жидкости толщиной x; J_0 — начальная интенсивность γ-излучения; μ — коэффициент ослабления γ-излучения, зависящий от природы жидкой среды и толщины слоя [79, 82]. Несмотря на высокую эффективность, данный метод измерения уровня обычно рассматривается как метод последнего выбора [79, 80]. Это связано с его высокой стоимостью, поэтому он в основном применяется в тех случаях, когда возможности использования других методов измерения ограничены [81, 83].

Сравнительный анализ методов и устройств измерения уровня

В промышленных условиях для измерения уровня в резервуарах, технологических ёмкостях и сосудах, предназначенных для хранения жидких продуктов, применяются различные методы [81, 82].

В таблице 3 приведён сравнительный анализ основных характеристик уровнемеров, применяемых в промышленности.

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Основные типы промышленных уровнемеров

Таблица 3. Основные типы промышленных уровнемеров

№	Наименование прибора и изготовитель	Измеряемая среда / продукт		Температура рабочей среды, °C	Рабочее давление среды, бар	Диапазон измерений уровня	Погрешность измерения уровня			Монтаж	Выходной сигнал		Типичные области применения
							Процент, %	При стандартных условиях измерения, %	HART		Выход 4–20 мА	Релейный выход	
1	Мультилевелы	+	+	−110 до 400 °C	1 до 500 бар	4	±2%	1000	–	+	+	–	все жидкости, интерфейс
2	Ультразвуковой Prosonic T	+	+	−40 до 80 °C	0,3 до 1,5 бар	15	0,5–1%	•	>1 мм	+	+	–	сухие сыпучие, светлые масла/углеводороды, химические реагенты
3	Ультразвуковой Prosonic U	+	+	−110 до 400 °C	0,3 до 3 бар	70	0,5–1%	•	>50 мм	+	+	–	сухие сыпучие, светлые масла/углеводороды, среды с конденсацией, пена
4	Радарный Levelflex	+	+	−110 до 400 °C	1 до 20 бар	20	1%	•	<20 мм	+	+	–	жидкости или сыпучие с несколькими измерениями
5	Гидростатический Cerabar	–	+	−110 до 400 °C	−400 до 40 бар	0,1	1000	–	+	+	+	–	измерение уровня агрессивных жидкостей, сухих сыпучих, пены, жидких углеводородов, сыпучих материалов. Технология дифференциального давления
6	Гидростатический Deltabar	–	+	−110 до 400 °C	−400 до 30 бар	−0,05	1000	–	+	+	+	–	все жидкости в резервуарах. Глубина колодцев
7	Гидростатический DeltaPilot	–	+	−110 до 400 °C	2 до 25 бар	0,1	1000	–	+	+	+	–	для общей промышленности с агрессивными средами, сыпучими средами. Удаленное измерение уровня
8	Кондуктометрический Proservo	–	+	−110 до 400 °C	16 до 38 бар	0,7	10	–	+	–	–	–	все проводящие среды в резервуарах
9	Радарный Micropilot m	–	+	−110 до 400 °C	1 до 20 бар	4 мм	•	–	+	–	–	–	сухие сыпучие, пыли, гранулы, светлые масла/углеводороды, химические реагенты
10	Радарный Micropilot s	+	+	−110 до 400 °C	1 до 35 бар	8 мм	•	–	+	–	–	–	измерение всех жидкостей, сыпучих, слабых пылей во взрывоопасных резервуарах
11	Микроволновый Silradex	+	+	−110 до 400 °C	0,5 до 70 бар	1 мм 10 м гипа	–	<20 мм	–	–	–	–	измерение концентрации частиц порошков и жидких сред
12	Радиоизотопный Gammapilot	+	+	−110 до 400 °C	–	8	2–5%	•	+	+	+	–	измерение абразивных и коррозионных сыпучих сред, пылей во взрывоопасных зонах

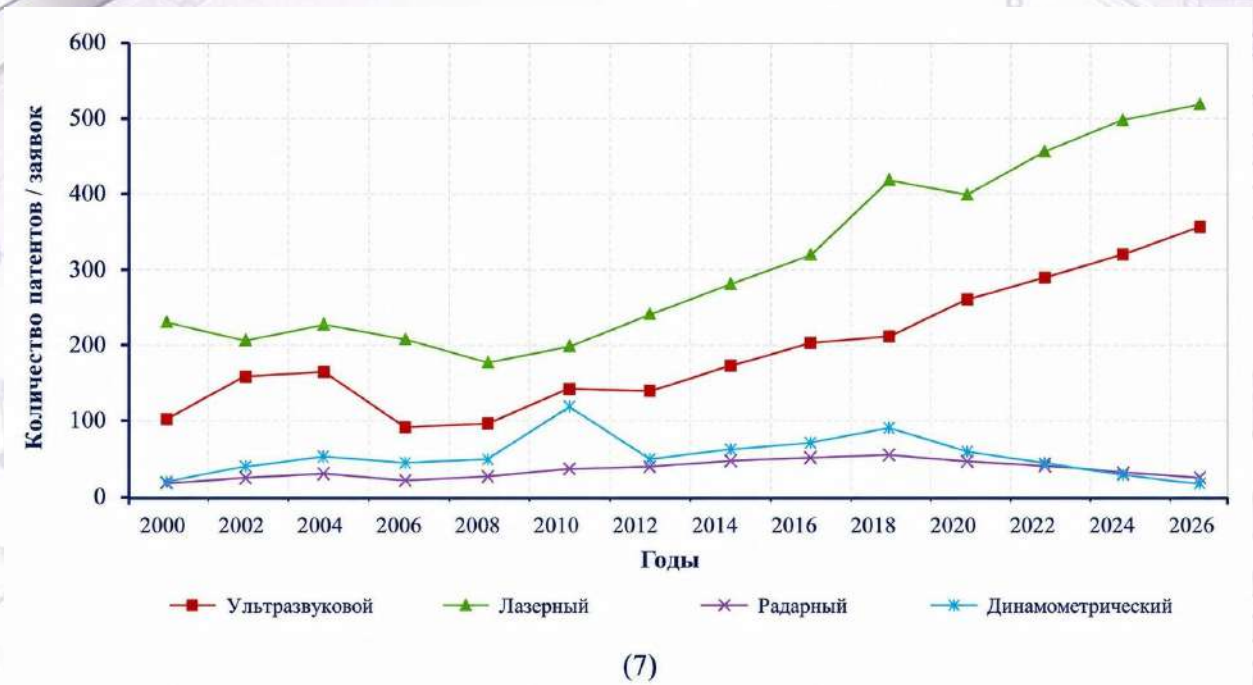
Примечание: + + — да, + – — иногда, – + — нет, – – — недоступно такой опции (по стандарту).

В отличие от большинства методов определения уровня, применяемых в течение последних пятнадцати лет, бесконтактные измерительные технологии рассматриваются как перспективное направление. Вместе с тем не существует единого универсального бесконтактного метода измерения уровня, который был бы одинаково пригоден для любой производственной задачи и любых эксплуатационных условий. Каждая бесконтактная технология измерения обладает собственными техническими и метрологическими особенностями, благодаря которым она может проявляться либо как удобное, либо как ограниченное решение для конкретной практической задачи.

Поэтому при выборе бесконтактной технологии измерения уровня необходимо учитывать не только принцип её действия, но и метрологические показатели, а также область применения. Такой подход служит важной основой для выбора оптимального принципа измерения в конкретных рабочих условиях. В современных промышленных отраслях к наиболее широко применяемым бесконтактным устройствам измерения уровня относятся лазерные, ультразвуковые, радарные и радиометрические приборы (рис. 7).

При выборе бесконтактной измерительной технологии основное внимание должно быть уделено свойствам жидкого продукта, метрологическим требованиям для заданной области применения прибора, а также конструктивным особенностям резервуара.

ISSN 3030-3907



(7)

Практическое применение каждого уровнемера во многом зависит от таких показателей жидкости, как температура, давление и вязкость. К другим свойствам среды, которые необходимо учитывать при решении конкретных технических задач, относятся: движение жидкости внутри резервуара; интенсивное испарение жидкого продукта; наличие взвешенных твёрдых частиц; пенообразование; резкое изменение плотности среды; мутность и другие факторы.

Несмотря на многообразие методов, каждый из них не всегда подходит для любых рабочих условий или различных жидких сред. Перед выбором системы измерения уровня для конкретного случая целесообразно начать с анализа технологического процесса и определения необходимых исходных данных:

Количество контролируемых уровней. Измерение уровня может выполняться в непрерывном режиме, то есть такое измерение не ограничивается одной конкретной точкой. Вместе с тем степень заполнения резервуара выражает фактический объём измеряемого жидкого продукта в процентах относительно общего объёма резервуара, принятого за 100%.

Измеряемая среда. Измеряемая жидкая среда может быть агрессивной, вязкой, пенящейся, испаряющейся или мутной. В отдельных случаях в составе жидкости могут присутствовать взвешенные твёрдые частицы, эмульсии, суспензии или смеси, образующие осадок. Кроме того, учитываются химическая природа жидкого продукта — коррозионная активность, кислотность, щёлочность или летучесть, диэлектрическая проницаемость в месте применения, влияние шумов и движение оборудования.

ISSN 3030-3907

Тип ёмкости. Форма конструкции, материал сосуда, а также его расположение и возможность доступа к нему являются важными факторами при выборе измерительной системы и способа её установки.

Точность измерения. Когда требуется высокая точность измерения, применяются многие сложные технологии; это относится только к непрерывным измерениям. В зависимости от размера резервуара или технологической ёмкости погрешность измерения может составлять менее ±1%, однако достижение такой точности требует значительных затрат. Наиболее важным является определение того, какая именно точность необходима для данного конкретного случая применения.

Надёжность средств измерения. Во многих случаях надёжность измерительных средств и систем управления информацией определяет надёжность всего производственного процесса. Без знания достоверных значений параметров технологического объекта невозможно управлять процессом или агрегатом. Поэтому применение точных и надёжных устройств позволяет снизить производственные затраты и обеспечить требуемое качество управления рабочим процессом на предприятии [1–2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В настоящее время развитие приборостроения направлено на создание более точных, надёжных и адаптивных средств измерения уровня жидких продуктов в промышленных ёмкостях. Данным направлением занимаются ведущие мировые производители контрольно-измерительных приборов, включая Siemens, Endress+Hauser, ABB, Vega, Emerson, Yokogawa и другие компании.

Многообразие типов приборов измерения уровня затрудняет выбор устройства, наиболее подходящего для конкретного технологического процесса. Несмотря на то что большая часть существующих методов измерения уровня может применяться в различных производственных процессах, единого универсального уровнемера, пригодного для всех эксплуатационных условий, не существует. Поэтому определение основных требований технологического процесса, оценка условий измерения и правильная постановка ключевых вопросов позволяют сузить область выбора и определить уровнемер, наиболее эффективно работающий в конкретных условиях.

Интенсивное развитие средств измерения привело к широкому внедрению в практику интеллектуальных датчиков, управляемых на основе микропроцессоров. Микропроцессор, входящий в состав интеллектуальных устройств, обеспечивает возможность программной обработки сигналов, анализа данных и применения соответствующих алгоритмов в процессе

ISSN 3030-3907

измерения. Таким образом, выбор метода измерения уровня жидких продуктов должен осуществляться с учётом свойств контролируемой среды, конструкции ёмкости, требуемой точности, условий эксплуатации и возможностей технического обслуживания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Johnson, C.D. Process Control Instrumentation Technology. — 8th Edition. — England: Pearson Education Limited, 2014. — P. 1–31. — ISBN 978-1-292-02601.
2. Bo‘ronov Bobirmirzo Alisher o‘g‘li. “Suyuqlik sathini o‘lchash parametrlarining tahlili va zamonaviy usullari” // Academic Research in Modern Science International Scientific-Online Conference. — 2025. — P. 152–157.
3. Yuriy P. Kondratenko, Oleksiy V. Kozlov, Andriy M. Topalov, Oleksandr S. Gerasin. “Computerized System for Remote Level Control with Discrete Self-Testing” // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2017.
4. Prashant Pandey, Rajan Mishra, R.K. Chauhan. “IoT-Enabled Liquid Level Measurement and Characterization Using Differential Pressure Sensor Method” // Clean – Soil, Air, Water. — 2025. — Vol. 53, Issue 7. — Wiley.
5. Nodirbek Rustambekovich Yusupbekov, Azamat Alijonovich Yusupov, Bobir Alisher ogli Boronov. “Improving the Accuracy of Measuring the Volume and Mass of Liquid Product in Horizontal Cylindrical Tanks” // Chemical Technology, Control and Management. — 2021. — Vol. 2021, No. 2 (98). — P. 33–40.
6. Mateus Rogienfisz, Laura Silva de Assis, Felipe da Rocha Henriques. “Liquid Monitoring System in Industrial Tanks with Ultrasonic Sensor” // Sociedade Brasileira de Telecomunicações Proceedings. — 2017.
7. Renwang Ge, Di Zhang, Renyuan Tong, Qingwen Li. “Non-contact sealed vessel liquid level measurement and device design based on ultrasonic principle” // International Conference on Modeling, Simulation and Process Control (ICMSP). — 2022. — P. 120–125.
8. Shenoy R., Kumar A., Nair P. и др. “An In-Depth Analysis of Liquid Level Measurement Techniques and Performance Evaluation Using Computational Fluid Dynamics” // Journal of Sensors. — 2025. — Wiley.
9. “Design and Development of Submersible Hydrostatic Level Sensor Using a GMR Sensor” // Measurement. — 2023. — Vol. 206. — Article 112310.
10. Esmaili P., Cavedo F., Norgia M. “Characterization of Pressure Sensor for Liquid-Level Measurement in Sloshing Condition” // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. — 2020. — Vol. 69, No. 7. — P. 4379–4386.
12.Smith J.O., Montrose R.C., Barth S. Closed tank fill level sensor: patent US20210310848A1, МПК G01F23/14, G01F23/18 / Independent Technologies LLC. — Application No. 17/349551; filed 16.06.2021; published 07.10.2021.

13.Brackett A.W., Durham M.O., Perkins L.K., Thoman G.E. Tank gauging apparatus and method: patent US5315867A, Int. Cl. G01F23/00 / Emerson Electric Co. — Filed 12.05.1992; patented 31.05.1994. — 12 p.
14.Takacs G.W. Precise Volume Fluid Dispenser: patent US5568882A, Int. Cl. B67D5/08 / ABC Techcorp. — Appl. No. 08/383,445; filed 03.02.1995; patented 29.10.1996. — 11 p. — P. 1–10.
15.Gao W., Liu W., Hu Y., Wang J. “Study of Ultrasonic Near-Field Region in Ultrasonic Liquid-Level Monitoring System” // Micromachines. — 2020. — Vol. 11, No. 8. — Article 763.
16.Mukherjee D., Sen N., Singh K.K., Saha Sh., Mukhopadhyay S., Shenoy K.T., Marathe P.P. “Ultrasonic Method for Online Tracking of Interface and Dispersion Band in Gravity Settlers” // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2020.
17.Abdullayeva D.A., Bozorov E.O., Okhunboboyeva Ch.Z., Abduganiyev A.A., Azizova N.Sh. “Monitoring And Measuring The Level Of Water Objects By the Ultrasonic Method” // Solid State Technology. — 2020. — Vol. 63, Issue 5. — P. 5591–5597.
18.Escandón-Panchana P., Morante-Carballo F., Herrera-Franco G., Rodríguez H., Carvajal F. “Fluid Level Measurement System in Oil Storage. Python, Lab-Based Scale” // Mathematical Modelling of Engineering Problems. — 2022. — Vol. 9, No. 3. — P. 787–795.
19.Ambrozinski L., Lisowski M., Stepinski T., Uhl T. “Permanently Installed Guided-waves Based Liquid Level Sensors for Hermetically Sealed Tanks” // 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT). — 2014. — Prague, Czech Republic.
20.Sánchez-de-le-Lleve D. “Non-Contact Liquid Level Measurement Using the Talbot Effect and Adaptive Photodetectors” // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. — 2024. — Vol. 27. — P. 48–52.
21.Komatsu Y., Nobeshima T. “Flange-type Liquid-Level Sensor Based on Laser Light Reflection” // Sensors International. — 2023. — Vol. 4. — Article 100230.
22.Artan M., Soydemir M.U., Şahin S. “ARM Based Hybrid Measurement System Design for Liquid Level Measurement with High Accuracy under Vibrating Case” // European Journal of Science and Technology. — 2020. — Special Issue. — P. 381–388.
23.Мастепаненко М.А. Информационно-измерительная система непрерывного контроля уровня топлива в емкостях: диссертация кандидата технических наук: 05.11.16 — Информационно-измерительные и управляющие системы / М.А. Мастепаненко. — Ставрополь, 2014. — 223 с. — С. 1–20.

ISSN 3030-3907

24.Rodríguez-Montero P., Sánchez-de-le-Lleve D. “Non-Contact Liquid Level Measurement Using the Talbot Effect and Adaptive Photodetectors” // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. — 2024. — Vol. 27. — P. 48–52.
25.María L. Pelayo-Fernández, José L. Arce-Diego, D. Pereda-Cubián, O. Ormachea, O.G. Romanov, A.L. Tolstik. “Liquid-level Sensor Based in Laser Feedback Interferometry for Oil Tanks Applications” // Proceedings of SPIE. — 2006. — Vol. 6180.
26.Juan Carlos Martínez Espinosa, Juan de Dios Ortiz Alvarado, Fidel Córdoba Valdes, Marcos Alberto Rodriguez Martinez, Marcos Leonardo Fuentes Avila, Rafael Guzmán Cabrera. “Volume Measurement System Based on Hall Effect Sensors Circularly Coupled and Arranged in a Quadrature Shape” // Computación y Sistemas. — 2021. — Vol. 25, No. 2. — P. 417–422.
27.“Understanding Magnetostrictive Level Technology Through the Features and Benefits of ABB’s LMT Series”. — ABB technical material.
28.“Research on magnetostrictive liquid level gauge for water level measurement of steam generator”. — Научная статья, 2024.
29.Toth Ferencz Nandor. A capacitive sensor for water level measurement in an oil tank: patent EP1072870A1, МПК G01F23/26 / Enraf B.V. (NL). — Application No. 00202580.7; filed 18.07.2000; published 31.01.2001. — 11 p.
30.Brajesh Kumar, G. Rajita, Nirupama Mandal. “A Review on Capacitive-Type Sensor for Measurement of Height of Liquid Level” // Measurement and Control. — 2014. — Vol. 47, No. 7. — P. 219–224.
31.M. Neumayer, H. Zangl. “Electrical Capacitance Tomography for Level Measurements of Separated Liquid Stacks” // SENSOR+TEST Conferences 2011 Proceedings. — Graz University of Technology, Austria. — 2011. — P. 433–438.
32.Yiyang Tian, Jinshui Qiu, Boyun Liu. “Measuring Halon Level Based on the Model of Residual Ultrasonic Waves in Container's Wall” // Proceedings of the 2012 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2012). — Atlantis Press, 2012. — P. 850–852.
33.Arunkumar Heddallikar, Raymond Pinto, Avik Bhattacharya, Y.S. Rao, Gulab Singh. “Precision Level Measurement using VNA based Radar Interferometry” // IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). — 2023. — P. 1–4.
34.Baofeng Jia. “Application of the Improved Radar Level Gauge in Level Measurement of Liquid Tanks” // Industrial Instrumentation and Automation Equipment. — 2017.
35.Dr. S. Venkateswara Rao. “Architectural and Operational Aspects of A U-Shaped Solid Glass Rod Probe Multimode Fiber Optic Analog Liquid Level

ISSN 3030-3907

Sensor" // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). — 2017. — Vol. 6, Issue 11. — P. 47–50.
36.Kouji Suemori, Yuichiro Komatsu, Taiki Nobeshima. "Flange-type Liquid-Level Sensor Based on Laser Light Reflection" // Sensors International. — 2023. — Vol. 4. — Article 100230.
37.Rodrigo T. Bento, Roger W. O. Silva, Lucas A. Dias, André Ferrus Filho, Antônio J. C. Pitta. "Design, Development and Application of a Real-Time Capacitive Sensor for Automatically Measuring Liquid Level" // SN Applied Sciences. — 2019. — Vol. 1. — P. 734.
38.Chong-yong Su, Shu-ren Yang. "Application of Optical Fiber Sensing Technology in Oil Tank Level Measurement" // Advances in Engineering Research. — 2017. — Vol. 136. — Atlantis Press, China. — P. 149–152.
39.Изосин В.А. Дозатор для жидкого реагента: патент RU2023117061A, МПК B01F23/40, E21B37/06 / ООО Торговый Дом «Магнитогорский завод химических реагентов». — Заявка №2023117061; заявл. 19.08.2022; опубл. 19.02.2024. — 2 с.
40.Atalay Ö., Belli B., Sezgin O. "Improving level measurement techniques and measurement accuracy in vehicle fuel tanks" // International Journal of Automotive Engineering and Technologies. — 2022. — Vol. 11, No. 3. — P. 110–116.
41.Souza M., Carvalho E., Canuto J., Freire R., Brusamarello V. "Displacer-Type Liquid Level Sensor with Liquid Density Auto-Compensation" // Journal of Integrated Circuits and Systems. — 2020. — Vol. 15, No. 3. — P. 1–5.
42.Lowe J.W. Liquid Level Sensor: patent US6666085B1, Int. Cl. G01F23/00 / Jerry Watson Lowe. — Appl. No. 10/233,097; filed 28.08.2002; patented 23.12.2003. — 8 p. — P. 1–6.
43.Калашников А.А. Методы и средства повышения метрологической достоверности контроля уровня в технологических емкостях АЭС: диссертация кандидата технических наук: 05.13.05 — Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления / А.А. Калашников. — Москва, 2017. — 161 с. — С. 1–120.
44.Melchionni D., Norgia M. "Optical system for liquid level measurements" // Review of Scientific Instruments. — 2014. — Vol. 85, No. 7.
45.Lazaro R.C., Frizera A., Marques C., Leal-Junior A.G. "Optical Fiber Sensors Systems in Oil Tanks: Toward Structural Health Monitoring and Liquid-Level Estimation" // IEEE Sensors Journal. — 2023. — Vol. 23. — P. 10437–10443.
46.Dejband E., Manie Y.C., Deng Y.-J., Bitew M.A., Tan T.-H., Peng P.-C. "High Accuracy and Cost-Effective Fiber Optic Liquid Level Sensing System Based on Deep Neural Network" // Sensors. — 2023. — Vol. 23, No. 4. — Article 2360.

ISSN 3030-3907

47.Guo H., Zhang Y., Li Z. и др. “The liquid level monitoring with sub-millimeter resolution by discrete wavelength sampling method” // Sensors and Actuators A: Physical. — 2018. — Vol. 282. — P. 237–242.
48.Kim H., Balagopal B., Kerrigan S., Garcia N., Chow M.-Y., Bourham M., Fang T., Jiang X. “Noninvasive Liquid Level Sensing with Laser Generated Ultrasonic Waves” // SSRN Electronic Journal. — 2022. — North Carolina State University, USA.
49.Yin G., Yang P., Xiao H. и др. “High-Resolution and Large-Sensing-Range Liquid-Level Sensor Based on Optical Frequency Domain Reflectometry and No-Core Fiber” // Sensors. — 2022. — Vol. 22, No. 12. — Article 4480.
50.“Measuring Fluid Level through a Recalibrating-Free Hough Transform Methodology” // Научная статья, посвящённая бесконтактному определению уровня жидкости на основе компьютерного зрения, преобразования Хафа и методов обработки изображений.
51.Юсупова Феруза, Нематёнов Ж.С. “ZAMONAVIY MIKROKONTROLLERLAR, ARDUINO VA ULTRATOVUSHLI SATH DATCHIGI YORDAMIDA SUYUQLIK SATHINI O‘LCHASH TIZIMI” // Partner Conferences of the International Scientific Journal Research Focus. — 2025. — Т. 1, № 1. — С. 696–701.
52.Подчашинський Ю.О., Іщенко О.С. “Використання ультразвукових датчиків для вимірювання рівня та густини рідини в комп’ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах” // Tehnìčna ìnženerìâ. — 2025. — № 1 (95). — P. 389–394.
53.Vellela S.S., Babu B.V., Mahendra D., Bharat Y. “IoT-Based Tank Water Monitoring Systems: Enhancing Efficiency and Sustainability” // International Journal for Modern Trends in Science and Technology. — 2024. — Vol. 10, Issue 02. — P. 291–298.
54.Iradukunda Y. “Smart Tanks Juice Level Monitoring System: A Case Study of Raha Beverages Company Limited Arusha, Tanzania” // Dissertation. — 2023.
55.Altin S., Bulut F. “Bluetooth Bağlantılı Ultrasonik Sıvı Seviyesi Ölçer Tasarımı ve Endüstriyel Proses Uygulamaları” // Journal of Engineering and Natural Sciences. — 2016. — Vol. 4, No. 1. — P. 19–21.
56.Saeed M. “Measurement System to Monitor Interface Level Between Oil and Water in a Rapidly Rotating System” // Master of Science Thesis MMK 2013:16 MDA 447. — KTH Industrial Engineering and Management, Sweden. — 2013.
57.Liu B., Xiao Y., Wang L., Wang W., Hu J. “A non-reference detection method of the external ultrasonic liquid level switch using the PZT” // Journal of Measurements in Engineering. — 2023. — Vol. 11, Issue 2. — P. 97–110.

ISSN 3030-3907

58.Bello M.I., Gana S.M., Faruk M.I., Umar M.J. “Autonomous Ultrasonic Based Water Level Detection and Control System” // Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH). — 2018. — Vol. 37, No. 2. — P. 508–513.
59.Jan F., Min-Allah N., Saeed S., Iqbal S.Z., Ahmed R. “IoT-Based Solutions to Monitor Water Level, Leakage, and Motor Control for Smart Water Tanks” // Water. — 2022. — Vol. 14. — Article 309.
60.Workneh H., Raptis I.A. “A Comprehensive Experimental Liquid-Level Control System for Advancing Fault Diagnosis Research Innovation: Data, Models, and Procedures” // Advanced Control for Applications. — 2025. — Vol. 7, Issue 2. — Wiley.
61.Olejnik P., Awrejcewicz J. “Intelligent Mechatronics in the Measurement, Identification, and Control of Water Level Systems: A Review and Experiment” // Обзорная научная статья, посвящённая сравнительному анализу ультразвуковых, ёмкостных, оптических и гидростатических датчиков в системах измерения, идентификации и управления уровнем воды.
62.Newton G.F., Aondona T.I., Chile C.A. “Design and Implementation of a Wireless Fluid Level Display System Using Ultrasonic Sensing Technique” // Journal of Engineering Research and Reports. — 2020. — Vol. 14, No. 1. — P. 30–40.
63.Deng H., Chen H. “RadarEye: Robust Liquid Level Tracking Using mmWave Radar in Robotic Pouring” // arXiv preprint. — 2026. — arXiv:2602.10417.
64.Heddallikar A., Pinto R., Bhattacharya A., Rao Y.S., Singh G. “Precision Level Measurement using VNA based Radar Interferometry” // IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). — 2023. — P. 1–4.
65.Jia B. “Application of the Improved Radar Level Gauge in Level Measurement of Liquid Tanks” // Industrial Instrumentation and Automation Equipment. — 2017.
66.Fusco L., Grassini S., Corbellini S., Parvis M. “Extending Industrial Applicability of TDR Liquid Level Monitoring through Flexible Probes” // IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). — 2013. — IEEE, USA.
67.Jia B. “Application of the Improved Radar Level Gauge in Level Measurement of Liquid Tanks” // Automation Application. — 2017.
68.Nagy L. “Microstrip Antenna Development for Radar Sensor” // Sensors. — 2023. — Vol. 23. — Article 909. — MDPI, Switzerland.
69.Nagle R.K., Hines J.B., Kurfess T.R. “Guided Wave Tank Level Sensor” // IEEE Conference Publication. — 2019. — IEEE, USA.

ISSN 3030-3907

70.Ma Y., Zhang Z., Fang Y. и др. “Design of 120 GHz FMCW Radar Liquid Level Measurement System” // IEEE Conference Publication. — 2023. — IEEE, USA.
71.Deng Zhi-guang, Zhu Bi-wei, Wu Qian, Wang Xue-mei, Xu Si-jie, Zhu Jia-liang, Dong Chen-long, Sun Yong-sheng. “Research on Application of High Temperature and High Pressure Radar Liquid Level Measurement in Nuclear Power Plant” // New Energy Power Generation Automation and Intelligent Technology. — Singapore: Springer, 2023. — P. 57–72.
72.Ehrentraut H., Jäger M., Dötzer W. “Silo and Tank Vision: Applications, Challenges, and Technical Solutions for Radar Measurement of Liquids and Bulk Solids in Tanks and Silos” // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. — 2017. — Vol. 20, No. 4. — P. 18–27.
73.Grose D. Tanker truck fluid level measurement systems and methods: patent US20210255020A1, МПК G01F22/00, G01F23/284, B67D7/22 / Dean Grose. — Application No. 17/024,673; filed 17.09.2020; published 19.08.2021. — 13 p.
74.Turner J. Tank Multi-Level Measurement Using Threaded Pie and Millimeter Wave Radar: patent US11555732B2, Int. Cl. G01F23/284, G01S13/08 / Laser Tech LLC. — Appl. No. 16/829,019; filed 25.03.2020; patented 17.01.2023. — 23 p.
75.Baker G.W., Jiang T., Luna J.A., Flower M., Naccarato L.R., Bowen M.D. Device, System and Method for Guided Wave Radar Measurement: patent US20230077375A1, Int. Cl. G01F23/282 / Rochester Sensors, LLC. — Appl. No. 17/873,059; filed 25.07.2022; published 16.03.2023. — 20 p.
76.Bergeron C.G., Lawrence R.R., Clark J.J., Hite D.R. Redundant Level Measuring System: patent US11391616B2, Int. Cl. G01F23/30, G01F23/296, G01F25/20 / Magnetrol International, Incorporated. — Appl. No. 16/999,333; filed 21.08.2020; patented 19.07.2022. — 12 p.
77.Wegner T.E., Gebhardt S., Del Galdo G. “Fill level measurement of low-permittivity material using an M-sequence UWB radar” // International Journal of Microwave and Wireless Technologies. — 2023. — Vol. 15. — P. 1–9.
78.Yahya S.I. “A Multi-Level Storage Tank Gauging And Monitoring System Using A Nanosecond Pulse” // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). — 2013. — Vol. 5, No. 1. — P. 17–24.
79.Van Der Pol R. Distance measuring device especially for measuring the fill level in industrial tanks: patent EP0458678A1, Int. Cl. G01F23/28. — Published 27.11.1991. — 9 p.
80.Юсупбеков Н.Р., Юсупов А.А. “Review and Comparative Analysis of Modern Devices For Level Gauging In Checking System And Industrial Processing

ISSN 3030-3907

Control" // International Journal of Advanced Science and Technology. — 2020. — Vol. 29, No. 9s. — P. 5370–5380.
81.Restivo F., Silva T., Santos B., Lopes G. "Water level sensing: State of the art review and performance evaluation of a low-cost measurement system" // Measurement. — 2016. — Vol. 89. — P. 204–214.
82.Shenoy R., Kumar A., Nair P. и др. "An In-Depth Analysis of Liquid Level Measurement Techniques and Performance Evaluation Using Computational Fluid Dynamics" // Journal of Sensors. — 2025. — Wiley, USA.
83.Dunn W.C. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. — New York: McGraw-Hill, 2005. — 337 p. — ISBN 0-07-145735-6. — P. 1–27, 85–97, 201–216.
84.Primo J. Instrumentation & Process Control Automation Guidebook – Part 3. — PDH Online Course E444. — Fairfax: PDH Online, 2020. — 91 p. — P. 1–27.
85.Level measurement [Electronic resource]. — Available at: http://www.kipinfo.ru.
86.Questions on the level gauges [Electronic resource]. — Available at: http://www.rospribor.com.
87.Technical library [Electronic resource]. — Available at: http://lib.qrz.ru/book.
88.Zhdankin V.K. Level measurement by directional electromagnetic radiation. — Moscow, 2004.

ISSN 3030-3907

OQILONA GARDEROB KONTSEPTSIYASINING RIVOJLANISHINI TAHLIL QILISH (AYOLLAR KIYIMI MISOLIDA)

Sharipova Saodat Islomovna
Buxoro davlat texnika universiseti, dotsenti
E-mail: saodat9080@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ayollar oqilona garderobni shakllantirish jarayonining ko‘rib chiqilgan bosqichlariga muvofiq, transformasiya jarayonining shakllanishi va konstruktiv-texnologik echimi bilan bog‘liq muammolarni, kiyim turlari va ularning transformasiyasi, transformasiyalanadigan elementlarning strukturaviy aloqalari va ayollar kiyimlarini modifikasiyalari to‘g‘risidagi ma'lumotlarga asoslanib, ayollar kiyimlarini turli xil transformasiya qilish turlari asosida hal qilindi.

Kalit so‘zlar: konstruktiv-texnologik echimi**,** transformasiyalanadigan elementlar, ko‘p funksiyalik assortiment kolleksiyasi.

Аннотация. В данной статье, в соответствии с рассмотренными этапами формирования рационального женского гардероба, на основе анализа видов одежды, способов их трансформации, структурных взаимосвязей трансформируемых элементов и модификаций женской одежды были решены задачи, связанные с разработкой конструктивно-технологических решений процесса трансформации. Предложенные решения учитывают особенности структурного взаимодействия трансформируемых элементов и различных модификаций женской одежды, что позволяет эффективно применять различные методы трансформации при проектировании рационального гардероба.

Ключевые слова: Конструктивное и технологическое решение, трансформируемые элементы, многофункциональный ассортимент.

Abstract. In this article, in accordance with the discussed stages of developing a rational women's wardrobe, problems related to the development of design and technological solutions for the transformation process were addressed through an analysis of clothing types, transformation methods, and the structural relationships between transformable elements and modifications of women's clothing. The proposed solutions take into account the structural interactions between transformable elements and various modifications of women's clothing, enabling the effective use of various transformation methods in designing a rational wardrobe.

Keywords: constructive and technological solution, transformable elements, multifunctional assortment collection

KIRISH.

Bugungi kunda "ratsional garderob" yoki "kapsula garderob" kabi tushuncha mavjud. "Kapsula garderob" atamasini birinchi bo‘lib ishlatgan kishi Londondagi "Wardrobe" do‘konining egasi Syuzi Foks edi. U garderob modaga chidamli bazaviy kiyimlardan iborat bo‘lishi kerak, deb hisoblardi, va zarur bo‘lganda moda mavsumiy kiyimlar bilan to‘ldirilish lzimligini ta’kidlaydi.

Ratsionallik atamasi lotincha *ratio* - aql so‘zidan kelib chiqqan bo‘lib, oqilonalik, mazmunlilik, mantiq degan ma'noni anglatadi.

Ratsional assortimentni shakllantirish ratsional assortimentdagi o‘zgarishlarga bevosita ta'sir qiluvchi ko‘p sonli o‘zgaruvchan omillar va ko‘rsatkichlarni hisobga olishni talab qiladi. Bunday omillar qatoriga iqtisodiy ahvol va aholi turmush darajasi, fan-texnika taraqqiyoti yutuqlari, ekologik muammolar, axloq va tashqi muhitning boshqa xususiyatlari kiradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Ko‘p funktsiyali, ya'ni oqilona to‘plamlarni ishlab chiqish dizayn va mahsulotlarni sotish usullari nuqtai nazaridan istiqbollidir. Kiyimlarning oqilona garderobi - bu bir-biri bilan birlashtirilganda variantlarning maksimal sonini tashkil etadigan bir-birini almashtiradigan kiyimlarning minimal to‘plami [1]. Aqlli garderob ko‘p qirrali kontseptsiyani o‘zida mujassam etadi, bu sizga qo‘shimcha ranglarni osongina kiritish va ularni poyabzal va aksessuarlar bilan to‘ldirish imkonini beradi.

Shu munosabat bilan kiyim garderobining ratsionalligi kompleks kontseptsiya bilan belgilanadi, u quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- har xil holatlar uchun eng ko‘p to‘plamlar soniga bo‘lgan ehtiyojni minimal narsalar to‘plami bilan qondirish qobiliyatida aks ettirilgan oqilona iste'mol;

- vaqt, mehnat va resurslarni tejashga, tayyor mahsulotning barcha zamonaviy iste'molchilar talablariga javob berishiga yo‘naltirilgan oqilona ishlab chiqarish;

- so‘nggi paytlarda yirik, o‘rta va kichik biznesning ijtimoiylashuvi munosabati bilan juda dolzarb bo‘lib qolgan iste'molchining estetik didini tarbiyalash va unda iste'mol madaniyati va ekologiyaga, atrof-muhitga va o‘z shkafiga oqilona munosabatni shakllantirish shaklida ijtimoiy va axloqiy manfaatlar[2].

Dizayn - ratsional garderobni loyihalash bo‘yicha faoliyat butun dizayn jarayonining ajralmas qismi bo‘lib, uning ergonomikasi, atrof-muhit va ish sharoitlariga mos kelishini ta'minlaydi, yuqori estetik fazilatlarga ega, osongina yig‘iladigan uyg‘un mahsulotlarni yaratadi, bu bunday garderobni iste'molchilar uchun jozibador qiladi va ishlab chiqaruvchilar uchun foydali bo‘ladi[3].

Ratsional garderobni yaratishda dizayn faoliyatining roli insonparvar moda ideallarini ommalashtirish, iste'molchining estetik didini tarbiyalash va iste'mol qilish madaniyatini va o‘z garderobiga oqilona munosabatni shakllantirishdan

ISSN 3030-3907

iborat, ishlab chiqarish resurslari, mehnat va vaqtni qisqartirish, bu orqali iqtisodiyot va ekologiya rivojiga hissa qo‘shish.

Adabiyot va sanoat ishlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, oqilona kiyim kolleksiyasini shakllantirish loyihadan oldingi tadqiqotlar davomida to‘plangan dastlabki ma'lumotlarning hajmi va mazmuni bilan belgilanadi. Shu bilan birga, kiyimlar kolleksiyasini loyihalash jarayoni ijodkorlik psixologiyasi bilan bog‘liq, shuning uchun bu jarayonni faollashtirish uchun dizayner yakuniy mahsulotning iloji boricha talablarga javob berishini ta'minlash uchun loyihadan oldingi tadqiqotlar davomida olingan ma'lumotlarni shakllantirishi kerak[5].

Shu munosabat bilan marketing tadqiqotlari asosida loyihadan oldingi ishlarni olib borish usullarini loyihalash jarayonida maqsadli yo ‘nalishni hisobga olgan holda takomillashtirish zarur, bu esa mahsulotlarni maksimal darajada sotish imkonini beradi. Shunday qilib, manzilga yo‘naltirilganlik tamoyiliga asoslangan loyihalash jarayoni korxonaning potentsial iste'molchini aniqlash va uning ehtiyojlarini qondirish bo‘yicha maqsadli faoliyatidan iborat.

Ehtiyojlarni qondirish darajasiga ko ‘ra mahsulot assortimenti optimal va ratsional turlarga bo ‘linishi aniqlandi. Optimal assortiment - bu haqiqiy ehtiyojlarni qondiradigan minimal tovarlar to‘plami.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. "Ratsional garderob" modeli korxona tomonidan oqilona ishlab chiqarishni, iste'molchi tomonidan oqilona iste'molni va jamiyat uchun axloqiy manfaatlarni o‘z ichiga olgan kompleks ekanligini aniq ko‘rsatib beradi.

Yuqoridagilarga asoslanib, 1-rasmda keltirilgan "ratsional garderob" tushunchasining kontseptual modeli yaratildi (1-расмга қаранг).

Ratsional garderob



1-rasm. "Ratsional garderob" tushunchasining kontseptual modeli

ISSN 3030-3907

Ishlab chiqarilgan mahsulotlar assortimentining tabiati va miqdori, insonning optimal yoki minimal garderobi to‘g‘risidagi ma'lumotlar mutaxassislar uchun muhimdir. Iste'molchi uchun uning iqtisodiy ahvolini inobatga olgan holda mantiqiy ravishda qurilgan garderobni yaratishda palto, shim, bluzka, sviter, ko‘ylak, yubka va boshqalar kabi vaqt sinovidan o‘tgan assortiment namunalariga asoslanishi kerak.

Ushbu klassik namunalar modada ham o‘zgarishlarga duchor bo‘ladi, lekin ular har doim uslubning asosiy qismini, moda tendentsiyalari shakllanadigan barqaror yadroni tashkil qiladi.

O‘zining assortimentli siyosatini ishlab chiqadigan korxonalar uchun, yuqorida ta'kidlab o‘tilganidek, korxona barcha sa'y-harakatlarini birlashtirmoqchi bo‘lgan iste'mol bozorining har bir segmenti (iste'molchilarning tipologik guruhlari) uchun batafsil nomenklatura bo‘yicha hisoblab chiqilgan oqilona garderobning(og) strukturasi haqida ma'lumot kerak[6].

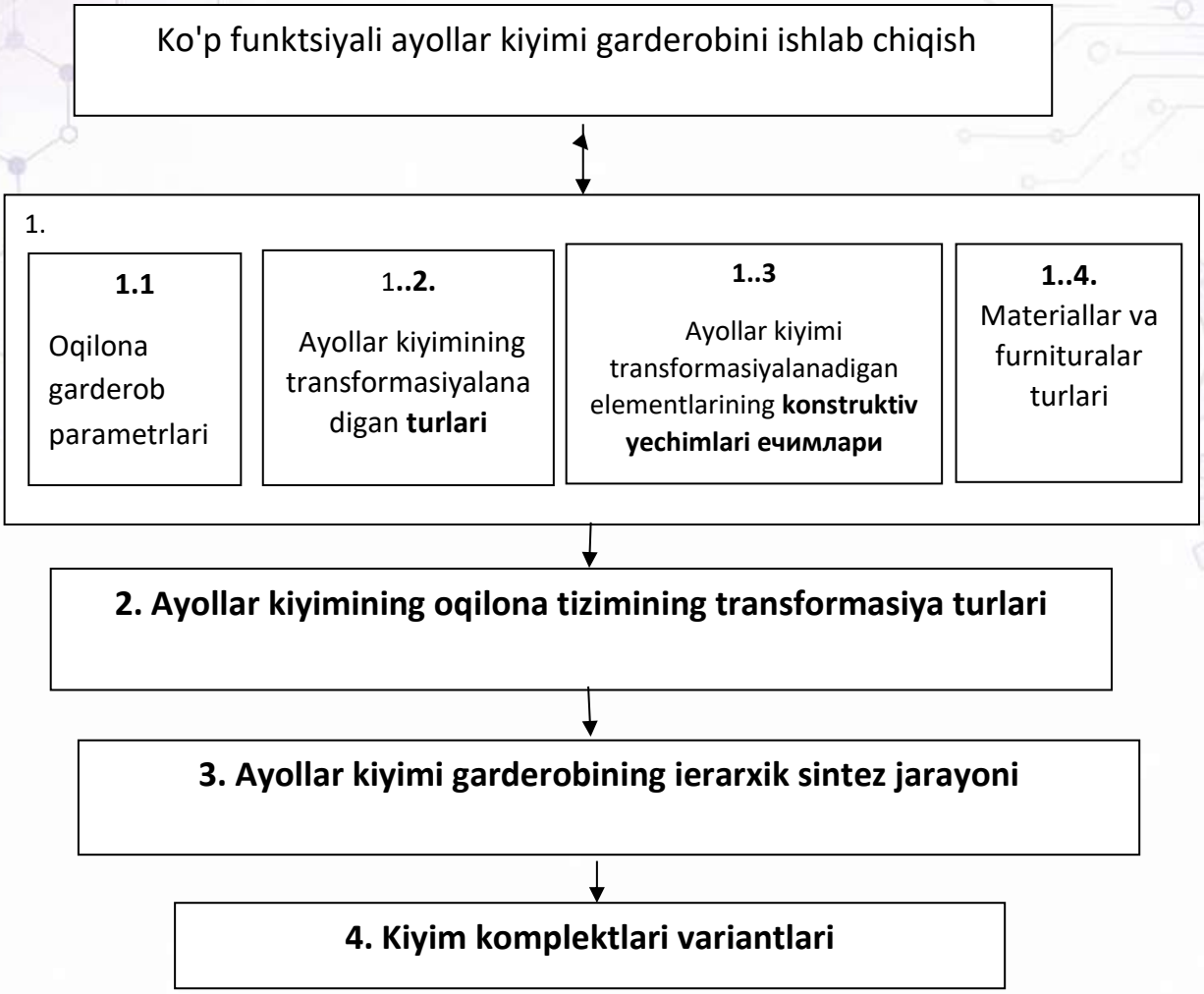
MUHOKAMA VA NATIJALAR. Yuqoridagi tahlilni hisobga olgan holda, ayollar kiyimlari iste'molchilarining tanlangan bir hil guruhlari uchun ijtimoiy yo‘naltirilgan oqilona garderobning parametrlarini hisoblash to‘g‘risida qaror qabul qilindi. "Ijtimoiy yo‘naltirilgan" oqilona kiyim garderobi (IYOG) uchun bu ishda eng kam daromadli odamning ehtiyojlarini qondirish uchun zarur bo‘lgan eng kam kiyim predmetlari hisoblanadi, daromadning o‘sishi garderob hajmining o‘sishi bilan bog‘liqdir. Transformasiyaning turli usullaridan foydalangan holda ayollar formali kiyimlarining oqilona ko‘p funktsiyali garderobini shakllantirish jarayonining strukturaviy sxemasi ishlab chiqilgan (2-rasm).

Jarayonning birinchi bosqichida dastlabki ma'lumotlarning tarkibi ishlab chiqiladi, shu jumladan: iste'mol bozorini MT natijalari asosida tashkil etilgan ayollar formali kiyimi oqilona garderobi parametrlari (blok 1.1); ikki qavatli ayollar kiyimlari assortimenti va ularni transformasiya turlari, (1.2-blok); transformasiyalanadigan kiyim elementlarining konstruktiv echimlari, shu jumladan transformasiya qilish usullari, transformasiya variantlari, konstruktiv-texnologik echim turi (blok 1.3); transformasiyalanadigan elementlarning strukturali bog‘lanishini ta'minlash uchun ishlatiladigan materiallar turlari (bir va ikki tomonlama faktura va rangi bo‘yicha) va furnituralar (blok 1.4).

Ayollar ko‘p funktsiyali kiyim garderobi kombinator va chiziqli (modulli) tamoyillarga muvofiq amalga oshirilishi mumkin. Shuning uchun ikkinchi va uchinchi bosqichlarda oqilona garderob hosil bo‘lish jarayoni, maktab yoshidagi bolalar garderobidagi formali kiyimlari predmetlari va detallarining turli xil birikmalarini aniqlash maqsadida, morfologik eirarxiyaga o‘xshash sintez algoritmiga muvofiq kombinator morfologik tahlil va ierarxik sintez usullariga asoslanadi. Natijada ko‘plab turli xil to‘liq va yakunlangan variantdagi kiyim

ISSN 3030-3907

komplektlari olinadi. Ular ichidan xaridorning talabiga binoan iste'molchi holati talablariga javob beradigan eng samarali kiyim komplektlari tanlanadi.



2-rasm. Ayollar kiyimi ko‘p funktsional oqilona garderobini shakllantirishning strukturali sxemasi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Xulosa qilib aytganda, ko‘p funktsiyali, ya'ni oqilona to‘plamlarni ishlab chiqish dizayn va mahsulotlarni sotish usullari nuqtai nazaridan istiqbollidir. Kiyimlarning oqilona garderobi - bu bir-biri bilan birlashtirilganda variantlarning maksimal sonini tashkil etadigan bir-birini almashtiradigan kiyimlarning minimal to‘plami. Talab va taklifning nomutanosibligini bartaraf etish uchun insonning haqiqiy ehtiyojlarini tahlil qilish, kiyimlarga bo‘lgan talabni o‘rganish, umuman garderobni shakllantirish mexanizmini o‘rganish kerak. Moda tendensiyalarini, ishlab chiqarishning hozirgi holati va iste’molchilar ehtiyojlari to‘g‘risida ma’lumotni tizimli tahlil qilish asosida talab va taklifni bashorat qilish mumkin. Jarayon murakkab, chunki ayollar har doim o‘ziga xoslikka intiladi, kiyim uning majoziy “men” ini aks ettiradi, shuning uchun ayollar kiyimlarini ommaviy ishlab chiqarishda eng katta qiyinchilik standart buyumda uyg‘un obrazni va kostyum individuallikni namoyon etadigan qobiliyati mujassamlashtirishdir.

ISSN 3030-3907

Shunday qilib, morfologik oqilona garderobni shakllantirish jarayonining ko‘rib chiqilgan bosqichlariga muvofiq, transformasiya jarayonining shakllanishi va konstruktiv-texnologik echimi bilan bog‘liq muammolarni, kiyim turlari va ularning transformasiyasi, transformasiyalanadigan elementlarning strukturaviy aloqalari va ayollar kiyimlarini modifikasiyalari to‘g‘risidagi ma'lumotlarga asoslanib, ayollar kiyimlarini turli xil transformasiya qilish turlari asosida hal qilindi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. 1.Коблякова Е.Б., Тузова И.А., Волкова Е.К. Маркетинговые исследования как основа для формирования структуры промышленной коллекции костюмов. // Швейная промышленность, №3,1993. с. 33-36
2. Муминова, У. Т., Ташпулатов, С. Ш., Шарипова, С. И., Мухиддинова, У. Ф., Мирзаахмедова, Н. Р. К., Черунова, И. В., ... & Разумеев, К. Э. (2020). Трансформируемая многофункциональная одежда.
3. Муминова, У. Т., Ташпулатов, С. Ш., Черунова, И. В., & Шарипова, С. И. (2020). Разработка методологии комплексного проектирования детской одежды.
4. Sharipova, Saodat, Dilafroz Djalolova, and Nargiza Bebutova. "Solving the problem of calculating the rational wardrobe of school uniforms." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3045. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.
5. Islomovna, Sharipova Saodat, Muminova Umida Tokhtasinovna, and Tashpulatov Salikh Shukurovich. "Hygienic properties of materials for clothes of adolescents living in the middle climate zone." *European science review* 5-6 (2018): 364-365.
6. СИ Шарипова. Трансформация усулларидан фойдаланиб кийимларни лойиҳалаш асослари- Исследования ВКР-в практику профессиональной жизни, стр.108-112, 2023.

ISSN 3030-3907

POSTMODERN JAMIYAT TALQINIDA JAN BODRIARNING FALSAFIY QARASHLARI

Azimova Madinabonu Adiljon qizi
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti tayanch doktaranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada Jan Bodriarning postmodern jamiyat haqidagi falsafiy qarashlari tahlil qilinadi. Muallif postmodernizm sharoitida simulyatsiya, simulyakr va giperreallik tushunchalarining jamiyat hayotidagi o‘rni hamda ommaviy axborot vositalari, iste’mol madaniyati va virtual makonning inson ongiga ta’sirini yoritadi. Shuningdek, zamonaviy jamiyatda reallik va sun’iy obrazlar o‘rtasidagi munosabat Bodriar falsafasi asosida ilmiy jihatdan tahlil etiladi.

Kalit so‘zlar: falsafa, postmodernizm, giperreallik, simulyatsiya, simulyakr, iste’mol jamiyati, ommaviy madaniyat, media, virtual reallik.

Аннотация. В данной статье анализируются философские взгляды Jean Baudrillarda на постмодернистское общество. Автор рассматривает роль понятий симуляции, симулякра и гиперреальности в условиях постмодернизма, а также освещает влияние средств массовой информации, культуры потребления и виртуального пространства на сознание человека. Кроме того, в статье с научной точки зрения анализируются отношения между реальностью и искусственными образами в современном обществе на основе философии Бодрийяра.

Ключевые слова: философия, постмодернизм, гиперреальность, симуляция, симулякр, общество потребления, массовая культура, медиа, виртуальная реальность.

Abstract. This article analyzes the philosophical views of Jean Baudrillard on postmodern society. The author examines the role of the concepts of simulation, simulacra, and hyperreality in the context of postmodernism, as well as the influence of mass media, consumer culture, and virtual space on human consciousness. In addition, the relationship between reality and artificial images in modern society is scientifically analyzed on the basis of Baudrillard’s philosophy.

Keywords: philosophy, postmodernism, hyperreality, simulation, simulacra, consumer society, mass culture, media, virtual reality.

KIRISH.

XX asrning ikkinchi yarmiga kelib G‘arb falsafasi va madaniy hayotida jiddiy o‘zgarishlar yuz bera boshladi. Ayniqsa, Ikkinchi jahon urushidan keyingi davr insoniyat ongida chuqur iz qoldirdi. Ilm-fan va texnologiya mislsiz taraqqiy etganiga qaramay, jamiyatda ma’naviy bo‘shliq, begonalashuv va qadriyatlarga nisbatan ishonchsizlik kuchaydi. Ilgari inson tafakkurida muhim o‘rin egallagan “mutlaq haqiqat”, “taraqqiyot”, “ideal jamiyat” kabi tushunchalar asta-sekin o‘z

ISSN 3030-3907

ahamiyatini yo‘qota boshladi. Shu tariqa modernizmning qat’iy va universal qarashlariga qarshi yangi falsafiy yo‘nalish — postmodernizm shakllandi.

Postmodernizm eng avvalo yagona haqiqat tushunchasini inkor qilishi bilan xarakterlanadi. Agar modernizm inson aqli yordamida dunyoni tartibga solish va mukammal jamiyat qurish mumkin deb hisoblagan bo‘lsa, postmodernizm bunday qarashlarga ehtiyotkorlik va shubha bilan yondashadi. Fransuz faylasufi Jan Fransua Lyotar postmodernizmni “katta g‘oyalar va umumiy haqiqatlarga ishonchsizlik”deb ta’riflagan edi. Ya’ni insoniyatni yagona g‘oya yoki umumiy haqiqat asosida tushuntirishga bo‘lgan urinishlar endilikda ishonchli emas deb qarala boshlandi.

Postmodernizmning shakllanishida poststrukturalizm oqimi ham muhim o‘rin egallaydi. Ushbu oqim vakillari til, matn va ma’no masalasiga yangicha yondashdilar. Ayniqsa, Jak Derridaning dekonstruktsiya nazariyasi mavjud tushunchalar va matnlarning ichki ziddiyatlarini ochib berishga qaratilgan edi. Derridaning fikricha, har qanday matn yagona ma’noga ega emas, aksincha, turli talqinlarga ochiqdir. Shu bilan birga, Mishel Fuko hokimiyat va bilim o‘rtasidagi munosabatlarni tahlil qilgan bo‘lsa, Jan Bodriar zamonaviy jamiyatdagi media, iste’mol va virtual reallik masalalariga alohida e’tibor qaratdi.

Modernizm va postmodernizm o‘rtasidagi asosiy farq ularning haqiqat va taraqqiyotga bo‘lgan munosabatida namoyon bo‘ladi. Modernizm XVIII–XIX asr ma’rifatparvarlik g‘oyalari bilan chambarchas bog‘liq edi. Bu davrda inson aqli va ilm-fan yordamida barcha muammolarni hal qilish mumkin degan ishonch mavjud bo‘lgan. Jamiyatni ilmiy asosda boshqarish va taraqqiyotga erishish modernistik tafakkurning asosiy maqsadi hisoblangan.

Postmodernizm esa bunday qat’iy qarashlarni tanqid qiladi. Unga ko‘ra, insoniyat taraqqiyoti doimo erkinlik yoki baxtga olib kelmaydi. Aksincha, texnologiyalar va ommaviy madaniyat rivojlangan sari inson sun’iy obrazlar ichida yashay boshlaydi. Shu sababli postmodernizm noaniqlik, parchalanganlik va ko‘p ma’nolilikni ilgari suradi. Bu borada Bodriarning qarashlari alohida ahamiyatga ega. U zamonaviy jamiyatni “iste’mol jamiyati” sifatida tavsiflaydi. Faylasufning ta’kidlashicha, bugungi inson mahsulotni ehtiyoj uchun emas, balki uning ramziy ma’nosi uchun xarid qiladi. Masalan, qimmat avtomobil yoki telefon oddiy buyum emas, balki insonning ijtimoiy mavqei va obro‘sini ifodalovchi belgiga aylanadi.

Bodriar bu haqida shunday yozadi: “Iste’mol buyumlarning emas, belgilar va ramzlarning iste’molidir”. Ushbu fikr orqali faylasuf zamonaviy jamiyatda inson ko‘pincha narsaning amaliy foydasidan ko‘ra uning tashqi ko‘rinishi va ijtimoiy ahamiyatiga ko‘proq e’tibor berayotganini ko‘rsatadi. Jan Bodriarning eng mashhur falsafiy tushunchalaridan biri simulyatsiya nazariyasidir. Ushbu nazariyaga ko‘ra, postmodern jamiyatda reallik asta-sekin o‘z o‘rnini

ISSN 3030-3907

simulyatsiyaga bo‘shatib bermoqda. Inson real hayot bilan emas, balki shu hayotning sun’iy nusxalari bilan yashay boshlaydi.

Bodriar o‘zining “Simulyakrlar va simulyatsiya” asarida shunday yozadi: “Simulyatsiya haqiqatni yashirmaydi, aksincha haqiqatning yo‘qligini yashiradi”. Ushbu fikr orqali faylasuf zamonaviy jamiyatda “asl haqiqat” tushunchasi tobora mavhumlashib borayotganini anglatadi. Simulyakr tushunchasi esa asl nusxaga ega bo‘lmagan obrazni bildiradi. Masalan, reklamalarda namoyish qilinadigan “ideal hayot” yoki “mukammal inson” real hayotda mavjud bo‘lmasligi mumkin, biroq inson ongiga juda kuchli ta’sir qiladi. Natijada odamlar sun’iy obrazlarni haqiqiy hayotdan ustun qo‘ya boshlaydi. Bodriar ushbu holatni giperreallik deb ataydi. Giperreallik — bu sun’iy ravishda yaratilgan voqelikning real hayotdan ham kuchliroq ta’sir ko‘rsatishidir. Bugungi kunda ijtimoiy tarmoqlar ushbu tushunchaning yaqqol namunasiga aylangan. Insonlar ko‘pincha o‘z hayotining mazmunidan ko‘ra, uning internetdagi ko‘rinishi haqida ko‘proq qayg‘uradi.

Masalan, ayrim insonlar sayohatdan zavqlanish uchun emas, balki surat va videolarni ijtimoiy tarmoqlarga joylashtirish uchun safarga chiqayotgandek taassurot uyg‘otadi. Bu esa reallik va uning virtual tasviri o‘rtasidagi chegara tobora yo‘qolib borayotganini anglatadi. Bodriar zamonaviy ommaviy axborot vositalarini ham keskin tanqid qiladi. Uning fikricha, media endilikda voqelikni aks ettiruvchi vosita emas, balki uni yaratuvchi kuchga aylangan. Televideniye, reklama va internet inson tafakkuriga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Faylasuf shunday yozadi: “Biz axborot ko‘paygan sari ma’no yo‘qolayotgan davrda yashayapmiz”. Haqiqatan ham, bugungi inson turli axborotlar oqimi ichida yashaydi, biroq bu axborotlarning ko‘pligi har doim ham chuqur anglashni anglatmaydi. Aksincha, ortiqcha axborot insonni fikrlashdan uzoqlashtirib, uni tayyor obrazlar va stereotiplarni qabul qilishga o‘rgatadi.

Bodriar nazarida ommaviy madaniyat inson tafakkurini standartlashtiradi. Odamlar mustaqil fikr yuritishdan ko‘ra ommaviy trend va virtual obrazlarga ergashishni afzal ko‘ra boshlaydi. Aynan shu jihat postmodern jamiyatning asosiy muammolaridan biri sifatida namoyon bo‘ladi.

Postmodernizmning muhim tamoyillaridan biri dekonstruktsiyadir. Dekonstruktsiya mavjud tizimlar, matnlar va tushunchalarning ichki ziddiyatlarini ochib berishga xizmat qiladi. Derrida ushbu usul orqali “mutlaq haqiqat” tushunchasi barqaror emasligini ko‘rsatishga harakat qilgan. Bodriar esa dekonstruktsiyani media va iste’mol madaniyatiga nisbatan qo‘llaydi. Uning fikricha, reklama, siyosat va ommaviy axborot vositalari insonni sun’iy haqiqat ichida yashashga majbur qilmoqda. Natijada inson reallikni to‘g‘ridan-to‘g‘ri emas, balki ekranlar va belgilar orqali qabul qiladigan bo‘lib qolmoqda. Bodriarning qarashlari ayniqsa bugungi raqamli davr uchun juda dolzarbdir.

ISSN 3030-3907

Chunki hozirgi insonning kundalik hayoti internet, ijtimoiy tarmoqlar va virtual makon bilan chambarchas bog‘lanib ketgan. Ba’zan inson real hayotdagi voqelikdan ko‘ra virtual olamdagi obrazlar bilan ko‘proq yashayotgandek tuyuladi.

XULOSA. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Jan Bodriarning postmodern jamiyat haqidagi falsafiy qarashlari zamonaviy dunyoning murakkab mohiyatini ochib beradi. Uning simulyatsiya, simulyakr va giperreallik haqidagi nazariyalari bugungi axborotlashgan jamiyatni tushunishda muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi. Bodriar insonning real hayotdan belgilar va sun’iy obrazlar dunyosiga o‘tib borayotganini chuqur tahlil qiladi. Ayniqsa, internet va ommaviy media hukmronlik qilayotgan hozirgi davrda uning qarashlari yanada dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, postmodernizm va dekonstruktsiya nazariyalari inson tafakkurining erkinlashuvi va mavjud stereotiplarga tanqidiy yondashuv shakllanishida muhim o‘rin tutadi. Shu sababli Jan Bodriar falsafasi zamonaviy falsafiy tafakkurning eng muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida bugungi kunda ham o‘z ahamiyatini yo‘qotmagan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Baudrillard J. Simulacra and Simulation. — Michigan: University of Michigan Press, 1994.
2. Baudrillard J. The Consumer Society. — London: Sage Publications, 1998.
3. Lyotard J.-F. The Postmodern Condition. — Minneapolis: University of Minnesota Press, 1984.
4. Derrida J. Of Grammatology. — Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1976
5. Foucault M. Discipline and Punish. — New York: Vintage Books, 1995.
6. Ильин И.П. Постмодернизм: словарь терминов. — Москва: Интрада, 2001.

ISSN 3030-3907

A STUDY OF THE TEXTURAL AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ACTIVATED CARBON OBTAINED FROM APRICOT KERNEL SHELLS

Ergasheva Dilsuz Rustamovna
Doctoral student of the Institute of Biochemistry of Samarkand State University named after Sh. Rashidov
E-mail: dilsozergasheva762@gmail.com
Mukhamadiev Abdukodir Nuralievich
PhD, Associate Professor of the Institute of Biochemistry of Samarkand State University named after Sh. Rashidov
Pulatova Sojida Zarifovna
Assistant at the Samarkand Institute of Agro-Innovation and Research
E-mail: pulatovasojida32@gmail.com
Ganieva Guzal Nizomovna
3rd year student of the Urgut branch of Samarkand State University named after Sh. Rashidov
E-mail: gozalganiyeva740@gmail.com

Abstract. This article examines the textural, physicochemical, and sorption properties of activated carbon obtained from the shell of apricot pits. The activation process includes carbonization at 500 °C and chemical activation with phosphoric acid at 400 °C. The texture characteristics of the coal were studied using the low-temperature nitrogen adsorption method, which showed a specific surface area of 1200 m2/g and a developed microporous structure. Physicochemical properties were determined using IR spectroscopy, X-ray diffraction analysis, and elemental analysis, which confirmed the presence of functional groups and high carbon content. Sorption properties were evaluated by the adsorption of methylene blue and phenol from aqueous solutions, demonstrating high sorption capacity. The results obtained demonstrate the prospects for using apricot stone shells to produce effective activated carbon suitable for cleaning the aquatic environment from organic pollutants.

Keywords: activated coal, peat, apricot pitch, texture characteristics, physicochemical properties, sorbent, sorption properties, carbonization, chemical activation, adsorption, carbon materials.

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются текстурные, физико-химические и сорбционные свойства активированного угля, полученного из скорлупы абрикосовых косточек. Процесс активации включает в себя карбонизацию при 500 °C и химическую активацию фосфорной кислотой при 400 °C. Текстурные характеристики угля были изучены методом низкотемпературной адсорбции азота, которые показали удельную площадь

поверхности 1200 м^2/г и развитую микропористую структуру. Физико-химические свойства определяли с помощью ИК-спектроскопии, рентгеноструктурного анализа и элементного анализа, которые подтвердили наличие функциональных групп и высокое содержание углерода. Сорбционные свойства оценивали по адсорбции метиленового синего и фенола из водных растворов, что продемонстрировало высокую сорбционную способность. Полученные результаты показывают перспективность использования скорлупы абрикосовых косточек для производства эффективного активированного угля, пригодного для очистки водной среды от органических загрязнителей.

Ключевые слова: активированный уголь, торф, скорлупа абрикосовой косточки, текстурные характеристики, физико-химические свойства, сорбент, сорбционные свойства, карбонизация, химическая активация, адсорбция, углеродные материалы.

Annotasiya. Ushbu maqolada o‘rik yadrosi qobig‘idan olingan faol uglerodning teksturaviy, fizik-kimyoviy va sorbsion xususiyatlari ko‘rib chiqiladi. Faollashtirish jarayoni 500 °C da karbonizatsiya va 400 °C da fosforik kislota bilan kimyoviy faollashtirishni o‘z ichiga oladi. Ko‘mirning teksturaviy xususiyatlari past haroratli azot adsorbsiyasi orqali o‘rganilib, 1200 m²/g o‘ziga xos sirt maydoni va rivojlangan mikrog‘ovak strukturani aniqlangan. Fizik-kimyoviy xususiyatlar IQ spektroskopiyasi, rentgen nurlari diffraktsiyasi va elementar tahlil yordamida aniqlandi, bu funktsional guruhlarning mavjudligini va yuqori uglerod miqdorini ko‘rsatdi. Sorbsiya xususiyatlari suvli eritmalardan metilen ko‘k va fenolning adsorbsiyasi asosida baholandi va yuqori sorbsiya qobiliyatini namoyish etdi. Olingan natijalar suv muhitini organik ifloslantiruvchi moddalardan tozalash uchun mos keladigan samarali faollashtirilgan uglerod ishlab chiqarish uchun o‘rik yadrosi qobig‘idan foydalanish istiqbollarini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: faollashtirilgan ko‘mir, torf, o‘rik yadrosi qobig‘I, tekstur xususiyat, fizik-kimyoviy xususiyatlari, sorbent, sorbsion xossa, karbonillash, kimyoviy faollashtirish, adsorbsiya, uglerodli materiallar.

INTRODUCTION.

The relevance of this topic is explained by the growing interest in creating effective, environmentally friendly, and cost-effective sorption materials based on local plant raw materials. In modern conditions, the development of new types of activated carbon with high adsorption properties, suitable for purifying water, air, and industrial waste, is one of the important tasks of chemical technology and ecology.

Apricot seed husks are rich in carbon compounds, are inexpensive, and are renewable raw materials, making them a promising material for producing

ISSN 3030-3907

activated carbon. The use of such agricultural waste not only allows for the rational recycling of biomass but also reduces the environmental burden associated with the accumulation of organic waste.

The study of the structure and physicochemical properties of activated carbon obtained from apricot seed husks is of great scientific and practical importance. After all, properties such as specific surface area, porosity, pore size, chemical composition of the surface, and adsorption activity determine the efficiency of the material in sorption processes. The results obtained can help expand the use of activated carbon in water purification, gas purification, medicine, food and chemical industries.

Thus, the study of activated carbon based on apricot kernel shells is an urgent direction that combines issues of rational nature management, waste recycling, and the creation of modern functional materials.

It is well known that activated carbons with high specific surface area and micro-, meso-, and macroporous structures are widely used in various fields of the chemical industry, ecology, and medicine [1–4]. The main consumers of carbon adsorbents are the food industry (42%), technological processes (38%), and environmental protection (10%). Such materials play an important role in the re-extraction of valuable components and the resolution of environmental problems [5].

Various carbon-containing materials are used as raw materials in the production of activated carbon. In particular, peat, coal, polymers, resins, wood, walnut and fruit shells, stone shells, and other plant sources are widely used [6-8]. The technology for producing carbon sorbents typically includes two main stages: first, the raw material is carbonized, followed by its activation process [9].

Activated carbon is of great importance in chemistry, medicine, ecology, and many other fields due to its high adsorption properties. In recent years, special attention has been paid to the efficient use of agricultural waste in the production of these materials. Apricot stone bark is considered one such promising raw material. This type of biomass is an inexpensive, local, and renewable source that can be used to obtain high-quality carbon sorbents.

In particular, scientific research is being conducted at an accelerated pace to create special-purpose sorbents with a homogeneous microporous structure with a radius of less than 2 nm. Therefore, the synthesis of homogeneous microporous carbon sorbents based on plant raw materials is one of the most pressing scientific and practical tasks.

Currently, activated carbon is widely used in many industrial sectors. It is used as an effective adsorbent in the processes of purification and preparation of drinking and industrial water. In addition, it plays an important role in

ISSN 3030-3907

environmental processes such as waste gas treatment and wastewater treatment. In the food industry, it is widely used for cleaning starch solutions, sugar syrups, and glucose, as well as in the production of alcoholic beverages, juices, and soft drinks. In the chemical and oil and gas industries, it is used in the production of chemical fibers and rubber, in the purification of gases and vapors, industrial wastewater, and serves as an important adsorbent in the processes of ore flotation and gold extraction in the mining and metallurgical industry. Furthermore, activated carbon is of great importance in energy and many other industrial sectors.

The aim of this work is to study the textural, physicochemical, and sorption properties of activated carbon obtained from apricot bark.

RESEARCH MATERIALS AND METHODS. In this work, for the purpose of the study, we used previously dried and ground apricot kernel shells until smooth to obtain activated carbon, as the apricot kernel shell is low in ash, and its high density determines the possibility of obtaining durable carriers with a high specific surface area.

The determination of the textural properties of activated carbon was carried out using scanning electron microscopy (SEM) to determine its chemical composition, and semi-quantitative analysis was performed using energy-disperse X-ray spectroscopy using EDAX equipment at the Center for High Technologies under the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan.

The total pore volume in the water was determined according to GOST 17219-71 [10], the mass density according to GOST R 55959-2014 [11], and the moisture content according to GOST R 55956-2014 [12, 13]. In addition to these indicators, the pH value of the aqueous extract was measured using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method. The arithmetic mean of two parallel determinations was taken as the test result; the permissible differences between them did not exceed 2.6% relative to the smaller value at a confidence probability of P = 0.94.

Experimental part. As part of this study, we extracted activated carbon from the apricot pod and studied its physicochemical and sorption characteristics. The shell of the apricot kernel was crushed, and a fraction measuring 3-5 mm was selected on a sieve. Carbonization of apricot stone bark was carried out under isothermal conditions. Thermal treatment of the raw material was carried out in an inert atmosphere with heating in the temperature range of 650-700 °C at a rate of 15-20 °C/min and holding for 60 minutes. At the next stage, to form micropores in the internal structure of the carbon and, in turn, to increase the specific surface area, the raw material was activated with water vapor in a steam-gas activator at 800-850°C for 60 minutes. Gas consumption is 1 liter per 200 g of adsorbent.

To investigate the morphological characteristics of the texture, the surface of the activated carbon sample was analyzed using a scanning electron microscope.

ISSN 3030-3907

The images and results of the studied adsorbent samples obtained by energy-dispersion X-ray spectroscopy (EDDX) are presented in Fig. 1.

The results obtained and their discussion. According to the results obtained, the carbon content in the adsorbents obtained from apricot stone bark is 89.6% before carbonization and 92.3% after carbonization and activation.

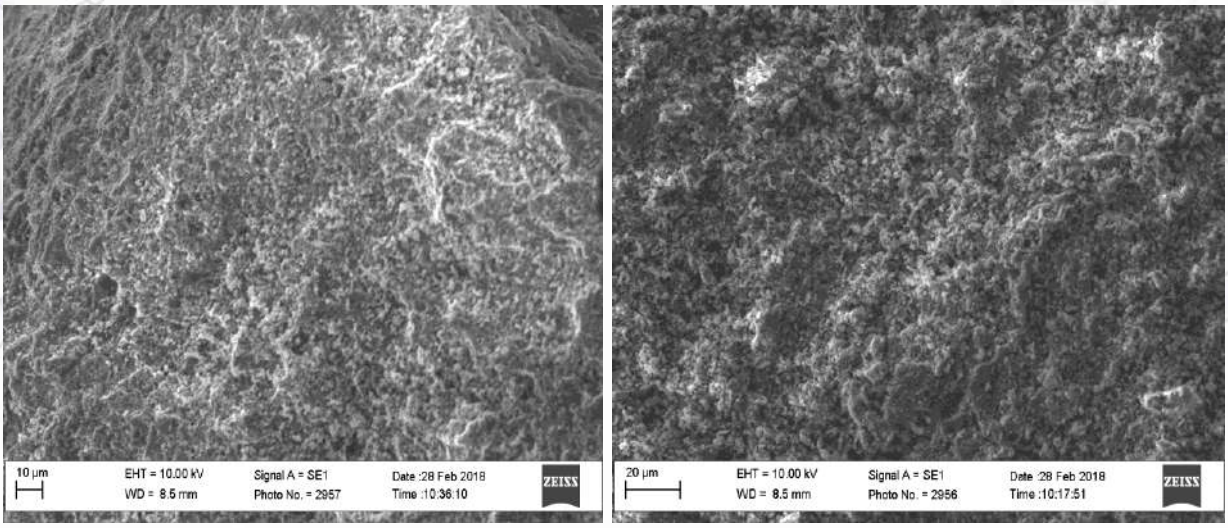


Figure 1. SEM image of the surface of coal obtained by carbonization from apricot stone shells at 500°C. SEM image of the surface of coal activated by passing water vapor through a vacuum reactor at 800°C and X-ray microanalysis of the sample are shown in Fig. 2.

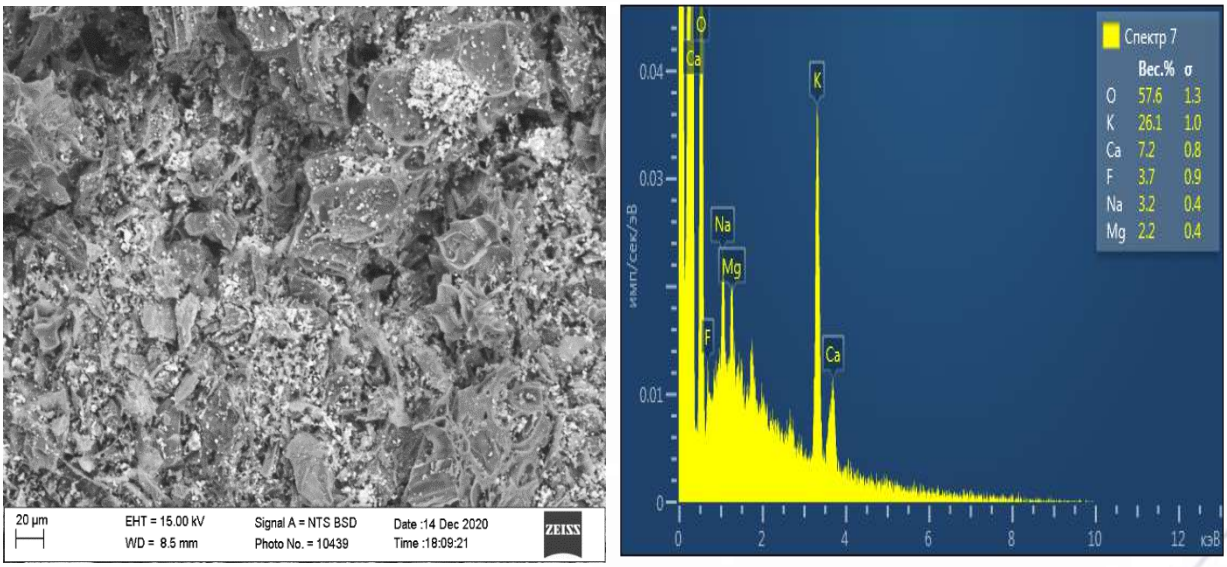


Figure 2. Surface and elemental composition of charcoal activated with water vapor at 800 ^{0}C Physicochemical characteristics of activated carbon obtained from apricot stone bark

Table 1.

Characteristics	Adsorbent	
	Apricot peel	Standard FC

ISSN 3030-3907

Moisture content , %	7.5	7.9
Water according to of the cave gathered volume , cm^3/g	0.79	0.58
pH of water containing sorbent	7.2	6.7
Bulk density , g/dm^3	2 59	230
Comparative surface area (BET multipoint method), m^2/g	915	725

Based on the results obtained, it should be noted that activated carbon obtained from apricot stone bark has a high cooling surface area, the value of which is 1200 m2/g.

Texture properties. Results of low-temperature nitrogen adsorption showed that activated carbon obtained from apricot kernel bark has a high specific surface area of 1200 m2/g and a developed porous structure with predominantly micropores. Regarding physicochemical characteristics, IR spectroscopy revealed the presence of functional groups such as hydroxyl and carbonyl groups on the surface of the activated carbon. X-ray diffraction revealed the amorphous nature of the carbon material. Elemental analysis confirmed high carbon content (85%).

CONCLUSIONS.

The results of electron microscopic analysis of all samples showed that they possess a developed porous surface structure. According to the results of the semi-quantitative elemental analysis conducted using the dispersion energy X-ray spectroscopy (EDAX) method, it was established that the adsorbent obtained from apricot shells contains the highest carbon content, amounting to 91.4%.

2. The research results confirmed that apricot kernel shells are an effective and promising raw material for obtaining activated carbon with high texture, physicochemical, and sorption properties. The obtained activated carbon can be successfully used for the effective purification of aqueous solutions from various organic pollutants.

3. It was established that activated charcoal obtained from apricot bark possesses the following main indicators: moisture content of 7.8%, total pore volume by water of 0.58 cm^3/g, pH value of the aqueous extract of 6.5, mass density of 270 g/dm^3, and specific surface area of 942 m^2/g.

REFERENCES

1. Foley H. C. Carbogenic molecular sieves: synthesis, properties and applications //Microporous Materials. – 1995. – Т. 4. – №. 6. – S. 407-433.

2. Пянова Л. Г. Углеродные сорбенты в медицине и протеомике //Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19. – №. 1. – С. 113-122.

3. Передерни М. А. Углеродние сорбенти из ископаемих углей: состояние проблеми и перспективи развития //Химия твердого топлива. – 2005. – №. 1. – С. 76-90.

ISSN 3030-3907

4. Передерий М. А. и др. Сорбсия нефтепродуктов углеродними сорбентами //Химия твердого топлива. – 2009. – №. 5. – С. 42-46.
5. Бакланова О. Н., Плаксин Г. В., Дроздов В. А. Микропористие углеродние сорбенти на основе растителного сиря //Российский химический журнал. – 2004. – Т. 48. – №. 3. – С. 89- 94.
6. Сурков А. А., Глушанкова И. С., Балабенко Н. А. Синтез углеродних сорбентов из отходов поликарбоната методом химической активасии //Фундаменталние исследования. – 2012. – Т. 1. – №. 9.
7. Chesnokov N. V. et al. Synthesis of Carbon Sorbents by Chemical Modification of Fossil 4 SCIENTIFIC JOURNAL OF SAMARKAND UNIVERSITY, Vol. 2019, No. 2 [], Art. 7 https://uzjournals.edu.uz/samdu/vol2019/iss2/7 ILMIY AXBOROTNOMA KIMYO 2019-yil, 3-son 42 Coals and Plant Biomass //Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2014. – Т. 7. – №. 1. – S. 42.
8. Будниский Г. А., Матвеев Б.С., Казаков М. Е. Углеродние волокна и материали на основе вискозних волокон //Химические волокна.– 1993.– №.5.– С.19-22.
9. Вартапетян Р. Ш., Волошук А. М. Механизм адсорбсии молекул води на углеродних адсорбентах //Успехи химии. – 1995. – Т. 64. – №. 11. – С. 1055-1072.
10. ГОСТ 17219-71. Угли активние. Метод определения суммарного обема пор по воде. - М.: Издателство стандартов, 1987. - 11–14с.
11. ГОСТ Р 55959-2014. Угол активированний. Стандартний метод определения насипной плотности. - М.: Стандартинформ, 2014. - 1–5с.
12. ГОСТ Р 55956-2014. Угол активированний. Стандартние методи определения содержания влаги. -М.: Стандартинформ, 2014. - 1–6с.
13. Вячеславов А.С., Померансева Е.А. Измерение площади поверхности и пористости методом капиллярной конденсасии азота: методическая разработка. - М.: МГУ, 2006. - С. 55с.

ISSN 3030-3907

UDK 517.95

BIR JINSLI BO‘LMAGAN ISSIQLIK TARQALISH TENGLAMASI UCHUN MANBA ANIQLASH VA RETROSPEKTIV TESKARI MASALALARNI REGULYARIZATSIYA USULLARI BILAN YECHISH

Bozorova Mexriniso Quyli qizi
Osiyo xalqaro universiteti, magistrant
Yunusov G‘anisher G‘afirovich
Buxoro innovatsiyalar unibversiteti t.f.n., professor v.b.

Annotatsiya. Ushbu maqolada bir jinsli bo‘lmagan issiqlik tarqalish tenglamasi uchun qo‘yiladigan to‘g‘ri va teskari boshlang‘ich-chegaraviy masalalar tahlil qilinadi. To‘g‘ri masala uchun o‘zgaruvchilarni ajratish (Fourier) va Green funksiyasi usullari bayon etilgan. Asosiy e’tibor ikki turdagi teskari masalaga — manba intensivligini vaqt bo‘yicha aniqlash va boshlang‘ich qiymatni qayta tiklash (retrospektiv) masalasiga — qaratilgan. Bu masalalarning Hadamar ma’nosida korrekt qo‘yilmaganligi spektral tahlil orqali ko‘rsatilgan. Ularni barqaror yechish uchun Tixonov regulyarizatsiyasi va Landweber iteratsion usuli qo‘llanilgan hamda regulyarizatsiya parametrini tanlashning Morozov nomuvofiqlik prinsipi, L-egri chizig‘i va GCV strategiyalari solishtirilgan. Python (NumPy, SciPy) muhitida o‘tkazilgan sonli tajribalar usullarning samaradorligini turli shovqin darajalarida baholash imkonini berdi.

Kalit so‘zlar: issiqlik tarqalish tenglamasi, bir jinsli bo‘lmagan tenglama, to‘g‘ri masala, teskari masala, manba aniqlash, retrospektiv masala, korrekt qo‘yilmagan masala, Tixonov regulyarizatsiyasi, Landweber iteratsiyasi, Morozov prinsipi.

Аннотация. В статье рассматриваются прямые и обратные начально-краевые задачи для неоднородного уравнения теплопроводности. Для прямой задачи изложены метод разделения переменных (Фурье) и метод функции Грина. Основное внимание уделено двум обратным задачам — определению интенсивности источника и восстановлению начального условия (ретроспективная задача). Некорректность этих задач по Адамару показана при помощи спектрального анализа. Для устойчивого решения применены регуляризация Тихонова и итерационный метод Ландвебера; сравнены стратегии выбора параметра регуляризации (принцип невязки Морозова, L-кривая, GCV). Численные эксперименты в среде Python подтверждают эффективность методов при различных уровнях шума.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности, неоднородное уравнение, прямая задача, обратная задача, определение источника, ретроспективная задача, некорректная задача, регуляризация Тихонова, итерация Ландвебера.

Annotation. This paper analyses direct and inverse initial-boundary value problems for the inhomogeneous heat equation. For the direct problem the

separation of variables (Fourier) method and the Green's function method are presented. The main focus is on two inverse problems — identifying the time-dependent source intensity and reconstructing the initial condition (the retrospective problem). The ill-posedness of these problems in the sense of Hadamard is demonstrated through spectral analysis. To obtain stable solutions, Tikhonov regularization and the iterative Landweber method are applied, and the regularization-parameter selection strategies (Morozov's discrepancy principle, the L-curve, GCV) are compared. Numerical experiments carried out in Python (NumPy, SciPy) confirm the efficiency of the methods at various noise levels.

Keywords: heat equation, inhomogeneous equation, direct problem, inverse problem, source identification, retrospective problem, ill-posed problem, Tikhonov regularization, Landweber iteration, Morozov principle.

1. KIRISH.

Matematik fizika tenglamalari nazariyasining markaziy ob'ektlaridan biri bo‘lib issiqlik tarqalish tenglamasi xizmat qiladi. J.B. Fourier tomonidan XIX asr boshida ishlab chiqilgan klassik nazariya bugungi kunda nafaqat issiqlik tarqalishini, balki diffuziya, kimyoviy reaksiya kinetikasi va boshqa ko‘plab fizik jarayonlarni tasvirlovchi parabolik tipdagi tenglamalar nazariyasining asosini tashkil etadi [1, 19, 20]. Bir jinsli bo‘lmagan issiqlik tarqalish tenglamasi — bu o‘ng tomonida tashqi manba funksiyasi mavjud parabolik tenglama bo‘lib, u metallurgiya, energetika, geofizika, biotibbiyot va atrof-muhit muhofazasi sohalarida keng qo‘llaniladi.

Issiqlik tarqalish tenglamasi uchun klassik to‘g‘ri masala — ma'lum koeffitsiyentlar, manba funksiyasi, boshlang‘ich va chegaraviy shartlar bo‘yicha yechimni topishdir. To‘g‘ri masala J. Hadamar ma'nosida korrekt qo‘yilgan masalalar sinfiga kiradi. Biroq amaliy masalalarda ko‘pincha aks holatga duch kelinadi: manba funksiyasi yoki ba'zi koeffitsiyentlar noma'lum bo‘lib, yechim haqida qo‘shimcha ma'lumotlar (masalan, biror nuqtada o‘lchangan haroratning vaqt bo‘yicha qiymatlari) mavjud bo‘ladi. Bunday noma'lum kattaliklarni aniqlash masalasi teskari masala deyiladi va u odatda korrekt qo‘yilmagan (ill-posed) bo‘lib, yechish uchun maxsus regulyarizatsiya apparatini talab qiladi [13, 14, 17].

Issiqlik tarqalish tenglamasi uchun teskari masalalar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab faol o‘rganilmoqda. Bu sohada A.N. Tixonov, M.M. Lavrentiev, V.K. Ivanov, V.G. Romanov, S.I. Kabanixin, O.M. Alifanov kabi olimlarning ishlari fundamental ahamiyatga ega [10, 12, 13]. O‘zbekiston matematik maktabida ham parabolik tipdagi tenglamalar uchun teskari va lokalmas masalalarni o‘rganish bo‘yicha jiddiy natijalar olingan: akademik M.S. Salohiddinov, professor T.D. Juraev, T.K. Yuldashev, R.R. Ashurov, E.T. Karimov va R.D. Aloev maktablari ushbu yo‘nalishga sezilarli hissa qo‘shgan [1–9].

ISSN 3030-3907

Mazkur maqolaning maqsadi — bir jinsli bo‘lmagan issiqlik tarqalish tenglamasi uchun to‘g‘ri masalani yechishning analitik usullarini qisqacha bayon etish hamda ikki turdagi muhim teskari masalani — manba intensivligini aniqlash va retrospektiv masalani — regulyarizatsiya usullari yordamida barqaror yechish algoritmlarini taqdim etish va sonli tajribalar orqali ularning samaradorligini baholashdan iborat.

2. MASALANING QO‘YILISHI

Energiya saqlanish qonuni va Fourier qonuni birgalikda issiqlik tarqalish tenglamasini hosil qiladi. Bir jinsli va izotrop muhitda solishtirma issiqlik sig‘imi c, zichlik ρ va issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti k o‘zgarmas bo‘lganda, tenglama quyidagi soddalashtirilgan ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \Delta u + f(x,t), \quad x \in \Omega, \ 0 < t \le T \qquad (2.1)$$

bu yerda $u(x, t)$ — izlanayotgan harorat maydoni, $a^2 = k/(c\rho)$ — issiqlik o‘tkazuvchanlik (diffuzivlik) koeffitsiyenti, $f(x, t)$ — issiqlik manbai zichligi, Δ — Laplas operatori. Tenglamaga boshlang‘ich va chegaraviy shartlar qo‘shiladi:

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad u(x,t)|_{\partial\Omega} = g(x,t) \qquad (2.2)$$

Agar barcha koeffitsiyentlar, manba va shartlar ma’lum bo‘lsa, yechimni topish to‘g‘ri masaladir. Agar tenglamadagi yoki shartlardagi biror element noma’lum bo‘lib, uning o‘rniga yechim haqidagi qo‘shimcha kuzatish berilsa, teskari masala vujudga keladi. Quyida bir o‘lchovli holatda ($\Omega = (0, l)$) masalalarni ko‘rib chiqamiz.

3. TO‘G‘RI MASALANI YECHISHNING ANALITIK USULLARI

3.1. Fourier metodi. Bir o‘lchovli, nol Dirixle chegaraviy shartli bir jinsli bo‘lmagan masala uchun yechimni bir jinsli masalaning xususiy funksiyalari $\sin(n\pi x/l)$ bo‘yicha qator ko‘rinishida qidiramiz. Manba funksiyasini ham shu bazis bo‘yicha yoyib, har bir koeffitsiyent $T_n(t)$ uchun birinchi tartibli oddiy chiziqli differensial tenglamaga kelamiz, uning yechimi integrallovchi ko‘paytuvchi yordamida topiladi:

$$T_n(t) = T_n(0)\, e^{-a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 t} + \int_0^t f_n(s)\, e^{-a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 (t-s)}\, ds \qquad (3.1)$$

bu yerda $f_n(t)$ va $T_n(0)$ mos ravishda manba va boshlang‘ich qiymat φ(x) ning Fourier sinus koeffitsiyentlaridir. Eksponensial faktor $e^{-a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 t}$ yechimning t o‘sgani sayin silliqlashuvini ta’minlaydi.

3.2. Green funksiyasi usuli. Green (manba) funksiyasi $G(x, t; \xi, \tau)$ yordamida (2.1)–(2.2) masalaning yechimi yopiq integral formula bilan ifodalanadi:

$$u(x,t) = \int_\Omega G_0(x,t;\,\xi)\,\varphi(\xi)\,d\xi + \int_0^t \int_\Omega G(x,t;\,\xi,\tau)\,f(\xi,\tau)\,d\xi\,d\tau \qquad (3.2)$$

ISSN 3030-3907

Erkin fazoda Green funksiyasi Gauss tipidagi yadrodan iborat: $G = [4\pi a^2(t-\tau)]^{-\frac{n}{2}} exp\left(-\frac{|x-\xi|^2}{4a^2(t-\tau)}\right)$. Bu yadro nomanfiy, simmetrik va normallashgan bo‘lib, issiqlik kvantining vaqt o‘tishi bilan tarqalishini hamda saqlanishini aks ettiradi. Green funksiyasi keyinroq teskari masalalarni integral tenglamaga keltirishda asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

4. TESKARI MASALALAR VA ULARNING KORREKT QO‘YILMASLIGI.

4.1. Manba intensivligini aniqlash masalasi. Manba funksiyasi ajraladigan ko‘rinishda berilgan bo‘lsin: $f(x, t) = h(x)\, g(t)$, bunda $h(x)$ — ma’lum fazoviy konfiguratsiya, $g(t)$ — noma’lum vaqt bo‘yicha intensivlik. Bir jinsli boshlang‘ich shart ($\varphi \equiv 0$) va nol Dirixle sharti holatida x_0 nuqtadagi qo‘shimcha kuzatish $u(x_0, t) = \psi(t)$ berilsin. Green funksiyasi orqali bu masala g(t) ga nisbatan Volterra tipidagi birinchi tur integral tenglamaga keltiriladi:

$$u(x_0, t) = \int_0^t K(t - s)\, g(s)\, ds = \psi(t), \quad K(\tau) = \int_\Omega G(x_0, \tau; \xi, 0)\, h(\xi)\, d\xi \qquad (4.1)$$

Yadro $K(\tau)$ analitik funksiya bo‘lib $K(0) = 0$ ekanligi tufayli (4.1) tenglama yumshoq korrekt qo‘yilmagan masala hisoblanadi. Quyidagi yagonalik natijasi o‘rinli.

Teorema 1. Agar $h(x_0) \neq 0$ va $\varphi(x) \equiv 0$ bo‘lsa, (4.1) masala yechimga ega bo‘lganida u yagonadir. Isbot Volterra integral tenglamasining xossalariga va Green funksiyasining analitikligiga asoslanadi [4–6].

4.2. Retrospektiv (boshlang‘ich qiymatni tiklash) masalasi. Bu masalada yakuniy momentdagi harorat taqsimoti $u(x, T) = u_T(x)$ ma’lum bo‘lib, boshlang‘ich qiymat $\varphi(x) = u(x, 0)$ ni topish talab etiladi. Bir o‘lchovli bir jinsli holat ($f = 0$, $g = 0$) uchun Fourier qatorida:

$$u_T(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n\, e^{-a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 T} \sin(n\pi x/l), \quad \text{bundan} \quad \varphi_n = (u_T)_n \cdot e^{+a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 T} \qquad (4.2)$$

(4.2) formuladan ko‘rinadiki, boshlang‘ich qiymatni tiklashda har bir n-chi harmonika $e^{+a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 T}$ ko‘paytuvchi bilan kuchaytiriladi. $n \to \infty$ da bu kuchaytirgich eksponensial tarzda cheksizlikka intiladi. Demak, u_T dagi har qanday kichik yuqori chastotali shovqin φ_n da eksponensial kuchayadi va masalani to‘g‘ridan-to‘g‘ri yechib bo‘lmaydi. Bu retrospektiv masalaning qattiq korrekt qo‘yilmagan (severely ill-posed) ekanligini ko‘rsatadi va regulyarizatsiya zaruratini keltirib chiqaradi.

5. REGULYARIZATSIYA USULLARI.

ISSN 3030-3907

5.1. Tixonov regulyarizatsiyasi. Teskari masalani operator tilida $A\,x = y$ ko‘rinishda yozamiz, bu yerda A: X → Y — to‘g‘ri masala operatori, y — kuzatish, x — izlanayotgan element. Korrekt qo‘yilmaslik A^{-1} ning chegaralanmaganligidan kelib chiqadi. A.N. Tixonov (1963) taklif etgan yondashuvda quyidagi minimallashtirish masalasi yechiladi [10, 14]:

$$J_\alpha(x) = \|A\,x - y\|_Y^2 + \alpha\,\|x\|_W^2 \to min,\ \alpha > 0 \qquad (5.1)$$

bu yerda α — regulyarizatsiya parametri. (5.1) funksionalning minimumi Euler tenglamasidan topiladi:

$$(A^* A + \alpha\, I)\, x_\alpha = A^* y \qquad (5.2)$$

A* A + α I operatori musbat aniqlangani uchun (5.2) tenglama korrekt qo‘yilgan va α > 0 da yagona yechim beradi. Retrospektiv masala uchun Tixonov yechimi Fourier koeffitsiyentlari orqali aniq yopiq ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\varphi_n^\alpha = (u_T)_n \cdot e^{a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 T} \cdot \frac{1}{1 + \alpha\, e^{2a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 T}} \qquad (5.3)$$

(5.3) ifodadan ko‘rinadiki, n → ∞ da filtr ko‘paytuvchisi $\frac{1}{1 + \alpha\, e^{2a^2\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 T}} \to$ 0 bo‘lib, yuqori chastotali komponentlar avtomatik tarzda bostiriladi. Shu tariqa yechimning turg‘unligi ta’minlanadi.

5.2. Landweber iteratsion usuli. Katta o‘lchovli masalalar uchun iteratsion regulyarizatsiya qulaydir. L. Landweber (1951) sxemasi $J(x) = \|A\,x - y\|^2$ funksionalining gradient kamayishiga asoslanadi:

$$x^{k+1} = x^k - \omega\, A^*\,(A\,x^k - y),\ k = 0, 1, 2, \ldots,\ 0 < \omega < \frac{2}{\|A\|^2} \qquad (5.4)$$

Korrekt qo‘yilmagan masalalar uchun Landweber iteratsiyasi yarim-yaqinlashish (semiconvergence) xarakteriga ega: dastlabki qadamlarda yechim aniq yechimga yaqinlashadi, biroq keyingi qadamlarda shovqin kuchayib, yechim qaytadan uzoqlashadi. Shu sababli iteratsiya soni o‘zi regulyarizatsiya parametri vazifasini bajaradi va to‘xtatish qoidasi (stopping rule) zarur bo‘ladi.

5.3. Regulyarizatsiya parametrini tanlash. Optimal natija α (yoki iteratsiya soni k) ni to‘g‘ri tanlashga bog‘liq. Asosiy strategiyalar: (a) Morozov nomuvofiqlik prinsipi — α ni $\|A\,x_\alpha - y^\delta\| = c\delta$ (c > 1) shartdan topiladi, bunda δ — shovqin darajasi; (b) L-egri chizig‘i usuli (P.C. Hansen) — log-log shkalada egri chiziqning “tirsak” nuqtasi optimal kompromisni beradi; (c) General Cross Validation (GCV) — statistik baholash funksionaliga asoslangan va shovqin darajasini bilishni talab qilmaydi [17].

6. SONLI TAJRIBALAR VA NATIJALAR

Quyidagi sonli tajribalar Python (NumPy, SciPy) muhitida amalga oshirildi. To‘g‘ri masala Krank–Nikolson sxemasi bilan yechildi, teskari masala esa diskretlangan operator uchun (5.2)–(5.4) algoritmlari yordamida

ISSN 3030-3907

regulyarizatsiyalandi. Kuzatishga sun'iy Gauss shovqini qo'shildi: $\psi^{\delta}(t) = \psi(t) + \delta \cdot \eta(t)$.

6.1. Test masala 1: manba intensivligini tiklash. [0, 1] oralig'ida, T = 1, a = 1: $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + sin(\pi x)\, g(t)$, u(x,0) = 0, u(0,t) = u(1,t) = 0. Haqiqiy intensivlik g(t) = 1 + sin(2πt) tanlandi va u(0.5, t) bo'yicha kuzatish hosil qilindi. Natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Manba intensivligini Tixonov regulyarizatsiyasi bilan tiklash natijalari

Shovqin darajasi δ	Optimal α_opt	Xatolik $\|g_\alpha - g\|_{L^2}$
0.001 (kichik)	$\approx 10^{-6}$	≈ 0.012
0.01 (o'rta)	$\approx 10^{-4}$	≈ 0.068
0.1 (katta)	$\approx 10^{-2}$	≈ 0.21

Shovqin darajasi ortgani sayin optimal regulyarizatsiya parametri ham ortadi, tiklash sifati esa pasayadi. Bu manba aniqlash masalasining yumshoq korrekt qo'yilmaganligini tasdiqlaydi.

6.2. Test masala 2: retrospektiv masala. f = 0, g = 0, T = 0.5, a = 1. Haqiqiy boshlang'ich qiymat φ(x) = sin(πx) + 0.5 sin(3πx) tanlandi. Natijalar 2-jadvalda berilgan.

2-jadval.

Retrospektiv masalani Tixonov regulyarizatsiyasi bilan yechish natijalari

Shovqin darajasi δ	Optimal α_opt	Xatolik $\|\varphi_\alpha - \varphi\|_{L^2}$
0.001	$\approx 10^{-8}$	≈ 0.05
0.01	$\approx 10^{-5}$	≈ 0.18
0.1	$\approx 10^{-2}$	≈ 0.42

Retrospektiv masalada xatolik shovqin darajasiga nisbatan ancha tez o'sadi va mutlaq xatolik darajasi 1-jadvalga nisbatan sezilarli yuqori bo'lib qoladi. Bu uning qattiq korrekt qo'yilmaganligini amalda tasdiqlaydi.

6.3. Landweber iteratsiyasining yarim-yaqinlashishi. Test masala 1 ni Landweber usuli bilan δ = 0.01 sharti uchun yechganda, iteratsiya soni ortishi bilan xatolikning o'zgarishi 3-jadvalda berilgan.

3-jadval.

Landweber iteratsiyasining yarim-yaqinlashish xarakteri (δ = 0.01)

Iteratsiyalar soni k	Xatolik $\|g^k - g\|$
5	0.12 (yaqinlashish boshlanishi)

ISSN 3030-3907

20	0.068 (optimal yechim)
100	0.085 (shovqin kuchayishi)
500	0.31 (yechim degradatsiyasi)

3-jadval Landweber iteratsiyasining yarim-yaqinlashish xususiyatini aniq ko‘rsatadi: eng yaxshi natija k = 20 atrofida erishiladi, undan keyin shovqin kuchayib yechim sifati pasayadi. Morozov nomuvofiqlik prinsipi aynan k = 20 da to‘xtashni tavsiya etadi, bu erta to‘xtatish (early stopping) qoidasining samaradorligini tasdiqlaydi.

6.4. Parametr tanlash usullarining solishtirma tahlili. Test masala 1 da turli strategiyalar quyidagi natijalarni berdi: Morozov — $\alpha_opt = 1.2\times10^{-4}$, xatolik 0.069; L-egri chizig‘i — $\alpha_opt = 8.7\times10^{-5}$, xatolik 0.071; GCV — $\alpha_opt = 2.1\times10^{-4}$, xatolik 0.073; apriori qoida — $\alpha_opt = 5\times10^{-4}$, xatolik 0.082. Morozov va L-egri chizig‘i usullari deyarli teng samaradorlikka ega. Morozov shovqin darajasini bilishni talab qiladi, L-egri chizig‘i esa talab qilmaydi; shu sababli shovqin darajasi noma’lum amaliy holatlarda ko‘pincha L-egri chizig‘i usuli afzal ko‘riladi.

7. XULOSA.

Mazkur maqolada bir jinsli bo‘lmagan issiqlik tarqalish tenglamasi uchun to‘g‘ri va teskari masalalar tahlil qilindi. To‘g‘ri masalani yechishda Fourier metodi va Green funksiyasi usuli bayon etildi. Ikki muhim teskari masala — manba intensivligini aniqlash va retrospektiv masala — ko‘rib chiqildi; ularning korrekt qo‘yilmasligi spektral tahlil orqali asoslandi. Ko‘rsatildiki, manba aniqlash masalasi yumshoq, retrospektiv masala esa qattiq korrekt qo‘yilmagan masalalar sinfiga kiradi.

Barqaror yechimlar olish uchun Tixonov regulyarizatsiyasi va Landweber iteratsion usuli qo‘llanildi. Sonli tajribalar quyidagi xulosalarni berdi: (1) regulyarizatsiya parametri shovqin darajasi bilan muvofiqlashtirilishi shart; (2) retrospektiv masalada xatolik manba masalasiga nisbatan sezilarli yuqori; (3) Landweber iteratsiyasi yarim-yaqinlashish xarakteriga ega bo‘lib, erta to‘xtatish qoidasini talab qiladi; (4) parametr tanlashda Morozov va L-egri chizig‘i usullari eng samarali bo‘lib, shovqin darajasi noma’lum holatlarda L-egri chizig‘i afzaldir.

Olingan natijalar O‘zbekiston sharoitida bir qator amaliy sohalarda — qishloq xo‘jaligida tuproq termal rejimini bashorat qilishda, metallurgiya va qurilish materiallari ishlab chiqarishida, geliotermal qurilmalarni loyihalashda, atmosfera ifloslanishi manbalarini tiklashda hamda geofizik tadqiqotlarda qo‘llanilishi mumkin. Kelajakdagi tadqiqotlar nochiziqli koeffitsiyent teskari masalalari, kasr tartibli operatorli modellar va Bayes (statistik) yondashuvlar yo‘nalishida davom ettirilishi maqsadga muvofiqdir.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Salohiddinov M.S. Matematik fizika tenglamalari. — Toshkent: O‘qituvchi, 2002. — 384 b.
2. Salohiddinov M.S. Aralash tipdagi tenglamalar uchun chegaraviy masalalar. — Toshkent: Fan, 1986. — 256 b.
3. Jo‘rayev T.D. Aralash va kompozit tipdagi tenglamalar uchun chegaraviy masalalar. — Toshkent: Fan, 1979. — 240 b.
4. Yuldashev T.K. Nochiziqli integro-differensial tenglamalar uchun teskari masalalar. — Toshkent: Universitet, 2019. — 312 b.
5. Yuldashev T.K. Issiqlik tipidagi tenglamalar uchun bir teskari masala // O‘zbek matematika jurnali. — 2017. — № 3. — B. 56–68.
6. Yuldashev T.K. Fredgolm tipidagi integro-differensial tenglamalar uchun manba aniqlash masalasi // Matematika va informatika xabarlari. — 2018. — № 2. — B. 78–92.
7. Ashurov R.R. Subdiffuziya tenglamasi uchun lokalmas masala // O‘zbekiston matematika jurnali. — 2019. — № 3. — B. 12–28.
8. Karimov E.T. Kasr tartibli operatorli teskari masalalar // Matematika va informatika muammolari. — 2020. — № 1. — B. 34–47.
9. Aloev R.D., Eshkuvatov Z.K., Davlatov Sh.O. Parabolik tenglamalar uchun ayirmali sxemalar va ularning turg‘unlik tahlili // Sonli analiz va matematik modellashtirish. — Toshkent, 2018. — B. 67–82.
10. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 1979. — 288 с.
11. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. — М.: ЛКИ, 2014. — 480 с.
12. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. — М.: Машиностроение, 1988. — 280 с.
13. Иванов В.К., Васин В.В., Танана В.П. Теория линейных некорректных задач и её приложения. — М.: Наука, 1978. — 206 с.
14. Engl H.W., Hanke M., Neubauer A. Regularization of Inverse Problems. — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. — 321 p.
15. Isakov V. Inverse Problems for Partial Differential Equations. — 3rd ed. — New York: Springer, 2017. — 406 p.
16. Hansen P.C. Rank-Deficient and Discrete Ill-Posed Problems: Numerical Aspects of Linear Inversion. — Philadelphia: SIAM, 1998. — 247 p.
17. Beck J.V., Blackwell B., St. Clair C.R. Inverse Heat Conduction: Ill-Posed Problems. — New York: Wiley-Interscience, 1985. — 308 p.
18. Lions J.-L. Optimal Control of Systems Governed by Partial Differential Equations. — Berlin: Springer-Verlag, 1971. — 396 p.

ISSN 3030-3907

19.Cannon J.R. The One-Dimensional Heat Equation. — Cambridge: Cambridge University Press, 1984. — 483 p.

ISSN 3030-3907

BIOMETRIK TEKSHIRISH VA WEBAUTHN PRATAKOLINING INTEGRATSIYASI MATEMATIK MODELI

Xudayberganov Temur Rustamovich
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti Axborot xavfsizligi kafedrasi mudiri
E-mail: doctordrebek@gmail.com
Tel: +998 97 211 53 05
Davlatmuratov Valijon To‘lqin o‘g‘li
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti Axborot xavfsizligi magistatura talabasi
E-mail: valijon.web@gmail.com
Tel: +998 94 237 03 73

Annotatsiya. Mazkur maqolada biometrik autentifikatsiya va WebAuthn protokolining integratsiyasiga asoslangan matematik model ishlab chiqilgan. Tadqiqotda barmoq izi tasvirlarini qayta ishlash, xususiyatlarni ajratish va moslikni baholash algoritmlari hamda ochiq kalitli kriptografiya mexanizmlari yagona tizim sifatida ko‘rib chiqilgan. WebAuthn yordamida autentifikatsiya jarayoni ikki bosqichda amalga oshiriladi: biometrik tekshiruv va kriptografik tasdiqlash. Taklif etilgan model foydalanuvchi autentifikatsiyasining aniqligi, xavfsizligi va maxfiyligini oshirishga xizmat qiladi. Eksperimental natijalar tizimning yuqori samaradorligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: biometrik autentifikatsiya, WebAuthn, kriptografiya, barmoq izi, ECDSA, xavfsizlik, autentifikatsiya modeli, ochiq kalit, minutiae, FAR, FRR.

Abstract. This paper presents a mathematical model for the integration of biometric authentication and the WebAuthn protocol. The study considers fingerprint image processing, feature extraction, and similarity evaluation algorithms along with public-key cryptographic mechanisms within a unified system. The WebAuthn-based authentication process consists of two stages: biometric verification and cryptographic validation. The proposed model improves the accuracy, security, and privacy of user authentication. Experimental results demonstrate the high efficiency of the system.

Keywords: biometric authentication, WebAuthn, cryptography, fingerprint, ECDSA, security, authentication model, public key, minutiae, FAR, FRR.

Аннотация. В данной статье разработана математическая модель интеграции биометрической аутентификации и протокола WebAuthn. В исследовании рассмотрены алгоритмы обработки изображений отпечатков пальцев, выделения признаков и оценки сходства, а также механизмы криптографии с открытым ключом в рамках единой системы. Аутентификация с использованием WebAuthn осуществляется в два этапа: биометрическая

проверка и криптографическое подтверждение. Предложенная модель повышает точность, безопасность и конфиденциальность аутентификации пользователей. Экспериментальные результаты подтверждают высокую эффективность системы.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, WebAuthn, криптография, отпечаток пальца, ECDSA, безопасность, модель аутентификации, открытый ключ, minutiae, FAR, FRR.

KIRISH.

Zamonaviy axborot tizimlarida foydalanuvchini ishonchli identifikatsiya va autentifikatsiya qilish muammosi axborot xavfsizligining eng muhim komponentlaridan biri hisoblanadi. An’anaviy bilimga asoslangan autentifikatsiya usullari, xususan parollar, ko‘plab zaifliklarga ega bo‘lib, ular bruteforce, fishing va credential stuffing kabi hujumlarga nisbatan yetarli darajada barqaror emas. Shu sababli, so‘nggi yillarda biometrik autentifikatsiya va ochiq kalitli kriptografiyaga asoslangan yondashuvlar keng qo‘llanilmoqda. Xususan, WebAuthn standarti foydalanuvchi autentifikatsiyasini ikki bosqichli mexanizm orqali amalga oshiradi. Birinchi bosqichda foydalanuvchining biometrik xususiyatlari (masalan, barmoq izi yoki yuz tasviri) qurilma darajasida tekshiriladi. Ikkinchi bosqichda esa autentifikatsiya natijasi kriptografik jihatdan tasdiqlanadi, ya’ni qurilmada saqlanadigan yopiq kalit yordamida server tomonidan yuborilgan tasodifiy chaqiriq qiymati imzolanadi. Ushbu jarayon matematik nuqtai nazardan quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma = Sign_{sk}(sk, c)\ ,\ Verify(pk, c, \sigma) = true$$

bu yerda sk — yopiq kalit, pk — ochiq kalit, c — challenge qiymati, σ — raqamli imzo. Mazkur tadqiqotda barmoq izini tanib olish jarayonida qo‘llaniladigan matematik modellar (tasvirni qayta ishlash, xususiyatlarni ajratish va moslikni baholash) hamda WebAuthn protokolidagi kriptografik mexanizmlar yagona integratsiyalashgan tizim sifatida ko‘rib chiqiladi. Ushbu komponentlar o‘zaro bog‘liq bo‘lsa-da, funksional jihatdan turli vazifalarni bajaradi: biometrik modul foydalanuvchini identifikatsiya qiladi, kriptografik modul esa ushbu identifikatsiya natijasini ishonchli matematik isbotga aylantiradi. Natijada, taklif etilayotgan yondashuv foydalanuvchi autentifikatsiyasining aniqligi, xavfsizligi va maxfiyligini oshirishga xizmat qiluvchi kompleks modelni shakllantiradi hamda zamonaviy axborot tizimlarida qo‘llash uchun istiqbolli yechim sifatida qaraladi.

METODLAR.

Biometrik autentifikatsiya jarayonida barmoq izi tasviri ustida bir nechta matematik bosqichlar amalga oshiriladi. Tasvir I(x,y)I(x,y)I(x,y) sifatida aniqlanadi va dastlab gradient orqali chiziqlar aniqlanadi:

ISSN 3030-3907

$$\Delta I = (\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y})$$

Gradient yo‘nalishi esa quyidagicha hisoblanadi:

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{I_y}{I_x}\right)$$

Bu qiymatlar barmoq chiziqlarining orientatsiyasini aniqlashda ishlatiladi. Tasvirni yaxshilash uchun Gabor filtrlari qo‘llaniladi:

$$G(x, y) = exp(\frac{x'^2 + \gamma'^2 y'^2}{2\sigma^2})cos(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \phi)$$

Binarizatsiya bosqichida tasvir quyidagicha soddalashtiriladi:

$$B(x, y) = \begin{cases} 1, I(x, y) > T \\ 0, I(x, y) \le T \end{cases}$$

Bu yerda T — threshold (chegara) qiymati. Minutiae nuqtalari quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$m_i = (x_i, y_i, \theta_i, t_i)$$

bu yerda tit_iti — nuqta turi (ending yoki bifurcation). Bundan tashqari ikki barmoq izi orasidagi moslikni aniqlash uchun Evklid masofa:

$$d = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Bundan tashqari, umumiy moslik Hausdorff masofa orqali baholanadi:

$$H(A, B) = max(\sup_{a \in A} \in \inf_{b \in B} d(a, b), \sup_{b \in B} \inf_{a \in A} d(a, b))$$

Moslik ehtimolligi statistik yondashuv orqali ham aniqlanishi mumkin:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

WebAuthn tizimida esa asosiy matematik model kriptografiyaga asoslanadi. Qurilma kalit juftligini yaratadi:

$$(sk, pk)$$

Bu yerda sk — yopiq kalit, pk ochiq kalit. WebAuthn tizimida esa biometrik natija to‘g‘ridan-to‘g‘ri serverga yuborilmaydi. Qurilma ichida ochiq va yopiq kalit jufti generatsiya qilinadi. Autentifikatsiya jarayonida server tomonidan berilgan tasodifiy qiymat — challenge quyidagicha imzolanadi:

$$\sigma = Sign_{sk}(c)$$

Bu jarayon Elliptic Curve Cryptography asosida amalga oshiriladi. Elliptik egri quyidagicha ifodalanadi:

$$y^2 = x^3 + ax + b$$

ECDSA algoritmida imzo quyidagi shaklda hosil qilinadi:

$$r = (kG)_x \mod n$$

$$s = k^{-1}(H(m) + r \cdot sk) \mod n$$

ISSN 3030-3907

Ko‘pincha bu jarayon Elliptic Curve Digital Signature Algorithm asosida amalga oshiriladi. Server esa quyidagi tekshiruvni bajaradi:

$$w = s^{-1} \mod n$$
$$u_1 = H(m) \cdot w, \quad u_2 = r \cdot w,$$
$$X = u_1 G + u_2 pk$$

Agar $X_x \equiv r \ (mod\ n)$ bo‘lsa, imzo haqiqiy hisoblanadi.

NATIJALAR.

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, biometrik autentifikatsiya va WebAuthn asosidagi ochiq kalitli kriptografiya integratsiyasi yuqori darajadagi xavfsizlikni ta’minlaydi. Taklif etilgan modelda biometrik modul foydalanuvchini qurilma darajasida verifikatsiya qiladi va faqat muvaffaqiyatli autentifikatsiya amalga oshirilgandan so‘ng yopiq kalitdan foydalanishga ruxsat beradi. Ushbu jarayon quyidagi mantiqiy bog‘liqlik bilan ifodalanadi:

$$Biometriya \Rightarrow sk\ ga\ kirish \Rightarrow \sigma = Sign(sk, c)$$

Bu yondashuvning muhim afzalliklaridan biri shundaki, server tomoni hech qachon foydalanuvchining biometrik ma’lumotlarini, xususan barmoq izi tasviri yoki uning xom xususiyatlarini qabul qilmaydi. Natijada, maxfiylik darajasi sezilarli darajada oshadi va biometrik ma’lumotlarning sizib chiqish xavfi minimallashtiriladi. Eksperimental natijalar shuni ko‘rsatadiki, minutiae asosidagi moslik algoritmlari yuqori aniqlikni ta’minlaydi. Biometrik tizimning samaradorligi odatda quyidagi ko‘rsatkichlar orqali baholanadi:

False Acceptance Rate (FAR):

$$FAR = \frac{N_{false_accept}}{N_{impostor_attempts}}$$

False Rejection Rate (FRR):

$$FAR = \frac{N_{false_accept}}{N_{genuine_attempts}}$$

Natijalarga ko‘ra, minutiae asosidagi yondashuvda FAR qiymati minimal darajada bo‘lib, bu tizimning ruxsatsiz kirishlarga nisbatan yuqori barqarorligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, FRR qiymatining pastligi foydalanuvchilar uchun qulaylikni ta’minlaydi. Kriptografik modul esa autentifikatsiya jarayonining yaxlitligini va buzilmasligini kafolatlaydi. Xususan, raqamli imzo tekshiruvi quyidagi shart asosida amalga oshiriladi:

$$Verify(pk, c, \sigma) = true$$

Bu yerda autentifikatsiya faqatgina to‘g‘ri yopiq kalit yordamida yaratilgan imzo mavjud bo‘lgandagina muvaffaqiyatli deb hisoblanadi. Mazkur mexanizm replay attack, man-in-the-middle va boshqa keng tarqalgan hujum turlariga qarshi samarali himoyani ta’minlaydi. Shunday qilib, biometrik va kriptografik

ISSN 3030-3907

komponentlarning integratsiyasi autentifikatsiya tizimining aniqligi, xavfsizligi va maxfiyligini bir vaqtning o‘zida ta’minlovchi kompleks yechim sifatida namoyon bo‘ladi.

MUHOKAMA.

Taklif etilgan yondashuv biometrik autentifikatsiya va ochiq kalitli kriptografiyaga asoslangan WebAuthn mexanizmlarining integratsiyasiga tayanadi. Biometrik autentifikatsiya foydalanuvchini uning fiziologik yoki xulq-atvor xususiyatlari orqali aniqlashga qaratilgan bo‘lib, u tasvirlarni qayta ishlash va statistik moslikni baholashga asoslanadi. Ushbu jarayon matematik jihatdan quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \frac{N_{match}}{N_{total}}, \quad S > \tau \Rightarrow accept$$

bu yerda S — o‘xshashlik darajasi, τ — chegaraviy qiymat.

Boshqa tomondan, WebAuthn mexanizmi foydalanuvchini autentifikatsiya qilishda kriptografik isbotdan foydalanadi. Xususan, autentifikatsiya jarayoni quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\sigma = Sign(sk, c), \quad Verify(pk, c, \sigma) = true$$

bu yerda c — server tomonidan generatsiya qilingan tasodifiy chaqiriq (challenge), k va pk— mos ravishda yopiq va ochiq kalitlar. Ushbu yondashuvning xavfsizligi diskret logarifm muammosining hisoblash jihatdan murakkabligiga asoslanadi. Integratsiyalashgan tizimda biometrik autentifikatsiya yopiq kalitdan foydalanishga ruxsat beruvchi mexanizm sifatida xizmat qiladi, ya’ni:

$$Biometriya \Rightarrow sk\ ga\ kirish$$

Natijada, umumiy autentifikatsiya modeli quyidagi kompozit funksiyada ifodalanishi mumkin:

$$Auth(u) = \begin{cases} 1, Verify(pk, c, Sign(sk, c)) = true \\ 0, \end{cases}$$

Ushbu integratsiya “bilimga asoslangan” autentifikatsiya (parollar) bilan solishtirganda bir qator ustunliklarni ta’minlaydi. Birinchidan, parollarni buzish, taxmin qilish yoki fishing hujumlari orqali qo‘lga kiritish mumkin bo‘lsa, taklif etilgan modelda yopiq kalit hech qachon qurilmadan tashqariga chiqmaydi. Ikkinchidan, autentifikatsiya jarayonida biometrik ma’lumotlarning serverga uzatilmasligi maxfiylikni sezilarli darajada oshiradi. Ushbu integratsiya “bilimga asoslangan” autentifikatsiya (parollar) bilan solishtirganda bir qator ustunliklarni ta’minlaydi. Birinchidan, parollarni buzish, taxmin qilish yoki fishing hujumlari orqali qo‘lga kiritish mumkin bo‘lsa, taklif etilgan modelda yopiq kalit hech qachon qurilmadan tashqariga chiqmaydi. Ikkinchidan, autentifikatsiya jarayonida biometrik ma’lumotlarning serverga uzatilmasligi maxfiylikni sezilarli darajada oshiradi. Natijada, biometrik autentifikatsiya foydalanuvchini aniqlash

ISSN 3030-3907

(identifikatsiya) vositasi sifatida, WebAuthn esa ushbu identifikatsiyani ishonchli kriptografik dalilga aylantiruvchi mexanizm sifatida qaraladi. Ushbu ikki komponentning sinergetik birikmasi zamonaviy autentifikatsiya tizimlarida yuqori darajadagi xavfsizlik, maxfiylik va foydalanish qulayligini ta'minlovchi fundamental yondashuvni tashkil etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. WebAuthn. Web Authentication: An API for accessing Public Key Credentials Level 2. – W3C Recommendation, 2021.
2. World Wide Web Consortium (W3C). Web Authentication Working Group. WebAuthn Level 3 Specification. – 2024.
3. FIDO Alliance. FIDO2: Moving the World Beyond Passwords. – FIDO Alliance Technical Overview, 2023.
4. Handbook of Fingerprint Recognition / Maltoni D., Maio D., Jain A.K., Prabhakar S. – London: Springer, 2022.
5. Anil K. Jain, Ross A., Nandakumar K. Introduction to Biometrics. – New York: Springer, 2023.
6. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. – 9th Edition. Pearson Education, 2024.
7. Menezes A., Van Oorschot P., Vanstone S. Handbook of Applied Cryptography. – CRC Press, 2022.
8. Goodrich M., Tamassia R. Algorithm Design and Applications. – Wiley, 2021.
9. Bishop M. Computer Security: Art and Science. – Addison-Wesley, 2023.
10. National Institute of Standards and Technology. Digital Identity Guidelines (SP 800-63B). – NIST Special Publication, 2024.
11. O'Gorman L. Comparing Passwords, Tokens, and Biometrics for User Authentication. Information Security Journal, 2022.
12. Wayman J., Jain A.K., Maltoni D., Maio D. Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation. – Springer, 2021.
13. Dasgupta D., Roy A., Nag A. Advances in User Authentication. – Springer, 2023.
14. Singh K., Gupta R. Mathematical Models for Biometric Authentication Systems. Journal of Information Security, 2023.
15. Zhang Y., Wang H. Security Analysis of WebAuthn-Based Authentication Frameworks. International Journal of Cyber Security, 2024.

ISSN 3030-3907

DORIVOR O‘SIMLIKLARNING ANTIOKSIDANT VA IMMUNOMODULYATOR XUSUSIYATLARI – SOG‘LOM TURMUSH TARZIDAGI O‘RNI

Baymurodov Esan Suyunovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakulteti assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada dorivor o‘simliklarning antioksidant va immunomodulyator xususiyatlari, ularning inson organizmiga ta’siri hamda sog‘lom turmush tarzini shakllantirishdagi ahamiyati yoritilgan. Antioksidant moddalar organizmda erkin radikallarni neytrallab, hujayralarni oksidlovchi stressdan himoya qiladi. Immunomodulyator o‘simliklar esa immun tizimining faoliyatini tartibga solib, organizmning kasalliklarga chidamliligini oshiradi. Maqolada aloe, echinatseya, zanjabil, na’matak, yalpiz kabi dorivor o‘simliklarning biologik faol moddalari va ularning farmakologik xususiyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari dorivor o‘simliklardan oqilona foydalanish sog‘lom hayot tarzini qo‘llab-quvvatlashda muhim omil ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: dorivor o‘simliklar, antioksidant, immunomodulyator, flavonoidlar, biologik faol moddalar, erkin radikallar, immun tizimi, fitoterapiya, sog‘lom turmush tarzi, farmakologik ta’sir.

Аннотация. В данной статье рассматриваются антиоксидантные и иммуномодулирующие свойства лекарственных растений, их влияние на организм человека, а также значение в формировании здорового образа жизни. Антиоксидантные вещества нейтрализуют свободные радикалы в организме и защищают клетки от окислительного стресса. Иммуномодулирующие растения регулируют деятельность иммунной системы и повышают устойчивость организма к различным заболеваниям. В статье проанализированы биологически активные вещества и фармакологические свойства таких лекарственных растений, как алоэ, эхинацея, имбирь, шиповник и мята. Результаты исследования показывают, что рациональное использование лекарственных растений является важным фактором поддержания здорового образа жизни.

Ключевые слова: лекарственные растения, антиоксидант, иммуномодулятор, флавоноиды, биологически активные вещества, свободные радикалы, иммунная система, фитотерапия, здоровый образ жизни, фармакологическое действие.

Abstract. This article discusses the antioxidant and immunomodulatory properties of medicinal plants, their effects on the human body, and their importance in promoting a healthy lifestyle. Antioxidant compounds neutralize free radicals in the body and protect cells from oxidative stress. Immunomodulatory plants regulate

the activity of the immune system and enhance the body's resistance to diseases. The study analyzes the biologically active compounds and pharmacological properties of medicinal plants such as aloe, echinacea, ginger, rosehip, and mint. The research findings indicate that the rational use of medicinal plants is an important factor in supporting and maintaining a healthy lifestyle.

Keywords: Medicinal plants, antioxidant, immunomodulator, flavonoids, biologically active compounds, free radicals, immune system, phytotherapy, healthy lifestyle, pharmacological effects.

KIRISH.

Bugungi kunda ekologik muammolar, noto‘g‘ri ovqatlanish, stress va kamharakat turmush tarzi natijasida inson organizmida turli surunkali kasalliklar soni ortib bormoqda. Ayniqsa, immun tizimining zaiflashuvi hamda oksidlovchi stressning kuchayishi yurak-qon tomir, endokrin va onkologik kasalliklarning rivojlanishiga sabab bo‘lmoqda. Shu bois tabiiy vositalar, xususan dorivor o‘simliklardan foydalanishga bo‘lgan qiziqish ortmoqda.

Dorivor o‘simliklar tarkibidagi flavonoidlar, vitaminlar, fenol birikmalar va polisaxaridlar organizmni zararli moddalardan himoya qiladi hamda immunitetni mustahkamlaydi. Ularning tabiiyligi, kam nojo‘ya ta’sirga ega ekanligi va uzoq muddat qo‘llash imkoniyati fitoterapiyaning ahamiyatini oshirmoqda. Shu jihatdan dorivor o‘simliklarning antioksidant va immunomodulyator xususiyatlarini o‘rganish dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

TADQIQOT ISHLARI

So‘nggi yillarda dunyo olimlari tomonidan dorivor o‘simliklarning biologik faol moddalari va ularning organizmga ta’siri keng o‘rganilmoqda. Xususan, echinatseya tarkibidagi polisaxaridlar immun hujayralar faoliyatini kuchaytirishi aniqlangan. Na’matak mevasi tarkibidagi askorbin kislotasi va flavonoidlar kuchli antioksidant ta’sir ko‘rsatadi. Aloe vera tarkibidagi fermentlar va vitaminlar esa organizmning regenerativ imkoniyatlarini yaxshilaydi.

Mahalliy tadqiqotlarda ham dorivor o‘simliklarning farmakologik xususiyatlari o‘rganilib, ularning xalq tabobati va zamonaviy tibbiyotdagi o‘rni tahlil qilingan. Tadqiqotlar natijasida dorivor o‘simliklar asosida turli fitopreparatlar ishlab chiqilmoqda.

TADQIQOT USULLARI

Mazkur tadqiqotda ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, fitokimyoviy ma’lumotlarni solishtirish hamda dorivor o‘simliklarning farmakologik xususiyatlarini o‘rganish usullaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida antioksidant va immunomodulyator ta’sirga ega o‘simliklar tarkibidagi biologik faol moddalar o‘rganildi.

Shuningdek, o‘simliklarning tarkibiy qismlari:

ISSN 3030-3907

flavonoidlar;
alkaloidlar;
vitaminlar;
fenol birikmalar;
efir moylari;
polisaxaridlar tahlil qilindi.

TADQIQOT NATIJALARI

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, dorivor o‘simliklar organizmga ko‘p qirrali ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Antioksidant moddalar hujayralarni erkin radikallar ta’siridan himoya qilib, qarish jarayonini sekinlashtiradi. Ayniqsa, na’matak, ko‘k choy va zanjabil tarkibidagi flavonoidlar oksidlovchi stressni kamaytirishda samarali hisoblanadi.

Immunomodulyator xususiyatga ega echinatseya, aloe va limono‘t o‘simliklari immun tizimini faollashtirib, organizmning infeksiyalarga qarshi kurashish qobiliyatini oshiradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, dorivor o‘simliklardan muntazam va me’yorida foydalanish shamollash kasalliklari sonini kamaytiradi hamda umumiy salomatlikni yaxshilaydi.

Bundan tashqari:
organizmning stressga chidamliligi oshadi;
modda almashinuvi yaxshilanadi;
vitamin va mineral moddalar yetishmovchiligi kamayadi;
yurak-qon tomir tizimi faoliyati qo‘llab-quvvatlanadi.

Dorivor o‘simliklar asosidagi damlamalar, choylar va ekstraktlar sog‘lom turmush tarzining muhim tarkibiy qismi sifatida qo‘llanilishi mumkin.

XULOSA.

Dorivor o‘simliklar inson salomatligini saqlash va mustahkamlashda muhim tabiiy manba hisoblanadi. Ularning antioksidant va immunomodulyator xususiyatlari organizmni zararli omillardan himoya qilish, immun tizimini mustahkamlash hamda kasalliklarning oldini olishda katta ahamiyatga ega.

Sog‘lom turmush tarzini shakllantirishda dorivor o‘simliklardan ilmiy asoslangan holda foydalanish samarali natija beradi. Ayniqsa, tabiiy antioksidantlarga boy o‘simlik mahsulotlarini ratsionga kiritish inson organizmining himoya mexanizmlarini kuchaytiradi. Shu bilan birga, dorivor o‘simliklardan foydalanishda me’yor va mutaxassis tavsiyalariga amal qilish muhim hisoblanadi.

Kelgusida dorivor o‘simliklarning yangi turlarini o‘rganish, ularning biologik faol moddalarini chuqur tahlil qilish hamda zamonaviy fitopreparatlar yaratish farmatsevtika va tibbiyot rivojida muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR

1. Xolmatov H.X., Ahmedov U.A. “Farmakognoziya”. Toshkent, 2007.
2. Nabiyev M. “Shifobaxsh o‘simliklar”. Toshkent, 1998.
3. Hamidov O‘.H. “Dorivor o‘simliklar biologiyasi”. Toshkent, 2015.
4. World Health Organization. “Medicinal Plants Research”. Geneva, 2019.
5. Trease G.E., Evans W.C. “Pharmacognosy”. London, 2009.
6. Bruneton J. “Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants”. Paris, 2016.
7. Boymurodov, E. S., & Olimov, S. M. (2021). DORILAR HAQIDA TUSHUNCHA. 8.Экономика и социум, (10 (89)), 66-69.
8. Qodirov, N. D., Qo‘Yliyeva, M. U., & Boymurodov, E. S. (2021). Dorilar haqida tushuncha, farmakalogik xossalari, saqlash uchun sharoit yaratish usullari. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 1(8), 580-586.
9. Meliqulov, O. J., Kodirov, N. D., & Baymuradov, E. S. (2022). 4–xlor-5, 6-dimetiltieno [2, 3 d] pirimidinning to‘yingan geterosiklik birikmalar bilan reaksiyasi. Ta’lim fidoyilari, 18(5), 285 288. 390 | P a g e Volume 3, Issue 2, February 2025 ISSN (E): 2938-3765
10. Meliqulov, O. J., & Baymuradov, E. S. (2022). 2h-4-gidrazinil5, 6-dimetil tieno [2, 3-d] pirimidinning aromatik aldegidlar bilan reaksiyasI. Экономика и социум, (3-2 (94)), 198-202.
11. Боймурадов, Э. С., & Койлиева, М. У. (2022). Фитотерапия при лечении сахарного диабета. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2(Special Issue 4-2).
12. Баймурадов, Э. С., & Олимов, С. М. (2022). Таркибида эфир мойлари булган доривор усимликлар ва маҳсулотлар. Science and Education, 3(11), 96-105.
13. Боймуродов, Э. С. (2023). ТУТ БЕЛЫЙ, ШЕЛКОВИЦА (ТУТ)–MORUS ALBA L. Образование наука и инновационные идеи в мире, 15(2), 76-80.
14. Meliqulov, O. J., & Baymuradov, E. S. (2022). Vitamin b12 ning olinishi va uning ahamiyati. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2(8), 324-327.
15. Халимбетов, Ю. М., Юлдашев, С. Ж., & Жалилова, Д. М. (2022). Экологическое воспитание в системе духовно-нравственного воспитания. In Биотехнология и биомедицинская инженерия (pp. 236-239).
16. Murodovna, J. D., Bakhodirovna, S. D., & Yangiboyevna, N. S. (2022). Learning Liquid Medicine Forms and Writing Prescriptions for Medical School Students. Central Asian Journal of Medical and Natural Science, 3(5), 72-76.

UDK 661.635.41:661.635.42

TRIKALSIYFOSFATNI FOSFAT KISLOTALI ERITMALARDA PARCHALASH JARAYONINI TADQIQ QILISH

Shamshidinov Israiljon Turgunovich
NamDTU, t.f.d., professor
E-mail: israiljon2010@mail.ru

Annotatsiya. Tarkibida magniy bo‘lgan ekstraksion fosfat kislota faolligini baholash maqsadida trikalsiyfosfatni fosfat kislotali eritmalarda parchalash jarayoni tadqiq qilingan. Parchalash jarayonida hosil qilingan suspenziyalarni kimyoviy tahlil qilish hamda suyuq va qattiq fazalarini fizik-kimyoviy tadqiq qilish orqali ammoniy nitratning fosfat kislota hamda tarkibida magniy sulfat bo‘lgan fosfat kislotali eritmalar kimyoviy faolligining oshishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: fosfat kislota, fosfat kislotali eritmalar, ekstraksion fosfat kislota, magniy sulfat, ammoniy nitrat, faollashtirish, parchalash jarayoni, trikalsiyfosfat, monokalsiyfosfat, monomagniyfosfat.

Аннотация. С целью оценки активности экстракционной фосфорной кислоты, содержащей магния, изучен процесс разложения трикальцийфосфата в фосфорнойкислых растворах. В результате проведение химических анализов суспензий, образующихся в процессе разложения, и физико-химические исследования жидкой и твердой фаз, установлено повышение химической активности фосфорной кислоты и фосфорнокислых растворов, содержащих сульфата магния в присутствии аммиачной селитры.

Ключевые слова: фосфорная кислота, фосфорнокислые растворы, экстракционная фосфорная кислота, сульфат магния, нитрат аммония, активация, процесс разложения, трикальцийфосфат, монокальцийфосфат, мономагнийфосфат.

Annotation. In order to evaluate the activity of extraction phosphoric acid containing magnesium, the process of decomposition of tricalcium phosphate in phosphoric acid solutions was studied. As a result of chemical analyzes of suspensions formed during the decomposition process, and physical and chemical studies of the liquid and solid phases, an increase in the chemical activity of phosphoric acid and phosphoric acid solutions containing magnesium sulfate in the presence of ammonium nitrate was established.

Keywords: phosphoric acid, phosphoric acid solutions, extraction phosphoric acid, magnesium sulfate, ammonium nitrate, activation, decomposition process, tricalcium phosphate, monocalcium phosphate, monomagnesium phosphate.

KIRISH.

Kuchsiz (21-32% P_2O_5) ekstraksion fosfat kislotani (EFK) 50% P_2O_5 dan oshguncha konsentrlash uni uzatish va saqlash harajatlarini kamaytiradi, bu o‘z

ISSN 3030-3907

navbatida fosforitlar qazib olish koni yaqinida EFK ishlab chiqarishni tashkil etish, o‘g‘itlar ishlab chiqarishni esa iste’molchi yaqinidagi hududga joylashtirish imonini beradi. Bundan tashqari konsentrlangan EFKdan qo‘shaloq superfosfat, ftorsizlangan fosfatlar, polifosfatlar va suyuq kompleks o‘g‘itlar ishlab chiqarishda foydalaniladi. Yuqori sifatli xomashyolardan olingan EFK 54% P_2O_5 gacha yaxshi bug‘latiladi va uni kamerali usulda qo‘shaloq superfosfat ishlab chiqarishda ishlatiladi [1-7].

Tarkibida magniy bo‘lgan xomashyolardan, masalan Qoratog‘, Markaziy Qizilqum yoki Kingisepp fosforitlaridan olingan EFK tarkibida magniy qo‘shimchasi bo‘lganligi tufayli 37-38% P_2O_5 konsentratsiyada qo‘yilib qoladi [1-3, 8]. Fosfatli xomashyoda 0,3% dan ko‘p MgO bo‘lsa, EFKni konsentrlanganda quyqa shakllanishiga olib keladigan erimaydigan magniy fosfat hosil bo‘lishi bilan bog‘liq qiyinchiliklarni keltirib chiqarishi tasdiqlangan [9]. Boshqa mualliflar esa tarkibida magniy bo‘lgan EFKni 37-38% P_2O_5 konsentratsiyagacha bug‘latilganda quyilib qolishini $MgSiF_6$ ning gidrolizlanishi natijasida MgF_2 va SiO_2 lar hosil bo‘lishi hisobiga sodir bo‘ladi, deb hisoblashadi [10].

Tarkibida 25% P_2O_5, 1,0% MgO va H_2SiF_6 tarzidagi 2% ftor bo‘lgan MgO – H_3PO_4 – H_2SiF_6 – H_2O sistemasi 62% va 67% P_2O_5 konsentratsiyagacha bug‘latilishi mumkin va bunda kislota oson harakatlanadigan suspenziya ko‘rinishida bo‘lishini (xattoki 67% P_2O_5 konsentratsiyada qovushqoqligi 1540 spz ni tashkil qiladi) ayrim mualliflar tomonidan aniqlangan [11]. Eritmalarda SiO_2 va $Mg(H_2PO_4)_2$ lardan tashqari magniy ftormetafosfat – $MgPO_3F$ bo‘lishi ko‘rsatib o‘tilgan.

Shunday ishlarning birida mualliflar tomonidan $MgSO_4$ – H_3PO_4 – H_2O sistemasini 20-80^OC haroratda 0 dan 80% gacha P_2O_5 konsentratsiya oralig‘ida o‘rganishganda, magniy sufatning mono-, penta-, geksa- va geptagidratlari bo‘lishin va monomagniyfosfat birikmasi bo‘lmasligini aniqlangan [1-3, 6, 7, 12]. Bu ma’lumotlar boshqa mualliflar tomonidan $MgSO_4$ – H_2SO_4 – H_3PO_4 – H_2O sistemasini 60^OC haroratda v diapazone konsentratsii sulfat kislotaning 0 dan 60 gacha og‘. % va fosfat kislotaning 0 dan 75 gacha og‘. % konsentratsiyalari oralig‘ida o‘rganilganda ham tasdiqlangan [13]. Mualliflar tarkibida 25% P_2O_5, 1% MgO va 2,4% H_2SO_4 bo‘lgan MgO – H_2SO_4 – H_3PO_4 – H_2O sistemasini 53,4% P_2O_5 konsentratsiyagacha bug‘latish jarayonida magniy sulfat gidratlari hosil bo‘lishini tasdiqlashgan [1-3, 11].

Bundan tashqari, Qoratog‘ fosforitlaridan olingan EFKning mavjud (sanoat) eritmalari xossalarini magniy, temir, alyuminiy, sulfat kislota va boshqa qo‘shimchalarning nisbatiga bog‘liq holda o‘rganish orqali EFK konsentrlanganda uning quyilib qolishi kislotada magniy sulfat gidratlari tarzida magniyning ishtirok etishi hisobiga yuzaga kelishini aniqlangan [14-16]. Qoratog‘ fosforitlari asosidagi

ISSN 3030-3907

EFK (21% P_2O_5) tarkibida 1,5-2,0% MgO (ko‘pincha bundan ham ko‘p), ya’ni 4,5-6,0% $MgSO_4$ yoki 9,0-12,0% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ erigan holatda bo‘ladi, kislota konsentratsiyasi 37-38% P_2O_5 gacha oshirilganda bu tuzning miqdori 16-21% gacha yetadi. Bunda eritma magniy sulfat gidratlari bilan to‘yinadi. Sovutilganda ular kristallanadi va suv molekulalarini assotsiyalaydi (bunday xossa barcha kristallogidratlarda uchraydi), shu hisobiga eritma quyilib qoladi. Boshqa ishtirok etadigan qo‘shimchalar (kalsiy sulfat, temir va alyuminiy fosfatlari, natriy va kaliy kremneftoridlari), ayniqsa, sulfat kislota quyilish jarayonini kuchaytiradi.

Quyilish jarayonini bartaraf etish, ya’ni kislotaning reologik xossalarini yaxshilash maqsadida kimyoviy reagent – ammoniy nitratdan foydalanilgan, mazkur reagent ishtirokida eritmada magniy birikmalarining eruvchanligi o‘rganilgan [17]. Tarkibida magniy bo‘lgan EFKni ammoniy nitrat ishtirokida oldindan 50-55% P_2O_5 gacha konsentrlash va so‘ngra uni ammoniylash orqali tozalangan ammoniy fosfatlari olish usuli ilk bor yaratilgan [18]. Bunda ammoniy nitrat ionlari va molkulalari magniy sulfatning gidrat qobig‘ini buzishi, shuningdek kristallogidrat atrofida suvning assotsilanishini yo‘qotishi, eng asosiysi kislotaning oquvchanligi saqlanib qolishi, xattoki minus 30-32^{O}C da ham quyilib qolmasligi taxmin qilinadi.

Tadqiqot usuli. Ammoniy nitrat ishtirokida tarkibida magniy bo‘lgan EFKni kimyoviy faolligini baholash uchun trikalsiyfosfatni fosfat kislotali eritmalarda parchalash jarayoni tadqiq qilindi.

Buning uchun tarkibida $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ va NH_4NO_3 komponentlari bo‘lgan $H_3PO_4 – H_2O$ (FK-1), $H_3PO_4 – NH_4NO_3 – H_2O$ (FK-1a), $H_3PO_4 – MgSO_4 \cdot 7H_2O – H_2O$ (FK-2), $H_3PO_4 – MgSO_4 \cdot 7H_2O – NH_4NO_3 – H_2O$ (FK-3) fosfat kislotali eritmalar tayyorlandi. Fosfat kislota konsentratsiyasi 20-50% P_2O_5 oralig‘ida, boshlang‘ich NH_4NO_3 miqdori 1,0%, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ miqdori 12,3% miqdorida bo‘ladi va ular miqdori kislota konsentratsiyasiga muvofiq tarzda ortib boradi (1-jadval).

1-jadval

Fosfat kislotali eritmalar tarkibi

Model eritmalar	**Komponentlar**	**Tarkibida, og‘irlik % hisobida**						
FK-1	H3PO4	27,6	34,5	41,4	48,3	55,2	62,1	69,0
	(P2O5)	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
	H2O	72,5	65,5	58,6	51,7	44,8	37,9	31,0
FK-2	H3PO4	27,6	34,5	41,4	48,3	55,2	62,1	65,3
	(P2O5)	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	47,3
	MgSO4·7H2O	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	23,6

ISSN 3030-3907

	H2O	62,4	53,0	43,6	34,2	24,8	15,4	11,1
FK-3	H3PO4	27,6	34,5	41,4	48,3	55,2	62,1	63,7
	(P2O5)	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	46,2
	MgSO4·7H2O	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	23,2
	NH4NO3	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,3
	H2O	61,4	51,75	42,1	32,45	22,8	13,15	10,8

Trikalsiyfosfatni kalsiy metafosfatga (k.t.) ekvimolekulyar nisbatdagi kalsiy karbonat (k.t.) bilan ta'sirlashtirish yo'li bilan olindi [19, 20].

Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali eritmalarda parchalash gidrozatvor, aralashtirgich, termometr va qaytar sovutgich o'rnatilgantermostatga joylashtirilgan kolbada amalga oshirildi. Jarayon davomiyligi 60^{O}C haroratda 2 soat davom etdi. Fosfat kislotaning trikalsiyfosfatga nisbati kalsiyni monokalsiyfosfat tarzida bog'lashga muvofiq keladigan 100% me'yorida olindi.

Tadqiqot natijalari. Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali eritmalarda parchalash jarayonining texnologik ko'rsatkichlari, eritmadagi ayrim komponentlarning miqdori aniqlandi (2-5-jadvallar). Trikalsiyfosfatni FK-1, FK-2 va FK-3 sistemalarida parchalash jarayonida hosil bo'ladigan erimaydigan va eriydigan birikmalarni fizik-kimyoviy tahlillarini o'tkazish uchun eritmadan qattiq faza filtrlandi, 105^{O}C haroratda quritildi, suyuq faza esa monokalsiyfosfatni termik parchalanishini oldini olish uchun 85^{O}C da quritildi [21]. Namunalar differensial-termik tahlil qilindi.

2-jadval

Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali (H_3PO_4 – H_2O) eritmalarda parchalash natijalari va olingan fosfatli suspenziyalar kimyoviy tarkibi

T/r	Ko'rsatkichlarning nomlanishi	Boshlang'ich kislota konsentratsiyasi, % P_2O_5						
		20	25	30	35	40	45	50
1.	P_2O_5 umumiy	25,11	30,34	35,79	43,06	46,65	50,48	53,35
2.	P_2O_5 o'zlashadigan	23,72	29,04	35,17	41,96	45,02	49,42	50,73
3.	P_2O_5 suvda eriydigan	20,18	25,34	30,84	36,78	40,22	43,96	47,08
4.	CaO umumiy	9,90	11,97	13,96	16,98	18,40	19,91	21,04
5.	CaO suvda eriydigan	4,73	6,94	9,08	12,12	12,43	14,80	16,54
6.	H_2O	57,70	49,66	40,89	28,89	22,79	16,63	11,91
7.	($P_2O_{5o'zl.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	94,46	95,72	98,27	97,44	96,52	97,91	95,09
8.	($P_2O_{5s.e.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	80,37	83,52	86,17	84,73	86,22	87,07	88,25
9.	**$P_2O_{5o'zl.}$ bo'yicha K_p, %**	**83,19**	**86,99**	**94,74**	**92,24**	**89,43**	**93,66**	**85,09**
10.	**$P_2O_{5s.e.}$ bo'yicha K_p, %**	**40,38**	**49,95**	**58,00**	**53,62**	**58,16**	**60,76**	**64,31**

ISSN 3030-3907

11.	**$CaO_{s.e.}$ bo‘yicha $K_{ajr.}$, %**	**47,78**	**57,98**	**65,04**	**71,38**	**67,55**	**74,33**	**78,61**

3-jadval

Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali ($H_3PO_4 – NH_4NO_3 – H_2O$) eritmalarda parchalash natijalari va olingan fosfatli suspenziyalar kimyoviy tarkibi

T/r	Ko‘rsatkichlarning nomlanishi	Boshlang‘ich kislota konsentratsiyasi, % P_2O_5						
		20	25	30	35	40	45	50
1.	P_2O_5 umumiy	25,48	31,30	36,72	43,60	47,60	49,82	51,80
2.	P_2O_5 o‘zlashadigan	24,50	30,74	36,18	43,06	46,03	48,72	49,05
3.	P_2O_5 suvda eriydigan	20,95	26,43	31,76	39,08	41,20	43,02	46,78
4.	CaO umumiy	10,05	12,34	14,48	17,19	18,78	19,65	20,43
5.	CaO suvda eriydigan	6,46	9,09	11,15	13,56	13,67	15,09	16,41
6.	H_2O	57,10	47,27	38,13	26,54	19,79	16,05	12,73
7.	($P_2O_{5o‘zl.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	95,14	98,21	98,53	98,76	96,60	97,71	94,60
8.	($P_2O_{5s.e.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	82,22	84,44	86,49	89,63	86,54	86,35	90,31
9.	**$P_2O_{5o‘zl.}$ bo‘yicha K_p, %**	**84,20**	**84,57**	**85,53**	**96,24**	**89,92**	**93,27**	**83,86**
10.	**$P_2O_{5s.e.}$ bo‘yicha K_p, %**	**46,01**	**52,75**	**58,98**	**68,52**	**59,14**	**58,59**	**70,57**
11.	**$CaO_{s.e.}$ bo‘yicha $K_{ajr.}$, %**	**64,28**	**73,66**	**77,00**	**78,88**	**72,79**	**76,79**	**80,32**

Boshlang‘ich kislota konsentratsiyasi 20-30% P_2O_5 bo‘lganda trikalsiyfosfatni parchalanish darajasi (K_p), ya’ni fosfatlarni o‘zlashadigan shaklga o‘tishi 83,2-94,7% ni tashkil etishi aniqlandi. Kislota konsentratsiyasi 30-50% ga oshganda K_p 92-85% gacha ortadi. K_p ning yuqori qiymatiga (94,7, 92,2 va 93,6%) boshlang‘ich kislota konsentratsiyasi 30, 35 va 45% P_2O_5 bo‘lganda erishiladi. Boshlang‘ich kislota konsentratsiyasi 20 dan 50% P_2O_5 gacha oshganda kalsiyning suvli eritma shakliga ajralishi 4,73 dan 16,54% gacha ortadi.

Differensial-termik tahlil natijalari (1- va 2-rasmlar) trikalsiyfosfatning fosfat kislotali (FK-1 da) parchalanish jarayonida $CaHPO_4$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ birikmalari hosil bo‘lishini ko‘rsatadi [19, 20, 22], termogrammadagi endoeffektlar quyidagi birikmalarni parchalanishiga muvofiq keladi:

$$CaHPO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow[-2H_2O]{130^oC} CaHPO_4 \xrightarrow[-H_2O]{330^oC} Ca_2P_2O_7 \xrightarrow{700^oC} \beta - Ca_2P_2O_7 \quad (1)$$

$$CaHPO_4 \xrightarrow[-H_2O]{370–470^oC} \gamma - Ca_2P_2O_7 \xrightarrow{625^oC} \beta - Ca_2P_2O_7 \quad (2)$$

ISSN 3030-3907

$$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \xrightarrow[-H_2O]{180^oC} Ca(H_2PO_4)_2 \xrightarrow[-H_2O]{285–370^oC} CaH_2P_2O_7 \xrightarrow[-H_2O]{370–500^oC} \rightarrow \gamma - Ca(PO_3)_2 \xrightarrow{730^oC} \beta - Ca(PO_3)_2 \quad (3)$$

4-jadval

Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali (H_3PO_4 – $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – H_2O) eritmalarda parchalash natijalari va olingan fosfatli suspenziyalar kimyoviy tarkibi

T/r	Ko‘rsatkichlarning nomlanishi	Boshlang‘ich kislota konsentratsiyasi, % P_2O_5						
		20	25	30	35	40	45	47,3
1.	P_2O_5 umumiy	25,15	32,58	37,29	41,42	45,49	46,15	46,88
2.	P_2O_5 o‘zlashadigan	24,65	31,84	36,38	40,90	44,20	45,51	44,26
3.	P_2O_5 suvda eriydigan	21,00	27,59	33,02	36,71	41,06	41,84	42,30
4.	CaO umumiy	9,92	12,85	14,71	16,33	17,94	18,20	18,49
5.	CaO suvda eriydigan	6,10	8,63	10,60	11,85	13,95	14,15	14,63
6.	H_2O	54,37	40,87	32,32	24,82	17,45	16,22	14,91
7.	($P_2O_{5o‘zl.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	98,00	97,73	97,55	98,74	97,16	98,61	94,41
8.	($P_2O_{5s.e.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	83,49	84,68	88,55	88,63	90,25	90,66	90,23
9.	**$P_2O_{5o‘zl.}$ bo‘yicha K_p, %**	**93,92**	**91,10**	**92,56**	**96,19**	**91,39**	**95,79**	**83,03**
10.	**$P_2O_{5s.e.}$ bo‘yicha K_p, %**	**49,85**	**53,49**	**65,23**	**65,47**	**70,40**	**71,64**	**70,33**
11.	**$CaO_{s.e.}$ bo‘yicha $K_{ajr.}$, %**	**61,49**	**67,16**	**72,06**	**72,57**	**77,75**	**77,75**	**79,12**

5-jadval

Trikalsiyfosfatni fosfat kislotali (H_3PO_4 – $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – NH_4NO_3 – H_2O) eritmalarda parchalash natijalari va olingan fosfatli suspenziyalar kimyoviy tarkibi

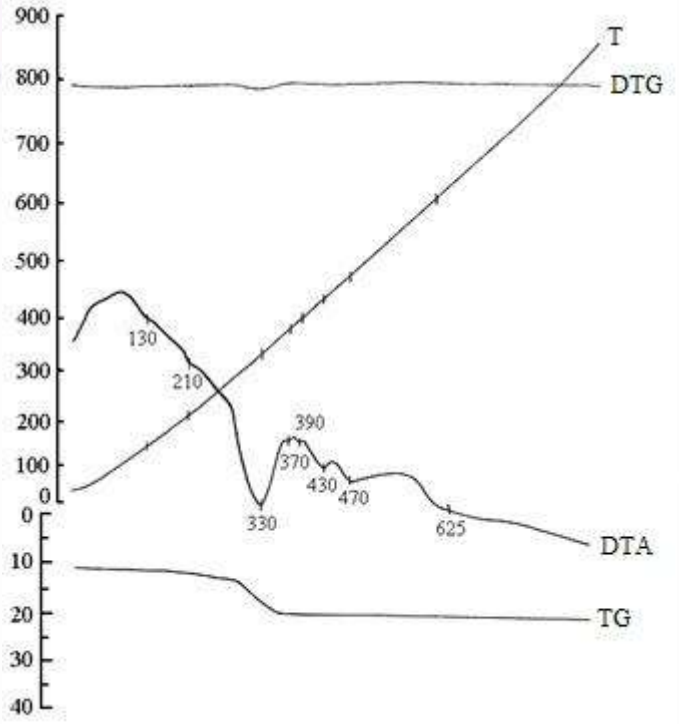
T/r	Ko‘rsatkichlarning nomlanishi	Boshlang‘ich kislota konsentratsiyasi, % P_2O_5						
		20	25	30	35	40	45	46,1

ISSN 3030-3907

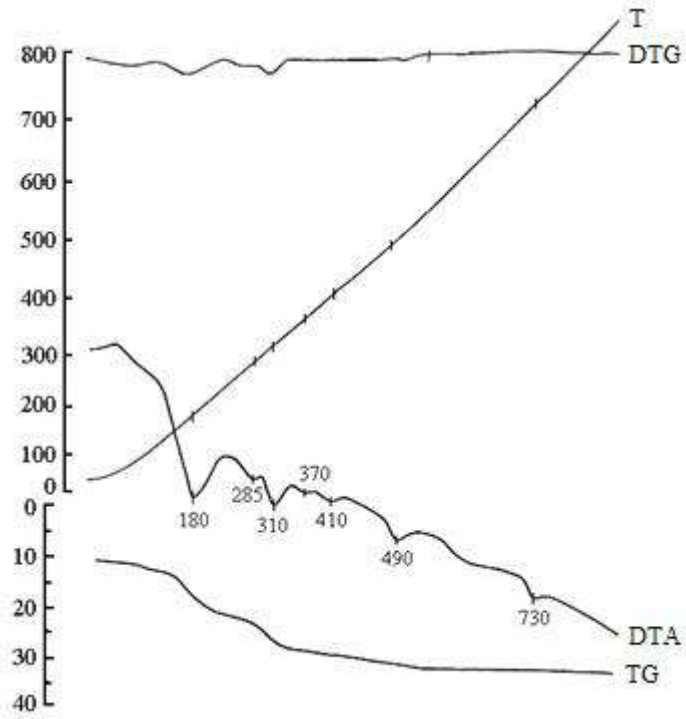
1.	P_2O_5 umumiy	25,36	33,11	38,21	40,81	44,41	44,85	45,21
2.	P_2O_5 o‘zlashadigan	25,18	32,83	37,85	40,69	44,03	44,71	43,87
3.	P_2O_5 suvda eriydigan	21,55	28,39	33,85	37,92	40,91	41,12	40,76
4.	CaO umumiy	10,00	13,06	15,07	16,09	17,54	17,70	17,82
5.	CaO suvda eriydigan	6,76	10,21	12,02	13,29	13,63	14,07	14,32
6.	H_2O	53,14	38,84	29,22	24,56	17,91	17,08	17,01
7.	($P_2O_{5o‘zl.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	99,29	99,15	99,06	99,71	99,14	99,69	97,04
8.	($P_2O_{5s.e.}$:$P_2O_{5umum.}$)x100, %	84,96	85,70	88,59	92,92	92,12	91,08	90,16
9.	**$P_2O_{5o‘zl.}$ bo‘yicha K_p, %**	**97,84**	**97,43**	**97,14**	**99,13**	**97,40**	**99,05**	**91,00**
10.	**$P_2O_{5s.e.}$ bo‘yicha K_p, %**	**54,34**	**56,59**	**65,36**	**78,49**	**76,07**	**74,74**	**70,11**
11.	**$CaO_{s.e.}$ bo‘yicha $K_{ajr.}$, %**	**67,60**	**78,18**	**79,76**	**82,60**	**77,51**	**79,49**	**80,35**

Bunda 1-suspenziya suvda erimaydigan qismining (1-rasm) 130^{O}C haroratda termik parchalanishi massa yo‘qotilishi 1% ni, 300-400^{O}C da – 7% ni tashkil qiladi; 1-eritma suvda eriydigan qismining (2-rasm) 110^{O}C haroratda termik parchalanishi massa yo‘qotilishi 2% ni, 170-230^{O}C da – 7%, 270-370^{O}C da – 8% va 370-500^{O}C da esa – 5% ni tashkil etadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. 1-suspenziya suvda erimaydigan qismi derivatogrammasi.



2-rasm. 1-suspenziya suvda eriydigan qismi derivatogrammasi.

Boshlang‘ich kislotaning konsentratsiyasi 20-35% P_2O_5 bo‘lganda trikalsiyfosfatni fosfat kislotaning (FK-1a) ammoniy nitrat ishtirokida parchalanganda (2-suspenziya) K_p ma’lum darajada ortadi, kislota konsentratsiyasi 40-50% P_2O_5 bo‘lganda xuddi 1-suspenziyadagi kabi qoladi. Kalsiyning suvli eritma shakliga ajralishi oldingi tajriba natijalariga nisbatan kislotaning barcha konsentratsiyalarida ortadi.

Fosfat kislotali eritmada magniy sulfat geptagidratining ishtirok etishi (FK-

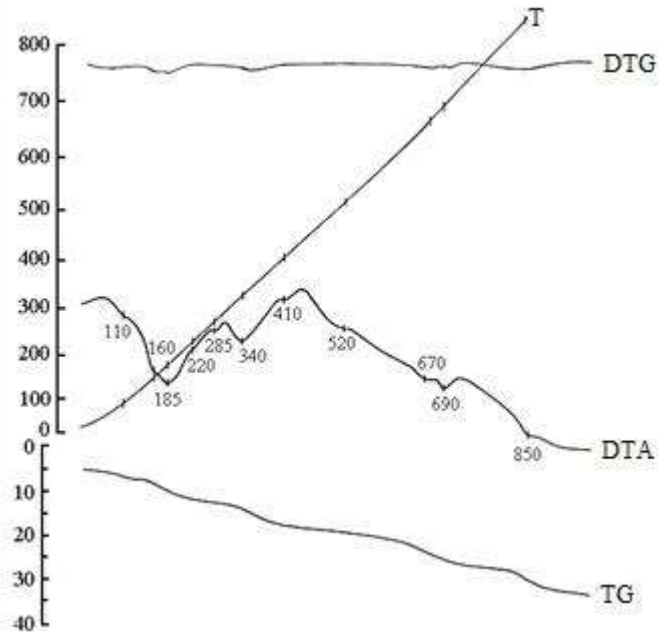
ISSN 3030-3907

2) kislotaning 20, 25, 35 va 45% P_2O_5 konsentratsiyalarida ham trikalsiyfosfat K_p qiymatini oshiradi, kislotaning boshqa (30 va 50% P_2O_5) konsentratsiyalarida birinchi tajribaga solishtirilganda kamayishi kuzatiladi. Kalsiyning suvli eritma shakliga ajralish darajasi 1-suspenziyaga nisbatan yuqori, ammo 2-suspenziyaga nisbatan kam bo‘ladi. Trikalsiyfosfatni FK-2 da parchalaganda (3-suspenziya), 1-suspenziyada ko‘rsatilgan moddalardan tashqari $Mg(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$ lar hosil bo‘ladi (3- va 4-rasmlar), ularning endoeffektlari quyidagi birikmalarning parchalanishiga muvofiq keladi [19, 20, 22]:

$$Mg(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O \xrightarrow[-2H_2O]{130^oC} Mg(H_2PO_4)_2 \xrightarrow[-H_2O]{240^oC} MgH_2P_2O_7 \xrightarrow[-H_2O]{480^oC} \rightarrow Mg(PO_3)_2 \quad (4)$$

$$MgHPO_4 \cdot 3H_2O \xrightarrow[-3H_2O]{110^oC} MgHPO_4 \xrightarrow{180^oC} Mg_2P_2O_7 \cdot H_2O \xrightarrow[-H_2O]{480^oC} \rightarrow Mg_2P_2O_7(аморф.) \xrightarrow{520–530^oC} Mg_2P_2O_7(кр.) \quad (5)$$

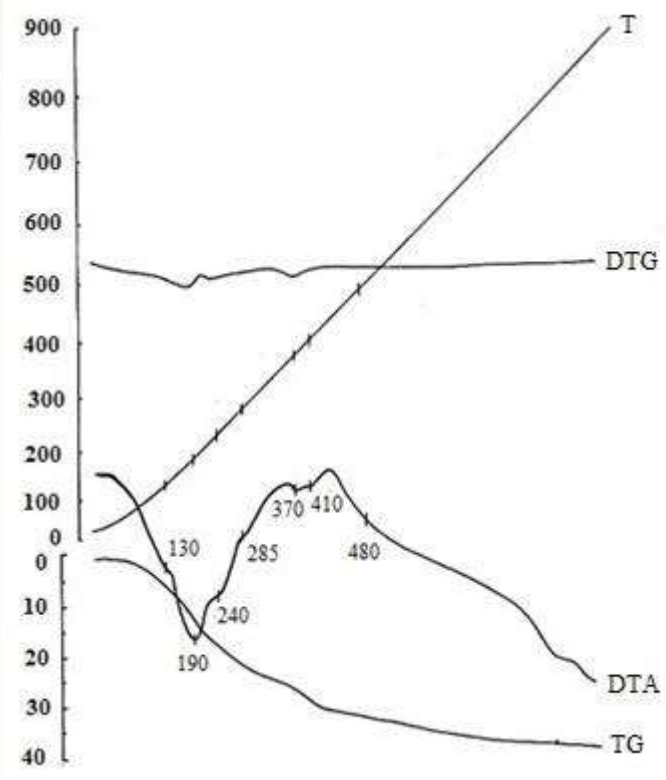
$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow[-1,5H_2O]{130^oC} CaSO_4 \cdot 0,5H_2O \xrightarrow[-0,5H_2O]{160^oC} CaSO_4 \xrightarrow[-SO_3]{670–1000^oC} CaO \quad (6)$$



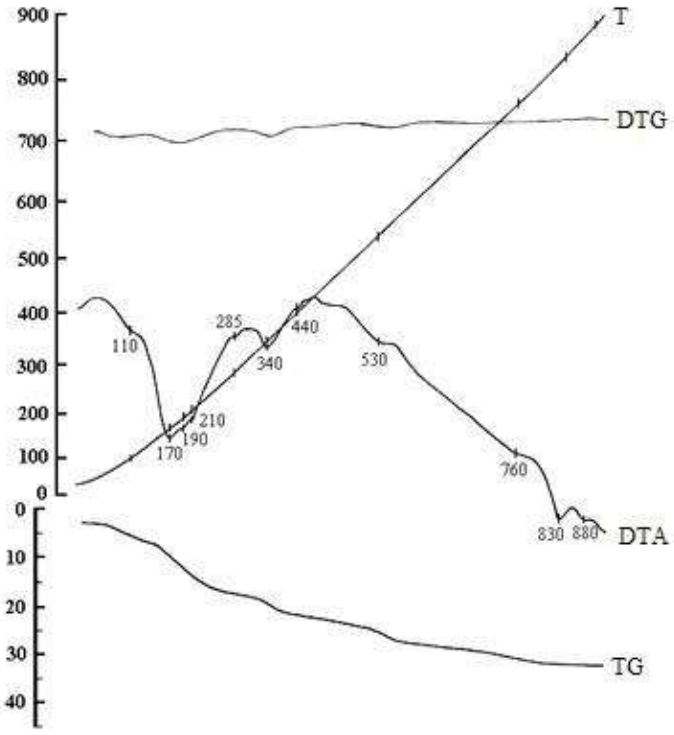
3-rasm. 3-suspenziya suvda erimaydigan qismi derivatogrammasi.

Bunda suvda erimaydigan qismi bo‘yicha massa yo‘qolishi (3-rasm) 110^OC da – 2%, 110-160^OC da – 3%, 150-200^OC da – 3%, 200-530^OC da – 8% va 600-1000^OC da – 15% ni tashkil qiladi; suvda eriydigan qismi bo‘yicha massa yo‘qolishi (4-rasm) 130^OC da – 5%, 130-300^OC da – 16% va 300-500^OC da – 12% ni tashkil etadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. 3-suspenziya suvda eriydigan qismi derivatogrammasi.

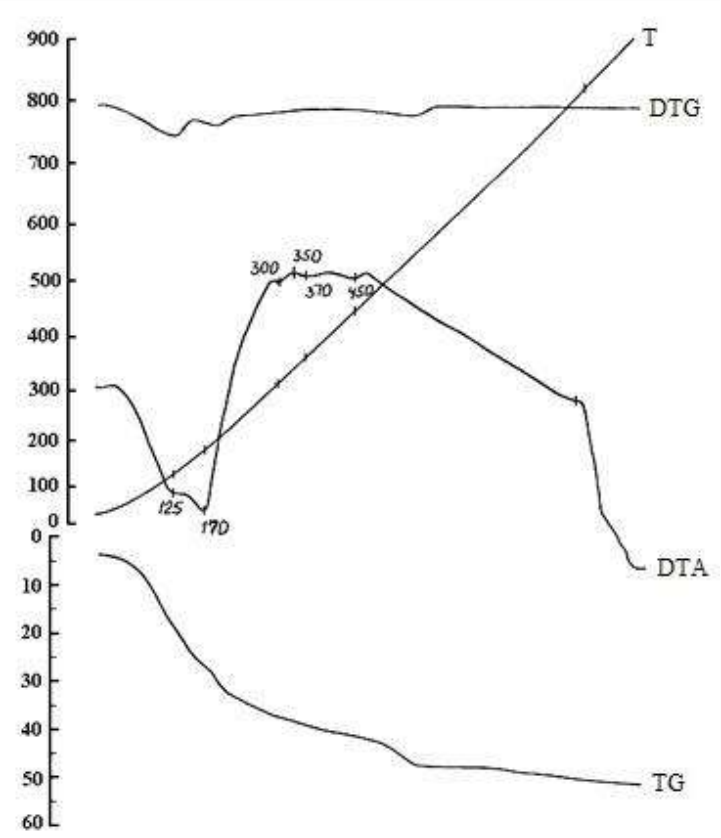


5-rasm. 4-suspenziya suvda erimaydigan qismi derivatogrammasi.

Trikalsiyfosfatni parchalash darajasining (K_p) eng yuqori qiymati uni konsentratsiyasi 20-45% P_2O_5, tarkibida magniy sulfat geptagidrat va ammoniy nitrat bo‘lgan FK-3 da parchalash jarayonida (4-suspenziya) namoyon bo‘ladi (5- va 6-rasmlar). Bunda trikalsiyfosfatni FK-3 da parchalash natijasida 3-suspenziyada ko‘rsatilgan birikmalardan tashqari yana NH_4NO_3 mavjud bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

125 va 170^{O}C haroratdagi endoeffektlar (6-rasm) ammoniy nitrat kristallaridagi strukturaning tetrogonaldan kubsimon shaklga o‘zgarishi va suyuqlanishi bo‘lishi mumkin; 300-350^{O}C haroratdagi endoeffektlar ammoniy nitratning azot oksidi va suvga parchalanishiga muvofiq keladi [22]. Bunda massa yo‘qolishi 3% ni tashkil qiladi.



6-rasm. 4-suspenziya suvda eriydigan qismi derivatogrammasi.

XULOSA. Trikalsiyfosfatni fosfat kislota bilan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ishtirokida parchalash jarayonida kalsiy sulfat digidrati, magniy mono- va difosfatlarining hosil bo‘lishi hisobiga magniy sulfat va kalsiy monofosfat o‘rtasida almashinish reaksiyasi sodir bo‘ladi, o‘z navbatida trikalsiyfosfatni fosfat kislota bilan uning yuqorida ko‘rsatilgan konsentratsiya intevalida ta’sirlashganda hosil bo‘ladigan kalsiy monofosfatning yangi ulushi va magniy sulfat o‘rtasida almashinish reaksiyasi sodir bo‘ladi. Ammoniy nitrat fosfat kislotaning o‘zini ham, tarkibida magniy sulfat bulgan fosfat kislotali eritmalarning ham kimyoviy faolligini oshiradi. Yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan omillar trikalsiyfosfatni fosfat kislotada parchalash darajasi oshishini ta’minlaydi.

ADABIYOTLAR

1. G‘afurov Q., Shamshidinov I. Mineral o‘g‘itlar va tuzlar texnologiyasi. – T.: Fan va texnologiya, 2007. – 352 b.
2. G‘afurov Q., Shamshidinov I. Mineral o‘g‘it ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – T.: Fan va texnologiya, 2010. – 360 b.

ISSN 3030-3907

3. Shamshidinov I.T. Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari (darslik). – T.: «Lesson press» MChJ nashriyoti, 2022. – 360 b.
4. Mirzakulov X.Ch., Shamshidinov I.T., To‘rayev Z. Murakkab o‘g‘itlar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – T.: Tafakkur bo‘stoni, 2013. – 216 b.
5. Mirzakulov X.Ch., Shamshidinov I.T., To‘rayev Z. Murakkab o‘g‘itlar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – T.: Iqtisod-moliya, 2013. – 260 b.
6. Shamshidinov I. Noorganik moddalar va mineral o‘g‘itlar texnologiyasi. – T.: Iqtisod-moliya, 2014. – 324 b.
7. Shamshidinov I. Noorganik moddalar va mineral o‘g‘itlar texnologiyasi. – T.: Ilm-ziyo, 2015. – 400 b.
8. Копылев Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. – Л.: Химия, 1981. – 224 с.
9. Romoving magnesium form phosphate rock – Sulphur. – 1972. – № 98. – P. 50: Новости научн. техн. и пат. лит. по мин. удобр. и серн. к-ты. – М.: НИУИФ, 1972. – №7. – С. 7.
10. Шпунт С.Я., Мостович Ф.Е. Изотерма при 25^{O}C четверной системы MgO-P_2O_5-H_2SiF_6-H_2O // Журн. прикл. химии. – 1957. – Т. 30. – № 3. – С.386.
11. Гафуров К., Меламед Л.И., Борухов И.А., Казакбаева Д.Т. К вопросу определения свойств магнийсодержащих растворов экстракционной фосфорной кислоты. – М., 1985. – Деп. в ВИНИТИ 13.03.1985. – № 1786.
12. Бектуров А.Б., Ержанова Р.М., Литвиненко В.И. Растворимость в системе H_3PO_4-$MgSO_4$-H_2O при 20, 40, 60 и 80^{O}C // Известия АН КазССР: Серия химическая. – 1968. – № 1. – С. 1-7.
13. Костылева Л.В., Баранович З.Н. Исследование растворимости в системе $MgSO_4$-H_2SO_4-H_3PO_4-H_2O при 60^{O}C // Сб. тр. ЛТИ: Технология минеральных удобрений. – 1978. – С. 29-33.
14. Меламед Л.И., Гафуров К., Иванов Р.Н. Исследование процесса упаривания ЭФК из фосфоритов Каратау // Опубл. 1976. – Деп. в ВИНИТИ. – № 117-76.
15. Меламед Л.И., Гафуров К., Иванов Р.Н. Исследование процесса упаривания ЭФК из фосфоритов Каратау // Опубл. 1976. – Деп. в ВИНИТИ. – № 118-76.
16. Гафуров К., Аширов А., Мухамадходжаев М.У. Концентрирование и обесфторивание магнийсодержащей экстракционной фосфорной кислоты с применением методов осветления и ионного обмена // Журн. хим. пром-сть. – 1983. – № 2. – С. 23-26.

ISSN 3030-3907

17. Гафуров К., Мухамадходжаев М.У., Убайдуллаев Ш.З., Киргизбаева Ш.К. Исследование процесса упарки ЭФК, полученной из фосфоритов Каратау // Опубл. 1977. – Деп. в ВИНИТИ 27.09.1977. – № 3791-77.
18. А.с. 939433 SU. Способ получения очищенных фосфатов аммония / Гафуров К. и др. (SU) / Опубл. Б.И. 1982. – 324. – С.123.
19. Шамшидинов И.Т. Разработка усовершенствованной технологии производства экстракционной фосфорной кислоты и получения концентрированных фосфорсодержащих удобрений из фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов. Дисс. на соискание ученой степени докт. техн. наук. – Ташкент, 2017. – 193 с.
20. Шамшидинов И.Т. Переработка фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов на экстракционную фосфорную кислоту и концентрированные фосфорсодержащие удобрения. – М.: Издательство Lambert Academic Publishing, 2021. – 225 с.
21. ГОСТ 20851.4-75 Удобрения минеральные. Методы определения воды. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 5 с.
22. Вишнякова А.А. Фосфорные удобрения из каратауских, гулиобских и других фосфоритов. – Ташкент: ФАН, 1973. – 236 с.

ISSN 3030-3907

DORIVOR O‘SIMLIKLARDAN OLINGAN EFIR MOYLARINING TIBBIYOTDAGI QO‘LLANILISHI – ANTISEPTIK, SEDATIV, YALLIG‘LANISHGA QARSHI TA’SIRI

Boymurodov Esan Suyunovich
Biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakulteti assistenti
Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada dorivor o‘simliklardan olinadigan efir moylarining kimyoviy tarkibi, biologik faol xususiyatlari hamda tibbiyotdagi qo‘llanilish yo‘nalishlari yoritilgan. Ayniqsa, efir moylarining antiseptik, sedativ va yallig‘lanishga qarshi ta’siri ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. Lavanda, yalpiz, moychechak, evkalipt va rayhon kabi dorivor o‘simliklardan olinadigan efir moylarining inson organizmiga fiziologik ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalari efir moylarining tabiiy davolovchi vosita sifatida zamonaviy tibbiyot va fitoterapiyada muhim o‘rin egallashini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: dorivor o‘simliklar, efir moylari, fitoterapiya, antiseptik ta’sir, sedativ xususiyat, yallig‘lanishga qarshi vositalar, biologik faol moddalar, aromaterapiya, flavonoidlar, terpenoidlar.

Аннотация. В данной статье рассмотрены химический состав эфирных масел, получаемых из лекарственных растений, их биологически активные свойства и основные направления применения в медицине. Особое внимание уделено анализу антисептического, седативного и противовоспалительного действия эфирных масел на основе научных источников. Изучено физиологическое воздействие на организм человека эфирных масел, получаемых из таких лекарственных растений, как лаванда, мята, ромашка, эвкалипт и базилик. Результаты исследования показали, что эфирные масла занимают важное место в современной медицине и фитотерапии в качестве природных лечебных средств.

Ключевые слова: Лекарственные растения, эфирные масла, фитотерапия, антисептическое действие, седативные свойства, противовоспалительные средства, биологически активные вещества, ароматерапия, флавоноиды, терпеноиды.

Abstract. This article discusses the chemical composition of essential oils obtained from medicinal plants, their biologically active properties, and their applications in medicine. Particular attention is paid to the antiseptic, sedative, and anti-inflammatory effects of essential oils based on scientific literature. The physiological effects of essential oils derived from medicinal plants such as lavender, peppermint, chamomile, eucalyptus, and basil on the human body were analyzed. The results of the study demonstrate that essential oils play an important role as natural therapeutic agents in modern medicine and phytotherapy.

ISSN 3030-3907

Keywords: medicinal plants, essential oils, phytotherapy, antiseptic effect, sedative properties, anti-inflammatory agents, biologically active compounds, aromatherapy, flavonoids, terpenoids.

KIRISH.

Bugungi kunda dunyo miqyosida sintetik dori vositalarining nojo‘ya ta’sirlari va antibiotiklarga chidamli mikroorganizmlar sonining ortib borishi tabiiy davolash vositalariga bo‘lgan qiziqishni kuchaytirmoqda. Shu sababli dorivor o‘simliklardan olinadigan efir moylarini chuqur o‘rganish va amaliyotga keng joriy etish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Efir moylari o‘zining yuqori biologik faolligi bilan ajralib turadi. Ular tarkibidagi terpenlar, fenollar, aldehidlar va boshqa faol komponentlar mikroblarga qarshi, tinchlantiruvchi hamda yallig‘lanishni kamaytiruvchi xususiyatlarga ega. Ayniqsa, aromaterapiya, dermatologiya, nevrologiya va respirator kasalliklarni davolashda efir moylaridan foydalanish samarali natijalar bermoqda.

Tabiiy mahsulotlarga bo‘lgan ehtiyojning ortishi hamda fitoterapiyaning rivojlanishi efir moylarini ilmiy asosda tadqiq etishning ahamiyatini yanada oshirmoqda.

TADQIQOT ISHLARI

Tadqiqot davomida efir moylariga boy dorivor o‘simliklarning biologik va farmakologik xususiyatlari o‘rganildi. Jumladan, lavanda (Lavandula angustifolia), evkalipt (Eucalyptus globulus), yalpiz (Mentha piperita), moychechak (Matricaria chamomilla) va rayhon (Ocimum basilicum) o‘simliklaridan olinadigan efir moylarining tarkibi va fiziologik ta’siri tahlil qilindi.

Ilmiy manbalarda ushbu moylarning bakteriyalar, zamburug‘lar va viruslarga qarshi faolligi qayd etilgan. Shuningdek, ularning markaziy nerv tizimiga ta’siri, stressni kamaytirishi va uyqu sifatini yaxshilashi bo‘yicha ma’lumotlar tahlil qilindi.

TADQIQOT USULLARI.

Tadqiqotda ilmiy-adabiy tahlil, qiyosiy baholash va farmakologik ma’lumotlarni umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Mahalliy va xorijiy ilmiy maqolalar, farmakognoziya adabiyotlari hamda fitoterapiya bo‘yicha ilmiy manbalar o‘rganildi.

Efir moylarining antiseptik ta’siri mikroorganizmlarga qarshi faolligi orqali, sedativ xususiyati esa nerv tizimiga ta’siri asosida baholandi. Yallig‘lanishga qarshi ta’siri biologik faol komponentlarning fiziologik mexanizmlari orqali tahlil qilindi.

TADQIQOT NATIJALARI.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, efir moylari keng biologik faollikka ega ekanligi aniqlandi. Evkalipt va yalpiz efir moylari kuchli antiseptik xususiyatga ega bo‘lib,

ISSN 3030-3907

nafas yo‘llari infeksiyalarida samarali vosita sifatida qo‘llanilishi kuzatildi. Ularning tarkibidagi mentol va evkaliptol mikroblarning rivojlanishini susaytirishi aniqlandi.

Lavanda efir moyining sedativ xususiyati markaziy nerv tizimini tinchlantirishi, stress va bezovtalikni kamaytirishi bilan izohlanadi. Aromaterapiyada lavanda moyining qo‘llanishi uyqu sifatini yaxshilashi va ruhiy zo‘riqishni kamaytirishi bilan ahamiyatlidir.

Moychechak va rayhon efir moylari esa yallig‘lanishga qarshi ta’sir ko‘rsatib, teri kasalliklari va shamollash holatlarida ijobiy natija bergani qayd etildi. Ularning tarkibidagi flavonoid va terpenoid moddalar yallig‘lanish mediatorlari faolligini kamaytirishga yordam beradi.

Natijalar efir moylarining farmatsevtika, kosmetologiya va klinik amaliyotda istiqbolli tabiiy vosita ekanligini ko‘rsatdi.

XULOSA.

Dorivor o‘simliklardan olinadigan efir moylari yuqori biologik faollikka ega tabiiy mahsulot hisoblanadi. Ular antiseptik, sedativ va yallig‘lanishga qarshi xususiyatlari tufayli tibbiyotning turli yo‘nalishlarida keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, respirator kasalliklar, stress holatlari va yallig‘lanish bilan kechuvchi kasalliklarni davolashda efir moylari samarali tabiiy vosita sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Kelgusida efir moylarining farmakologik xususiyatlarini yanada chuqurroq o‘rganish, yangi preparatlar yaratish va ularni klinik amaliyotga keng joriy etish muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi.

ADABIYOTLAR

1. Xasanov H.X. Biotexnologiya asoslari. – Toshkent: Fan, 2020.
2. Ergashev A., Yo‘ldoshev O. O‘simliklar biotexnologiyasi. – Toshkent, 2021.
3. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. – Physiologia Plantarum, 1962.
4. George E.F., Hall M.A., De Klerk G.J. Plant Propagation by Tissue Culture. – Springer, 2008.
5. Fayziyev V.B. Dorivor o‘simliklar biotexnologiyasi. – Samarqand, 2019.
6. Gamborg O.L. Plant Tissue Culture Biotechnology. – New York, 2013.
7. Abdullayev A.A. Farmakognoziya va dorivor o‘simliklar. – Toshkent, 2022.
8. Qodirov, N. D., Qo‘Yliyeva, M. U., & Boymurodov, E. S. (2021). Dorilar haqida tushuncha, farmakalogik xossalari, saqlash uchun sharoit yaratish usullari. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 1(8), 580-586.
9. Meliqulov, O. J., Kodirov, N. D., & Baymuradov, E. S. (2022). 4–xlor-5, 6-dimetiltieno [2, 3 d] pirimidinning to‘yingan geterosiklik birikmalar bilan

ISSN 3030-3907

reaksiyasi. Ta’lim fidoyilari, 18(5), 285 288. 390 | P a g e Volume 3, Issue 2, February 2025 ISSN (E): 2938-3765
10. Meliqulov, O. J., & Baymuradov, E. S. (2022). 2h-4-gidrazinil5, 6-dimetil tieno [2, 3-d] pirimidinning aromatik aldegidlar bilan reaksiyasi. Экономика и социум, (3-2 (94)), 198-202.
11. Боймурадов, Э. С., & Койлиева, М. У. (2022). Фитотерапия при лечении сахарного диабета. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2(Special Issue 4-2).
12. Баймурадов, Э. С., & Олимов, С. М. (2022). Таркибида эфир мойлари булган доривор усимликлар ва маҳсулотлар. Science and Education, 3(11), 96-105.
13. Боймуродов, Э. С. (2023). ТУТ БЕЛЫЙ, ШЕЛКОВИЦА (ТУТ)–MORUS ALBA L. Образование наука и инновационные идеи в мире, 15(2), 76-80.
14. Meliqulov, O. J., & Baymuradov, E. S. (2022). Vitamin b12 ning olinishi va uning ahamiyati. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2(8), 324-327. 16.Халимбетов, Ю. М., Юлдашев, С. Ж., & Жалилова, Д. М. (2022). Экологическое воспитание в системе духовно-нравственного воспитания. In Биотехнология и биомедицинская инженерия (pp. 236-239).
15. Jalilova, D. M., & Burkhanova, D. S. (2022). Learning to Write Prescriptions for Soft Drug Forms. Eurasian Medical Research Periodical, 13, 34-37.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROVERBS AND SAYINGS IN ENGLISH AND RUSSIAN LANGUAGES

Musaeva Malika Ulug‘bekovna
Samarkand state Institute of Foreign languages Trainee-teacher at the department of innovation technologies and methodology
E-mail: malikamusaeva0075@gmail.com

Abstract. Article presents a comparative analysis of proverbs and sayings in English and Russian languages, exploring their cultural significance, thematic similarities and differences, and linguistic characteristics. Proverbs serve as a reflection of the values, beliefs, and experiences of a society, and this study aims to uncover how these elements manifest in both English and Russian proverbs. By examining various categories such as wisdom, morality, nature, and human relationships, the article highlights the shared human experiences that transcend cultural boundaries while also emphasizing the unique aspects that define each language's worldview. The analysis incorporates examples of proverbs from both languages, providing insights into how language shapes thought and cultural identity. This research contributes to the understanding of cross-cultural communication and the role of proverbs in preserving cultural heritage.

Keywords: Proverbs, Sayings, Comparative analysis, English language, Russian language, Cultural significance, Thematic similarities, Linguistic characteristics

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ пословиц и поговорок английского и русского языков, рассматриваются их культурное значение, тематические сходства и различия, а также языковые особенности. Пословицы являются отражением ценностей, убеждений и жизненного опыта общества, и данное исследование направлено на выявление того, каким образом эти элементы проявляются в английских и русских пословицах. На основе анализа различных тематических групп, таких как мудрость, нравственность, природа и человеческие взаимоотношения, в статье показаны как общечеловеческие ценности, выходящие за пределы культурных границ, так и уникальные особенности, формирующие мировоззрение каждого народа. Анализ включает примеры пословиц обоих языков и позволяет глубже понять влияние языка на мышление и культурную идентичность. Исследование способствует лучшему пониманию межкультурной коммуникации и роли пословиц в сохранении культурного наследия.

Ключевые слова: пословицы, поговорки, сравнительный анализ, английский язык, русский язык, культурное значение, тематические сходства, языковые особенности.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Mazkur maqolada ingliz va rus tillaridagi maqol hamda matallarning qiyosiy tahlili keltirilgan bo‘lib, ularning madaniy ahamiyati, mavzuviy o‘xshashlik va farqlari hamda lingvistik xususiyatlari o‘rganiladi. Maqollar jamiyatning qadriyatlari, e’tiqodlari va hayotiy tajribalarining aksidir. Ushbu tadqiqot ingliz va rus maqollarida ushbu omillarning qanday namoyon bo‘lishini aniqlashga qaratilgan. Donolik, axloq, tabiat va insoniy munosabatlar kabi turli mavzular asosida olib borilgan tahlil madaniy chegaralardan tashqariga chiqadigan umumiy insoniy tajribalarni hamda har bir tilning dunyoqarashini belgilovchi o‘ziga xos jihatlarni yoritib beradi. Tahlilda har ikkala tildan olingan maqollar misol sifatida keltirilib, tilning tafakkur va madaniy o‘zlikka ta’siri haqida muhim xulosalar chiqariladi. Tadqiqot madaniyatlararo muloqotni tushunish hamda maqollarning madaniy merosni saqlashdagi o‘rnini anglashga hissa qo‘shadi.

Kalit so‘zlar: maqollar, matallar, qiyosiy tahlil, ingliz tili, rus tili, madaniy ahamiyat, mavzuviy o‘xshashliklar, lingvistik xususiyatlar.

INTRODUCTION.

Proverbs and sayings are integral components of any language, serving as vessels of cultural wisdom, values, and shared experiences. They encapsulate the collective knowledge of a society, often reflecting its historical context, social norms, and moral principles. This comparative analysis focuses on proverbs and sayings in English and Russian languages, exploring their similarities, differences, and the cultural significances embedded within them. Understanding these linguistic expressions provides valuable insights into how different cultures perceive the world, human relationships, and ethical conduct.

The English language, with its rich literary heritage and diverse influences, boasts a plethora of proverbs that often emphasize individualism, pragmatism, and a can-do spirit. Common English proverbs such as "Actions speak louder than words" or "The early bird catches the worm" reflect a culture that values initiative, hard work, and personal responsibility. These sayings not only convey practical wisdom but also reinforce societal values that prioritize self-reliance and proactive behavior. In contrast, Russian proverbs often highlight communal values, resilience, and a deep connection to nature. Sayings such as "Measure twice, cut once" (Семь раз отмерь, один раз отрежь) or "A friend in need is a friend indeed" (Друг познаётся в беде) underscore the importance of careful planning and the significance of loyalty in relationships. Russian proverbs frequently draw on themes of endurance and collective experience, reflecting a cultural narrative shaped by historical challenges and communal solidarity. Despite the apparent differences in thematic focus, both English and Russian proverbs reveal universal human experiences and insights. For instance, the proverb "Better late than never" in English resonates with the Russian saying "Лучше поздно, чем никогда,"

ISSN 3030-3907

illustrating a shared understanding of the value of perseverance and the acceptance of life's imperfections. Such parallels suggest that while cultural contexts may vary, the fundamental human conditions they address remain strikingly similar across languages.

The study of proverbs also reveals the linguistic characteristics unique to each language. English proverbs often employ metaphors derived from everyday life, drawing on imagery that is easily relatable to speakers. In contrast, Russian proverbs frequently utilize vivid imagery from nature, folklore, and historical events, which reflect the deep-rooted traditions and environmental influences of Russian culture. This linguistic diversity not only enriches each language but also enhances our understanding of how language shapes thought and cultural identity. Furthermore, examining proverbs within their cultural contexts allows for a deeper appreciation of how they function in communication. Proverbs serve not only as tools for imparting wisdom but also as means of social bonding and cultural transmission. They are often used in conversations to reinforce points, provide guidance, or express shared values. In both English and Russian societies, these sayings play a crucial role in education, socialization, and the preservation of cultural heritage. In conclusion, this comparative analysis of proverbs and sayings in English and Russian languages aims to illuminate the intricate relationship between language, culture, and human experience. By exploring thematic similarities and differences alongside linguistic characteristics, we can better understand how these expressions of wisdom reflect the values and beliefs that define each culture. Ultimately, this study contributes to the broader discourse on cross-cultural communication and highlights the enduring power of proverbs as a bridge between diverse worldviews.

ANALYSIS OF LITERATURE ON THE TOPIC.

A comparative analysis of proverbs and sayings in English and Russian languages has attracted the attention of several scholars and linguists over the years. These researchers have explored the cultural, linguistic, and philosophical dimensions of proverbs, revealing insights into how language reflects societal values and worldviews. One prominent figure in this field is **Vladimir Propp**, a Russian folklorist known for his work on folklore and narrative structure. Although primarily focused on fairy tales, Propp's analyses laid the groundwork for understanding the significance of proverbs within Russian culture. His ideas about the functions of folklore can be applied to proverbs, highlighting how they serve as cultural artifacts that convey moral lessons and social norms. Another key scholar is **Anna Wierzbicka**, a linguist who has contributed significantly to the study of cross-cultural semantics. In her book "Understanding Cultures through Their Key Words," Wierzbicka examines how proverbs encapsulate cultural values and

ISSN 3030-3907

cognitive frameworks. Her work emphasizes that proverbs are not just linguistic expressions but also reflections of the underlying cultural ethos, making her research relevant for comparing English and Russian sayings. **Robert A. Heinlein**, an American author, has also touched upon the importance of proverbs in his literary works. While not a traditional academic, Heinlein's narratives often incorporate proverbs that reflect American individualism and pragmatism. His informal explorations of proverbs can be insightful when juxtaposed with Russian sayings, which often emphasize collectivism and community values. **Georgy S. Kolesov**, a linguist specializing in Russian language studies, has conducted extensive research on the semantics and pragmatics of Russian proverbs. Kolesov's work highlights the unique features of Russian sayings, emphasizing their role in shaping social interactions and moral guidance. His comparative studies often draw parallels between Russian and English proverbs, providing a framework for understanding how different cultures articulate similar life lessons. Additionally, **Mikhail Bakhtin**, a philosopher and literary critic, has explored the dialogic nature of language, including proverbs. His theories on heteroglossia can be applied to the study of proverbs, illustrating how they function within various sociolects and communities. Bakhtin's insights can help contextualize both English and Russian proverbs within broader cultural dialogues. In summary, scholars such as Vladimir Propp, Anna Wierzbicka, Robert A Heinlein, Georgy S. Kolesov, and Mikhail Bakhtin have made significant contributions to the comparative analysis of proverbs and sayings in English and Russian languages. Their research highlights the cultural significance of these expressions, revealing how they serve as mirrors reflecting societal values, beliefs, and shared human experiences across different linguistic landscapes. Through their work, we gain a deeper understanding of the intricate relationship between language, culture, and human behavior.

METHODOLOGY.

The comparative analysis of proverbs and sayings in English and Russian languages necessitates a systematic and multifaceted research methodology. This methodology is designed to ensure a comprehensive understanding of the cultural, linguistic, and philosophical dimensions of these expressions. The following outlines the key components of the research methodology employed in this study. The first step involves an extensive literature review to establish a theoretical framework. This includes examining existing studies on proverbs, their definitions, functions, and cultural significance in both English and Russian contexts. Academic journals, books, and articles focusing on linguistics, cultural studies, and folklore will be analyzed to gather relevant insights and identify gaps in the current research. Data collection will focus on compiling a corpus of proverbs and sayings from both languages. This will involve sourcing proverbs from reputable

ISSN 3030-3907

dictionaries, anthologies, and online databases. To ensure diversity, proverbs will be selected based on various themes such as wisdom, morality, and social relationships. Additionally, native speakers of both languages will be consulted to provide context and usage examples for selected proverbs. A qualitative analysis will be conducted to explore the meanings, implications, and cultural nuances of the selected proverbs. This analysis will involve categorizing proverbs into thematic groups based on their moral lessons, values, and societal reflections. Comparative techniques will be employed to highlight similarities and differences between English and Russian proverbs. Attention will be given to linguistic features such as structure, imagery, and metaphorical language. Understanding the historical and cultural contexts in which these proverbs emerged is crucial for a deeper analysis. This will include examining the socio-political history of English-speaking and Russian-speaking countries, as well as how these contexts influence the content and usage of proverbs. Ethnographic methods may be employed through interviews or surveys with speakers of both languages to gather personal interpretations and experiences related to specific proverbs.

While the primary focus is qualitative, a quantitative analysis may also be conducted to identify patterns in proverb usage. This could involve statistical analysis of the frequency of certain themes or values across the collected data set. Such analysis can provide insights into prevalent cultural attitudes represented in proverbs. Finally, the findings from both qualitative and quantitative analyses will be synthesized to draw conclusions about the comparative aspects of proverbs in English and Russian languages. This synthesis will aim to elucidate how these expressions reflect broader cultural values and worldviews. This research methodology provides a structured approach to exploring the rich tapestry of proverbs in English and Russian languages. By combining literature review, data collection, qualitative and quantitative analysis, contextual examination, and synthesis, the study aims to contribute valuable insights into the linguistic and cultural significance of proverbs in both traditions. Through this comprehensive analysis, we can better understand how language shapes thought and reflects cultural identity.

RESULTS AND DISCUSSION.

Proverbs and sayings serve as essential components of both English and Russian languages, encapsulating cultural wisdom, moral lessons, and societal values. A comparative analysis of these expressions reveals significant similarities and differences that reflect the unique worldviews of each culture. Proverbs often arise from the historical and social contexts of a language. In English, sayings such as "A stitch in time saves nine" emphasize the value of proactivity and efficiency. This reflects a cultural inclination towards individualism and self-reliance, where

ISSN 3030-3907

personal responsibility is paramount. In contrast, Russian proverbs like "Не имей сто рублей, а имей сто друзей" (Don't have a hundred rubles, but have a hundred friends) highlight the importance of community and relationships. This illustrates a collectivist mindset, where social connections are deemed more valuable than material wealth.

The philosophical foundations of proverbs also differ between the two languages. English proverbs often convey pragmatic wisdom, focusing on practical solutions to everyday problems. For instance, "When in Rome, do as the Romans do" underscores adaptability and cultural sensitivity. Conversely, Russian proverbs frequently incorporate elements of fatalism and resilience. The saying "На безрыбье и рак рыба" (In the absence of fish, even a crayfish is a fish) suggests an acceptance of circumstances and finding value in what one has, reflecting a more stoic approach to life. Linguistically, proverbs in both languages exhibit distinct structural features. English proverbs tend to be concise and direct, often employing alliteration or rhyme for memorability. For example, "Actions speak louder than words" uses a rhythmic quality that enhances its impact. Russian proverbs, on the other hand, can be more elaborate and metaphorical. The saying "Слово не воробей, вылетит — не поймаешь" (A word is not a sparrow; once it flies out, you can't catch it) employs vivid imagery to convey the idea that words, once spoken, cannot be taken back.

Both English and Russian proverbs impart moral lessons, yet they do so in ways that reflect differing cultural priorities. English proverbs often promote values such as honesty, hard work, and independence. For instance, "Honesty is the best policy" emphasizes integrity as a cornerstone of character. In contrast, Russian proverbs frequently stress the importance of humility and caution. The saying "Тише едешь — дальше будешь" (The quieter you go, the further you'll get) advises against rashness and highlights the virtue of patience. In conclusion, the comparative analysis of proverbs and sayings in English and Russian reveals profound insights into the respective cultures. While both languages utilize proverbs to convey wisdom and moral teachings, their content and structure reflect differing societal values and worldviews. English proverbs often emphasize individualism, pragmatism, and directness, whereas Russian proverbs highlight collectivism, resilience, and metaphorical richness. Understanding these differences enhances our appreciation for the intricate relationship between language and culture, illustrating how proverbs serve as vital tools for communication and cultural identity in both linguistic traditions. As we explore these expressions further, we gain valuable perspectives on human behavior and societal norms across diverse contexts.

CONCLUSION.

ISSN 3030-3907

The comparative analysis of English and Russian proverbs and sayings reveals a fascinating intersection between universal human experience and culturally specific wisdom. While both languages share a core of paremiological units reflecting fundamental moral, social, and existential truths, they differ significantly in their imagery, metaphorical framing, and linguistic structure. English proverbs often prioritize directness and pragmatic utility, whereas Russian counterparts frequently lean toward elaborate imagery and poetic rhythm. These differences highlight how historical contexts, folklore, and national values shape the way each culture encodes its collective experience. Ultimately, comparing these idioms enriches our understanding of linguistic diversity and deepens the appreciation of cross-cultural communication.

REFERENCES

1. Arsenteva, E. F. (1999). *Comparative Analysis of Phraseological Units: A Semantic and Structural Approach*. Kazan: Kazan State University Press. (pp. 55–82).
2. Hasanova S. THE ROLE OF GRAMMATICAL CATEGORIES IN COMPARATIVE ANALYSIS //International Conference on Science, Education & Law. – 2025. – Т. 1. – №. 3 part 2. – С. NJ 205-208.
3. Karbozova, G., & Ochilova, M. (2026). PRAGMATIC COMPETENCE IN TEACHER–STUDENT POWER RELATIONS //*TRANSFORMING EDUCATION THROUGH SCIENTIFIC DISCOVERY*. - 2026. P. 15-19.
4. Ochilova M.D. Lost words: extinction and endangerment of minority languages in the globalization process // Science and innovation. – 2024. – Vol. 3, Special Issue 19. – P. 107–109.
5. Qizi H. S. H., Tulenovna A. C. A SYNTAGMATIC AND PARADIGMATIC ANALYSIS OF VERBLESS AND INCOMPLETE (ELLIPTICAL) SENTENCES //Инновационные методики в обучении иностранным языкам: глобальные тенденции и опыт университетов шёлкового пути. – 2026. – Т. 1. – С. 588-591.
6. Qizi U. G. A., Qizi H. S. H. COMPARATIVE ANALYSIS OF TRADITIONAL AND INNOVATIVE APPROACHES IN LANGUAGE TEACHING //Инновационные методики в обучении иностранным языкам: глобальные тенденции и опыт университетов шёлкового пути. – 2026. – Т. 1. – С. 1100-1104.
7. Qizi X. Q. G, Qizi H. S. H. LANGUAGE TEACHING APPROACHES: HISTORICAL AND TRADITIONAL PERSPECTIVES //Инновационные методики в обучении иностранным языкам: глобальные тенденции и опыт университетов шёлкового пути. – 2026. – Т. 1. – С. 805-809.

ISSN 3030-3907

8. Colwell, M. J., & Lindsey, E. W. (2005). Preschool children's pretend and physical play and sex of play partner: Connections to peer competence. Sex Roles, 52, 497–509
9. Colwell, M. J., & Lindsey, E. W. (2005). Preschool children's pretend and physical play and sex of play partner: Connections to peer competence. Sex Roles, 52, 497–509

YENGIL AVTOMOBIL DVIGATELINING KARBYURATOR TA'MINLASH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH

Abdulxamitov Ibroximjon Muxammadolim o'g'li
Andijon davlat texnika instituti talabasi
E-mail: Ibrohim4289@gmail.com
Voxobov Rustamjon Abdumannob o'g'li
Andijon davlat texnika instituti katta o'qituvchisi
E-mail: r_voxobov@astiedu.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada yengil avtomobil dvigatelining karbyurator yoqilg'i ta'minlash tizimini takomillashtirish bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari bayon etilgan. Zamonaviy talab va ekologik me'yorlar asosida karbyuratorning asosiy kamchiliklari tahlil qilingan, havo-yoqilg'i aralashmasi sifatini yaxshilashga qaratilgan konstruktiv yechimlar taklif etilgan. Taklif etilgan yechimlarning samaradorligi kompyuter modellashtirish va laboratoriya sinovlari orqali tasdiqlangan.

Kalit so'zlar: karbyurator, yoqilg'i ta'minlash tizimi, havo-yoqilg'i aralashmasi, diffuzor, yoqilg'i sarfi, chiqindi gazlar, takomillashtirish, dizel muqobili, ekologik ko'rsatkich.

Аннотация. В данной статье изложены результаты исследования по совершенствованию карбюраторной системы питания двигателя легкового автомобиля. На основе современных требований и экологических нормативов проанализированы основные недостатки карбюратора и предложены конструктивные решения для улучшения качества топливно-воздушной смеси. Эффективность предложенных решений подтверждена методами компьютерного моделирования и лабораторными испытаниями.

Ключевые слова: карбюратор, система питания топливом, топливно-воздушная смесь, диффузор, расход топлива, отработавшие газы, совершенствование, экологический показатель.

Annotation. This article presents the results of a study on improving the carburetor fuel supply system of a passenger car engine. Based on modern requirements and environmental standards, the main shortcomings of the carburetor are analyzed, and constructive solutions aimed at improving the quality of the air-fuel mixture are proposed. The effectiveness of the proposed solutions is confirmed by computer simulation and laboratory tests.

Keywords: carburetor, fuel supply system, air-fuel mixture, diffuser, fuel consumption, exhaust gases, improvement, environmental indicator.

KIRISH.

Hozirgi vaqtda avtomobil sanoatida yoqilg'i ta'minlash tizimlariga qo'yiladigan talablar tobora ortib bormoqda. Ekologik me'yorlarning

ISSN 3030-3907

qattiqlashishi, yoqilg‘i tejamkorligini oshirish zarurati va dvigatel quvvatini ko‘paytirish talablari muhandislarni mavjud tizimlarni doimiy ravishda takomillashtirishga undamoqda. O‘zbekiston Respublikasida ham avtomobil parkining yangilanishi, mahalliy ishlab chiqarish va texnik xizmat ko‘rsatish sohalaridagi islohotlar doirasida yoqilg‘i ta'minlash tizimlarini optimallashtirish masalasi alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Karbyurator yoqilg‘i ta'minlash tizimi — bu dvigatelga kiritilayotgan havo-yoqilg‘i aralashmasi nisbatini mexanik yo‘l bilan tartibga soluvchi qurilma. Garchi zamonaviy injektorli tizimlar keng tarqalgan bo‘lsa-da, karbyurator tizimli dvigatellar hamon keng foydalanilmoqda: qishloq xo‘jaligi texnikasida, yengil avtomobillarda, shuningdek texnik xizmat ko‘rsatish imkoniyatlari cheklangan hududlarda foydalaniladigan transport vositalarida bu tizim o‘z ahamiyatini yo‘qotmagan.

Karbyuratorning asosiy muammolari quyidagilardan iborat: sovuq havoda yoqilg‘ining to‘liq bug‘lanmasligi, aralashma tarkibining dvigatelning turli ish rejimlarida o‘zgarishi, shuningdek tizimning tashqi harorat va bosimga nisbatan sezgirligi. Ushbu muammolarni bartaraf etish maqsadida diffuzor geometriyasini optimallash, yoqilg‘i atomizatsiyasini yaxshilash va avtomatik boyitish-yupqalashtirish mexanizmini takomillashtirish kabi konstruktiv yechimlar taklif etilmoqda.

Ushbu tadqiqotda DAMAS avtomobilidagi LDH11V tipidagi karbyurator asosida olib borilgan tahlil va tajribalar natijalariga asoslangan yechimlar bayon etilgan. Kompyuter modellashtirish (CFD tahlili) va laboratoriya sinovlarini birlashtirgan metodologiya qo‘llanilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Karbyurator yoqilg‘i ta'minlash tizimini takomillashtirish bo‘yicha xorij va mahalliy olimlarning bir qator tadqiqotlari mavjud. Heywood J.B. o‘zining fundamental asarida ichki yonuv dvigatellarining havo-yoqilg‘i aralashmasi shakllanishiga oid nazariy asoslarni batafsil yoritgan va bu jarayonning dvigatel FIK (foydali ish koeffitsienti) ga ta’sirini miqdoriy jihatdan baholagan [1].

Pulkrabek W.W. tomonidan yoqilg‘i purkash va atomizatsiya jarayonlarining karbyurator diffuzoridagi gidrodinamik hodisalar bilan bog‘liqligi o‘rganilgan. Tadqiqotda diffuzor kesim yuzasini 15-20% qisqartirish natijasida havo tezligining 12-18% ga oshishi va yoqilg‘i dispersiyasining yaxshilanishi aniqlangan [2].

Zhao F. va hammualliflar benzinli dvigatellarning aralashma hosil qilish jarayonlarini CFD (Computational Fluid Dynamics — hisoblash gidrodinamikasi) usuli yordamida modellashtirish imkoniyatlarini ko‘rsatib bergan. Ular ANSYS

ISSN 3030-3907

Fluent dasturi yordamida karbyurator ichidagi oqim tuzilishini vizuallashtirish va optimal geometrik parametrlarni aniqlash metodologiyasini ishlab chiqqan [3].

Mahalliy tadqiqotlar ichida yetuk olimlar tomonidan olib borilgan ishlarni alohida ta'kidlash lozim. Fayzullayev E.Z tomonidan karbyurator tizimining ishlash xususiyatlari o'rganilgan va mahalliy sharoitga moslashtirilgan texnik yechimlar taklif etilgan [4].

S.R. Turnsning asarida yonish jarayonlarining nazariy asoslari, yoqilg'i-havo aralashmasining hosil bo'lishi, alangalanish va issiqlik ajralishi jarayonlari yoritilgan [5]. Ushbu manba ichki yonuv dvigatellarida yonish samaradorligini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega.

S. Blakey, L. Rye va C.W. Wilson maqolasida muqobil yoqilg'ilarning yonish xususiyatlari, ekologik afzalliklari va amaliy qo'llanish imkoniyatlari tahlil qilingan [6]. Mazkur adabiyot yoqilg'i sarfini kamaytirish va zararli chiqindilarni pasaytirish masalalarini asoslashda foydalidir.

R. Stonening kitobida ichki yonuv dvigatellarining tuzilishi, ishlash prinsipi, yonish jarayoni, yoqilg'i sarfi va ekologik ko'rsatkichlari bayon etilgan [7]. Ushbu manba diplom loyihasining texnik tahlil qismini asoslashga xizmat qiladi.

GOST R 52033–2003 standartida benzin dvigatelli avtomobillardan chiqadigan zararli moddalarni aniqlash va baholash tartibi belgilangan [8].

J.D. Halderman va J. Linderning ushbu kitobida avtomobillarning yoqilg'i ta'minlash tizimi, aralashma hosil qilish jarayoni, chiqindi gazlar tarkibi va diagnostika usullari yoritilgan [9].

Yuqoridagi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, karbyurator tizimini takomillashtirishda CFD modellashtirish, geometrik optimallash va avtomat boshqaruv elementlarini qo'shish samarali natijalar beradi. Biroq mahalliy iqlim va yoqilg'i sifatiga oid tadqiqotlar hali ham yetarli emas, bu esa mazkur tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot obyekti sifatida DAMAS avtomobilidagi LDH11V karbyuratori tanlandi. Ushbu karbyurator ikki kamerali bo'lib, O'zbekistonda keng tarqalgan va texnik xizmat ko'rsatish amaliyotida ko'p uchraydigan model hisoblanadi. Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

–mavjud karbyuratorning konstruktiv-funksional tahlili;
–havo-yoqilg'i aralashmasi shakllanish jarayonini matematiklashtirish;
–NX NASTRAN dasturida 3D gidrodinamik modellash (CFD tahlili);
–takomillashtirilgan konstruksiyaning laboratoriya sinovlari;
–natijalarni taqqoslash va xulosa chiqarish.

ISSN 3030-3907

Analitik hisoblash uchun bernulli tenglamasi va oqim sarfi formulalaridan foydalanildi. Havo-yoqilg‘i aralashmasi nisbati (α — ortiqcha havo koeffitsienti) quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\alpha = Lhaq / Lst \quad (1)$$

bu yerda: Lhaq — haqiqiy havo sarfi (kg/s); Lst — stexiometrik havo sarfi (kg/s). Benzin uchun Lst ≈ 14,7 kg havo / 1 kg yoqilg‘i.

Diffuzor o‘tkazuvchanligini aniqlashda Venturi tenglamasi qo‘llanildi:

$$Q = \mu \cdot A_2 \cdot \sqrt{(2 \cdot \Delta P / \rho)} \quad (2)$$

bu yerda: Q — hajmiy oqim sarfi (m^3/s); μ — oqim koeffitsienti (0,80–0,95); A_2 — tor kesim yuzasi (m^2); ΔP — bosimlar farqi (Pa); ρ — havo zichligi (kg/m^3).

Yoqilg‘i atomizatsiyasi sifatini baholashda zarracha diametri mezon sifatida olindi. Sauter o‘rtacha diametri (SMD) quyidagi bog‘liqlik orqali aniqlanadi:

$$SMD = C_1 \cdot (\sigma/\rho \cdot v^2)^{0.5} \cdot (1 + C_2 \cdot (\mu L/\mu G)^{0.45}) \quad (3)$$

bu yerda: σ — sirt tarangligi (N/m); ρ — havo zichligi; v — nisbiy tezlik (m/s); μL va μG — suyuqlik va gaz dinamik qovushqoqligi.

1-rasmdagi kinematik sxemada karbyuratorning asosiy tugunlari va oqim yo‘nalishlari ko‘rsatilgan.



1-rasm. LDH11V karbyuratorining ko‘rinishi[3]

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Asl LDH11V karbyuratorining ishlash tahlili quyidagi asosiy kamchiliklarni aniqladi. Birinchidan, kichik diffuzor diametrida (d = 23 mm) aralashma sifati qoniqarsiz: α koeffitsienti ish rejimlariga qarab 0,75 dan 1,35 gacha keng diapazonida o‘zgaradi, bu esa dvigatelning barqaror ishlamasligiga olib keladi. Ikkinchidan, yoqilg‘i atomizatsiyasining past sifati: SMD = 85–120 μm oraliqda kuzatilgan, holbuki optimal qiymat 40–60 μm hisoblanadi. Uchinchidan, sovuq

[3] https://www.vehiclespare-parts.com/sale-13414382-aluminum-daewoo-damas-engine-carburetor-94591539.html

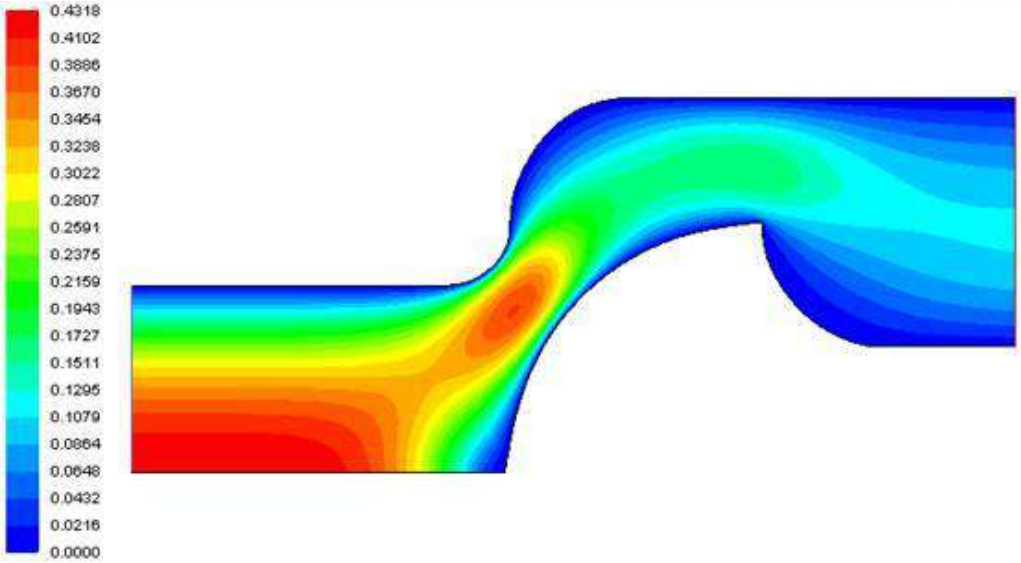
ISSN 3030-3907

holda yurgazish rejimida (harorat –10°C dan past) yoqilg‘i bug‘lanishi yetarli emasligi sababli aralashma boyib ketib, CO chiqindisi 3,8–4,2% gacha oshadi.

CFD tahlili natijalari.

NX NASTRAN muhitida olib borilgan CFD tahlili natijasida karbyurator ichidagi oqim tuzilishi aniqlandi. Diffuzor bo‘g‘zidagi havo tezligi 68 m/s ga yetishi va shu nuqtada bosim Bernulli tenglamasiga ko‘ra 2,3 kPa ga kamayishi aniqlandi. Asl konstruksiyadagi asosiy muammo — diffuzor kesimida oqimning to‘g‘ri yo‘naltirilmasligi (turbulent zonalar) ekanligini CFD vizualizatsiyasi ko‘rsatdi.

Taklif etilgan birinchi yechim — diffuzor kirish qismining profilini o‘zgartirish. Kirish qismiga konus burchagi 12° (asl 18° o‘rniga) qilingan yo‘naltiruvchi voronka o‘rnatish natijasida oqim turbulentligi 34% ga kamaydi va diffuzor bo‘g‘zidagi tezlik taqsimoti bir tekis bo‘ldi (2-rasm). Natijada α koeffitsientining diapazon kengligi 0,88–1,12 ga toraytirildi.



2-rasm. Takomillashtirilgan karbyuratorda oqim tezligi taqsimoti[4]

Ikkinchi yechim — yoqilg‘i atomizatsiya teshiklarini ko‘paytirish. Asosiy jihozni o‘zgartirmagan holda yoqilg‘i purkash teshiklari soni 1 tadan 3 taga oshirildi (teshik diametri 0,8 mm, 120° burchak orqali joylashtirildi). Bu o‘zgarish SMD ni 95 μm dan 52 μm ga kamaytirdi, ya’ni 45% ga yaxshiladi.

Uchinchi yechim — yonilg‘i klapanining bimetall plastinkali avtomat boshqaruvini joriy etish. Haroratga bog‘liq ravishda yoqilg‘i sarfini avtomatik tartibga soluvchi bimetall element o‘rnatildi. Bu element harorat 20°C dan past bo‘lganda aralashmani 8–10% boyitadi, 20°C dan yuqorida esa yupqa aralashma ta’minlaydi.

Laboratoriya sinovlari natijalari.

[4] Mualliflar tomonidan tadqiqot asosida olingan

ISSN 3030-3907

Laboratoriya sinovlari DAMAS dvigatelida motor stendida (ИТ-14 stendi) o‘tkazildi. Sinovda uch rejim — turg‘un ish, qisman yuklanish (50%) va to‘liq yuklanish — tekshirildi. Natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Laboratoriya sinov natijalari[5]

Ko‘rsatkich	Asl konstruksiya	Takomillashtirilgan	O‘zgarish, %
Yoqilg‘i sarfi (100 km), l	9,4	8,1	–13,8
Quvvat (to‘liq yuklanish), kVt	58,2	61,7	+6,0
α koeffitsiyenti diapazoni	0,75–1,35	0,88–1,12	Toraydi
CO chiqindisi, %	3,8	1,9	–50,0
CnHm chiqindisi, ppm	820	510	–37,8
Sovuq start vaqti (–10°C), s	18,5	11,2	–39,5
SMD (zarracha diametri), μm	95	52	–45,3

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, taklif etilgan uchta konstruktiv yechim birgalikda qo‘llanilganda yoqilg‘i sarfi 13,8% ga kamaydi, dvigatel quvvati esa 6,0% ga oshdi. CO chiqindisi 50% ga qisqardi — bu ayniqsa muhim ekologik natija hisoblanadi. Sovuq yurgazishda yaxshilanish 39,5% ni tashkil etdi, bu O‘zbekistonning qishki sharoiti uchun amaliy ahamiyatga ega.

Olingan natijalarni adabiyotlar bilan qiyoslashda Pulkrabek (1997) diffuzor geometriyasini optimallashtirish yoqilg‘i sarfini 10–15% ga kamaytirishi mumkin deb ko‘rsatgan edi. Bizning tadqiqotimizda 13,8% ga kamayish aniqlandi — bu adabiyotdagi prognoz bilan mos keladi. Zhao F. (2002) CFD usulining karbyurator tahlilida 10–12% xatoga yo‘l qo‘yishi mumkinligini ta'kidlagan; bizning CFD va laboratoriya natijalari o‘rtasidagi farq 8,5% ni tashkil etdi va bu qabul qilinishi mumkin diapazonida.

Cheklovlar sifatida quyidagilarni qayd etish kerak: sinovlar faqat bitta dvigatel modeli (DAMAS) da o‘tkazildi; uzoq muddatli ishonchlilik (10 000 km dan ortiq) tekshirilmagan; taklif etilgan bimetall element ishlab chiqarishda qo‘shimcha xarajat talab qilishi mumkin. Kelajakdagi tadqiqotlarda ushbu

[5] Tadqiqot davomida olingan natijalar asosida tayyorlangan

ISSN 3030-3907

masalalarni ko‘rib chiqish va turli dvigatel modellarida validatsiya o‘tkazish tavsiya etiladi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot yengil avtomobil dvigatelining LDH11V karbyurator yoqilg‘i ta'minlash tizimini takomillashtirish maqsadida amalga oshirildi. Analitik hisoblash, CFD modellashtirish va laboratoriya sinovlari asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Diffuzor kirish qismiga 12° konusli yo‘naltiruvchi voronka o‘rnatish turbulentlikni 34% ga kamaytirib, havo-yoqilg‘i aralashmasi tarkibining barqarorligini sezilarli oshirdi. α koeffitsientining diapazon kengligi 0,75–1,35 dan 0,88–1,12 ga toraldi.

2. Uch teshikli atomizatsiya yo‘naltiruvchisini joriy etish yoqilg‘i zarrachalarining o‘rtacha diametrini (SMD) 95 μm dan 52 μm ga — 45,3% ga — kamaytirdi va yonish jarayonini yaxshiladi.

3. Bimetall plastinkali avtomat iqtisodayt klapani sovuq start jarayonini 39,5% ga yaxshilab, CO chiqindisini 50% ga kamaytirdi. Bu natijar mahalliy iqlim sharoiti va ekologik talablar nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega.

4. Uchala yechimni birgalikda qo‘llash yoqilg‘i sarfini 13,8% ga kamaytirdi, dvigatel quvvatini 6,0% ga oshirdi va chiqindi gazlar tarkibini sezilarli yaxshiladi.

5. Virtual modellashtirish va laboratoriya sinovlari natijalarining o‘zaro yaqinligi (farq 8,5%) qo‘llanilgan metodologiyaning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Kelajakdagi tadqiqotlarda taklif etilgan yechimlarning turli dvigatel modellarida tekshirilishi, uzoq muddatli ishonchlilik sinovlari hamda bimetall elementning O‘zbekiston sharoitida raqobatbardosh ishlab chiqarishga tayyorlash imkoniyatini baholash tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill, 1988. 930 p.
2. Pulkrabek W.W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. Prentice Hall, 1997. 490 p.
3. Zhao F., Lai M.C., Harrington D.L. Automotive spark-ignited direct-injection gasoline engines. Progress in Energy and Combustion Science. 1999. Vol. 25. Pp. 437–562.
4. Fayzullayev E.Z. tahriri ostida. Transport vositalari tuzilishi va nazariyasi. I qism. — Toshkent: Yangi asr avlodi, 2006. — 376 b..
5. Turns S.R. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications. 3rd ed. McGraw-Hill, 2012. 752 p.
6. Blakey S., Rye L., Wilson C.W. Aviation gas turbine alternative fuels: A review. Proceedings of the Combustion Institute. 2011. Vol. 33(2). Pp. 2863–2885.

ISSN 3030-3907

7. Stone R. Introduction to Internal Combustion Engines. 4th ed. Palgrave Macmillan, 2012. 520 p.
8. GOST R 52033–2003. Avtomobili s benzinovymi dvigatelyami. Vybros zagryaznyayushchikh veshchestv s otrabotavshimi gazami.
9. Halderman J.D., Linder J. Automotive Fuel and Emissions Control Systems. 3rd ed. Prentice Hall, 2012. 462 p.

ISSN 3030-3907

UO‘K 622.4:004.032.26:681.5

CNN-LSTM VA REAL VAQT SENSOR MA’LUMOTLARI ASOSIDA YER OSTI KONLARI SHAMOLLATISH TIZIMINI PREDIKTIV BOSHQARISH

Namozov Nodirbek Niyozovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Katta o‘qituvchi
Email: namozovnodirshox@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0001-8930-4454
Muminov Jasurbek Nurmuxamed o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Magistrant,
Email: jjasurmuminov@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-9061-7842

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot yer osti oltin konlarida shamollatish jarayonini real vaqt sensor ma’lumotlari va chuqur o‘qitish algoritmlari asosida prediktiv-adaptiv boshqarish masalalariga bag‘ishlangan. Tadqiqotda kon atmosferasi parametrlarini uzluksiz monitoring qilish, xavfli holatlarni oldindan bashoratlash hamda ventilyatorlarning ish rejimini energiya samaradorligi va sanoat xavfsizligi talablariga mos ravishda avtomatik boshqarish maqsad qilingan. Tizimda gaz konsentratsiyasi, kislorod miqdori, havo sarfi, changlanish darajasi, harorat, bosim va namlik kabi parametrlar real vaqt rejimida sensorlar orqali yig‘ilgan. Olingan ma’lumotlarni qayta ishlash uchun filtrlash, normallashtirish va sirpanuvchi vaqt oynasi usullaridan foydalanilgan. Chuqur o‘qitish modeli sifatida CNN-LSTM arxitekturasiga asoslangan gibrid neyron tarmoq qo‘llanilib, CNN qatlami orqali muhim belgilar ajratib olingan, LSTM qatlami orqali esa vaqt bo‘yicha bog‘liqliklar o‘rganilgan.

Kalit so‘zlar: yer osti konlari, shamollatish tizimi, CNN-LSTM, chuqur o‘qitish, neyron tarmoqlar, real vaqt sensor ma’lumotlari, adaptiv boshqaruv, prediktiv boshqaruv, xavf indeksi, energiya samaradorligi.

Аннотация. Данное исследование посвящено вопросам предиктивно-адаптивного управления процессом вентиляции в подземных золотодобывающих рудниках на основе данных датчиков реального времени и алгоритмов глубокого обучения. Основной целью работы является непрерывный мониторинг параметров шахтной атмосферы, прогнозирование опасных состояний и автоматическое управление режимами работы вентиляторов с учетом требований энергоэффективности и промышленной безопасности. В системе в режиме реального времени собираются такие параметры, как концентрация газов, содержание кислорода, расход воздуха, уровень запыленности, температура, давление и влажность. Для обработки полученных данных применялись методы фильтрации, нормализации и

формирования скользящего временного окна. В качестве модели глубокого обучения использована гибридная нейронная сеть на основе архитектуры CNN-LSTM, где CNN-слой выполняет выделение информативных признаков, а LSTM-слой обеспечивает анализ временных зависимостей.

Ключевые слова: подземные рудники, система вентиляции, CNN-LSTM, глубокое обучение, нейронные сети, данные датчиков реального времени, адаптивное управление, предиктивное управление, индекс риска, энергоэффективность.

Abstract. This study is devoted to the predictive-adaptive control of underground gold mine ventilation processes using real-time sensor data and deep learning algorithms. The main objective of the research is continuous monitoring of mine atmosphere parameters, early prediction of hazardous conditions, and automatic control of ventilation operating modes in accordance with energy efficiency and industrial safety requirements. The system collects real-time data on gas concentration, oxygen level, airflow rate, dust concentration, temperature, pressure, and humidity. Data preprocessing methods including filtering, normalization, and sliding time-window generation were applied. A hybrid CNN-LSTM neural network architecture was employed as the deep learning model, where the CNN layer extracts significant features from multisensor data, while the LSTM layer captures temporal dependencies within the time-series signals.

Keywords: underground mines, ventilation system, CNN-LSTM, deep learning, neural networks, real-time sensor data, adaptive control, predictive control, risk index, energy efficiency.

KIRISH.

Yer osti konlarida shamollatish tizimi ishchi hududlarda xavfsiz mehnat sharoitlarini ta’minlovchi eng muhim texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Kon atmosferasida metan, uglerod oksidi, karbonat angidrid, chang zarrachalari, harorat, namlik va kislorod miqdorining me’yoriy chegaralarda saqlanishi bevosita shamollatish tizimining barqaror va samarali ishlashiga bog‘liq. Ayniqsa, kon chuqurligi ortib borishi, qazib olish frontlarining kengayishi, yer osti texnikalarining ko‘payishi hamda ishchi xodimlarning turli uchastkalarda harakatlanishi shamollatish jarayonining dinamik va murakkab boshqaruv obyektiga aylanishiga olib keladi. Shu sababli zamonaviy yer osti konlarida shamollatish jarayonini faqat statik rejimlar yoki oldindan belgilangan boshqaruv algoritmlari asosida yuritish yetarli natija bermaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR. An’anaviy shamollatish tizimlarida ventilyatorlar ko‘pincha doimiy quvvatda yoki cheklangan sonli ish rejimlarida ishlaydi. Bunday yondashuv kon atmosferasining real holati, gaz konsentratsiyasining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi, ishchilar joylashuvi va texnologik

ISSN 3030-3907

uskunalar faolligini to‘liq hisobga olmaydi. Bu orqali esa ayrim uchastkalarda havo oqimi yetarli bo‘lmasligi, boshqa hududlarda esa ortiqcha shamollatish hisobiga energiya sarfi oshishi mumkin. Leandro de Vilhena Costa va José Margarida da Silva tadqiqotlarida yer osti konlarida shamollatish elektr energiyasi sarfining katta qismini tashkil etishi va Ventilation-on-Demand yondashuvi orqali sezilarli energiya tejamkorligiga erishish mumkinligi ko‘rsatilgan. Ularning ishida ayrim konlarda talabga mos shamollatish natijasida 21–30% atrofida energiya tejalishi qayd etilgan [1-3].

So‘nggi yillarda shamollatish jarayonini boshqarishda sun’iy intellekt, neyron tarmoqlar, chuqur o‘qitish modellari va raqamli egizak texnologiyalaridan foydalanish bo‘yicha tadqiqotlar kuchaymoqda. Bu yondashuvlar real vaqt rejimida sensorlardan kelayotgan ko‘p parametrli ma’lumotlarni qayta ishlash, xavfli holatlarni oldindan aniqlash, gaz konsentratsiyasi va havo oqimi parametrlarini bashoratlash hamda ventilyatorlarning ish rejimini avtomatik moslashtirish imkonini beradi. Jumladan, Yuan Keyi, Gao Ke va Liu Yujiao tomonidan taklif etilgan DL-Koopman va Fuzzy-PID asosidagi gibrid yondashuv chuqur ko‘mir konlarida gaz konsentratsiyasini bashoratlash hamda havo oqimini optimallashtirishga qaratilgan. Ushbu tadqiqotda chuqur o‘qitish modeli gaz holatini oldindan baholash, Fuzzy-PID esa shamollatish rejimini moslashtirish uchun qo‘llangan [4,5].

Shuningdek, 2024-yilda e’lon qilingan neuro-fuzzy modellarga asoslangan Ventilation-on-Demand tadqiqotida sun’iy intellekt yordamida ventilyator quvvati va gazni suyultirish vaqtini bashoratlash modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, taklif etilgan model ventilyator energiya sarfini 43% gacha kamaytirish imkonini bergan. Bu esa real vaqt ma’lumotlari va intellektual modellardan foydalanish yer osti konlari shamollatish tizimlarida nafaqat xavfsizlikni oshirishi, balki energiya samaradorligini ham sezilarli yaxshilashi mumkinligini ko‘rsatadi [6-9].

Peng Cao, Jian Liu, Honglin Wang, Yu Wang va boshqa tadqiqotchilar tomonidan bajarilgan ishlarda kon shamollatish tizimining raqamli egizak modeli xavfsizlikni intellektual boshqarishda muhim vosita sifatida qaralgan. Ular shamollatish qarshiligi koeffitsientidagi noaniqliklar raqamli egizak modelining aniqligiga sezilarli ta’sir qilishini ko‘rsatgan. Xijun Yang va Hui Li esa raqamli egizak, chuqur o‘qitish va adaptiv boshqaruvni birlashtirgan yondashuvni taklif qilib, murakkab yer osti sharoitlarida real vaqt monitoringi va dinamik boshqaruv muammolarini hal qilishga e’tibor qaratgan [10-12].

Bundan tashqari, Kai Zhang, Xijun Yang va Hui Li tomonidan grafik neyron tarmoq hamda chuqur mustahkamlovchi o‘qitish texnologiyalarini birlashtirish orqali kon shamollatish tizimlari uchun intellektual qaror qabul qilish modeli ishlab

ISSN 3030-3907

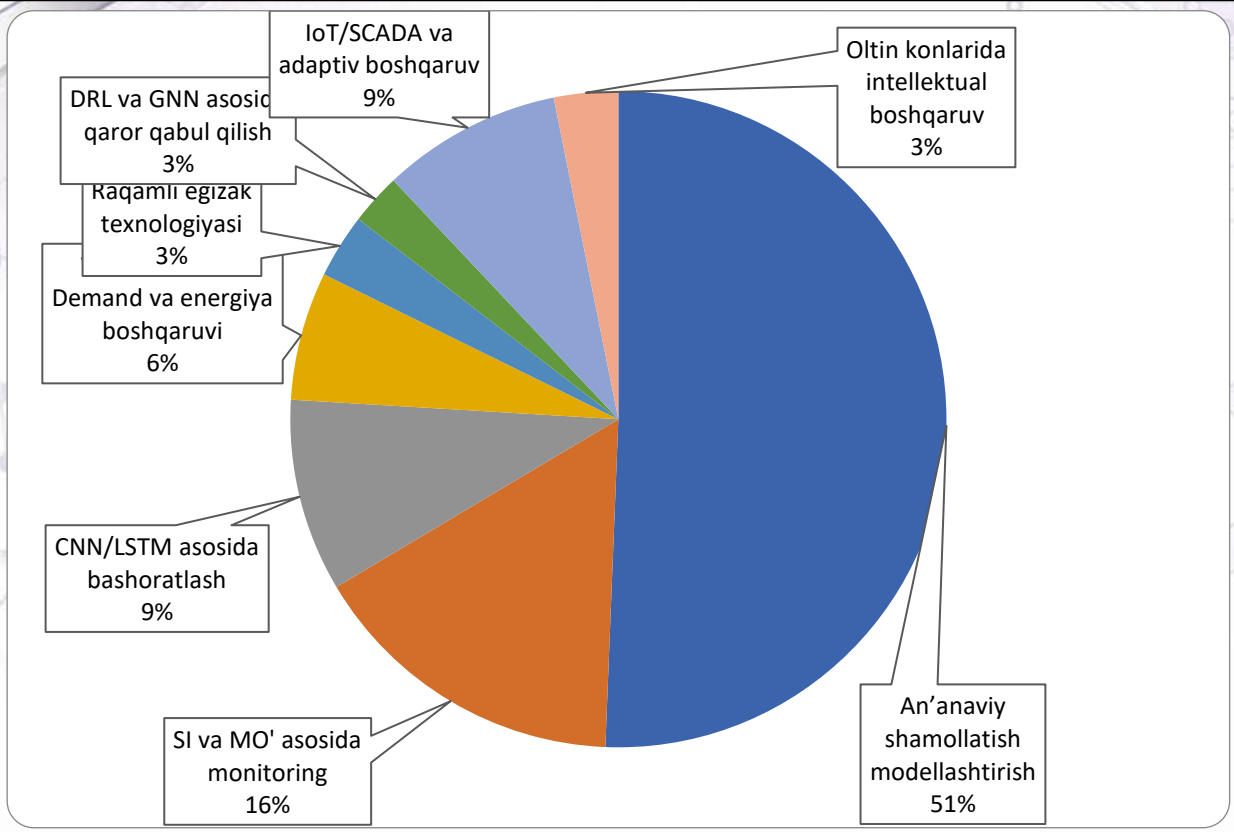
chiqilgan. Bunday yondashuv kon shamollatish tarmog‘ining grafik tuzilishini, ya’ni tugunlar, tarmoqlar, havo yo‘llari va ventilyatorlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni hisobga olish imkonini beradi. Shuningdek, yer osti metall konlarida havo oqimi parametrlarini aniqlash bo‘yicha CNN-MLP arxitekturasi asosidagi tadqiqotlarda sensor ma’lumotlari asosida global havo oqimi taqsimotini baholash imkoniyati ko‘rsatilgan; unda CNN-MLP modeli nisbatan yuqori aniqlikni ta’minlagan [13].

Mavjud tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, yer osti konlarida shamollatish jarayonini intellektual boshqarish bo‘yicha turli yondashuvlar mavjud bo‘lsada, real vaqt sensor ma’lumotlari, chuqur o‘qitish asosidagi bashoratlash, xavf zonalarini aniqlash va ventilyatorlarni adaptiv boshqarishni yagona tizim sifatida birlashtirish masalasi hali ham dolzarb hisoblanadi. Ko‘plab ishlarda alohida gaz konsentratsiyasini bashoratlash, havo oqimini modellashtirish yoki energiya tejamkor boshqaruv masalalari ko‘rib chiqilgan. Biroq kon atmosferasining ko‘p parametrli holatini real vaqt rejimida baholash, xavf darajasini oldindan aniqlash va boshqaruv ta’sirini avtomatik shakllantirishni kompleks yondashuv asosida amalga oshirish ilmiy-amaliy jihatdan muhim masala bo‘lib qolmoqda.

Mazkur tadqiqotda chuqur o‘qitish va real vaqt sensor ma’lumotlari tahlili asosida yer osti konlari shamollatish jarayonini intellektual boshqarish yondashuvi taklif etiladi. Taklif etilayotgan yondashuvda sensorlardan olinadigan metan, CO, CO_2, O_2, harorat, namlik, chang, havo oqimi tezligi va bosim kabi parametrlar dastlabki qayta ishlanadi, chuqur neyron tarmoq yordamida kon atmosferasining joriy va kelgusi holati baholanadi hamda aniqlangan xavf darajasiga muvofiq ventilyatorlarning ish rejimi adaptiv ravishda boshqariladi. Ushbu yondashuvning asosiy maqsadi yer osti konlarida xavfsiz mikroiqlimni saqlash, xavfli gazlar to‘planishini oldindan aniqlash, favqulodda holatlarga tezkor javob berish va shamollatish tizimining energiya samaradorligini oshirishdan iborat [14].

2019–2026-yillar oralig‘ida Scopus, Springer Nature, Elsevier, Frontiers, MDPI va boshqa yuqori reytingli ilmiy nashrlarda yer osti konlari shamollatish tizimlarini intellektual boshqarish bo‘yicha tadqiqotlar tahlil qilindi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. 2019–2026-yillarda yer osti konlari shamollatish tizimlarini intellektual boshqarish bo‘yicha mavjud tadqiqotlar tahlili.

Mazkur tadqiqotda oltin rudali yer osti konlari sharoitida shamollatish jarayonini intellektual boshqarish uchun real vaqt sensor ma’lumotlari, chuqur o‘qitish modeli va adaptiv boshqaruv algoritmini birlashtirgan metodologik yondashuv taklif etiladi. Tadqiqot obyekti sifatida oltin konining yer osti lahimlari, qazib olish uchastkalari, asosiy va yordamchi shamollatish yo‘llari hamda ventilyator qurilmalari bilan bog‘liq shamollatish tarmog‘i qaraladi. Ushbu obyekt murakkab, ko‘p parametrli, noaniq va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan boshqaruv obyekti sifatida tahlil qilinadi. Yer osti kon parametrlarini uzluksiz monitoring qilish, real vaqt sensor ma’lumotlarini yig‘ish va dastlabki qayta ishlash, chuqur o‘qitish CNN-LSTM modeli yordamida amalga oshirilgan.

Yer osti oltin konida shamollatish jarayoni ko‘p parametrli, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan va tashqi ta’sirlarga sezgir dinamik boshqaruv obyekti sifatida qaraladi. Bunday obyektning matematik ifodalanishida shamollatish tarmog‘ining topologik tuzilmasi, aerodinamik holati, kon atmosferasi parametrlari, real vaqt sensor signallari, xavf darajasi va ventilyatorlarning boshqaruv ta’siri o‘zaro bog‘langan yagona tizim sifatida qaraladi.

Yer osti oltin konining shamollatish tarmog‘i yo‘naltirilgan graf ko‘rinishida ifodalaymiz

$$G = (V, E),$$

ISSN 3030-3907

bu yerda $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ - kon lahimlari kesishmalari, ishchi zonalar, nazorat nuqtalari va havo taqsimlash tugunlari majmuasi. $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ - havo oqimi harakatlanadigan lahim uchastkalari, shamollatish yo‘llari va ventilyator tarmoqlari majmuasi.

Har bir $e_j \in E$ tarmoq uchun havo sarfi, aerodinamik qarshilik va bosim yo‘qotilishi mos ravishda quyidagicha belgilanadi

$$Q_j(t), R_j(t), \Delta P_j(t).$$

Shamollatish tarmog‘i uchun tugunlarda havo massasi saqlanish qonuni orqali bajariladi

$$AQ(t) = 0$$

bu yerda A -insidensiya matritsasi. B - konturlar matritsasi $B \in \mathbb{R}^{l \times m}$. $\Delta P(t) = [\Delta P_1(t), \Delta P_2(t), \dots, \Delta P_m(t)]^T$ - tarmoqlardagi bosim yo‘qotishlari vektori. $H_f(t)$ - ventilyatorlar tomonidan hosil qilinadigan bosimlar vektori.

Tarmoqdagi bosim yo‘qotilishi nochiziqli aerodinamik bog‘lanish orqali ifodalanadi:

$$\Delta P_j(t) = R_j(t) Q_j(t) \left| Q_j(t) \right|$$

bu yerda $R_j(t)$ - lahimning aerodinamik qarshiligi bo‘lib, u lahim kesimi, uzunligi, devor sirtining dag‘alligi, changlanish darajasi va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi ekspluatatsion omillarga bog‘liq bo‘ladi.

Shamollatish tarmog‘ining umumiy statik-dinamik holati quyidagi tenglamalar tizimi orqali tavsiflanadi

$$\begin{cases} AQ(t) = 0 \\ B(R(t)Q(t)|Q(t)|) = BH_f(t) \end{cases}.$$

Yer osti oltin koni atmosferasining holati har bir nazorat nuqtasida ko‘p o‘lchovli holat vektori bilan ifodalanadi:

$$X_i(t) = \left[C_{CO,i}(t), C_{CO_2,i}(t), C_{O_2,i}(t), T_i(t), H_i(t), D_i(t), V_i(t), P_i(t), Q_i(t)\right]^T$$

bu yerda $C_{CO,i}(t)$ - uglerod oksidi konsentratsiyasi; $C_{CO_2,i}(t)$ - karbonat angidrid konsentratsiyasi; $C_{O_2,i}(t)$ - kislorod miqdori; $T_i(t)$ harorat; $H_i(t)$ - namlik; $D_i(t)$ - chang konsentratsiyasi; $V_i(t)$ - havo oqimi tezligi; $P_i(t)$ - bosim; $Q_i(t)$ - havo sarfi.

Butun kon bo‘yicha umumiy holat vektori quyidagicha yozamiz

$$X(t) = [X_1^T(t), X_2^T(t), \dots, X_n^T(t)]^T.$$

Sensorlardan keladigan o‘lchovlar esa quyidagi kuzatish modeli orqali ifodalanadi

$$Y(t) = CX(t) + \varepsilon(t),$$

bu yerda: $Y(t)$ - real vaqt sensor ma’lumotlari vektori; C - o‘lchash matritsasi; $\varepsilon(t)$-sensor shovqini, o‘lchash xatoligi va tashqi noaniqliklar vektori.

ISSN 3030-3907

Kon sharoitida sensor signallarining shovqinli, uzilishli yoki noto‘g‘ri bo‘lishi mumkinligini hisobga olib, dastlabki qayta ishlangan ma’lumotlar quyidagicha olinadi

$$\dot{X}(t) = F_{pre}(Y(t)),$$

bu yerda $F_{pre}(\cdot)$ - filtrlash, normallashtirish, anomal qiymatlarni ajratish, vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish va yetishmayotgan qiymatlarni tiklash operatori sifatida olamiz.

Yer osti koni shamollatish jarayonining umumiy dinamikasi quyidagi nochiziqli diskret holat tenglamasi bilan ifodalanadi

$$X(t+1) = F(X(t), U(t), Z(t), \xi(t)),$$

bu yerda $U(t) = [u_1(t), u_2(t), \dots, u_s(t)]^T$ - boshqaruv ta’sir vektori. $Z(t)$ - tashqi texnologik ta’sir vektori. $\xi(t)$ - tasodifiy noaniqliklar, shovqinlar va modellashtirilmagan omillar. $F(\cdot)$ - shamollatish jarayonining nochiziqli operatori.

Amaliy hisoblashlar uchun bu dinamik modelni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin

$$X(t+1) = A_d X(t) + B_d U(t) + G_d Z(t) + \Phi(X(t)) + \xi(t),$$

bu yerda A_d - holat matritsasi; B_d-boshqaruv ta’siri matritsasi; G_d - tashqi ta’sirlar matritsasi; $\Phi(X(t))$ - shamollatish jarayonining nochiziqli komponentasi.

Bunda nochiziqlik asosan havo oqimi va bosim yo‘qotilishi o‘rtasidagi bog‘lanishdan kelib chiqadi

$$\Delta P_j(t) = R_j(t) Q_j(t) \left| Q_j(t) \right|.$$

Shamollatish jarayoni vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi dinamik obyekt bo‘lganligi sababli real vaqt sensor ma’lumotlarini tahlil qilish uchun CNN-LSTM gibrid chuqur o‘qitish modeli qo‘llanildi.

Modelga kiruvchi ma’lumotlar sirpanuvchi vaqt oynasi bo‘yicha shakllantirmiz

$$\mathcal{W}_t = [\bar{X}(t-k+1), \bar{X}(t-k+2), \dots, \tilde{X}(t)]$$

bu yerda: k - vaqt oynasi uzunligi. $\mathcal{W}_t \in \mathbb{R}^{k \times p}$ - k vaqt qadami va p ta sensor belgisidan iborat kirish matritsasi.

CNN qatlami sensor parametrlar orasidagi lokal yashirin bog‘liqliklarni ajratib olamiz

$$Z_c^{(r)} = \sigma\left(W_c^{(r)} * \mathcal{W}_t + b_c^{(r)}\right)$$

bu yerda $W_c^{(r)}$- r-konvolyutsion filtr og‘irliklari; $b_c^{(r)}$- siljish koeffitsienti; $\sigma(\cdot)$- aktivatsiya funksiyasi, Bizning modelda aktivatsiya funksiyasi sifatida ReLU ni tanlab oldik, $\sigma(x) = \max(0, x)$.

CNN qatlamidan keyin muhim belgilar tanlab oldik

$$Z_p = Pool(Z_c),$$

ISSN 3030-3907

bu yerda $Pool(\cdot)$ - maksimal pooling operatori.

Keyin olingan belgilar LSTM qatlamiga uzatiladi. LSTM modeli vaqtli bog‘liqliklarni quyidagi ichki mexanizmlar orqali o‘rganadi va tenglamalarini quyidagicha tuzib olamiz.

$$f_t = \sigma\left(W_f z_t + U_f h_{t-1} + b_f\right),$$
$$i_t = \sigma(W_i z_t + U_i h_{t-1} + b_i),$$
$$\bar{c}_t = \tanh\left(W_c z_t + U_c h_{t-1} + b_c\right),$$
$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \bar{c}_t,$$
$$o_t = \sigma(W_o z_t + U_o h_{t-1} + b_o),$$
$$h_t = o_t \odot \tanh\left(c_t\right),$$

bu yerda: f_t- unutish darvozasi mexanizmi. i_t - kirish darvozasi mexanizmi. o_t- chiqish darvozasi mexanizm. c_t-xotira holati. h_t- yashirin holat. z_t - CNN qatlami orqali ajratib olingan belgilar.

CNN-LSTM modelining umumiy bashoratlash operatori quyidagicha yozib olamiz

$$\hat{X}(t + \Delta t) = f_\theta^{CNN-LSTM}(\mathcal{W}_t),$$

bu yerda θ - CNN-LSTM modelining o‘qitiladigan parametrlar majmuasi.

Agar model gaz konsentratsiyasi va havo oqimini bashoratlash uchun ishlatilsa, chiqish vektori quyidagicha bo‘ladi

$$\hat{X}(t + \Delta t) = \left[\hat{C}_{CO}, \hat{C}_{CO_2}, \hat{C}_{O_2}, \hat{T}, \hat{H}, \hat{D}, \hat{V}, \hat{P}, \hat{Q}\right]^T.$$

Agar model xavf darajasini tasniflash uchun ishlatilsa, chiqish ehtimollik vektori quyidagicha aniqlanadi

$$\hat{p}(t) = \text{Softmax}(W_s h_t + b_s),$$
$$\hat{p}(t) = \left[p_{\text{Normal}}, p_{\text{Warning}}, p_{\text{Dangerous}}, p_{\text{Critical}}\right]^T.$$

Natijaviy xavf sinfi esa quyidagicha aniqlanadi

$$\hat{C}(t) = \arg\max_{c \in \Omega} p_c(t),$$

bu yerda: $\Omega = \{$ Normal, Warning, Dangerous, Critical $\}$.

Kon atmosferasining xavf darajasini integral baholash uchun normalashtirilgan xavf indeksi kiritiladi

$$R(t) = \sum_{r=1}^{p} \omega_r \rho_r(t),$$

bu yerda $R(t) \in [0,1]$ - umumiy xavf indeksi. ω_r - r-parametrning og‘irlik koeffitsienti. $\rho_r(t)$ - mos parametr bo‘yicha normalashtirilgan xavf funksiyasi.

$$\sum_{r=1}^{p} \omega_r = 1, \omega_r \geq 0.$$

Zararli gazlar bo‘yicha xavf funksiyasi quyidagicha yozamiz

ISSN 3030-3907

$$\rho_g(t) = min\left(1, max\left(0, \frac{C_g(t) - C_g^{\min}}{C_g^{\max} - C_g^{\min}}\right)\right).$$

Kislorod miqdori uchun xavf teskari xarakterga ega bo‘lgani sababli

$$\rho_{O_2}(t) = \frac{C_{O_2}^{\text{norm}} - C_{O_2}(t)}{C_{O_2}^{\text{norm}} - C_{O_2}^{\min}}.$$

Agar parametr xavfsiz chegaradan chiqmasa, uning xavf funksiyasi nolga tenglashtiriladi va uni quyidagicha ifodalab olamiz.

$$\rho_r(t) = \max\left(0, \frac{x_r(t) - x_r^{\text{norm}}}{x_r^{\text{crit}} - x_r^{\text{norm}}}\right).$$

Shunda umumiy xavf darajasi quyidagicha tasniflanadi

$$\hat{C}(t) = \begin{cases} \text{Normal}, & 0 \le R(t) < R_1, \\ \text{Warning}, & R_1 \le R(t) < R_2, \\ \text{Dangerous}, & R_2 \le R(t) < R_3, \\ \text{Critical}, & R_3 \le R(t) \le 1. \end{cases}$$

bu yerda: $0 < R_1 < R_2 < R_3 < 1$.

Mazkur tadqiqotda adaptiv ventilyator boshqaruvining optimallashtirish modeli CNN-LSTM modeli orqali bashorat qilingan kon atmosferasi holati, xavf indeksini integral baholash usuli va energiya-xavfsizlik mezoniga asoslangan cheklangan optimallashtirish yondashuvi asosida shakllantiriladi. Ushbu yondashuv oltin rudali yer osti konlari sharoitida shamollatish jarayonining ko‘p parametrli, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan va noaniqlikka ega bo‘lgan boshqaruv obyekti ekanligini hisobga olish imkonini beradi.

Ventilyatorlarning boshqaruv ta’siri quyidagi vektor bilan ifodalaymiz

$$U(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_s(t)]^T,$$

bu yerda $n_j(t)$ - j-ventilyatorning aylanish tezligi yoki chastota o‘zgartirgich signali.

Ventilyator energiya sarfi taxminan quyidagi kubik bog‘lanish orqali baholanadi

$$Q_f \sim n, H_f \sim n^2, P_f \sim n^3.$$

$$E(t) = \sum_{j=1}^{s} \kappa_j n_j^3(t),$$

bu yerda $\kappa_j - j$-ventilyatorning energetik koeffitsienti.

Shamollatish boshqaruvining asosiy maqsadi xavfsizlik talablarini buzmasdan energiya sarfini kamaytirish va boshqaruv signalining keskin o‘zgarishini cheklashdan iborat. Shu sababli maqsad funksiyasi quyidagicha tuzib olamiz

ISSN 3030-3907

$$J(t) = \alpha E(t) + \beta R(t) + \gamma \|\Delta U(t)\|^2,$$

bu yerda $\Delta U(t) = U(t) - U(t-1)$. $\alpha, \beta, \gamma > 0$ - energiya sarfi, xavf darajasi va boshqaruv silliqligiga beriladigan vazn koeffitsientlari.

Optimal boshqaruv signali quyidagi minimallashtirish masalasi orqali aniqlanadi

$$U^*(t) = \arg\min_{U(t)\in U} [\alpha E(t) + \beta R(t) + \gamma \|U(t) - U(t-1)\|^2],$$

bu yerda $\mathcal{U}$ - ruxsat etilgan boshqaruv signallari sohasi bo‘lib ma’lum chegaralar orasida qiymatni o‘z ichiga oladi

$$\mathcal{U} = \{U(t): n_j^{\min} \le n_j(t) \le n_j^{\max}, j = 1, \dots, s\}.$$

Bundan tashqari, shamollatish xavfsizlik cheklovlari bajarilishi shart:

$$C_{CO,i}(t) \le C_{CO}^{\max},$$
$$C_{CO_2,i}(t) \le C_{CO_2}^{\max},$$
$$C_{O_2,i}(t) \ge C_{O_2}^{\min},$$
$$Q_i(t) \ge Q_i^{\min},$$
$$V_i^{\min} \le V_i(t) \le V_i^{\max}.$$

Shunday qilib, adaptiv boshqaruv masalasi quyidagi cheklangan optimallashtirish masalasi sifatida yoziladi

$$U^*(t) = \arg\min_{U(t)} \left[\alpha \sum_{j=1}^{s} \kappa_j n_j^3(t) + \beta R(t) + \gamma \|U(t) - U(t-1)\|^2\right].$$

Bu modelning mazmuni shundan iboratki, boshqaruv tizimi real vaqt sensor ma’lumotlariga asoslanib kon atmosferasining xavf darajasini baholaydi, CNN-LSTM modeli orqali kelgusi holatni bashorat qiladi va xavfsizlik cheklovlari bajarilgan holda ventilyatorlarning optimal ish rejimini tanlaydi.

Agar model bashoratlash vazifasini bajarsa, yo‘qotish funksiyasi sifatida o‘rtacha kvadratik xatolik tanlanadi

$$\mathcal{L}_{\text{reg}}(\theta) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \left\|X_i(t+\Delta t) - \hat{X}_i(t+\Delta t)\right\|^2.$$

Agar model xavf darajasini tasniflash vazifasini bajarsa, categorical cross-entropy funksiyasi qo‘llaniladi

$$\mathcal{L}_{cls}(\theta) = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{c=1}^{K} y_{ic} \ln \hat{p}_{ic}.$$

Ko‘p vazifali modelda umumiy yo‘qotish funksiyasi quyidagicha olinadi

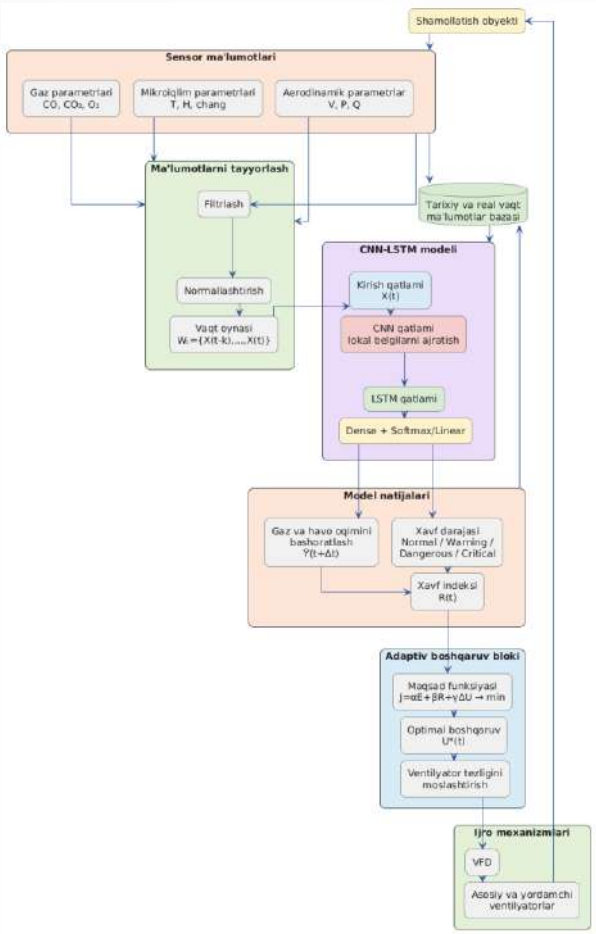
$$\mathcal{L}(\theta) = \lambda_1 \mathcal{L}_{\text{reg}}(\theta) + \lambda_2 \mathcal{L}_{\text{cls}}(\theta) + \lambda_3 \|\theta\|_2^2,$$

bu yerda $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ - mos vazifalarning vazn koeffitsientlari. $\|\theta\|_2^2$ - model parametrlarini regulyarizatsiya qilish hadi.

Model parametrlari quyidagi optimallashtirish masalasi orqali aniqlanadi

ISSN 3030-3907

$$\theta^* = \arg\min_{\theta} \mathcal{L}(\theta).$$



2-rasm. Yer osti konlari shamollatish jarayonini intellektual boshqarishning funksional arxitekturasi

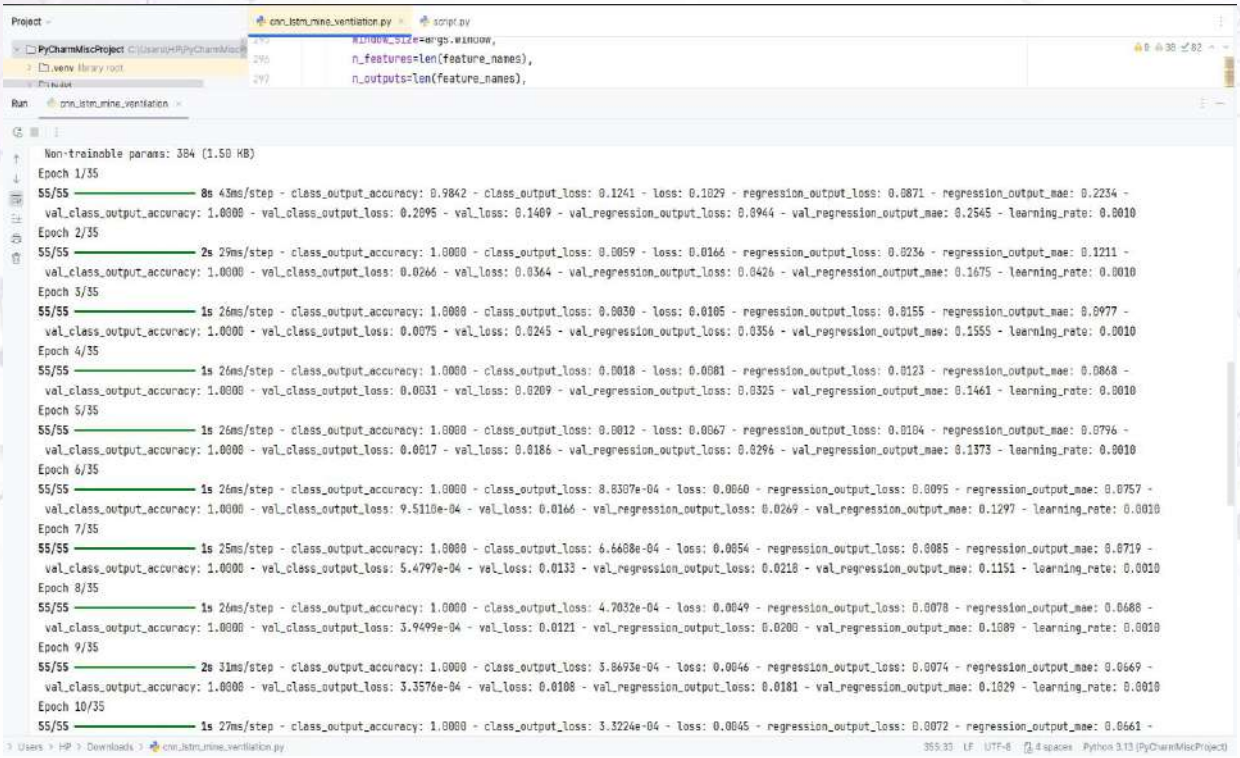
NATIJALAR. Mazkur tadqiqotda yer osti koni shamollatish jarayonini intellektual boshqarish uchun real vaqt sensor ma’lumotlariga asoslangan CNN–LSTM gibrid chuqur o‘qitish modeli ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi. Model kon atmosferasi parametrlarini vaqt qatori sifatida tahlil qilish, ularning kelgusi qiymatlarini bashoratlash hamda xavf holatini avtomatik tasniflashga yo‘naltirildi.

Tajriba ma’lumotlari 30 ta vaqt qadami va 9 ta sensor parametridan iborat sirpanuvchi vaqt oynalari asosida shakllantirildi. Ma’lumotlar to‘plami o‘qitish, validatsiya va test qismlariga ajratilib, mos ravishda 3479, 745 va 746 ta namunadan iborat bo‘ldi. Bu tuzilma gaz konsentratsiyasi, havo oqimi, bosim, harorat, namlik va boshqa parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini hisobga olish imkonini berdi.

CNN–LSTM modeli Conv1D, MaxPooling1D, LSTM va Dense qatlamlaridan tashkil topdi. Conv1D qatlamlari sensor signallaridagi lokal belgilarni ajratib olsa, LSTM qatlami vaqt bo‘yicha bog‘liqliklarni o‘rganishga xizmat qildi. Model ikki chiqishga ega bo‘lib, birinchi chiqish 9 ta sensor parametrini regressiya asosida bashoratlashga, ikkinchi chiqish esa xavf holatini 4

ISSN 3030-3907

ta sinfga ajratishga mo‘ljallandi. Modelning umumiy parametrlar soni 120 717 tani, o‘qitiladigan parametrlar soni esa 120 333 tani tashkil etdi.



3-rasm Python dasturlash tilida CNN–LSTM gibrid chuqur o‘qitish modeli asosidagi natijalari

Model 35 epoch davomida o‘qitildi. Klassifikatsiya aniqligi dastlabki epochda 0.9396 ga yetdi va keyingi epochlarda class_output_accuracy hamda val_class_output_accuracy qiymatlari 1.0000 darajasida barqarorlashdi. Regressiya natijalarida ham xatoliklarning kamayishi kuzatildi: regression_output_mae dastlab 0.2367 atrofida bo‘lgan bo‘lsa, keyingi epochlarda 0.058–0.056 oralig‘igacha kamaydi. Validatsiya xatoligi esa taxminan 0.10 atrofida barqarorlashdi.

1-jadval

CNN–LSTM modelini 35 epoch davomida o‘qitish natijalari.

Epoxa	Umumiy xatolik (loss)	Validatsiya xatoligi (val_loss)	Klassifikatsiya aniqligi	Validatsiya aniqligi	Regressiya MAE	Validatsiya MAE
1	0.1029	0.1409	0.9842	1.0000	0.2234	0.2545
5	0.0067	0.0186	1.0000	1.0000	0.0796	0.1373
10	0.0045	0.0099	1.0000	1.0000	0.0661	0.0981
15	0.0036	0.0090	1.0000	1.0000	0.0600	0.0948
20	0.0033	0.0096	1.0000	1.0000	0.0574	0.0985

ISSN 3030-3907

Test bosqichida umumiy loss qiymati 0.0109 ni tashkil etdi. Regressiya chiqishi bo‘yicha regression_output_loss qiymatining 0.0001 ga teng bo‘lishi modelning sensor parametrlarini bashoratlashda kichik xatolikka erishganini ko‘rsatadi. Bu natijalar CNN–LSTM modelining kon atmosferasi parametrlaridagi vaqtli bog‘liqliklarni o‘rganish va kelgusi holatni baholashda samarali ekanligini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, klassifikatsiya natijalarini talqin qilishda sinflar taqsimotini hisobga olish zarur. Classification report chiqarish bosqichida test to‘plamida yoki bashorat natijalarida faqat bitta xavf sinfi mavjudligi aniqlandi. Bu holat xavf sinflari balansining yetarli emasligini ko‘rsatadi. Shu sababli yuqori klassifikatsiya aniqligi barcha xavf sinflari bo‘yicha yakuniy natija sifatida emas, balki mavjud test namunalarining tarkibi bilan bog‘liq holda baholanishi lozim.

MUHOKAMA. Muhokama natijalari CNN–LSTM modelining yer osti koni shamollatish jarayonini adaptiv boshqarishda intellektual bashoratlash bloki sifatida qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatadi. Model real vaqt sensor signallaridan foydalangan holda kon atmosferasi holatini oldindan baholaydi, bu esa ventilyator tezligini xavf darajasi va havo oqimi ehtiyojiga mos ravishda boshqarish imkonini beradi.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda yer osti koni shamollatish jarayonini intellektual boshqarish uchun real vaqt sensor ma’lumotlariga asoslangan CNN–LSTM gibrid chuqur o‘qitish modeli ishlab chiqildi. Taklif etilgan model kon atmosferasi parametrlarini vaqt qatori sifatida tahlil qilish va ularning kelgusi qiymatlarini bashoratlash imkonini berdi. Modelga kiruvchi ma’lumotlar 30 ta vaqt qadami va 9 ta sensor parametridan iborat sirpanuvchi vaqt oynalari asosida shakllantirildi. Bu yondashuv gaz konsentratsiyasi, havo oqimi, bosim, harorat, namlik va boshqa texnologik parametrlarning dinamik o‘zgarishini hisobga olish imkonini yaratdi. CNN qatlamlari sensor signallaridagi lokal xususiyatlarni ajratib olishda samarali bo‘ldi. LSTM qatlami esa shamollatish jarayonidagi vaqt bo‘yicha bog‘liqliklar, kechikishlar va inertlik xususiyatlarini o‘rgandi. Modelning regressiya chiqishi kon atmosferasi parametrlarini bashoratlashga, klassifikatsiya chiqishi esa xavf holatini avtomatik baholashga yo‘naltirildi. Tajriba natijalarida model 35 epoch davomida o‘qitilib, regressiya xatoligining bosqichma-bosqich kamayishi kuzatildi. Test bosqichida umumiy loss qiymatining 0.0109, regressiya chiqishi bo‘yicha regression_output_loss qiymatining 0.0001 ga teng bo‘lishi modelning yuqori bashoratlash aniqligiga ega ekanligini ko‘rsatdi. Klassifikatsiya aniqligining yuqori bo‘lishi modelning xavf holatlarini ajratish bo‘yicha berilgan ma’lumotlar tuzilmasini yaxshi o‘zlashtirganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, test to‘plamida xavf sinflari taqsimotining notekis bo‘lishi klassifikatsiya natijalarini ehtiyotkorlik bilan talqin qilish zarurligini ko‘rsatdi. Model natijalari adaptiv

ISSN 3030-3907

ventilyator boshqaruvi uchun intellektual bashoratlash bloki sifatida qo‘llanishi mumkin. Bunday yondashuv shamollatish tizimida xavfsizlik talablarini saqlagan holda energiya sarfini kamaytirish va havo oqimini real ehtiyojga mos boshqarish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Semin, M., Kormshchikov, D. Application of artificial intelligence in mine ventilation: a brief review. Frontiers in Artificial Intelligence, 2024, Vol. 7, Article 1402555. doi: 10.3389/frai.2024.1402555.
2. Namozov N.N. Ko‘p gorizontli shaxtalarda raqamli egizak asosida adaptiv monitoring va intellektual boshqaruv: qurilmalararo axborot oqimini boshqarish modeli // «Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani» 2-to‘plam, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, 24-25 sentyabr, 2025, Navoiy, 39-41 betlar.
3. Kalandarov, I., Davlatov, B., Bozorov, B., & Belalova, G. A Model for Optimizing Production Processes in Intelligent Control Systems for Mining and Transport Complexes //Proceedings of the 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems. – 2024. – С. 390-393.
4. Yuan, K., Gao, K., Liu, Y. Enhancing gas concentration prediction and ventilation efficiency in deep coal mines: a hybrid DL-Koopman and Fuzzy-PID framework. Scientific Reports, 2025, Vol. 15, Article 23630. doi: 10.1038/s41598-025-00105-3.
5. Намозов Н.Н. Анализ систем предотвращения столкновений транспортных средств на подземных месторождениях // ISBN 978-5-00236-550-0, Научный форум сборник статей X Международной научно-практической конференции, состоявшейся. Россия, Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2024, стр.61-64
6. Ihsan, A., Widodo, N.P., Cheng, J., Wang, E. Ventilation on demand in underground mines using neuro-fuzzy models: Modeling and laboratory-scale experimental validation. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2024, Article 108048. doi: 10.1016/j.engappai.2024.108048.
7. Kalandarov I.I., Namozov N.N., Nasimov R. Testing the Technology and Reliability of Using the Zigbee Network in Underground Mining Operations. In: Koucheryavy, Y., Aziz, A. (eds) Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. ruSMART NEW2AN 2024 2024. Lecture Notes in Computer Science, vol 15555. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95296-8_14
8. Namozov N.N. Development of protocols and algorithms for ensuring communication between individual means of communication and the central server

of mining personnel // ISSN 2181-8193 «Fan va texnologiyalar taraqqiyoti» ilmiy – texnikaviy jurnali, №2, 2024, 231-236 betlar
9. Cao, P., Liu, J., Wang, H., Wang, Y., Liu, X., Wang, D. Uncertainty analysis of digital twin model of mine ventilation system. Scientific Reports, 2024, Vol. 14, Article 26558. doi: 10.1038/s41598-024-77978-3.
10. Kalandarov I.I., Nasimov R., Namozov N.N. Testing the Technology and Reliability of Using the Zigbee Network in Underground Mining Operations. In: Koucheryavy, Y., Aziz, A. (eds) Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. ruSMART NEW2AN 2024 2024. Lecture Notes in Computer Science, vol 15555. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95296-8_14
11. Zhang, K., Yang, X., Li, H. Intelligent decision-making for mine ventilation systems based on graph neural network and deep reinforcement learning fusion. Scientific Reports, 2026, Vol. 16, Article 6704. doi: 10.1038/s41598-026-37347-8.
12. Kalandarov I.I., Khojiev A.H., Namozov, N.N., & Khayrullayev, M. Mathematical Model and Algorithm for Calculating Natural and Geological Conditions Affecting the Safety of Workers in Underground Mining //Proceedings of the 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems. – 2024. – С. 394-397.
13. Kalandarov I.I., Bozorov B.N., Namozov N.N. Konchilik sanoati obyektlarida faoliyat olib boruvchi xodimlar jismoniy xolati va sog‘ligi haqidagi axborotlarni ekvivalent o‘zgartirish algoritmi // Academic Research in Educational Sciences, Vol.5, Issues 7-8, 2024, PP.108-118
14. Namozov N. Chiziqli filtrlarga asoslangan raqamli signallarni qayta ishlashning parallel algoritmlari //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2025. – №. 3. – С. 72-79.
15. Kalandarov I.I., Bozorov B.N., Hojiev A.M., Namozov N.N. // Scientific foundations of an automated cyber-physical system for ensuring occupational safety in underground mines based on digital signal processing // Monograph — T.: Publishing. «Science algorithm» ISBN 978-9910-774-57-7, 2025, 180 pages
16. Kalandarov I.I., Namozov N.N. A model for ensuring the safety of personnel operating in underground mines using the linear extrapolation method // «International conference on analysis of mathematics and exact sciences» Volume 01, Issue 01, 2024, 121-125 pp.
17. Kalandarov I.I., Namozov N. N. Yer osti konlarida xodimlarni xavfsizligini ta’minlash individual qurilmalaridagi signallar kechikish vaqtini aniqlash modeli //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2024. – №. 1. – С. 33-36 betlar

18. Namozov N.N. Datchik qurilmalaridan olingan ma’lumotlarni qayta ishlashda neyron tarmoqlarining matematik va cnn arxitektura modellar tahlili //International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. – 2025. – T. 6. – №. 1. – C. 68-75.
19. Kalandarov I.I., Bozorov B.N., Namozov N.N. Sanoat korxonalarida xodimlar havfsizligini ta’minlashning axborot tizimlari tahlili va asosiy ko‘rsatkichlar // ISSN 2181-7383 «O‘zbekiston konchilik xabarnomasi» ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali, №2(93), 2023, 120-123 betlar

O‘UK: 677.021.164.037.31.001.76

JUNNI DASTLABKI ISHLASH USKUNALARIDA TOLA SHIKASTLANISHIGA TA’SIR ETUVCHI OMILLARNING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI TADQIQOTLAR TAHLILI

Qarshiyev Davronjon Erkin o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistent
Yormamatov To‘lqin Choriqul o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistent:

Annotatsiya. Ushbu maqolada junni dastlabki ishlash uskunalarida tola shikastlanishiga ta’sir etuvchi omillarning nazariy va amaliy asoslari tadqiqotlar tahlili olib borilgan.

Kalit so‘zlar: jun, tola, dag‘al, mayin, xomashyo, xususiyat, xossa, titish, tozalash, yuvish.

Аннотация. В данной статье анализируются теоретические и практические основы исследования факторов, влияющих на повреждение волокон в оборудовании для первичной переработки шерсти.

Ключевые слова: шерсть, волокно, грубое, тонкое, сырье, свойство, характеристика, расчесывание, очистка, стирка.

Abstract. This article analyzes the theoretical and practical foundations of research into factors influencing fiber damage in wool primary processing equipment.

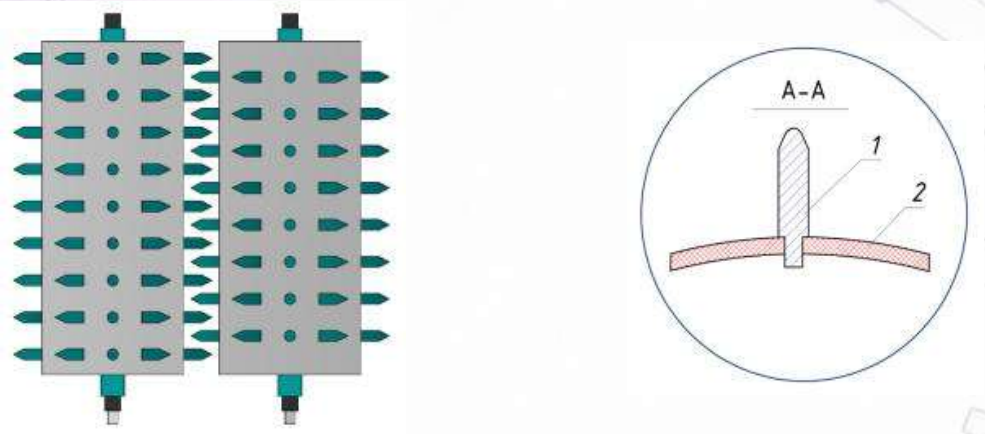
Keywords: wool, fiber, coarse, fine, raw material, property, characteristics, combing, cleaning, washing.

KIRISH.

Junni qayta ishlashda, ya’ni titish, tozalash, yuvish, quritish, presslash jarayonlari murakkab jarayon hisoblanadi. Bu bosqichlarda jun tolasining shikastlanish holatlari ham ko‘p kuzatiladi. Bu esa o‘z navbatida junni qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish, eng yangi texnika va texnologiyani joriy qilish, qo‘l mehnatida bajariladigan ishlarni mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish sohasida katta ishlar talab qiladi. Jahonda tabiiy to‘qimachilik tolalariga bo‘lgan ehtiyojning ortishi jun tolasini qayta ishlash texnika va texnologiyasini o‘rganishni talab qiladi. Shu bois junni qayta ishlash jarayonini takomillashtirish bo‘yicha dunyoda ko‘plab olimlar tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

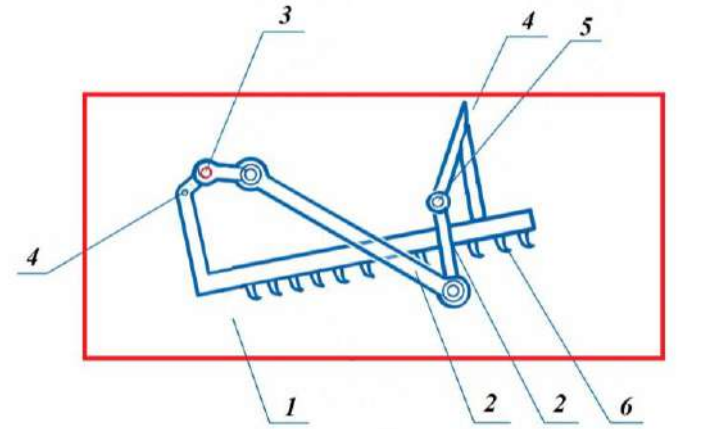
Farxod Dadaboyev mahalliy dag‘al junni titish-tozalash uskunasining qoziqchalar sonini ko‘paytirgan va joylashuvini takomillashtirgan. Bunda ikkita parallel joylashgan qoziqchali barabanlarni yaqin joylashtirib junni titish jarayonini yaxshilashga erishilgan, lekin qoziqchalar soni keskin oshishi natijasida tola shikastlanishi, uzun tolalarni uzilish holatlari ko‘payib ketgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Qoziqchali barabanni qoziqchalar joylashuvi va tuzilishi 1-qoziq; 2-baraban yuzasi.

Shi Jian tomonidan junni tozalash va ishlab chiqarish liniyasida zarar yetkazmaydigan, changdan hamda iflosliklardan tozalash moslamasini taklif qilgan. Zarar yetkazmasdan junni chang va ifloslikdan tozalash moslamasi korpus 1, harakatlanuvchi aylanuvchi kulachok 2, val korpusida joylashgan sobit plastinka 3, tirsak korpusli kronshteyn 4, biriktiruvchi, bog‘lovchi sterjen 5, titish qoziqchalaridan 6 iborat. Bu uskunaning avzalliklari shundaki, junga ta’sir qiluvchi mexanik kuch junni shikastlanmaydi, aksincha, junni tozalash samaradorligi va tozalangan junning sifati yaxshilangan.

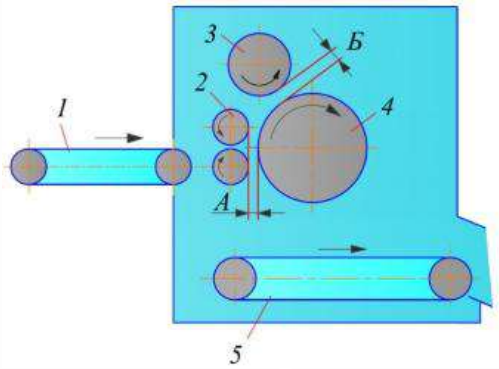


2-rasm. Junni titish va iflosliklardan tozalash qurilmasi. 1-korpus; 2-harakalantiruvchi kulachok; 3-plastinka; 4- tirsak kronshteyn; 5-bog‘lovchi sterjen; 6-titish qoziqchalari

Hu Bin junni titish qurilmasini takomillashtirgan. Jun tolasi titish kamerasiga uzatilganda ta’minlash mexanizmini ta’siri natijasida jun tolasi shikastlanish holati kuzatilgan. Ta’minlash va savash jarayonida junga yetkazilgan zararni kamaytirish uchun izlanishlar olib borgan. Savash jarayonida junga yetkazilgan zararni kamaytirish uchun diametri kattaroq valik qo‘llanilgan. Bu orqali to‘liq muammo yechimi topilmagan va natijaga erishilmagan.

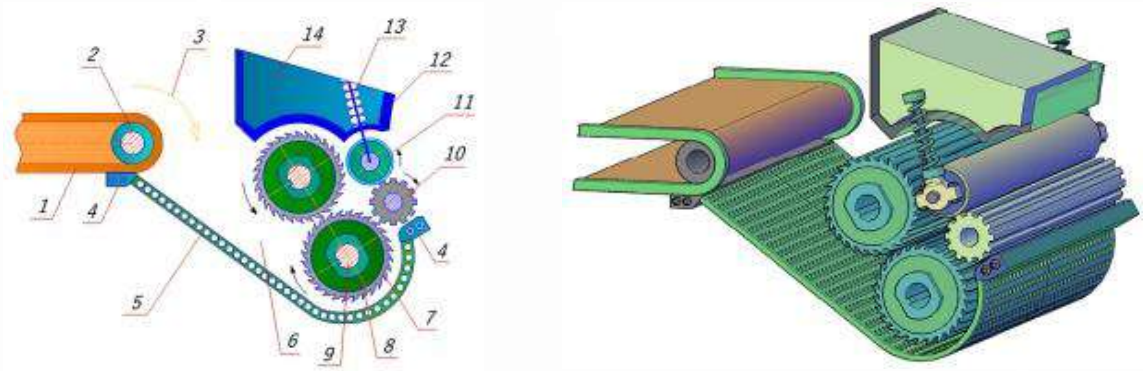
ISSN 3030-3907

S.I.Shvesov va V.M.Koldaevlar jun tolasini titish uskunasini ta’minlash mexanizmini takomillashtirgan. Bunda ta’minlash mexanizmiga bosimli baraban o‘rnatilgan (3-rasm).



3-rasm. Jun tolasini mexanik titish moslamasi.
1-ta’minlovchi konveyr; 2-ta’minlovchi valik juftligi; 3-bosimli baraban; 4-arra pichoqlaridan tayyorlangan ishchi baraban; 5-chiqarish konveyri.

Davron Jurayev tomonidan junni titish-tozalash uskunasining ta’minlash mexanizmi takomillashtirilgan. Bu orqali tadqiqotchi jun tutamini uskunaga tiqilib qolishi, ta’minlovchi valikka o‘ralib qolish kabi muammolarni bartaraf qilishga erishgan. Jun tutami ta’minlash transportyori orqali qiya o‘rnatilgan xomashyo bunkeriga tushadi, bunkerdan bir-biriga qarama-qarshi aylanuvchi ta’minlovchi valiklar jun hajmini siquvchi valiklarga uzatadi, siqish roliklari jun hajmini kichraytirib, tig‘islab titish-tozalash ishchi kamerasiga uzatib beradi. Bu ishda ta’minlash jarayoni yaxshilangan, lekin tolani shikastlanish holati chuqur o‘rganilmagan.

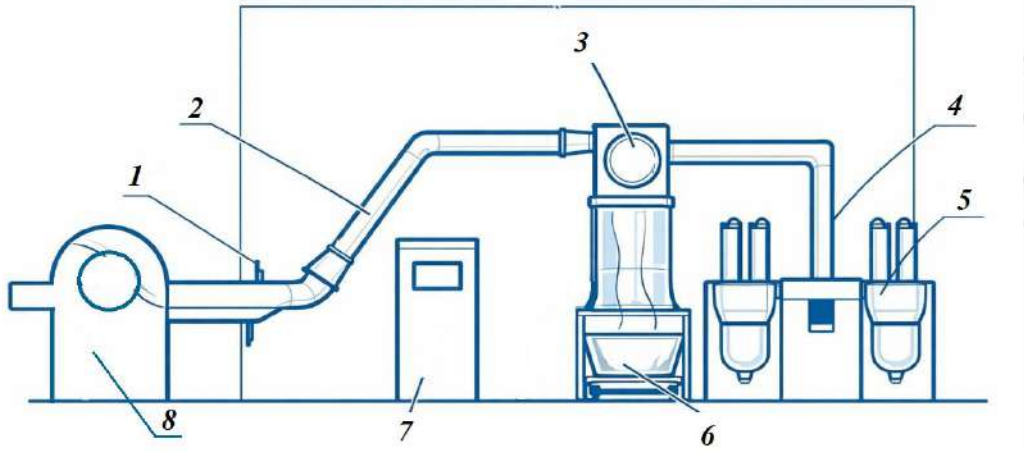


4-rasm. Takomillashtirilgan ta’minlash mexanizmi
1-ta’minlovchi transportyor; 2-yetaklovchi rolik; 3-tola kirish novi; 4-mahkamlash brusi; 5-tebranuvchi panjara; 6-xomashyo bunkeri; 7-ta’minlash valigi; 8-qistirma; 9-val; 10-ta’minlovchi riflali silindr; 11-silliq yuzali silindr; 12-o‘q; 13-prujina;
14-korpus qismi.

Zhang Jia Gang jun tutamini titish va iflosliklardan tozalash moslamasini takomillashtirgan. Uskunada quvur liniyasi orqali ketma-ket ulangan jun tutamini

ISSN 3030-3907

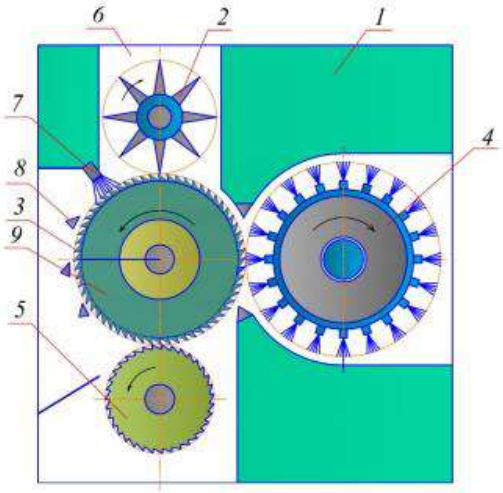
titgich, jun kondensori va ifloslikni tozalagichdan iborat. Jun kondensori va changni tozalagich yig‘ish kamerasida joylashgan, junni titish uskunasining chiqarish novi yig‘ish kamerasi orqali o‘tadi. Bu uskuna jundagi qoldiq ifloslik qotishmani samarali ravishda olib tashlaydi va jundan olinadigan keyingi mahsulotlarning qayta ishlash sifatini kafolatlaydi, tuzilishi sodda va ishlatish oson hamda jun tolalariga zarar yetkazmaydi.



5-rasm. Junni dastlabki ishlash texnologiyasi.

1-chang chiqish novi; 2-tola harakatlanish quvuri; 3-aralashtirish barabani; 4-yuvish qurilmasi; 5-siqish uskunasi; 7-presslash uskunasi; 8-titish uskunasi.

S.M.Elmonov junni o‘simlik aralashmalaridan tozalashda qiyin ajraluvchi iflosliklardan tozalash maqsadida arra diskli va uruvchi valikdan foydalanib, qisman ifloslikdan tozalashga erishgan. (6-rasm).



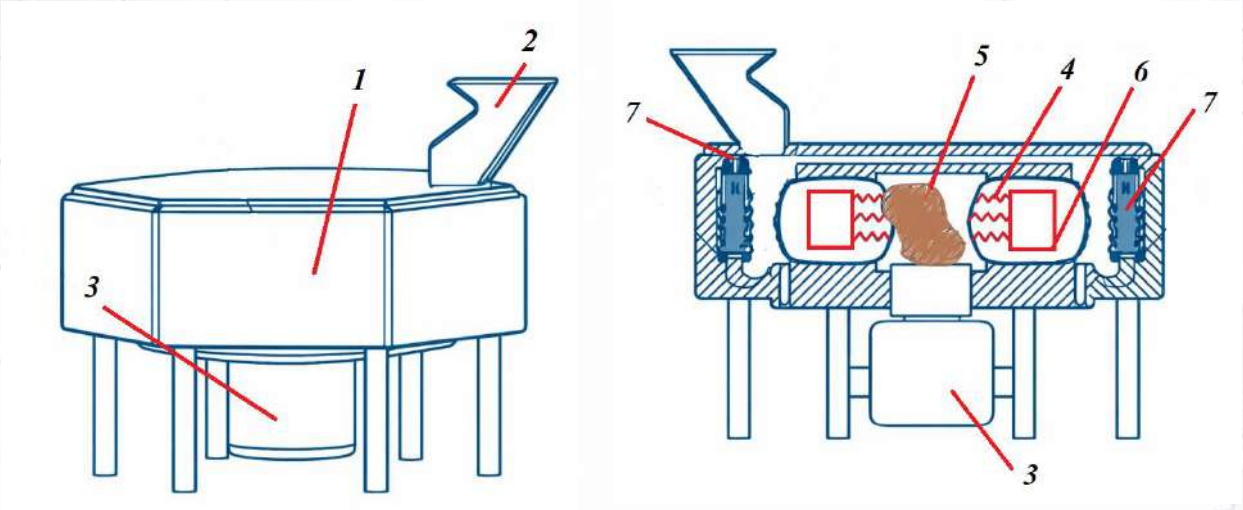
6-rasm. Junni o‘simlik aralashmalaridan tozalash uskunasi

1-korpus; 2- ta’minlash valigi; 3- arrali silindr; 4- ajratuvchi baraban; 5- urib tushiruvchi valik; 6-ta’minlash bunkeri; 7- ilashtiruvchi cho‘tka; 8-ajratuvchi kolosniklar; 9- arrali silindrni hosil qiluvchi disk.

Chjuo Xiaoli junni tozalash va quritish uskunasini takomillashtirgan. Junni tozalash uskunasi boshqaruv mexanizmi, issiq havo berish mexanizmi, issiq havoni rostlovchi qurilma, siqish uchun ishlatiladigan tozalash mexanizmi va junni magnit

ISSN 3030-3907

bilan tozalash mexanizmidan iborat. Bu uskunaning kamchiligi, issiq havo harorati oshishishi natijasida junning kuyishi, siqish jarayonida esa yorilib shikastlanadi.



7-rasm. Junni quritish moslamasi.

1-korpus; 2-ortiqcha issiq havo chiqish novi; 3- generator; 4-issiq havo; 5-jun tolasi; 6-issiq havoni ushlab turish pechi; 7- issiqlik hosil qiluvchi tent va spiral;

XULOSA. Bugungi kunda jun tolasiga shikast yetkazmasdan dastlabki qayta ishlash jarayoni korxonalar oldidagi muhim vazifa hisoblanadi. Jun tolasini mustahkamlik darajasini saqlab qolgan holatda unga mexanik va kimyoviy usulda ishlov berish, tozalash, yuvish, presslash va tashish shu sohada ilmiy izlanishlar,o‘rganishlarni talab qilib kelmoqda. Mintaqadan kelib chiqib iqlim sharoitlarida ifloslik miqdorini aniqlash, uning ko‘rsatgichlari asosida yangi uskunalarni, konstruksiyalarni loyihalash lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Урозов М.К., Тошбеков О.А., Рахимова К., Бобомуродов Э. Жун толаси диаметри ва нотекислиги аниқлаш. Eurasian Journal Of Academic Research. 2022. Vol 2, № 13. P. 789–791.

2. О.А.Тошбеков. Маҳаллий дағал жун толаси асосида нотўқима матолар олиш технологиясини ишлаб чиқиш. Дис.…т.ф.ф.д.-Тошкент, Пахтасаноат илмий маркази, 2023. 22-47 б.

3. С.М.Элмонов. Жунни ўсимлик аралашмаларидан тозалаш машинасининг самарали конструкциясини ишлаб чиқиш ва ишчи параметрларини асослаш: Дис.…т.ф.ф.д.-Тошкент, ТТЕСИ, 2018. -25-26 б.

4. D.Jurayev, “Mahalliy dag‘al jun tarkibidagi mayda va yirik iflosliklarni tozalash texnologiyasini takomillashtirish”, // “Agro-Ilm” // Agrar-iqtisodiy ilmiy-amaliy jurnali, // №4[92], 2023. 94-95 б.

5. D.Jurayev, “Junni tozalash agregatiga cho‘tkali baraban o‘rnatish hisobiga tozalash samaradorligini oshirish”, // “Agro-Ilm” // Agrar-iqtisodiy ilmiy-amaliy jurnali, // Maxsus son (2) [93], 2023. 76-77 б.

ISSN 3030-3907

6. Д.Жураев, М.Урозов, Н.Ураков, “Жунни титиш-тозалаш ускунасини таъминлаш механизмини такомиллаштириш орқали унинг иш унумдорлигини ошириш”// Наманган МҚИ, // Механика ва технология илмий журнали //Маҳсус сон №1/2023 й. 25-29 б.
7. Жураев Д.А., Урозов М.К., Янгибоев Р.М. Совершенствование прядильно-очистительного узла шерстяного волокна // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2023. 7(112). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15725 (дата обращения: 14.07.2023)
8. D.A.Jo‘rayev, M.K.Urozov. “Cleaning the wool fiber from foreign impurities by installing a brush drum in the unwashed wool cleaning equipment” Journal of Textile and Fashion Technology (JTFT) Vol. 13, Issue.2, 5 –8 © TJPRC Pvt. Ltd. Published: Dec 2023, 5-8 c.

ISSN 3030-3907

UO‘T 631.316.4

TAKOMILLASHGAN CHIZEL-KULTIVATORNING DALA YUZASINI TEKISLAYDIGAN MOSLAMASI TEKISLAGICHINING PARAMETRLARINI ASOSLASH BO‘YICHA O‘TKAZILGAN NAZARIY TADQIQOTLARNING NATIJALARI

B.B. Rajabov
BuxDTU
E-mail: bobrajabov@gmail.com
Tel: 88 870 69 91
Sh.Sh. Nasimov.
BuxDTU
E-mail: shaxzodnasimov831@gmail.com
Tel: 88 238 70 76

Abstract. This article presents the results of theoretical studies conducted to substantiate the parameters of the leveling device of an improved chizel cultivator designed for field surface leveling. The factors influencing the operation of the leveler were analyzed, and its optimal geometric dimensions and operating modes were determined. Based on theoretical analysis, the possibilities of improving field surface leveling quality, ensuring uniform soil distribution, and enhancing the energy efficiency of the machine were evaluated. The obtained results contribute to improving the agrotechnical performance of the chizel cultivator and the quality of soil tillage.

Keywords: chizel cultivator, leveler, field surface, soil tillage, design parameters, technological parameters, theoretical research, agrotechnical indicators, soil leveling, energy consumption, working body, soil layers.

Аннотация. В данной статье представлены результаты теоретических исследований по обоснованию параметров выравнивающего устройства усовершенствованного чизельного культиватора, предназначенного для выравнивания поверхности поля. Проведен анализ факторов, влияющих на работу выравнивателя, определены его рациональные геометрические размеры и режимы работы. На основе теоретического анализа оценены возможности повышения качества выравнивания поверхности поля, равномерного распределения почвы и улучшения энергетических показателей агрегата. Полученные результаты способствуют повышению агротехнических показателей чизельного культиватора и качества обработки почвы.

Ключевые слова: чизельный культиватор, выравниватель, поверхность поля, обработка почвы, конструктивные параметры, технологические

параметры, теоретические исследования, агротехнические показатели, выравнивание почвы, энергозатраты, рабочий орган, слои почвы

Annotatsiya. Mazkur maqolada takomillashgan chizel-kultivatorning dala yuzasini tekislaydigan moslamasi tekislagichining asosiy konstruktiv va texnologik parametrlarini asoslash bo‘yicha olib borilgan nazariy tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Tadqiqot davomida tekislagichning ish jarayoniga ta’sir etuvchi omillar tahlil qilinib, uning samarali ishlashini ta’minlovchi geometrik o‘lchamlari hamda ish rejimlari aniqlangan. Nazariy tahlillar asosida tekislagichning dala yuzasini sifatli tekislash, tuproqning ag‘darilgan qatlamlarini bir tekis taqsimlash va agregatning energetik ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkoniyatlari baholangan. Olingan natijalar chizel-kultivatorning agrotexnik ko‘rsatkichlarini oshirish hamda tuproqqa ishlov berish sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: chizel-kultivator, tekislagich, dala yuzasi, tuproqqa ishlov berish, konstruktiv parametrlar, texnologik parametrlar, nazariy tadqiqotlar, agrotexnik ko‘rsatkichlar, tuproq tekisligi, energiya sarfi, ishchi organ, tuproq qatlamlari.

KIRISH.

Hozirgi vaqtda Respublikamizda yerlarga asosiy va ekish oldidan ishlov berishda MX-255, T 7060, AXION-950C, AXION-850, PUMA, T 7.315 kabi yuqori quvvatli traktorlar keng qo‘llanilmoqda. Ammo ular yerlarga ekishdan oldin ishlov berishda ko‘p hollarda xo‘jaliklarda mavjud bo‘lgan ChKU-4 va xo‘jaliklarning o‘zlarida tayyorlangan yasama chizel-kultivatorlar va boshqa shunga o‘xshash mashinalar bilan ishlatilib kelinmoqda. Lekin bu chizel-kultivatorlarning qamrash kengligi kichikligi (3-4 m) sababli ular yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan yuqori quvvatli traktorlarni to‘liq yuklanish bilan ishlashini ta’minlay olmaydi. Natijada yerlarga ekishdan oldin ishlov berishga ortiqcha mehnat, yonilg‘i va boshqa xarajatlar sarflanmoqda.

Ta’kidlanganlardan kelib chiqqan holda QXMITIda yuqori quvvatli traktorlar bilan ishlatish uchun takomillashgan keng qamrovli chizel-kultivator ishlab chiqildi [1,2]. U o‘rta va o‘ng hamda chap yon sektsiyalardan tashkil topgan bo‘lib, yon sektsiyalar markaziy sektsiya bilan sharnirli bog‘langan va gidrotsilindrlar vositasida ish holatidan transport holatiga va transport holatidan ish holatiga o‘tkaziladi. Lekin ishlab chiqilgan takomillashgan keng qamrovli chizel-kultivator yumshatkich va o‘qyoysimon panjalar bilan jihozlanganligi bois ish jarayonida tuproqni faqat yumshatadi va dala yuzasini tekislash va unda mayin tuproq qatlamini hosil qilish uchun borona va mola-tekislagich bilan qo‘shimcha ishlov beriladi. Bu tuproqni ortiqcha zichlanishi, mehnat va boshqa xarajatlarni, shu jumladan yonilg‘i sarfini ortishiga olib keladi. Shulardan kelib chiqqan holda yerlarni biryo‘la ekishga tayyorlashni ta’minlash maqsadida keng qamrovli chizel-

ISSN 3030-3907

kultivatorga dala yuzasini tekislaydigan va unda mayin tuproq qatlamini hosil qiladigan moslama (keyingi o‘rinlarda moslama) ishlab chiqildi va uning parametrlarini asoslash bo‘yicha tadqiqotlar olib borildi.

O‘tkazilgan ilmiy-texnik adabiyotlar hamda patent-informatsion materiallar tahlili asosida takomillashgan keng qamrovli chizel-kultivatorga moslama tekislagichlar va plankali g‘altakmolalardan tashkil topgan etib ishlab chiqildi (1-rasm).

Tekislagichlar takomillashgan keng qamrovli chizel-kultivatorning har bir yumshatkich panjasining orqasi(izi)ga, g‘altakmolalar esa uning har bir sektsiyasiga alohida o‘rnatiladi. Tekislagichlar parallelogramm mexanizmlar, g‘altakmolalar esa tortqilar vositasida keng qamrovli chizel-kultivatorning ramasi bilan sharnirli bog‘langan.

Ish jarayonida moslamaning tekislagichlari keng qamrovli chizel-kultivatorning yumshatkich va o‘qyoysimon panjalaridan hosil bo‘lgan bo‘ylama do‘ngliklarni egatlarga surib dala yuzasini tekislaydi, g‘altakmolalari esa tuproqni talab darajasida zichlaydi va dala yuzasida mayin tuproq qatlamini hosil qiladi.

Ushbu maqolada moslama tekislagichining parametrlarini asoslash bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarning natijalari keltirilgan.

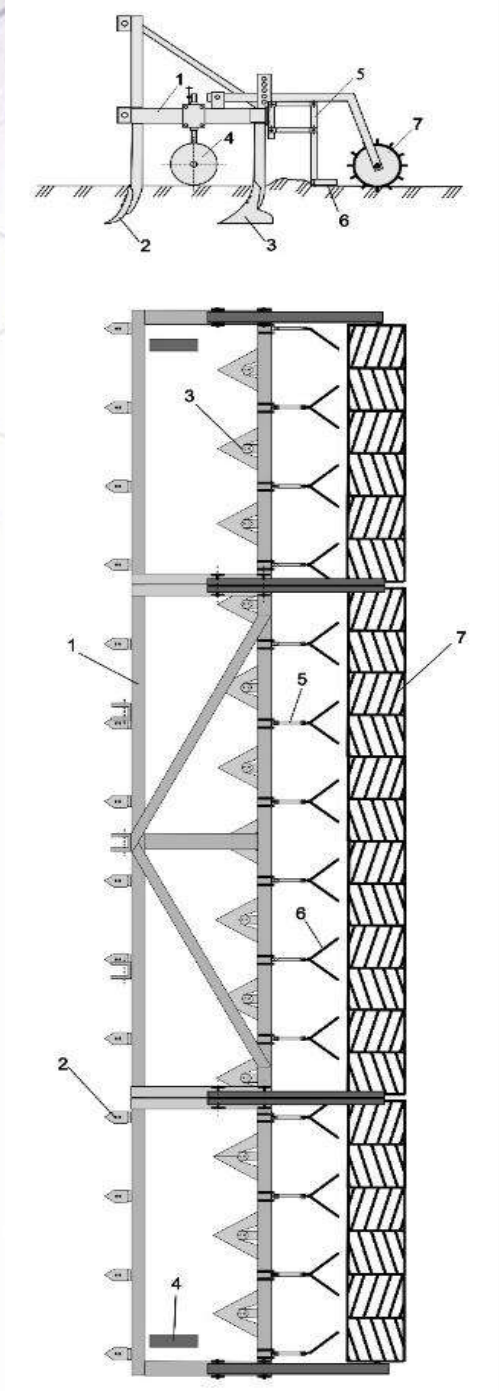
2-rasmda moslama tekislagichining sxemasi va asosiy parametrlari keltirilgan. U parallelogramm mexanizm 1, unga ustun 2 yordamida o‘rnatilgan tekislagich 3 va uning o‘ng 4 va chap 5 qanotlaridan tashkil topgan. Quyidagilar uning asosiy tadqiq etiladigan parametrlari hisoblanadi:

- tekislagichning ochilish burchagi 2γ, °;
- tekislagichnig qamrash kengligi B_t, mm;
- tekislagichning balandligi H_t, mm.

Nazariy tadqiqotlarning natijalari. Tekislagichning ochilish burchagini uning ishchi sirtlariga tuproq yopishmasligi hamda u tortishga kam qarshilik ko‘rsatish shartlaridan quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlandi[3]

$$2\gamma=90°-\varphi_1, \qquad (1)$$

ISSN 3030-3907



1-rama; 2-yumshatkich panja; 3-o‘qyoysimon panja; 4-tayanch g‘ildirak; 5-parallelogramm mexanizm; 6-tekislagich; 7-plankali g‘altakmola

1-rasm. Moslama bilan jihozlangan keng qamrovli chizel-kultivatorning sxemasi

bunda φ_1–tuproqning tekislagich qanotlarining ishchi sirtlariga ishqalanish burchagi, °.

Tekislagichning qamrash kengligini aniqlash uchun tuproq bo‘laklarining uning o‘ng qanotlaridan tushgandan keyingi harakatini tadqiq etamiz (3-rasm).

Tekislagich I holatdan II holatga o‘tganda uning o‘ng qanoti bilan M_1 nuqtada uchrashgan tuproq bo‘lagi M_2 nuqtada undan tushadi va $V_A = V\dfrac{\sin\gamma}{\cos\varphi_1}$ (bunda V – agregatning harakat tezligi, mG‘s) boshlang‘ich tezlik bilan o‘z harakatini davom ettirib, X o‘qi bo‘yicha L masofani bosib o‘tib, M_3 nuqtada egat tubiga kelib tushadi.

Tekislagichning qanotidan tushgan tuproq bo‘lagi bosib o‘tadigan L masofani quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlaymiz [4]

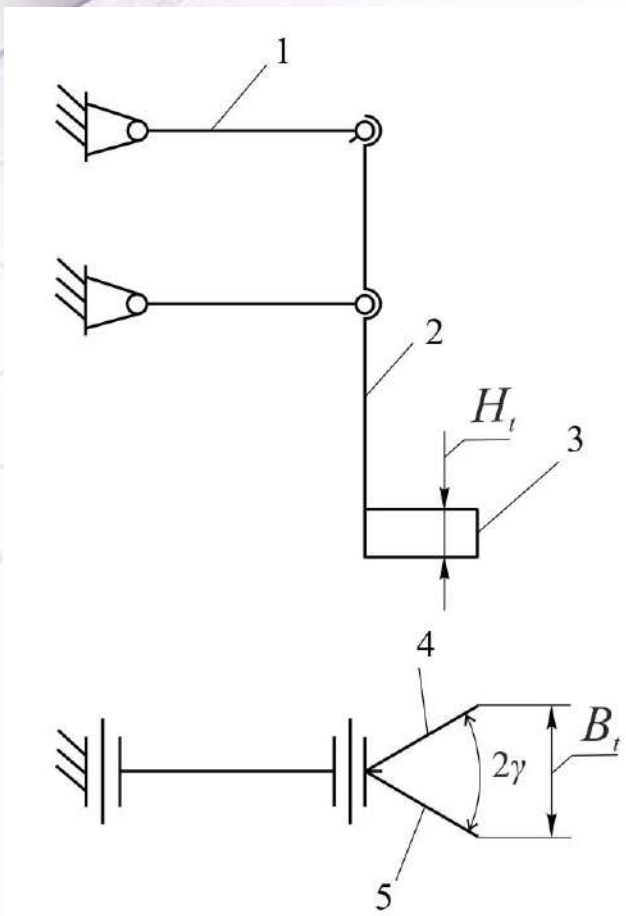
$$L = kV_A\sqrt{\frac{2h_н}{g}} = kV\sqrt{\frac{2h_н}{g}}\,\frac{\sin\gamma}{\cos\varphi_1}, \qquad (2)$$

bunda k – tuproq bo‘laklarining birgalikda harakatlanishini hisobga oladigan koeffitsient;

$h_н$ – keng qamrovli chizel-kultivatorning ish organlairdan dala yuzasida hosil bo‘ladigan notekisliklarning balandligi, m;

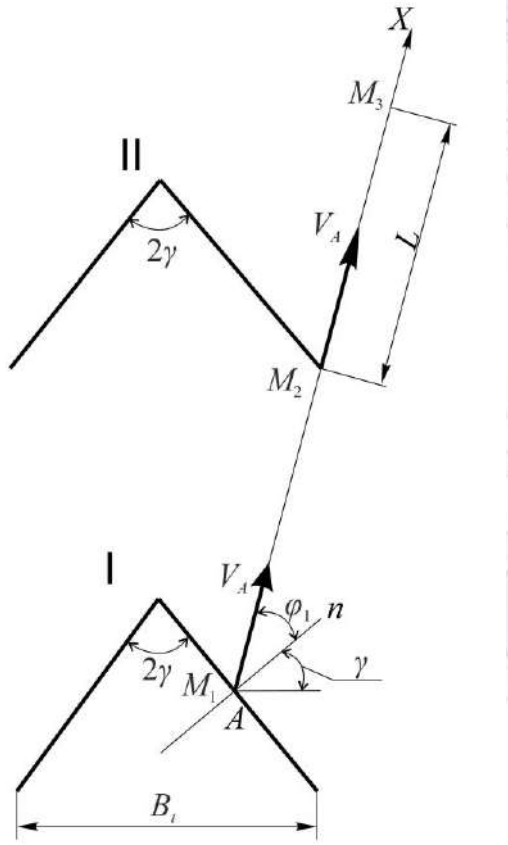
g – erkin tushish tezlanishi, m/s.

ISSN 3030-3907



1-parallelogramm mexanizm; 2-ustun, 3-tekislagich, 4,5-tekislagichning o‘ng va chap qanotlari

2-rasm. Moslama tekislagichining sxemasi



3-rasm. Tuproq bo‘lagini tekislagichning o‘ng qanotidan tushgandan keyingi harakatini tadqiq etishga doir sxema

Dala yuzasi sifatli tekislanishi uchun quyidagi shart bajarilishi lozim

$$B_t + 2L\cos(\gamma + \varphi_1) = M, \qquad (3)$$

bunda M – keng qamrovli chizel-kultivatorning o‘qyoysimon panjalari orasidagi ko‘ndalang masofa, m.

(3) ni B_t ga nisbatan echib hamda (2) ni hisobga olgan holda quyidagi natijaga ega bo‘lamiz

$$B_t = M_k - 2kV\sqrt{\frac{2h_н}{g}}\frac{\sin\gamma}{\cos\varphi_1}\cos(\gamma + \varphi_1). \qquad (4)$$

Tekislagichning balandligini quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlaymiz

$$H_t \geq 0{,}5h_н. \qquad (5)$$

Bu shart bajarilganda tekislagich tomonidan keng qamrovli chizel-kultivatorning ish organlaridan hosil bo‘lgan notekisliklar do‘nglik(marza)larining yuqori qismini ularning egatlariga to‘liq surilishi va demak notekisliklarning to‘liq bartaraf etilishi ta’minlanadi.

ISSN 3030-3907

(1), (4) va (5) ifodalarga $\varphi_1 = 30°$, $M = 0{,}45$ m, $k = 2$, $V = 1{,}7\text{-}2{,}2$ m/s, $h_n = 0{,}11$ m, $g = 9{,}81$ m/s^2, va $\gamma = 30°$ qiymatlarni qo‘yib, tekislagich qanotlarining ochilish burchagi 60°, qamrash kengligi 7-16 cm oralig‘ida va balandligi kamida 5,5 cm bo‘lishi lozimligini aniqlaymiz.

XULOSA.

O‘tkazilgan nazariy tadqiqotlar natijalari bo‘yicha keng qamrovli chizel-kultivatorga ishlab chiqilgan dala yuzasini tekislaydigan va unda mayin tuproq qatlamini hosil qiladigan moslama tekislagichi qanotlarining ochilish burchagi 60°, qamrash kengligi 125 mm va balandligi 60 mm bo‘lganda kam energiya sarflagan holda dala yuzasidagi notekisliklarni talablar darajasida sifatli tekislanishi ta’minlanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. To‘xtaqo‘ziev A., O‘sarov M., Nabixo‘jaeva N. Yuqori quvvatli traktorlarga keng qamrovli chizel-kultivatorlar G‘G‘ Iqtisodiyot tarmoqlarini ta’min-lovchi fan, ta’lim hamda modernizatsiyalashgan energiya va resurstejamkor texnologiyalar, texnika vositalari: muammolar, echimlar, istiqbollar respublika ilmiy-texnik anjumani. – Jizzax, 2016. -225-228 b.
2. To‘xtaqo‘ziev A., Mansurov M., Nazarov A. Keng qamrovli chizel-kultivator G‘G‘ O‘zbekistonning janubiy hududlarida boshoqli don ekinlari selektsiyasi, urug‘chiligi va etishtirish agrotexnologiyalarining holati va rivojlantirish istiqbollari: Xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiyasi ilmiy maqolalar to‘plami. – Qarshi, 2018. – B. 128-131.
3. Klenin N.I., Sakun V.A. Selskoxozyaystvenno‘e i meliorativno‘e mashino‘. – Moskva: Kolos, 1994. – 751 s.
4. Rudakov G.M. Texnologicheskie osnovo‘ mexanizatsii seva xlopchatnika. – Toshkent: Fan, 1974. – 215 s.
5. O‘zDSt 3412:2019 “Qishloq xo‘jaligi texnikasini sinash. Tuproq yuzasiga ishlov beruvchi mashinalar va qurollar. Sinov dasturi va usullari” G‘G‘ Rasmiy nashr. – Toshkent, 2019. – 52 b.
6. O‘zDSt 3193:2017 “Qishloq xo‘jaligi texnikasini sinash. Mashinalarni energetik baholash usuli” G‘G‘ Rasmiy nashr. – Toshkent, 2017. – 21 b.
7. B.B. Rajabov., Sh.Sh. Nasimov. Takomillashgan chizel-kultivatorning dala yuzasini tekislaydigan moslamasi tekislagichining parametrlarini asoslash bo‘yicha o‘tkazilgan nazariy tadqiqotlarning natijalari.
8. Keng qamrovli chizel-kultivatorga dala yuzasini tekislaydigan va unda mayin tuproq qatlamini hosil qiladigan moslama tekislagichi qanotlarining ochilish burchagi, qamrash kengligi va balandligining kam energiya sarflagan holda yuqori ish sifatini ta’minlaydigan qiymatlarini asoslash bo‘yicha nazariy tadqiqotlar o‘tkazilgan.

ISSN 3030-3907

9. Б.Б Ражабов., Ш.Ш. Насимов. Результаты исследований по обоснованию параметров выравнивателя приспособления к широкозахватному чизель-культиватору для выравнивания поверхности поля и создания на ней мелкокомковатого слоя почвы.
10. Проведены теоретические исследования по обоснованию значения угла раствора крыльев, ширины захвата и высоты выравнивателя приспособления к широкозахватному чизель-культиватору для выравнивания поверхности поля и создания на ней мелкокомковатого слоя почвы, обеспечивающие высокое качество работы при малых затратах энергии.
11. B.B. Rajabov., Sh.Sh. Nasimov. The results of research to substantiate the parameters of the leveler for adaptation to a wide-range chisel cultivator for leveling the field surface and creating a ыщае soil layer on it.
12. Theoretical studies were carried out to substantiate the value of the angle of the wing solution, the width of the grip and the height of the leveler of the device to the wide-grip chisel cultivator for leveling the field surface and creating a finely lumpy soil layer on it, which ensure high quality of work with low energy costs.

ISSN 3030-3907

УДК 662.997.697

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С СОЛНЕЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ

Хамраев Талиб Ярашевич
Каршинский государственный технический университет,
E-mail: t.khamrayev@ bk.ru

Annotatsiya. Hozirda kundan-kunga energiya resurslariga bo‘lgan talab oshib bormoqda, energiyaga bo‘lgan talabdan kelib chiqib xususan O‘zbekiston Respublikasida ham qayta tiklanuvchi energiya manbalarining salmog‘i keskin oshib bormoqda qo‘shimcha isitish yukini va passiv quyosh isitish tizimiga ega binolarning iqtisodiy samaradorligini aniqlash uchun analitik hisoblash usuli ko‘rib chiqiladi. Nazariy va eksperimental tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, isitish yukini passiv quyosh isitish tizimlari bilan to‘liq ta'minlash iqtisodiy jihatdan foydali emas va har qanday tizimda qo‘shimcha past inertiyali issiqlik manbasini ta'minlash kerak. Passiv quyosh isitish tizimiga ega bo‘lgan 40 m^2 maydoni bo‘lgan binolar uchun analitik hisoblash usuli asosida Yillik isitish yuki, Yillik issiqlik energiyasini tejash va qo‘shimcha qurilish xarajatlarini qoplash muddati aniqlandi.

Kalit so‘zlar: quyosh energiyasi, passiv quyosh isitish tizimi, issiqlik saqlash devori, bino, isitish yuki, iqtisodiy samaradorlik.

Аннотация. В настоящее время спрос на энергетические ресурсы увеличивается с каждым днем, а в связи со спросом на энергию доля возобновляемых источников энергии резко увеличивается, особенно в Республике Узбекистан доля возобновляемых источников энергии также резко увеличивается. Рассмотрен аналитический метод расчета для определения дополнительной отопительной нагрузки и экономической эффективности зданий с пассивными системами солнечного отопления. Теоретическое и экспериментальное исследования показывают, что полное обеспечение отопительной нагрузки системами пассивного солнечного отопления экономически не выгодно и в любых системах необходимо предусматривать дополнительный малоинерционный источник тепла.

Ключевые слова: солнечная энергия, пассивная система солнечного отопления, теплоаккумулирующая стенка, здание, отопительная нагрузка, экономическая эффективность.

Annotation. The article discusses the analytical calculation method for determining the additional heating load and the economic efficiency of buildings with a passive solar heating system. Theoretical and experimental studies show that the full provision of heating load with passive solar heating systems is not economically profitable and in any systems it is necessary to provide an additional

low-inertial heat source. Based on the analytical calculation method for buildings with an area of 40 m^2 with a passive solar heating system, the annual heating load, annual energy savings for heating and the payback period for additional costs for the construction of the facility are determined. The idea of saving energy when operating buildings is popular and implemented all over the world.

Keywords: solar energy, passive solar heating system, heat storage wall, building, heating load, economic efficiency.

ВВЕДЕНИЕ.

Каждый год спрос на энергоносители растет, это связана для обеспечения социально-экономического развития и улучшения благосостояния и здоровья человека. Проблемы обеспечения энергией, возникшие в настоящее время, объясняются в основном ростом потребления первичной энергии на душу населения, ограниченными запасами наиболее качественного и удобного органического топлива-нефти и природного газа, неравномерностью его распределения, глубокой диспропорцией мировой системы добычи, распределения и потребления энергии. Ввиду из этого по вопросам использования возобновляемых источников энергии уделяются серьезное внимание.

В последние годы применение возобновляемых источников энергии резко возросло, эти источники энергии рассматриваются как существенное дополнение к традиционным и не могут быть конечны (исчерпаемы) по своей природе. Они постоянно пополняются природными циклами Земли, и пока эти циклы на Земле будут существовать, будут сохраняться возобновляемые источники энергии.

Среди возобновляемых источников энергии - солнечная энергия по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна. Солнечная энергия - это неисчерпаемый возобновляемый источник экологически чистой энергии. Годовой поток солнечного излучения изменяется в широких пределах. Так, на 1 $м^2$ горизонтальной поверхности на территории Средней Азии за год поступает 1400-1600 кВт.ч и более. Годовое число солнечного сияния равно в Узбекистане - 2815-2880 ч [1].

В Средней Азии продолжительность светового дня в июне достигает 16 ч, в декабре 8-10 ч. Здесь в году 300 солнечных дней, продолжительность солнечного сияния 2500-3100 ч в год, а летом 320-400 ч в месяц. Энергия Солнце позволило бы решать энергетические и социально-экономические проблемы таких регионов и удаленных мест. То есть вопрос об экономической возможности и эффективности необходимо решать с учетом социально-экономических условий, в том числе дефицита энергии,

ISSN 3030-3907

стоимости топлива, географических и климатических условий. Климатические условия Узбекистана, безусловно, являются наиболее благоприятными для использования солнечной энергии.

Существует два типа систем использования солнечной энергии для целей отопления: активные и пассивные. Пассивные системы не требуют затраты энергии для приведения их в действие, а при использовании активных систем необходима дополнительная энергия.

Пассивные солнечные здания являются экологически чистыми, они способствуют созданию энергетической независимости и энергетически сбалансированному будущему. В пассивных системах роль солнечного коллектора и аккумулятора теплоты обычно выполняют сами ограждающие конструкции здания, а движение теплоносителя (воздуха) осуществляется за счет естественной конвекции без применения вентилятора. Отсутствие расходов на оборудование и незначительное удорожание здания с пассивной системой солнечного отопления по сравнению с обычным зданием делает эти системы весьма перспективными и конкурентоспособными.

Преимущество системы с теплоаккумулирующей стенкой по сравнению с системой прямого обогрева через остекленные проемы - это наиболее рационально организованное поступление тепла в обогреваемое помещение, которое позволяет уменьшить потери тепла за счет уменьшения сбросового тепла из-за перегрева внутри помещения и максимального поступления его в помещение в наиболее холодное время суток.

Значительная часть солнечного излучения поглощается теплоаккумулирующей стенкой; после заката солнца, аккумулированная теплота будет способствовать поддержанию тепла в доме [3,4]. Окна системы прямого солнечного обогрева должны быть ориентированы на географический юг.

Для расчета отопительной системы здания с пассивной солнечной системой необходимо знать следующие исходные данные [2,3]:

1. Конструктивные особенности здания и ориентацию здания;
2. Характер окружающей здание местности;
3. Метеорологические данные (температура, радиация, ветер).

Собранное в течение дня солнечной энергии передается в ночные часы в помещение. Воздух прогоняют через специальные отверстия в нижней и верхней частях стены, используя для этого как естественную конвекцию, так и принудительную циркуляцию воздуха с помощью вентиляторов [1,3,4,6].

Практически систем пассивного солнечного отопления станет рентабельной при числе ясных дней не менее 60...70 % общего количества

ISSN 3030-3907

дней отопительного периода. В пасмурные дни эффективность системы пассивного солнечного отопления уменьшается на 50...60 % относительно номинальной, по сравнению с ясными днями, и в результате этого доля системы в общем балансе энергосбережения незначительна. В этом случае необходимый микроклимат поддерживают или с помощью традиционного источника отопления (например, электрические приборы) или аккумулятора теплоты. По общему определению системы пассивного солнечного отопления выполняют как функции основного конструктивного назначения (элементы здания), так и функции восприятия, аккумулирования и транспортирования тепла. Эффективность системы достаточно высока и обеспечивает до 60 % отопительной нагрузки [1,3,4].

Как показывают исследования полное обеспечение отопительной нагрузки системами пассивного солнечного отопления экономически не выгодно и в любых системах необходимо предусматривать дополнительный малоинерционный источник тепла-дублер.

Количество необходимого дополнительного тепла (от дублера) [3,4,6].

$$Q_{доп} = (1 - f)(L_A + L_W) \quad (1)$$

Именно коэффициент замещения отопительной нагрузки является функцией дополнительной энергии, которая обеспечивается дополнительным источником энергии для отопления зданий [2,3,5].

Эффективность систем пассивного солнечного отопления с аккумулятором тепла основывается на их сравнительно низкой стоимости, возможности использовать как прямую так и рассеянную солнечную радиацию, приток которой в зимнее месяцы на горизонтальную поверхность может составлять более половины от суммарной. Из этого следует, что эффективность пассивной системы удобно определять отношением тепла поступающего от солнца к общей величине тепла необходимого для создания комфортных условий в помещении или к отопительной нагрузке. С помощью конструктивных решений можно уменьшить потери тепла от аккумулятора тепла и тем увеличить эффективность системы[2,9].

Методика расчета и математическая модель пассивных систем весьма сложны, что затрудняет обоснованное проектирование сооружений с такими системами. В ряде работ отечественных и зарубежных авторов предлагались математические модели с разной степенью приближения для определения текущих значений искомых параметров. Эти модели весьма сложны и громоздки, так как должны учитывать изменяющиеся внешние условия, теплоусвоение сооружения и условия его теплообмена с внешней средой.и т.п.

ISSN 3030-3907

Эффективность пассивной системы с аккумулятором тепла или коэффициент замещения отопительной нагрузки (доля солнечной энергии к отопительной нагрузке) является сложной функцией, который определяет как технические, так и экономические показатели таких систем.

Коэффициент замещения отопительной нагрузки зданий

$$f = 1 - \frac{Q_{доп}}{L_A + L_W} = \frac{L_W + Q_{in}}{L_A + L_W} \qquad (2)$$

Среднемесячная полная отопительная нагрузка здания.

$$L_\Sigma = L_W + L_A \qquad (3)$$

Расход теплоты на отопление для i-ого месяца или среднемесячная отопительная нагрузка здания [12]:

$$L_A = UAD$$

где A - площадь здания; U - полный коэффициент тепловых потерь;

D - число градусо-дней в месяц, подсчитанные по температуре

T_r, поддерживающей в помещение (18^0C).

Потери тепла из внутреннего пространства через теплоаккумулирующей стенки

$$L_W = \overline{U}_W AD$$

Расчет коэффициента теплопередачи через теплоаккумулирующей стенки

$$\overline{U}_W = \left(\frac{1}{\overline{U}_L} + \frac{1}{U_i} + \frac{\delta}{\lambda} = \right)^{-1}$$

Средняя передача тепла через теплоаккумулирующей стенки за месяц [3,6]

$$Q_{in} = U_K A(\overline{T}_W - T_r)\Delta t N \quad (4)$$

где U_K - коэффициент теплопередачи от наружной поверхности стенки в помещение; A - площадь теплоаккумулирующей стенки;

$\overline{T}_W$ - среднемесячная температура теплоаккумулирующей стенки;

T_r - температура в помещение;

Δt - отрезок времени; N - количество дней в месяце.

Среднемесячная температура наружной поверхности теплоаккумулирующей стенки

$$\overline{T}_W = \frac{\overline{H}_T(\tau\overline{\alpha}) + (U_K T_r + U_L \overline{T}_a)\Delta t}{(U_K + U_L)\Delta t} \qquad (5)$$

где $\overline{H}_T(\tau\overline{\alpha})$ - приход тепловой энергии к единице поверхности теплоаккумулирующей стенки; $(\tau\overline{\alpha})$ - пропускающие -поглощательная

ISSN 3030-3907

способность; $\overline{T}_a$ - среднемесячная температура окружающей среды; U_L - коэффициент теплопередачи от наружной поверхности теплоаккумулирующей стенки через остекление окружающей среде, зависит от температуры, ветра и прочих условий;

Безразмерное отношение аккумулирования и сброса - отношение теплоемкости здания и стенки к тепловой энергии, которая должна быть сброшена при нулевой теплоемкости здания

$$Y = \frac{S_B + 0{,}0475 S_W}{\mathrm{Q}_C} \qquad (6)$$

Здесь S_B, S_W -теплоаккумулирующая способность здания и теплоаккумулирующая способность стенки. Q_C - сброс тепла при температуре внутри помещения превышающей допустимую.

Теплоаккумулирующая способность здания:

$$S_B = C_B(\Delta T_B)N \qquad (7)$$

где C_B - эффективная теплоемкость здания; ΔT_B - допустимое изменение температуры внутри помещения.

Теплоаккумулирующая способность теплоаккумулирующей стенки [6].

$$S_W = \frac{\rho C_p \delta^2}{2\lambda\Delta t}\mathrm{Q}_{in} \qquad (8)$$

где $\delta, \rho, C_p, \lambda$ - соответственно толщина, плотность, теплоемкость и теплопроводность материала теплоаккумулирующей стенки;

ОБСУЖДЕНИЕ. Основными достоинствами методики расчета систем пассивного солнечного отопления являются: возможность использования осредненных среднемесячных значений метерологических условий, публикуюмых соответствующими службами для различных районов; универсальность-возможность применения для расчета различных пассивных систем (например, прямого обогрева или теплоаккумулирущей стенки прямой или наклонный).

В последние годы, стоимость эксплуатации обычных отопительных систем использующих электричество, газ и нефтянные продукты, увеличилось несколько раз. Современный опыт эксплуатации большого числа экспериментальных и промышленных систем солнечного отопления свидетельствует о том, что пассивные солнечные системы обладают достаточно высокой эффективностью и позволяют обеспечить до 70 % тепла, требуемого для обогрева помещения.

ISSN 3030-3907

Ограждающие конструкции стандартных домов (стены, окна, крыши, пол) имеют довольно большой коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительным потерям: например, тепло - потери обыкновенного кирпичного здания - 250 -350 кВт·час с 1м^2 отапливаемой площади в год. Технология систем пассивного солнечного отопления предусматривает эффективную теплоизоляцию всех ограждающих поверхностей - не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента. В системе пассивного солнечного отопления формируется несколько слоёв теплоизоляции - внутренняя и внешняя. Это позволяет одновременно не выпускать тепло из дома и не впускать холод внутрь него. В результате в таких зданиях теплопотери через ограждающие поверхности не превышают 15 кВт·ч с 1 м^2 отапливаемой площади в год - практически в 20 раз ниже, чем в обычных зданиях.

Строительство зданий с системой пассивного солнечного отопления уже достаточно распространено в Германии и имеет большой успех. В зданиях не только значительно снижаются эксплуатационые расходы, а, прежде всего, создаются более благоприятные условия для жителей.

В Великобритании такое же здание должен потреблять энергии на 77 % меньше обычного дома. В Ирландии на 85 % меньше и выбрасывать в атмосферу CO_2 на 94 % меньше стандартного дома. В России энергопотребление в обычных зданиях составляет 400-600 кВт·ч/год на квадратный метр. Этот показатель предполагают снизить к 2024 году на 45 %.

В настоящее время стоимость постройки энергосберегающего дома примерно на 8-10 % больше средних показателей для обычного здания. Дополнительные затраты на строительство окупаются в течение 5-8 лет. При этом нет необходимости прокладывать внутри здания трубы водяного отопления, строить котельные, ёмкости для хранения топлива и т. д.

Аналитическое обоснование целесообразности использования систем пассивного солнечного отопления.

Расход теплоты на отопление для i-ого месяца [7]:

$$L_A = UAD$$

Годовая экономия топлива в кВт·ч составляет [8]:

$$Э_{год} = \frac{C_т f^{год} Q_н^{год}}{\eta_{т.г}}$$

где $f^{год}$ - коэффициент замещения отопительной нагрузки системы пассивного солнечного отопления, равная 0,6; $Q_н^{год}$ - годовая нагрузка теплоснабжения кВт·ч/год; $C_т$ - стоимость электрической энергии за 1кВт·ч

ISSN 3030-3907

,принимаем, равная 400 сумов; $\eta_{т.г}$ - к.п.д теплогенерирующей(электрической) установки(0,95).

Срок окупаемости [8], годы

$$\tau = \frac{C_{г.с} A}{Э_{год}}$$

где $C_{г.с}$ - удельные затраты, принимаем $400 кВт \cdot ч$ с $1м^2$ отапливаемой площади в год.

На основе приведённых формул для зданий площадью 40 $м^2$ получаем:

1. Годовая нагрузка на отопление составляет $16842 кВт \cdot ч$
2. Годовая экономия энергии на отопление составляет $10105 кВт \cdot ч$.
3. Расходы на дополнительных капитальных вложений при строительстве зданий с системой пассивного солнечного отопления 10-11млн сумов.
4. Срок окупаемости составляет 2,47-2,72 год.

Идея экономии энергии при эксплуатации зданий популярна и реализуется во всем мире. Построены экспериментальные здания с нулевым потреблением энергии (Null-Energie) [10,11] и даже с ее положительным балансом (Plus-Energie), энергетические системы которых без использования ископаемых видов топлива производят больше энергии, чем потребляют [12,13]. Однако экономическое обоснование строительства таких зданий требует экспериментальных, аналитических и натурных обследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть то, что на основании результатов расчета системы пассивного солнечного отопления позволяет дать оценку целесообразности использования получения теплоэнергии за счет солнечного излучения. Конкретные примеры расчета пассивных систем позволяют комплексно решать эти задачи в каждом случае применительно к региону строительства и особенностям климатических условий. Данная технология может служить для частичной замены топливных энергоресурсов, особенно, это актуально для регионов, в которых затруднительна подача традиционных ресурсов по географическим или экономическим соображениям**.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. “Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения”. -Т.: Фан. 1988. -288 с.
2. Авезова Н.Р, Садыков Ж.Д. “Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумулирующей стены пассивных систем солнечного отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки”. // Гелиотехника. 2012. №1. С.47-53.

ISSN 3030-3907

3. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. “Расчет систем солнечного теплоснабжения”. -М.: Энергоатомиздат. 1982. -80 с.
4. Твайдел Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. М.: Энергоиздат. 1990.-392 с.
5. Тарнижевский Б.В., Чакалев К.Н., Левинский Б.М. "Коэффициент замещения отопительной нагрузки пассивными системами солнечного отопления в различных районах СССР". // Гелиотехника. 1989. №4. С.54-58.
6. Энергоактивные здания. Под ред. Э.П.Сарнацкого и Н.П.Селиванова.-М.: Стройиздат, 1983. 376 с.
7. Шперный А.В., Чижов С.Е. Низкопотенциальные и альтернативные источники энергии.
8. Методические указания к контрольной работе «Расчет системы солнечного теплоснабжения» для студентов специальности «Теплоэнергетика». – Запорожье: Изд-во ЗГИА, 2003. – 36 с.
9. Альтернативные источники теплоснабжения: методические указания / Сост. Е.А.Иванова. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2013. – 40 с.
10. Чакалев К.Н, Садыков Ж.Д. //Гелиотехника. 1992. №4. С. 54-56.
11. Costa, A. Integrated Design Process for Affordable Net-Zero-Energy Buildings-14 / A. Costa // Internationale Passivhaustagung. – Dresden, 2010. – P. 485–488.11. Елохов, А.Е. Пассивный дом – миф или реальность / А. Е. Елохов // Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий Passive House, 11–12 апреля 2012 г. – М., 2012. – С. 115–119.
12. Ronacher, H. Passivhaus und Energie Plus Haus – Potenziale fűr Regionaltypische Architectur-14 / H. Ronacher // Internationale Passivhaustagung. – Dresden, 2010. – P. 525–526.
13. Елохов, А.Е. Развитие концепции пассивного дома. Пилотные проекты в РФ / А. Е. Елохов // Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий Passive House, 3–4 апреля 2013 г. – М., 2013. – С. 57–64.

ISSN 3030-3907

MIS OKSALATATSETATLI KOMPLEKS BIRIKMASINING HIRSHFELD YUZALARI TAHLILI

Zaripova Dinora Ibragimovna,
Xorazm Ma'mun akademyasi tayanch doktoranti
E-mail: dinora.zaripova.98@mail.ru
Abdullayeva Zubayda Shavkatovna
Urganch Ranch texnologiya universiteti Texnika kafedrasi dotsenti, PhD
E-mail: zubayda.abdullayeva.91@mail.ru
Kadirova Shaxnoza Abduxalilovna
O'zbekiston Milliy universiteti Kimyo fakulteti dekani, k.f.d., professor
Masharipov Azamat Tursinboyevich
Urganch davlat universiteti akademik litseyi Kimyo-biologiya kafedrasi mudiri, k.f.f.d. (PhD)

Annotatsiya. Yangi sintez qilingan mis oksalatatsetatli kompleks birikmasining kristall tuzilishi va molekulalararo o'zaro ta'sirlari Hirshfeld yuzalari tahlili yordamida o'rganildi. Kompleks birikmaning kristallografik ma'lumotlari asosida Hirshfeld yuzalari va ikki o'lchamli fingerprint diagrammalari qurildi hamda kristall panjaraning barqarorligini ta'minlovchi asosiy intermolekulyar kontaktlar aniqlandi. Tahlil natijalariga ko'ra, H···H, O···H/H···O va boshqa turdagi kontaktlarning kristall qadoqlanishdagi ulushi baholandi. Olingan natijalar kompleks birikmaning supramolekulyar tuzilishini chuqurroq tushunish va uning fizik-kimyoviy xossalarini izohlashda muhim ahamiyatga ega ekanligi ko'rsatildi.

Kalit so'zlar: mis kompleksi, oksalatatsetatli kompleks, Hirshfeld yuzasi, fingerprint diagrammasi, kristall tuzilish,

Аннотация. В данной работе кристаллическая структура и межмолекулярные взаимодействия оксалатацетатного комплекса меди исследованы с использованием анализа поверхностей Хиршфельда. На основе кристаллографических данных комплексного соединения были построены поверхности Хиршфельда и двумерные fingerprint-диаграммы, а также определены основные межмолекулярные контакты, обеспечивающие стабильность кристаллической решётки. Результаты анализа показали вклад контактов типов H···H, O···H/H···O и других взаимодействий в упаковку кристалла. Полученные результаты свидетельствуют о важности более глубокого понимания супрамолекулярной структуры комплексного соединения и интерпретации его физико-химических свойств.

Ключевые слова: комплекс меди, оксалатацетатный комплекс, поверхность Хиршфельда, fingerprint-диаграмма, кристаллическая структура

Abstract. In this study, the crystal structure and intermolecular interactions of a copper oxalatoacetate complex were investigated using Hirshfeld surface analysis.

Based on the crystallographic data of the complex compound, Hirshfeld surfaces and two-dimensional fingerprint plots were generated, and the main intermolecular contacts responsible for the stability of the crystal lattice were identified. The analysis revealed the contributions of H···H, O···H/H···O, and other types of contacts to the crystal packing. The obtained results demonstrated the importance of a deeper understanding of the supramolecular structure of the complex compound and the interpretation of its physicochemical properties.

Keywords: copper complex, oxalatoacetate complex, Hirshfeld surface, fingerprint plot, crystal structure.

KIRISH.

Koordinatsion birikmalar zamonaviy noorganik va materialshunoslik kimyosining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Oksalat-anioni ($C_2O_4^{2-}$) va atsetat-anioni (CH_3COO^-) metall ionlari bilan mustahkam koordinatsion bog‘lar hosil qiluvchi eng ko‘p uchraydigan ligandlar qatoriga kiradi. Hozirgi paytda koordinatsion birikmalarning kristall tuzilishini o‘rganishda Hirshfeld yuzalari tahlili keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usul molekulalararo o‘zaro ta’sirlarni vizuallashtirish va miqdoriy baholash imkonini beradi. Hirshfeld yuzasi molekula atrofidagi elektron zichlik taqsimotiga asoslanib quriladi hamda kristall panjaradagi H···H, O···H/H···O, C···H va boshqa turdagi kontaktlarning umumiy hissasini aniqlashga xizmat qiladi. CrystalExplorer dasturi yordamida hosil qilinadigan ikki o‘lchamli fingerprint diagrammalari esa kristall qadoqlanish mexanizmini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Mis oksalat-atsetatli komplekslarning kristall strukturasida vodorod bog‘lari va elektrostatik o‘zaro ta’sirlar muhim rol o‘ynaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Hirshfeld yuzalari tahlili kristall tuzilmalardagi intermolekulyar o‘zaro ta’sirlarni miqdoriy va vizual baholash imkonini beruvchi zamonaviy kristallokimyoviy usullardan biri hisoblanadi. Ushbu metod molekulalararo kontaktlarning tabiatini aniqlash, kristall qadoqlanish mexanizmlarini tushuntirish hamda supramolekulyar tuzilishni tavsiflashda keng qo‘llaniladi [1]. Ohirgi yillarda mis(II) komplekslarining kristall tuzilishini o‘rganishda Hirshfeld yuzalari va fingerprint diagrammalaridan keng foydalanilmoqda. Sintez qilingan yangi mis(II)-atsetat kompleksi uchun olib borilgan tadqiqotda kristall panjaradagi asosiy intermolekulyar ta’sirlar Hirshfeld yuzalari yordamida aniqlangan. Mualliflar H···H hamda O···H/H···O kontaktlari kristall qadoqlanishining asosiy qismini tashkil etishini ko‘rsatganlar [2]. Mis(II) kompleksida Hirshfeld tahlili natijalari H···O/O···H kontaktlari umumiy sirtning 53,5 %, H···H kontaktlari esa 28,1 % ni tashkil etishini ko‘rsatgan. Ushbu kontaktlar kristall strukturaning barqarorlashuvida asosiy omil ekanligini qayd etganlar [3]. Aralash ligandli mis(II)

ISSN 3030-3907

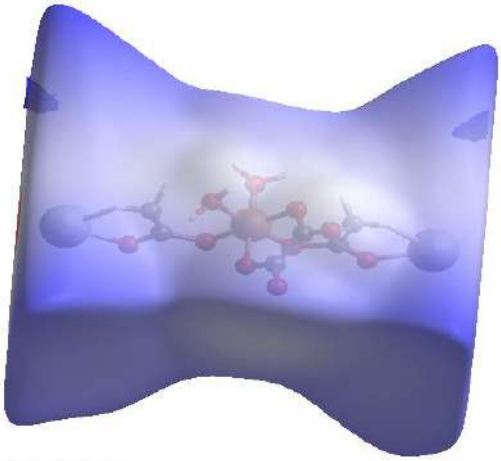
kompleksida kvadrat piramidal koordinatsion muhit kuzatilgan bo‘lib, kristall panjaraning barqarorligi N–H···O, O–H···O va C–H···O vodorod bog‘lari bilan ta’minlanishi aniqlangan. Hirshfeld tahlili ushbu nokovalent o‘zaro ta’sirlarning kristall qadoqlanishdagi ahamiyatini tasdiqlagan [4]. Ushbu tadqiqotda karboksilat ligandli mis(II) kompleksining Hirshfeld yuzalari tahlili bajarilgan. Natijalarga ko‘ra, H···O/O···H (33,1 %), H···H (29,5 %) va H···N/N···H (19,3 %) kontaktlari kristall strukturaning asosiy hissasini tashkil etishi aniqlangan [5]. Shuningdek, arginin asosidagi mis(II) komplekslari uchun bajarilgan tadqiqotlarda ham Hirshfeld yuzalarida vodorod bog‘lari ustunligi aniqlangan. Mualliflar H···O/O···H kontaktlari kristallarning supramolekulyar arxitekturasini shakllantirishda muhim rol o‘ynashini ta’kidlaganlar [6].

Mis(II) komplekslarida ligand tabiatining o‘zgarishi intermolekulyar kontaktlar ulushiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. 2-amino-1-metilbenzimidazol hamda atsetilatseton ligandlari asosida olingan kompleksda kvadrat-piramidal geometriya kuzatilgan. Hirshfeld tahlili H···H kontaktlari 61,1 %, H···C/C···H kontaktlari 21,3 % va O···H/H···O kontaktlari 11,3 % ni tashkil etishini ko‘rsatgan. Bu esa kristall tuzilishining shakllanishida vodorod atomlari ishtirokidagi kontaktlar ustun ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi[7]. Bu tadqiqotda salitsilat hamda 2-amino-1-metilbenzimidazol ligandlari asosidagi mis(II) kompleksi sintez qilinib, uning supramolekulyar tuzilishi batafsil o‘rganilgan. Kompleksda buzilgan oktaedrik koordinatsion muhit mavjud bo‘lib, kristall panjara O–H···O, N–H···O va C–H···O vodorod bog‘lari hamda π–π stacking o‘zaro ta’sirlari orqali barqarorlashgani aniqlangan. Hirshfeld yuzasi tahlili H···H (43,7 %), C···H/H···C (35,8 %) va O···H/H···O (14,1 %) kontaktlari asosiy ulushga ega ekanligini ko‘rsatilgan [8]. Bundan tashqari, quinazolinon hosilali O,N,O-donor ligand asosidagi yangi mis(II) kompleksi uchun kristallografik, spektroskopik va DFT tadqiqotlari olib borilgan. Mualliflar Hirshfeld yuzasi tahlilini kvant-kimyoviy hisoblashlar bilan uyg‘unlashtirib, intermolekulyar ta’sirlarning kristall tuzilishiga ta’sirini kompleks ravishda izohlab berganlar. Ushbu yondashuv Hirshfeld tahlilining nafaqat strukturaviy, balki elektron tuzilishni baholashdagi imkoniyatlarini ham namoyon etadi [9]. Shunday qilib, tahlil qilingan adabiyotlar mis(II) komplekslarida kristall qadoqlanish va supramolekulyar tuzilishning shakllanishida asosan H···H, O···H/H···O hamda C···H/H···C kontaktlari ustunlik qilishini ko‘rsatadi. Hirshfeld yuzasi tahlili esa ushbu o‘zaro ta’sirlarni miqdoriy baholashda samarali usul bo‘lib, yangi mis(II) komplekslarining strukturaviy xususiyatlarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi [10].

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

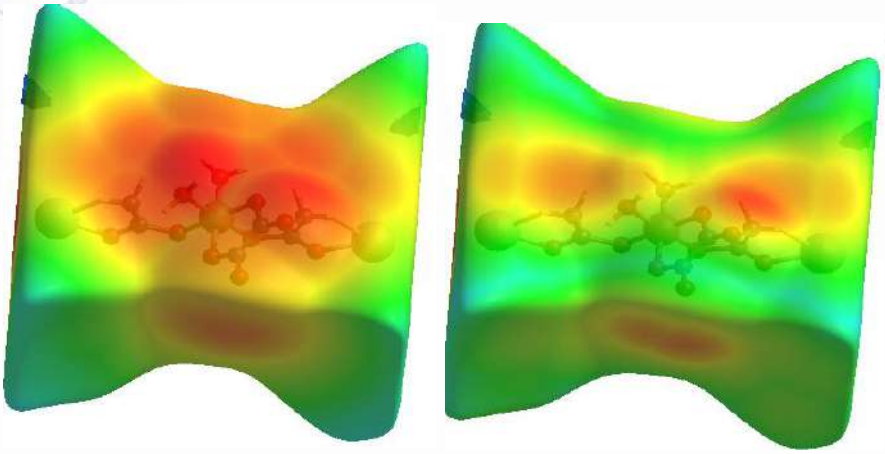
Mis birikmaning Hirshfeld yuzalari tahlili molekulyar kristall tuzilmalarni Hirshfeld yuzasi texnikasi yordamida miqdoriy tahlil qilish mumkin. Ushbu metodologiya Hirshfeld yuzasining har bir nuqtasida, tashqi va ichki yuzalarda joylashgan qo‘shni atomlar bilan bog‘liq o‘zgarishlarni yoritib beradi. Bu o‘ziga xos xususiyatlar molekulyar tartibdagi intermolekulyar kuchlarning tanlab olish va o‘ziga xosligini o‘rganishda muhim rol o‘ynagan.Ushbu yuzalarni yaratish kristall ichidagi fazo Hirshfeld nisbati yordamida bo‘linishi asosida amalga oshiriladi. Normallashtirilgan kontakt masofasi (d_{norm}) yuzaning tashqi va ichki tomonlaridan hisoblanadi va quyidagicha ifodalanadi: Hirshfeld yuzasi tahlili kristall tuzilmaning tashqi va ichki qismlari o‘rtasidagi murakkab munosabatlarni ochib beradi. d_{norm} parametri normallashtirilgan kontakt masofasini bildiradi. d_{norm} parametri Hirshfeld yuzasida qizildan oqqa, oqdan ko‘k ranggacha bo‘lgan rang gradienti orqali vizual ko‘rsatiladi. Yorqin qizil hududlar Van-der-Vaals radiuslaridan qisqaroq masofada sodir bo‘ladigan intermolekulyar kontaktlarni bildiradi, ko‘k hududlar esa Van-der-Vaals radiuslaridan kattaroq masofalardagi kontaktlarni ko‘rsatadi. Oq hududlar mos atomlarning Van-der-Vaals radiuslari yig‘indisiga mos keladi. Kristall panjaradagi qo‘shni molekulalar o‘rtasidagi qisqa masofali kontaktlarni tahlil qilish uchun tadqiqotchilar CrystalExplorer 17 versiyasidan foydalanganlar. Ushbu dastur yordamida kristall tuzilmalarining Hirshfeld yuzalari o‘rganilgan va ularga mos ikki o‘lchovli (2D) barmoq izlari (fingerprint plots) yaratilgan. Tahlil jarayonida Hirshfeld yuzasi normallashtirilgan kontakt masofasi (d_{norm}) hamda uning di va de ko‘rsatkichlari asosida olingan. Hirshfeld yuzasi maydonining (d_{norm}) miqdoriy tahlili shuni ko‘rsatdiki, umumiy hajm 1289,20 $Å^3$, yuza maydoni esa 799,72 $Å^2$ ni tashkil etadi. Umuman olganda, katta hajm va yuza maydoni kristall tuzilmasidagi kengroq intermolekulyar bog‘lanish va o‘zaro ta’sirlarni bildiradi (1-rasm). Normallashtirilgan bog‘lanish masofasi (atom o‘lchamini o‘lchovchi parametr) −0.6319 dan 1.1578 a.u. gacha o‘zgarib, o‘rtacha qiymati 0.3853 a.u. ni tashkil etadi. (1-rasm).



1-rasm. $[Cu(CO_2)_2 \cdot 2CH_3COONa \cdot 2H_2O]$ kompleks birikmaning d_{norm} yuzasi

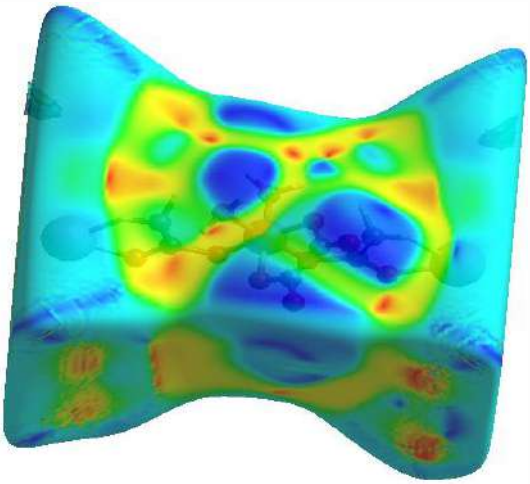
ISSN 3030-3907

di parametri (yuzadan ichki va tashqi atomlarning yadro holatiga masofa) 1,4853dan 10,4032a.u. gacha, de parametri esa 1,4857dan 7,4092 a.u. gacha oralig‘da bo‘lgan (2-rasm).



2-rasm. $[Cu(CO_2)_2 \cdot 2CH_3COONa \cdot 2H_2O]$ kompleks birikmaning di va de yuzalari

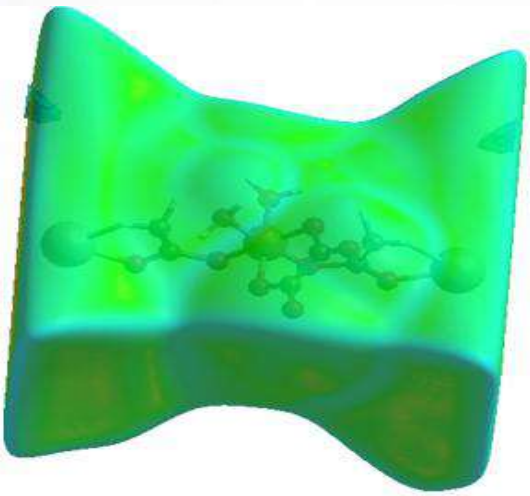
Bundan tashqari, yuza egri chizig‘ini tavsiflovchi shape index parametri -1,0000dan 1,0000gacha (3-rasm), egriklik (curvedness) esa -4,0000dan 0,4000 a.u. gacha oralig‘da bo‘lgan (4-rasm). Bu Hirshfeld yuzasi kristall tuzilmaning umumiy shakli va topografiyasi haqida ma’lumot berishini ko‘rsatadi. Ushbu xususiyatlar kristall tuzilmasidagi qadoqlanish va intermolekulyar o‘zaro ta’sirlarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega.



3-rasm. $[Cu(CO_2)_2 \cdot 2CH_3COONa \cdot 2H_2O]$ kompleks birikmaning shape index yuzasi

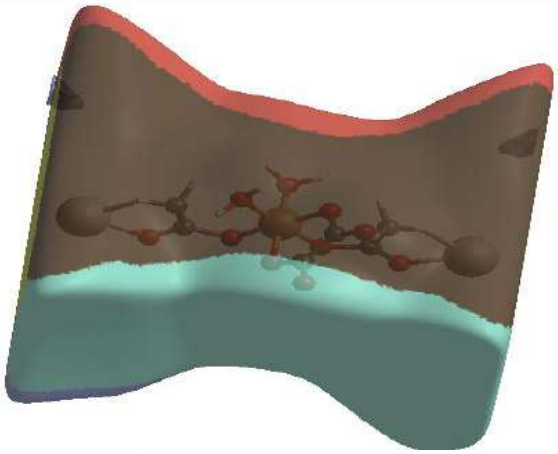
Bu Hirshfeld yuzasi kristall tuzilmaning umumiy shakli va topografiyasi haqida ma’lumot berishini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. [Cu(CO₂)₂·2CH₃COONa·2H₂O] kompleks birikmaning egriklik (curvedness) yuzasi

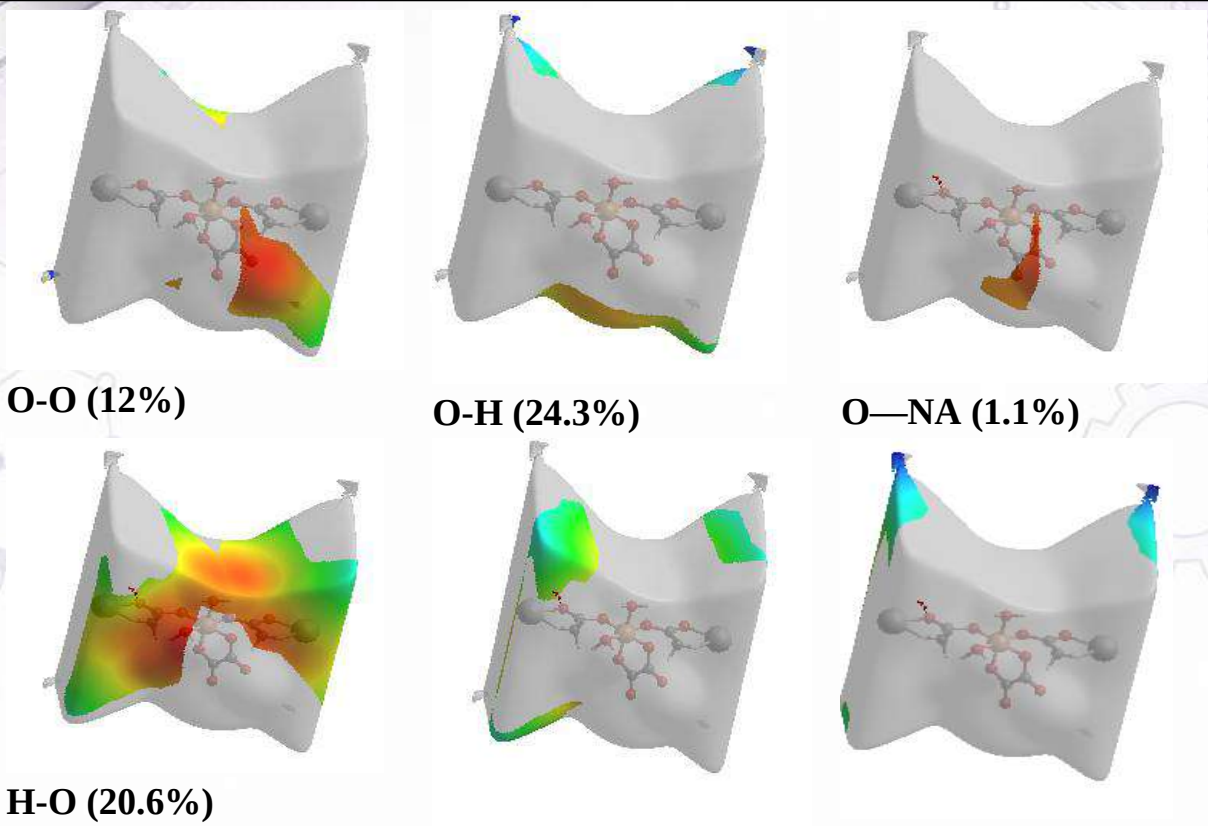
Fragment Patch xaritalari kristall packing tabiatini tushunishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, molekulalar orasidagi eng muhim kontaktlarni vizual ravishda namoyish etadi (5-rasm). Ushbu xususiyatlar kristall tuzilmasidagi qadoqlanish va intermolekulyar o‘zaro ta’sirlarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega.



5-rasm. [Cu(CO₂)₂·2CH₃COONa·2H₂O] kompleks birikmaning Fragment Patch yuzasi

Kristall tuzilmasidagi bunday bo‘shliqlar yoki kanallar materialning xususiyatlariga, masalan, gaz adsorbtsiyasi, ion tashish yoki mehmon molekulalarni joylashtirish imkoniyatiga ta’sir qilishi mumkin. Koordinatsion birikmasining Hirshfeld yuzasining 2D barmoq izlari keltirilgan (6-rasm).

ISSN 3030-3907



6-rasm. [Cu(CO₂)₂·2CH₃COONa·2H₂O] kompleks birikmaning barmoq izlari

Eng muhim intermolekulyar o‘zaro ta’sirlar O–H kontaktlari bo‘lib, ular Hirshfeld yuzasining 24% ini tashkil etadi. Bu kislorod-vodorod bog‘lanishining kristall tuzilmani barqarorlashtirishdagi muhim rolini ko‘rsatadi. Ikkinchi o‘rinda O-H / H-O kontaktlari joylashgan bo‘lib, ular yuzaning 20.6% ini egallaydi. Bu yaqin kislorod-vodorod o‘zaro ta’sirlari ham intermolekulyar qadoqlanishda muhim rol o‘ynaydi. Uchinchi o‘rinda esa Na-H / H-Na kontaktlari joylashgan bo‘lib, ular yuzaning 22.3% ini egallaydi. Boshqa sezilarli hissalar quyidagilar: O–O kontaktlari (12%) — turli Van-der-Vaals va dipol-dipol o‘zaro ta’sirlarni aks ettiradi, bularning barchasi kristall tuzilmani barqarorlashtirishga hissa qo‘shadi. Hirshfeld yuzasi tahliliga ko‘ra, molekulyar yuzaning ichki va tashqi qismlarida bir xil elementlarning umumiy yuza hosil bo‘lishiga qo‘shgan hissasi sezilarli darajada farq qilmagan. Bu molekulyar yuzaning ichki va tashqi qismlarida turli elementlarning Hirshfeld yuzasi hosil bo‘lishiga qo‘shgan hissasi o‘xshash ekanligini ko‘rsatadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Mis(II) oksalat-atsetatli kompleks birikmasining Hirshfeld yuzalari tahlili natijalari kristall panjarada molekulalararo o‘zaro ta’sirlarning tabiati va ulushini aniqlash imkonini berdi. Tahlil natijasida [Cu(CO₂)₂·2CH₃COONa·2H₂O] kompleks tuzilishining barqarorligi asosan O···H/H···O turidagi vodorod bog‘lari

ISSN 3030-3907

hamda O···O va H···H kontaktlari orqali ta’minlanishi aniqlandi. Shunday qilib, mis oksalat va natriy atsetat asosida sintez qilingan mis(II) oksalat-atsetatli kompleks birikmaning Hirshfeld yuzalari tahlili kristall strukturaning shakllanishida kislorod atomlari ishtirokidagi vodorod bog‘lari ustun ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Spackman M.A., Jayatilaka D. *Hirshfeld surface analysis*. CrystEngComm. 2009. Vol. 11. P. 19–32. DOI: 10.1039/B818330A.

2. Al-Farhan K. A., Almutairi A. A., Alotaibi M. R. et al. *Structural characterization, Hirshfeld surface analysis, optical properties, and DFT study of a new copper(II) complex*. Inorganic Chemistry Communications. 2023. Vol. 157. Article 111314. DOI: 10.1016/j.inoche.2023.111314.

3. Vynohradov O.S., Vashchenko O.V., Khomenko D.M. et al. *Synthesis, crystal structure and Hirshfeld surface analysis of a new copper(II) complex based on diethyl 2,2'-(4H-1,2,4-triazole-3,5-diyl)diacetate*. Acta Crystallographica Section E. 2024. Vol. 80. No. 9. P. 976–980. DOI: 10.1107/S2056989024008259.

4. Chaisuriya W., Chainok K., Wannarit N. *Crystal structure and Hirshfeld surface analysis of a new mononuclear copper(II) complex*. Acta Crystallographica Section E. 2023. Vol. 79. No. 12. P. 1115–1120. DOI: 10.1107/S2056989023009234.

5. Oleksandr V., Alexandru-C. S. et al. *Crystal structure and Hirshfeld-surface analysis of diaquabis(5-methyl-1H-1,2,4-triazole-3-carboxylato)copper(II)*. Acta Crystallographica Section E. 2024. Vol. 80. No. 1. P. 54–57. DOI: 10.1107/S2056989023010770.

6. Potočňák I., Györyová K. et al. *The supramolecular hybrid inorganic–organic L-argininato-based copper(II) materials – preparation, structural, spectroscopic and thermal properties*. Inorganica Chimica Acta. 2023. Vol. 557. Article 121698. DOI: 10.1016/j.ica.2023.121698

7. Kaneda A., Suzuki S., Nakane D. et al. Crystal structure and Hirshfeld surface analysis of (1H-imidazole-κN3)[4-methyl-2-{[(2-oxido-5-(2-phenyldiazen-1-yl)phenyl)methylidene]amino}pentanoate]copper(II) // *Acta Crystallographica Section E*. – 2024. – Vol. 80. – P. 468–471. DOI: 10.1107/S2056989024002986.

8. Siddikova K., Ziyatov D., Tojiboev A. et al. Synthesis, crystal structure and Hirshfeld surface analysis of bis(acetylacetonato)(2-amino-1-methyl-1H-benzimidazole)copper(II) // *Acta Crystallographica Section E*. – 2025. – Vol. 81. – P. 1–5. DOI: 10.1107/S2056989024011538.

9. Mukhammadiev S., Fayzullayeva F., Kadirova Z. et al. Crystal structure and Hirshfeld surface analysis of bis(2-amino-1-

ISSN 3030-3907

methylbenzimidazole)bis(salicylato)copper(II) // *Acta Crystallographica Section E*. – 2025. – Vol. 81. – P. 968–971. DOI: 10.1107/S2056989025007960.

10. Spectroscopic properties, crystal structure, Hirshfeld surface analysis and DFT study of a new Cu(II) complex based on quinazolinone O,N,O-donor ligand // *Journal of Molecular Structure*. – 2024. – Vol. 1306. – Article 137886.