ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

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	Muhandislik yo‘nalishi talabalarida grafik kompetentlikni shakllantirishning nazariy-metodologik asoslari *Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi* *Haqberdiyev Baxtiyor Rustamovich*	9
2	Снижение энергопотребления при горячей прокатке за счёт оптимизации температурно-деформационных режимов *Тухтасинова Зульфияхон Бурхонжон кизи*	16
3	Ba’zi polifenollar va ularning ayrim hosilalarini kompyuter dasturlari yordamida biologik faolliklarini o‘rganish *Axmedov Abbos Ravshan o‘g‘li* *Abduraxmanova Ugilay Koxxorovna*	22
4	Nanozarrachalarning sintez usullari va ularning amaliy qo‘llanilishi *To‘rayev Dostonjon Erkin o‘g‘li*	34
5	The impact of education quality on gross domestic product: a cross-country panel data analysis *Nasirullayeva Sevinch G`ayrat qizi*	39
6	Using machine learning to analyze the relationship between education and economic welfare in uzbekistan *Nasirullayeva Sevinch G`ayrat qizi*	51
7	G‘ildirakli mashinalarda kuch yuklanishi ostidagi kardan vali tebranishlarini matematik modellashtirish *Matmurodov Farxod Matqurbonovich* *Ro‘ziyev Shohruh Shoim o‘g‘li*	61
8	Methods of automatic control of stepper motors *Abdullayev Mashrab Xamro o‘g‘li* *Abdullayev Sadulla Berdibay o‘g‘li*	68
9	Пахта толали матолар учун янги таркибли антипиренlar *Нуркулов Элдор Нурмуминович*	75
10	«О разработке вертикально-шпиндельного хлопкоуборочного аппарата для одноразового сбора урожая хлопчатника, посеянного с междурядьем 60 см *Хажиев Машарип Хажиевич* *Атаджанова Муборакхон Мадаминовна*	80
11	Sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi reaktiv quvvat va garmonik buzilishlarni kompensatsiya qilish funksiyasiga ega ko‘p funksiyali quyosh inverterini ishlab chiqish *Ubaydullayev Utkirjon Murodillayevich* *Mirzayeva Sarvinoz Erkinovna*	88
12	Eyxorniya crassipes va pistiya stratiotes suv o‘simliklari tarkibidagi amino kislotalar tahlili *Kh.Egamberdiyev* *U.K. Abduraxmonova* *A.D.Matchanov*	101
13	Karbamid asosida olingan sekin eruvchi o‘g‘it namunalarining kimyoviy tahlili *Fatilloyev Shamshod Fayzullo o‘g‘li* *Usanbayev Najimuddin Xalmurzayevich* *Voxidov Erkin Aliyevich*	109
14	Zamonaviy kiyimlarda o‘zbek milliy naqshlarini tasniflash va tahlil qilish: virtual va an’anaviy dizaynni solishtirish *Temirova Gulnoz Ibodovna* *Xabibov Faxriddin Yusupovich* *Esanova Ma’rifat G‘ayratovna*	119
15	Intellektual suv ombori monitoring tizimlarida iot arxitekturasi, sensorlar integratsiyasi va ma’lumot almashish protokollari *Karimov Sardor Atxam o‘g‘li* *Raximberdiyev Sanjarbek Alisher o‘g‘li*	132

ISSN 3030-3907

16	Qutqaruvchilar faoliyatida kasbiy ko‘nikmalarni baholashning integrallashgan modeli *Jumanazarov Behzod Shonazar o‘g‘li* *Narziyev Shovkiddin Murtozayevich*	140
17	Davlat buyurtmasi asosida innovatsiya va loyihalarni boshqarish *Toshboltayev Faxriddin O‘rinboyevich* *Mamatkarimova Saidaxon Mamatvali qizi*	146
18	Aerogol sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari va adsorbsion samaradorligi *Orolova Gulsevar Mengniqul qizi*	159
19	Sun’iy intellekt va gis texnologiyalari asosida havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish *Jo‘rayev Doston Rustamjon o‘g‘li*	164
20	Matematika darslarini tashki etishda pazl o‘yinidan foydalanish metodikasi va uning ahamiyati *Imomnazarova Nurjaxon Toktaboyevna* *Abdumo‘minova Gulruxsor*	172
21	Изучение структурных и термических свойств хелатообразующего полимерного сорбента на основе n-фенилантраниловой кислоты и его комплексов с ионами cu(ii) и ni(ii) *Умирова Гулнора Абдурахмоновна* *Абдураимова Гулхайё Назиртошевна* *Урозова Сабохат Анваровна* *Худойбердиева Гузал Икром кизи*	179
22	Изучение сорбционной емкости и константы устойчивости полимерных сорбентов на основ орто-аминобензойной кислоты *Умирова Гулнора Абдурахмоновна* *Урозова Сабохат Анваровна* *Абдураимова Гулхайё Назиртошевна* *Нормаматова Сафина Асрор кизи*	187
23	Yo‘lovchi vagon o‘rindiqlarida tebranishni kamaytirishning biomekanik ta’sirlarini o‘rganish hamda nazariy modellash *Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li* *G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li*	195
24	Моделирование и анализ чувствительных элементов оптоэлектронных средств измерения уровня *Матякубова Парогат Майлиевна* *Саидарипов Лазизбек Фуркатович* *Шеина Наталия Евгеньевна*	203
25	Creation of new numerical simulation algorithms for solving initial-boundary-value problems for diffusion equations *Tokhir Tozhiev* *Shakhboz Abdullaev*	212
26	Ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini matematik modellashtirish *Asqar Artikov* *Abror Isakov* *Davron Panjiyev* *Shaira Nasirova*	219
27	Kimyo-texnologiya oliy ta'lim muassasalarida «sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fanini o‘qitishda dual ta'lim tizimini joriy etish metodikasi *Xudoyberdiyev Fazlidin Isroilovich*	227
28	Применение осцилляторов для бурения скважин на месторождении сардоб *Коробков А. Ю.* *Дю В. В.* *Илёсов Х. Н.* *Олимжанов С.Р.* *Рапиков Т. К.*	234

ISSN 3030-3907

	Каримов У. А.	
29	Антиоксидантная активность водных и этанольных экстрактов ягод и овощей: сравнительная спектрофотометрическая оценка *Рустамова Ч.И.* *Хаитбаев А.Х.* *Абдуллажанова Н.Г.* *Акбаров А.Х.*	243
30	Мониторинг гидрогеологические условия тюбегатанского месторождения *Д.Р. Курбанов*	262
31	Основные показателяи оценки эффективности применении установки рекуперации паров нефти и нефтепродуктов *Каримов Ш.А.* *Нормуродов Н.С.*	273
32	The art of solving crime: the evolution of detective methods in the works of arthur conan doyle and agatha christie *Mamayusupov Davronbek Ilhomjon o‘g‘li*	286
33	Oliy ta’limda tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirishning pedagogik mexanizmlari *Izzatullayeva Dilnoza Dilmurodovna*	297
34	Maydalangan o‘simlik qoldiqlarini avtomatlashtirilgan joylashtirish uchun adaptiv kombinatsiyalashgan uzel parametrlarini optimallashtirish muammolari *Tog‘ayeva Umida G‘ayratovna*	308
35	Yo‘lovchi vagon o‘rindiqlari tebranishlarini kamaytirish uchun konstruktiv yechimlar ishlab chiqish *Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li* *G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li* *Abdujaborov Otabek Ibroxim o‘g‘li*	314
36	Подготовка современных экономистов в условиях цифровой экономики *Уличкина Л.*	324
37	Разработка программы для распознавания эмоций в текстах узбекского языка на основе правил *Ахмедов Эргаш Юлдошевич* *Абдуллаева Фотима Мансуровна*	329
38	Ijtimoiy-iqtisodiy globallashuv sharoitida ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishning pedagogik mexanizmlari: nazariy asoslar, modellashtirish va eksperimental tahlil *Babayeva Lola Ibragimovna* *Boitova Nelufar Olti qizi.*	341
39	Исследование эффективности ингибиторов коррозии гравиметрическим методом в условиях шуртанского газоконденсатного месторождения *Евстафеев Евгений Александрович* *Сафонов Энвер Дмитриевич*	353
40	Frazeologik birliklarni o‘qitishda kognitiv-kommunikativ yondashuv: nazariy asoslari va innovatsion metodlari *Jumayeva Sadbarg Mirolimovna*	361
41	Axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlar transformatsiyasi (ijtimoiy-falsafiy tahlili) *Inomxo‘jaeva Sanobar Muxammadixonovna*	368
42	Yo‘lovchi tashuvchi vagonlarda o‘rindiq tebranishlarini kamaytirishning ergonomik va konstruktiv asoslari *Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li* *G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li*	376
43	Прогнозирование и профилактика железодефицитной анемии у беременных: клинико-лабораторные факторы риска и влияние на исходы беременности *Тураева Файоза Ортиковна*	384
44	Bosimli suv uzatish tizimlarida plastmas va po‘lat quvurlarning gidravlik hamda energetik samaradorligini baholash	394

ISSN 3030-3907

	Samiyev Luqmon Nayimovich *Abdurahimova Durdona Fazliddin qizi*	
45	Повышение стеганографической стойкости и емкости текстовых контейнеров на основе предварительного энтропийного кодирования хаффмана *Хусанова Мохирахон Курбоналиевна*	410
46	Janubiy orol bo‘yi tuqayzorlarida iqlim o‘zgarishi sharoitida qattiq qanotlilar biologik xilma-xilligining o‘zgarishi *J. U. Tilepov* *A. A. Jumamuratova*	418
47	Xalqaro standartlar asosida sath birligi o‘lchamini hosil qilish va uzatishning metrologik ta’minotini takomillashtirish *Matyakubova P.M.* *Saidoripov L.F.* *Mo‘minov X.D.*	424
48	Прогнозирование академической успеваемости студентов на основе текущих результатов обучения *Шакаров Мухамад Хаётович* *Асраев Зафар Ризакулович*	434
49	Mikro ges uchun optimal turbina tanlash metodikasi: gidrologik tahlil va texnik-iqtisodiy baholash *Baxramov Shohruxbek Kozimjon o‘g‘li* *Hakimov Farxodbek*	440
50	Quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimining texnik va iqtisodiy samaradorligi *Dilshod Qodirov* *Rakhimjon Qobilov* *Aygera Yeskuatova*	446

ISSN 3030-3907

UO‘K: 378.016:744:004.8

MUHANDISLIK YO‘NALISHI TALABALARIDA GRAFIK KOMPETENTLIKNI SHAKLLANTIRISHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI

Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi
"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti, tayanch doktorant (PhD).
E-mail: g.abdukarimova@tiiame.uz
Haqberdiyev Baxtiyor Rustamovich
Alfraganus Universiteti Turizm fakulteti Umumkasbiy fanlar kafedrasi mudiri Phd, dots.
E-mail: baxtiyor.haqberdiyev@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada muhandislik yo‘nalishi talabalari uchun grafik kompetentlikni shakllantirish masalasi nazariy-metodologik jihatdan ko‘rib chiqiladi. Grafik kompetentlik tor texnik tushuncha sifatida emas, balki to‘rtta o‘zaro bog‘liq komponentni — kognitiv-bilish, texnologik, kreativ-loyihalash va refleksiv-baholashni — qamrab oluvchi kasbiy sifat sifatida talqin etiladi. Maqolaning asosiy natijasi sifatida «gibrid yondashuv» modeli taklif qilinadi: unda kreativ vizualizatsiya va metrik aniqlik (CAD) o‘rtasida vazifalar bo‘linib, o‘quv jarayoni samaradorligi oshiriladi.

Kalit so‘zlar: grafik kompetentlik, vizual tafakkur, kognitiv yuklama nazariyasi, multimedia ta’lim, gibrid metodika, CAD tizimlari, muhandislik ta’limi, Industry 4.0.

Аннотация. Статья посвящена теоретико-методологическим основам формирования графической компетентности студентов инженерных специальностей. Графическая компетентность рассматривается не как узкотехнический навык, а как целостное профессиональное качество, включающее когнитивно-познавательный, технологический, креативно-проектировочный и рефлексивно-оценочный компоненты. Основным результатом работы является модель «гибридного подхода», в которой креативная визуализация и метрическая точность (CAD) выполняют разные учебные функции.

Ключевые слова: графическая компетентность, визуальное мышление, теория когнитивной нагрузки, мультимедийное обучение, гибридная методика, CAD-системы, инженерное образование, Индустрия 4.0.

Abstract. This article explores the theoretical and methodological foundations of graphic competence development among engineering students. Rather than treating graphic competence as a narrow technical skill, the author argues for a broader interpretation encompassing four interrelated components: cognitive-

knowledge, technological, creative-design, and reflective-evaluative. The central contribution of the paper is a “hybrid approach” model in which creative visualization and metric precision (CAD) serve distinct pedagogical functions within a unified learning framework.

Keywords: graphic competence, visual thinking, cognitive load theory, multimedia learning, hybrid methodology, CAD systems, engineering education, Industry 4.0.

KIRISH.

Muhandislik kasbi so‘nggi o‘n yilliklarda jiddiy o‘zgarib bormoqda. Industry 4.0 sharoitida, K. Schwab [1] ta’kidlaganidek, raqamli, biologik va fizik texnologiyalar shunchalik chambarchas qo‘shilib ketmoqdaki, bu jarayon ishlab chiqarishning o‘zini ham, muhandisdan talab qilinadigan bilim-ko‘nikmalarni ham tubdan o‘zgartirdi. Bugungi muhandis faqat hisob-kitob va standart chizmalar bilan cheklanib qola olmaydi — u murakkab texnik tizimlarni ko‘z oldiga keltira oladigan, uch o‘lchovli muhitda erkin fikrlaydigan, raqamli vositalarni o‘z ishiga ongli ravishda tatbiq eta oladigan mutaxassis bo‘lishi kerak [2]. Bundan kelib chiqib, grafik kompetentlik tushunchasi ham yangicha talqin etilmoqda. Ilgari bu tushuncha asosan chizmachilik qoidalarini bilish bilan tenglashtirilar edi; hozir esa tadqiqotchilar uni ancha kengroq — fazoviy tafakkur, raqamli modellashtirish va tanqidiy vizual tahlilni qamrab oluvchi murakkab kognitiv tizim sifatida ko‘rib chiqishmoqda.

O‘zbekiston Respublikasining Oliy ta’limni 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasi [3] raqamli texnologiyalarni ta’lim jarayoniga joriy etishni ustuvor yo‘nalish sifatida belgilab bergan. Ayniqsa muhandislik ta’limida amaliy va innovatsion kompetensiyalarni mustahkamlash, ta’lim, fan va ishlab chiqarishni bir-biriga bog‘lash masalalariga alohida e’tibor qaratilgan. Bu esa o‘z navbatida muayyan fanlarda qo‘llash mumkin bo‘lgan ilmiy asosda ishlab chiqilgan metodikalarni yaratishni talab qilmoqda.

Ushbu maqolada biz quyidagi vazifalarni ko‘rib chiqamiz: muhandislik grafika ta’limiga oid mavjud nazariy-metodologik yondashuvlarni tahlil qilish, grafik kompetentlikning tarkibiy modelini asoslash hamda zamonaviy raqamli vositalarni ushbu ta’limga qo‘shish uchun pedagogik-psixologik asoslarni aniqlashtirish. Maqola amaliy sinov natijalari emas, balki ilmiy adabiyotlar tahlili va konseptual modellashtirish asosida qurilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Grafik kompetentlik turli xil ilmiy yo‘nalishlar kesishmasida o‘rganilgan mavzudir. Fazoviy tasavvurni rivojlantirish sohasida S.A. Sorby [4]ning tadqiqotlari alohida ajralib turadi. U yillar davomida olib borgan tajribalar asosida uch o‘lchovli obyektlarni aqlda aylantira olish va turli proyeksiyalarda tasavvur

ISSN 3030-3907

qila olish qobiliyatini o‘rganish orqali rivojlantirish mumkinligini ko‘rsatdi. Bu natija pedagogik jihatdan ayniqsa muhim: demak, fazoviy tasavvur — tug‘ma iste’dod emas, balki o‘rgatish mumkin bo‘lgan mahorat [4].

C.L. Dym va hammualiflari [2] muhandislik ta’limining maqsadini bir jumlada ifodalagan: «loyihalashni biladigan muhandislar tayyorlash.» Bu ta’rif oddiy ko‘rinsa-da, uning ortida jiddiy metodologik asos bor. Ularning modelida dizayn tafakkuri (design thinking) markaziy o‘rin egallaydi — ya’ni faqat analitik hisoblash emas, balki ijodiy yechim izlash, variantlarni solishtirish va murakkab tizimlar bilan ishlash ko‘nikmalari birinchi o‘ringa chiqariladi. Biz ushbu maqolada grafik kompetentlikni ta’riflashda aynan shu nazariy asosdan kelib chiqdik.

Grafik ta’limning psixologik mohiyatini tushunishda R. Arnheim [5]ning vizual tafakkur nazariyasi qimmatli manba bo‘lib xizmat qiladi. Arnheim ko‘rishni passiv jarayon sifatida emas — faol fikrlash sifatida talqin qilgan. Uning «visual thinking» tushunchasi shuni anglatadiki, chizma yaratish yoki uni tahrirlash — bu aslida muammo bilan fikriy kurash jarayonidir. Bunday nuqtai nazardan muhandislik grafikasi boshqa ko‘rinishga kiradi: u mexanik mashq emas, balki muhandislik muammolarini hal qilishga hissiy va intellektual jihatdan tayyorlash uslubidir.

R.E. Mayer [6]ning multimedia ta’lim nazariyasi inson bilish jarayonlariga asoslanib, ikkita asosiy tamoyilni isbotladi. Birinchisi — so‘z va tasvirning bir vaqtda ishlatilishi faqat so‘zdan ko‘ra samaraliroq o‘rganishga olib keladi («multimedia tamoyili»). Ikkinchisi — ovozli izoh va vizual ko‘rinishni birgalikda taqdim etish faqat tasvirga qaraganda yaxshiroq natija beradi («modallik tamoyili»). Muhandislik grafikasini o‘qitishda bu ikkala tamoyil ham bevosita qo‘llanilishi mumkin.

J. Sweller [7]ning kognitiv yuklama nazariyasi (Cognitive Load Theory) esa ta’lim metodikasining psixologik asosi bo‘lib xizmat qiladi. Sweller inson «ishchi xotirasi» (working memory) ni o‘rgangan va uning hajmi juda cheklangan ekanligini — bir vaqtda bor-yo‘g‘i 5–9 ta axborot birligi bilan ishlash mumkinligini — isbotlagan. U uch turdagi kognitiv yuklamani ajratgan: keraksiz yuklama (extraneous load) — ortiqcha va o‘quv maqsadiga aloqasiz amallar; mavzuning tabiiy murakkabligi (intrinsic load); va bilim shakllanishiga sarflanadigan foydali yuk (germane load). Van Merrienboer va Sweller [8] keyinroq bu nazariyani murakkab kasbiy ko‘nikmalarga tatbiq etib, keraksiz yuklamani kamaytirish foydali yuklamani oshirishga yo‘l ochishini ko‘rsatdi.

Grafik kompetentlikning nazariy-metodologik asoslari. Yuqoridagi nazariy manbalarga tayanib, ushbu maqolada grafik kompetentlikni quyidagicha ta’riflaymiz: bu — muhandis yoki talabaning grafik ma’lumotlarni idrok etish,

ISSN 3030-3907

yaratish va kasbiy masalalarni hal qilishda ulardan ongli ravishda foydalana olish qobiliyatlarining yaxlit tizimi. Ta’rifning asosi sifatida Dym va boshqalarning [2] loyihalash kompetensiyasi modeli va Arnheimning [5] vizual tafakkur konsepsiyasi olindi. Zamonaviy sharoitda bu tushuncha oddiy chizmachilik bilimidan ancha kengroq: Sorby [4]ning tadqiqotlari ko‘rsatganidek, eng muhim ko‘nikma — bu uch o‘lchovli ob’ektlarni aqlda erkin tasavvur qila olishdir. Bunday qobiliyat esa standart mashqlardan emas — haqiqiy muhandislik vaziyatlarida, turli yechimlarni qidirib ko‘rish jarayonida shakllanadi.

Bu tushuncha to‘rtta komponentdan tashkil topadi, deb hisoblaymiz:

1-jadval.

Grafik kompetentlikning tarkibiy komponentlari

Komponent	Mazmuni	Nazariy asosi
Kognitiv-bilish	Proyeksion chizmachilik, geometriya qonuniyatlari, GOST va ISO standartlari bo‘yicha fundamental bilimlar.	Dym va boshq. [2]; Sorby [4]
Texnologik	CAD/CAM tizimlari va raqamli vositalar bilan ishlash, texnik hujjatlashtirish, raqamli modellash ko‘nikmalari.	Schwab [1]; Dym va boshq. [2]
Kreativ-loyihalash	Nostandart yechimlarni vizuallashtirish, alternativlarni solishtirish va visual tafakkur orqali muammo hal qilish.	Arnheim [5]; Mayer [6]
Refleksiv-baholash	O‘z grafik ishini texnik standartlar va kasbiy talablar nuqtai nazaridan mustaqil tahlil qila olish.	Sweller [7]; van Merrienboer va Sweller [8]

Bu to‘rtta komponent bir-birini to‘ldirib turadi. Kognitiv-bilish komponenti boshqalari uchun poydevor bo‘lib xizmat qiladi, biroq amaliyotda ular hech qachon ajralgan holda ish ko‘rmaydi: muhandislik loyihalash jarayonida ularning hammasi bir vaqtda, bir-biriga bog‘liq holda ishga tushadi. Shu sababli bu komponentlarni alohida-alohida o‘rgatishga urinish samarasiz — ularni integrativ tarzda rivojlantirish kerak.

Sweller [7]ning kognitiv yuklama nazariyasi muhandislik grafika ta’limini loyihalashda eng ishonchli psixologik asoslardan biri bo‘lib qoladi. Gap shundaki, inson «ishchi xotirasi» cheklangan: u bir vaqtda bor-yo‘g‘i 5–9 ta birlikni ushlab

ISSN 3030-3907

tura oladi. Grafik ta’lim bu jihatdan ayniqsa sinov sinovli: talaba bir paytning o‘zida chizmachilik qoidalarini eslashi, proyeksiyalarni hisoblashi, standartlarga rioya qilishi va muhandislik g‘oyasini vizuallashtirishi kerak. Bu jarayon «ishchi xotira»ni osongina to‘ldiradi va o‘rganish samaradorligi tushib ketadi. Van Merrienboer va Sweller [8] ko‘rsatganidek, bunday holatda keraksiz yuklamani kamaytirish — ya’ni o‘quv maqsadi bilan bog‘liq bo‘lmagan ortiqcha murakkabliklarni yo‘qotish — foydali bilim shakllanishi uchun xotira resurslarini ozod qiladi.

Mayer [6]ning multimedia ta’lim nazariyasi va Arnheim [5]ning vizual tafakkur konsepsiyasi birgalikda muhim bir xulosaga olib keladi: muhandislik grafika ta’limida vizualizatsiya vositalarini qo‘llash tasodifiy «qo‘shimcha» emas, balki kognitiv jihatdan asoslangan zaruriyatdir. Talabaning ko‘z oldida muhandislik g‘oyasining ko‘rinadigan shakli paydo bo‘lganda, u bu shaklni ko‘rib turib fikrlaydi, baholaydi, takomillashtiradi. Arnheim bu jarayonni «ko‘zlar orqali fikrlash» deb atagan — va muhandislik eskizi, uning fikricha, tugallangan mahsulot emas, muammo bilan davom etayotgan dialog.

Bu to‘rtta nazariy asos — Swellerning kognitiv yuklama nazariyasi [7], Mayerning multimedia ta’lim tamoyillari [6], Arnheimning vizual tafakkur konsepsiyasi [5] va Dym va boshqalarning muhandislik dizayn tafakkuri modeli [2] — bir xulosaga olib keladi: an’anaviy va raqamli vositalar bir-biri bilan raqobatda emas, balki bir-birini to‘ldiradigan tizimni tashkil etishi kerak. Aynan shu asosda biz «gibrid yondashuv» modelini taklif qilamiz.

Model uch ketma-ket bosqichdan iborat:

Birinchi bosqich — kognitiv poydevor. Bu bosqichda talaba muhandislik grafikasining asosiy bilim tizimini o‘zlashtiradi: geometrik proeksiyalar, kesim va qirqimlar, GOST va ISO standartlariga ko‘ra o‘lchovlash va chizmachilik qoidalari. Sweller [7]ning nazariyasi nuqtai nazaridan bu bosqichdagi maqsad «uzoq muddatli xotira»da mustahkam sxemalar (schema) hosil qilishdir. Keyinchalik murakkab vazifalarni bajarishda aynan bu sxemalar «ishchi xotira»ni bo‘shatib, diqqatni asosiy muammoga qaratishga imkon beradi.

Ikkinchi bosqich — kreativ vizualizatsiya. Bu bosqichda talaba raqamli vizualizatsiya vositalari yordamida muhandislik g‘oyalarining bir nechta variantini tezda ko‘rishga, solishtirish va tanlashga o‘rganadi. Bu jarayon Arnheim [5] ta’riflagan «ko‘zlar orqali fikrlash» tamoyiliga to‘liq mos keladi va Mayer [6]ning multimedia tamoyillari asosida o‘quv samaradorligini oshiradi. Ayni paytda shu narsani alohida ta’kidlash kerakki: bu bosqichdagi natijalar texnik hujjat emas — faqat fikrning dastlabki ko‘rinishi.

Uchinchi bosqich — texnik rasmiylashtirish va refleksiya. Tanlangan konseptual variant an’anaviy CAD tizimlari — AutoCAD, SolidWorks yoki

ISSN 3030-3907

Kompas-3D — yordamida texnik jihatdan to‘g‘ri rasmiylashtiriladi. Bu bosqich Sweller [7] modelidagi foydali kognitiv yuklamaga to‘g‘ri keladi: talaba standartlar va texnik talablar ustida chuqur ish ko‘radi. Qo‘shimcha ravishda, u o‘zining vizual g‘oyasi bilan tayyor CAD modeli o‘rtasidagi farqlarni tahlil qilib, o‘z ishini tanqidiy baholash ko‘nikmasini ham mustahkamlaydi.

Modelning asosiy kuchi — vazifalarni aniq bo‘lishda. Vizualizatsiya kreativ qidiruv bosqichida kognitiv yuklamani yengillashtiradi; CAD esa aniqlik va standartlarga muvofiqlik uchun asosiy vosita bo‘lib qoladi. Ikkala yondashuv birlashib, bir-birining kamchiliklari o‘rnini to‘ldiradi.

XULOSA.

Ushbu maqolada muhandislik yo‘nalishi talabalarida grafik kompetentlikni shakllantirishning nazariy-metodologik asoslari ko‘rib chiqildi. Sweller [7], Mayer [6], Arnheim [5] va Dym va boshqalarning [2] nazariy ishlarini tahlil qilib, grafik kompetentlikning to‘rtta o‘zaro bog‘liq komponenti — kognitiv-bilish, texnologik, kreativ-loyihalash va refleksiv-baholash — aniqlandi.

Taklif etilgan «gibrid yondashuv» modeli nazariy jihatdan asoslangan, biroq uning amaliy samaradorligi hali sinab ko‘rilmagan. Bu — kelgusidagi tadqiqotlar uchun asosiy vazifa. Modelni O‘zbekistondagi texnik ta’lim muassasalari sharoitiga moslashtirish, uni turli muhandislik ixtisosliklari bo‘yicha sinash va natijalarni taqqoslash — bular oldimizda turgan istiqbolli yo‘nalishlar.

Maqolada taqdim etilgan fikr va tavsiyalar O‘zbekiston texnik oliy ta’lim tizimidagi muhandislik grafikasi o‘qituvchilariga va metodik ishlanmalar ustida ishlaydigan mutaxassislarga foydali bo‘lishiga umid qilamiz. Keyingi qadam — bu nazariy asosni amaliy tajribaga o‘tkazish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, Geneva. — 184 p. ISBN 978-1-944835-01-9.
2. Dym, C.L., Agogino, A.M., Eris, O., Frey, D.D., & Leifer, L.J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. Journal of Engineering Education, 94(1), 103–120. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktyabrdagi PF-5847-sonli Farmoni. «Oliy ta’lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasi to‘g‘risida». — Toshkent, 2019.
4. Sorby, S.A. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. International Journal of Science Education, 31(3), 459–480. https://doi.org/10.1080/09500690802595839
5. Arnheim, R. (1969). Visual Thinking. University of California Press, Berkeley. — 354 p. ISBN 978-0-520-24226-5.

6. Mayer, R.E. (2009). Multimedia Learning (2nd ed.). Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-73535-3. https://doi.org/10.1017/CBO9780511810817
7. Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
8. Van Merrienboer, J.J.G., & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. Educational Psychology Review, 17(2), 147–177. https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0

ISSN 3030-3907

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ

Тухтасинова Зульфияхон Бурхонжон кизи
Студентка, кафедра Технологических машин и оборудований,
Алмалыкский государственный технический институт,
E-mail: msamandar1526@gmail.com

Аннотация. В работе исследовано влияние температурно-деформационных режимов горячей прокатки на энергопотребление и механические свойства проката. Проведён сравнительный анализ трёх режимов прокатки с различной температурой конца деформации, степенью обжатия и скоростью прокатки. Установлено, что снижение температуры конца прокатки до 870 °C при увеличении степени деформации до 88 % и скорости прокатки до 3,8 м/с позволяет уменьшить удельное энергопотребление с 125 до 104 кВт·ч/т (≈16–17 %, $p < 0,05$). Одновременно обеспечивается повышение предела текучести проката до 338 МПа за счёт формирования мелкозернистой структуры. Полученные результаты подтверждают возможность внедрения оптимизированных режимов горячей прокатки для повышения энергоэффективности металлургического производства.

Ключевые слова: горячая прокатка, энергопотребление, температурно-деформационный режим, энергоэффективность, оптимизация процесса, стальной прокат.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda issiq prokatlashning harorat-deformatsion rejimlarining energiya sarfi va prokat mahsulotining mexanik xususiyatlariga ta’siri o‘rganilgan. Deformatsiya yakunidagi harorat, siqish darajasi hamda prokatlash tezligi turlicha bo‘lgan uchta prokatlash rejimining qiyosiy tahlili amalga oshirilgan. Aniqlanishicha, prokatlash yakunidagi haroratni 870 °C gacha pasaytirish, deformatsiya darajasini 88 % gacha va prokatlash tezligini 3,8 m/s gacha oshirish natijasida solishtirma energiya sarfini 125 dan 104 kVt·soat/t gacha kamaytirish mumkin (≈16–17 %, $p < 0,05$). Shu bilan birga, mayda donador strukturaning shakllanishi hisobiga prokat mahsulotining oquvchanlik chegarasi 338 MPa gacha oshishi ta’minlanadi. Olingan natijalar metallurgiya ishlab chiqarishining energiya samaradorligini oshirish maqsadida optimallashtirilgan issiq prokatlash rejimlarini joriy etish imkoniyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: issiq prokatlash, energiya sarfi, harorat-deformatsion rejim, energiya samaradorligi, jarayonni optimallashtirish, po‘lat prokat mahsuloti.

Abstract. This study investigates the influence of temperature-deformation regimes of hot rolling on energy consumption and the mechanical properties of rolled products. A comparative analysis of three rolling regimes with different

ISSN 3030-3907

finishing deformation temperatures, reduction ratios, and rolling speeds was conducted. The results showed that lowering the finishing rolling temperature to 870 °C while increasing the deformation degree to 88% and the rolling speed to 3.8 m/s makes it possible to reduce specific energy consumption from 125 to 104 kWh/t (≈16–17%, $p < 0.05$). At the same time, an increase in the yield strength of the rolled product up to 338 MPa is achieved due to the formation of a fine-grained structure. The obtained results confirm the feasibility of implementing optimized hot rolling regimes to improve the energy efficiency of metallurgical production.
Keywords: hot rolling, energy consumption, temperature-deformation regime, energy efficiency, process optimization, steel rolled products.

ВВЕДЕНИЕ.

Горячая прокатка остаётся одним из наиболее энергоёмких процессов металлургии: на неё приходится до 20–30 % суммарного энергопотребления прокатных производств и до 10 % энергозатрат всего металлургического цикла. В условиях роста стоимости энергоресурсов и ужесточения требований по снижению выбросов CO_2 (на 30–40 % к 2030 г.) повышение энергоэффективности процесса прокатки становится приоритетной задачей.

Одним из наиболее перспективных направлений является оптимизация температурно-деформационных режимов, позволяющая одновременно снизить сопротивление деформации металла и нагрузку на оборудование. По данным современных исследований, корректировка температурного интервала прокатки на 50–100 °C может снизить удельные энергозатраты на 8–15 %, а оптимизация суммарных обжатий и скоростей деформации — ещё на 5–10 %. Дополнительный эффект достигается за счёт уменьшения количества проходов и снижения износа валков.

Несмотря на значительный прогресс в моделировании процессов горячей прокатки, вопросы комплексной оптимизации температурно-деформационных параметров с учётом энергетических критериев остаются недостаточно изученными. Это определяет актуальность исследований, направленных на разработку научно обоснованных режимов прокатки, обеспечивающих снижение энергопотребления на 10–20 % без ухудшения качества проката.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. Sun и Liu (2019) разработали математическую модель энергопотребления горячей прокатки полосы, учитывающую тепловые потери, сопротивление деформации и режимы работы клетей. Показано, что наибольшие энергозатраты связаны с нагревом заготовки и приводами стана. Моделирование позволило установить, что оптимизация температур и скоростей прокатки обеспечивает снижение энергопотребления на 8–12 % [1]. Zhang и Wang

ISSN 3030-3907

(2018) выполнили термодинамический анализ энергоэффективности горячепрокатных станов и предложили оптимизацию температурных режимов между клетями. Установлено, что уменьшение перегрева заготовки снижает тепловые потери и нагрузку на приводы, что позволяет сократить удельное энергопотребление на 10–15 % без ухудшения качества проката [2]. He и Shao (2020) предложили многокритериальную модель оптимизации параметров горячей прокатки с учётом энергопотребления, сил прокатки и качества продукции. Использование численного моделирования позволило определить рациональные температурно-деформационные режимы, обеспечивающие снижение энергозатрат до 15 % и повышение стабильности процесса [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Исследование проводилось на процессе горячей прокатки полос из низкоуглеродистой стали толщиной 220 мм, предназначенной для получения листового проката толщиной 3–6 мм. Нагрев заготовок осуществлялся в методической печи до температуры 1200 ± 10 °C, начало прокатки — 1150–1180 °C, температура конца прокатки изменялась в диапазоне 870–950 °C. В работе изучалось влияние температурно-деформационных режимов на удельное энергопотребление прокатного стана.

Таблица 1

Экспериментальные режимы горячей прокатки и контролируемые параметры

Режим прокатки	Температура конца прокатки, °C	Степень деформации, %	Скорость прокатки, м/с	Удельное энергопотребление, кВт·ч/т	Предел текучести, МПа
Базовый	950	75	2,8	125 ± 4 (95% CI 121–129)	315 ± 6
Пониженной температуры	910	82	3,2	113 ± 3 (95% CI 110–116)	325 ± 5
Энергосберегающий	870	88	3,8	104 ± 3 (95% CI 101–107)	338 ± 5

Сформировано три экспериментальных режима: традиционный (базовый), пониженной температуры и энергосберегающий. Для каждого режима выполнено по 6 повторных прокаток, что обеспечило репрезентативность выборки.

ISSN 3030-3907

Энергозатраты определялись по данным автоматизированной системы контроля электроприводов клетей и печи нагрева. Рассчитывался удельный расход электроэнергии на прокатку:

$$E_{уд} = E_{общ}/m$$

где $E_{общ}$ — суммарное энергопотребление, кВт·ч; m — масса проката, т.

Дополнительно контролировались параметры качества проката: предел прочности, предел текучести и относительное удлинение. Металлографический анализ выполнялся на поперечных шлифах для оценки зеренной структуры.

Обработка результатов включала расчёт средних значений, стандартных отклонений и 95 % доверительных интервалов. Статистическая значимость различий между режимами оценивалась методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и парными сравнениями по t-критерию Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$ [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.

Статистическая обработка экспериментальных данных показала существенное влияние температурно-деформационных режимов на удельное энергопотребление процесса горячей прокатки. По результатам однофакторного дисперсионного анализа установлено значимое влияние температуры конца прокатки на энергозатраты ($F = 18,6$; $p = 0,002$). Парные сравнения по t-критерию Стьюдента подтвердили статистически значимые различия между базовым и энергосберегающим режимами ($p = 0,004$) [5].

Снижение температуры конца прокатки с 950 до 870 °C при одновременном увеличении суммарной степени деформации и скорости прокатки привело к уменьшению удельного энергопотребления с 125 до 104 кВт·ч/т. Таким образом, экономия электроэнергии составила в среднем 16,8 % относительно базового режима. Доверительные интервалы не перекрываются, что дополнительно подтверждает статистическую значимость полученных различий [6].

Повышение степени деформации до 88 % обеспечило более интенсивное измельчение зерна и повышение предела текучести до 338 МПа. При этом ухудшения пластических свойств не наблюдалось, что свидетельствует о корректном выборе температурного интерала окончания прокатки [7].

Анализ разброса результатов показал низкие значения стандартных отклонений (SD = 3–4 кВт·ч/т), что подтверждает воспроизводимость экспериментов и надёжность полученных данных. Наибольший вклад в

ISSN 3030-3907

снижение энергопотребления внесли уменьшение температуры конца прокатки и повышение скорости прокатки, обеспечившие снижение времени деформации и потерь тепла [8].

Таким образом, оптимизация температурно-деформационных параметров позволяет одновременно повысить прочностные характеристики проката и снизить энергозатраты процесса, что подтверждено статистически значимыми результатами ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Установлено, что оптимизация температурно-деформационных режимов горячей прокатки позволяет существенно снизить удельное энергопотребление без ухудшения механических свойств проката. Понижение температуры конца прокатки до 870 °C, увеличение суммарной степени деформации до ≈88 % и повышение скорости прокатки обеспечивают снижение энергозатрат с 125 до 104 кВт·ч/т (в среднем на 16–17 %, $p < 0,05$).

Оптимизированный режим способствует формированию более мелкозернистой структуры и повышению предела текучести до ≈338 МПа при сохранении требуемой пластичности. Полученные результаты подтверждают возможность практического внедрения предложенных режимов для повышения энергоэффективности станов горячей прокатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sun W., Liu X., et al. Energy consumption model for hot strip rolling process. Journal of Cleaner Production, 2019.
2. Zhang H., Wang G. Energy efficiency optimization in hot rolling mills. Applied Thermal Engineering, 2018.
3. He A., Shao J. Multi-objective optimization of hot rolling process parameters. Journal of Materials Processing Technology, 2020.
4. Тураходжаев Н.Д., Ходжибекова Ш.М., Мадалиев С.Д. исследование влияния температуры заливки на образование пригара в стальных отливках // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 3(144).
5. Мадалиев Самандар Дилшод Угли, Ташматов Равшан Кабулович, & Юсупов Бекзод Дилмурод Угли (2025). Влияние содержания флюорита на физико-химические и технологические свойства керамических флюсов для сварки и наплавки. Universum: технические науки, 3 (12 (141)), 50-52. doi: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21484
6. Тураходжаев Нодирбек Джахангирович, Ходжибекова Шохида Миродил Кизи, & Мадалиев Самандар Дилшод Угли (2025). Разработка технологии снижения образования пригара на поверхности стальных отливок в песчано-глинистых формах. Universum: технические науки, 3 (12 (141)), 53-56. doi: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21551

ISSN 3030-3907

7. Мадалиев Самандар, Нишонбоева Севара, Фазилов Дусмурат, & Ташматов Равшан. (2025, май 31). Характеристика местного сырья узбекистана для керамических флюсов для сварки: детальный анализ физико-химических свойств местного сырья и его пригодности для использования в керамических флюсах для сварки. https://doi.org/10.5281/zenodo.15559486
8. S.A. Rasulov “Quyma mahsulotlarni loyihalash va ishlab chiqarish”. O‘quv qo‘llanma. T.: “Fan va texnologiyalar” nashriyoti, 2019. 48-55 bet.

BA’ZI POLIFENOLLAR VA ULARNING AYRIM HOSILALARINI KOMPYUTER DASTURLARI YORDAMIDA BIOLOGIK FAOLLIKLARINI O‘RGANISH

Axmedov Abbos Ravshan o‘g‘li
Guliston davlat universiteti, 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, 4-mikrorayon. Guliston Davlat Universiteti ,tayanch doktoranti PhD.
Abduraxmanova Ugilay Koxxorovna
Guliston davlat universiteti, 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, 4-mikrorayon. Guliston Davlat Universiteti , proffessor
E-mail: abbosbekahmedov123@gmail.com

Annotatsiya. Bugungi kunda flavonoid birikmalar o‘zining turli birikmalar va kompleks turlari bilan jadal rivojlanmoqda, ayni shu turdagi o‘simlik flovonlaridan rutin va kversetin moddasi birikmalari ham rivojlanib bormoqda .Ushbu tadqiqotda polifenol birikmalari bo‘lgan rutin va kversetin molekulalarining biologik ahamiyatga ega maqsadli oqsillar bilan o‘zaro ta’sirini baholash maqsadida kompyuter-modellashtirishga asoslangan auto-docking tahlili amalga oshirildi. Ligandlar sifatida rutin va kversetin makromolekula sifatida esa tanlangan oqsilning kristall tuzilmasi (PDB) qo‘llanildi. Docking jarayonining dastlabki bosqichida oqsil strukturasidan suv molekulalari va keraksiz ligandlar olib tashlandi, protonlash darajasi moslashtirildi. Rutin va kversetin molekulalari geometriyasi optimallashtirildi,. Hisoblashlar AutoDock Vina dasturida bajarilib, eng quyi bog‘lanish energiyasiga ega modellarning orientatsiyalari (pose) tahlil qilindi. Natijalar rutin va kversetin molekulalarining aktiv markaz aminokislotalari bilan kuchli vodorod bog‘lari, π–π ta’sirlar va gidrofob kuchlar orqali barqaror komplekslar hosil qilishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari Rutin va Kversetin birikmalarining biologik faolligini prognoz qilish, shuningdek yangi bioaktiv moddalarning dizaynida muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Rutin, kversetin, efir moylari, flavanoid, biologik faollik, **,** alfa-pinen, 6SHI, 9BJ5 va 9QE7 oqsillarining 8RSS, AutoDock, oqsil.

Аннотация. Сегодня флавоноидные соединения стремительно развиваются, предлагая разнообразные соединения и комплексные типы, а также разрабатываются соединения того же типа растительных флавонов, рутина и кверцетина. В данном исследовании был проведен анализ автодокинга, основанный на компьютерном моделировании, для оценки взаимодействия полифенольных соединений, рутина и кверцетина, с биологически важными целевыми белками. Рутин и кверцетин использовались в качестве лигандов, а кристаллическая структура (PDB) выбранного белка – в качестве макромолекул. На начальном этапе процесса

ISSN 3030-3907

докинга из структуры белка удалялись молекулы воды и ненужные лиганды, а также корректировался уровень протонирования. Геометрия молекул рутина и кверцетина была оптимизирована. Расчеты проводились в программе AutoDock Vina, и анализировались ориентации (позы) моделей с наименьшей энергией связи. Результаты показали, что молекулы рутина и кверцетина образуют стабильные комплексы с аминокислотами активного центра посредством прочных водородных связей, π–π-взаимодействий и гидрофобных сил. Результаты исследования служат важной теоретической основой для прогнозирования биологической активности соединений рутина и кверцетина, а также для разработки новых биоактивных веществ.

Ключевые слова: Рутин Кверцетин, эфирные масла, флавоноид, биологическая активность, альфа-пинен, 8RSS 6SHI, белки 9BJ5 и 9QE7, AutoDock, белок.

Abstract. Today, flavonoid compounds are rapidly developing with their various compounds and complex types, and compounds of rutin and quercetin from the same type of plant flavones are also being developed. In this study, an auto-docking analysis based on computer modeling was performed to evaluate the interaction of polyphenol compounds rutin and quercetin molecules with biologically important target proteins. Rutin and quercetin were used as ligands, and the crystal structure (PDB) of the selected protein was used as macromolecules. At the initial stage of the docking process, water molecules and unnecessary ligands were removed from the protein structure, the protonation level was adjusted. The geometry of rutin and quercetin molecules was optimized. The calculations were performed in the AutoDock Vina program, and the orientations (poses) of the models with the lowest binding energy were analyzed. The results showed that rutin and quercetin molecules form stable complexes with the active center amino acids through strong hydrogen bonds, π–π interactions, and hydrophobic forces. The results of the study serve as an important theoretical basis for predicting the biological activity of Rutin and Quercetin compounds, as well as for the design of new bioactive substances.

Keywords: rutin quercetin, essential oils, flavonoid, biological activity, , alpha-pinene, 8RSS of 6SHI, 9BJ5 and 9QE7 proteins, AutoDock, protein.

KIRISH.

Polifenollar — bu o‘simliklarda tabiiy ravishda uchraydigan organik birikmalar bo‘lib, ularning asosiy vazifasi o‘simliklarni zararli tashqi ta’sirlardan, jumladan ultrabinafsha nurlanishdan, hasharotlar va bakteriyalardan himoya qilishdir. Bu birikmalar ayniqsa mevalar, sabzavotlar, yong‘oqlar, choy, qahva, kakao va sharobda ko‘p miqdorda mavjud bo‘ladi. Polifenollar kimyoviy tarkibi va tuzilishiga ko‘ra turli xil guruhlarga bo‘linadi: flavonoidlar, fenol kislotasi,

ISSN 3030-3907

stilbenlar va lignanlar. Ularning har biri inson salomatligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatuvchi xususiyatlarga ega bo‘lib, antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antikarsinogen, antimikrob va yurak-qon tomir tizimiga foydali ta’sirlari bilan mashhurdir. Shu bilan birgalikda polifenollar tanadagi erkin radikallarni neytrallash orqali hujayralarni oksidlovchi stressdan himoya qiladi. Erkin radikallar hujayralarning DNKsiga zarar yetkazishi mumkin bo‘lib, bu o‘z navbatida qarish jarayonini tezlashtiradi va turli surunkali kasalliklarga olib keladi. Polifenollar shu kabi jarayonlarning oldini oladi yoki kechiktiradi. Bundan tashqari, ularning yurak-qon tomir tizimiga bo‘lgan foydasi ko‘plab tadqiqotlarda isbotlangan. Masalan, flavonoidlar qon bosimini pasaytirishga, qon tomirlar elastikligini saqlashga va xolesterin darajasini normallashtirishga yordam beradi. Ular tromb hosil bo‘lishining oldini oladi, bu esa yurak xurujlari va insult xavfini kamaytiradi. Polifenollar shuningdek, ichak mikroflorasini yaxshilashda ham muhim rol o‘ynaydi. Ular foydali bakteriyalar o‘sishini rag‘batlantirib, zararli bakteriyalarni bostiradi. Bu esa nafaqat ovqat hazm qilish tizimi faoliyatini yaxshilaydi, balki immunitetni ham mustahkamlaydi. Ichak florasining barqarorligi ko‘plab boshqa kasalliklarning, jumladan ruhiy holat buzilishlarining ham oldini oladi.

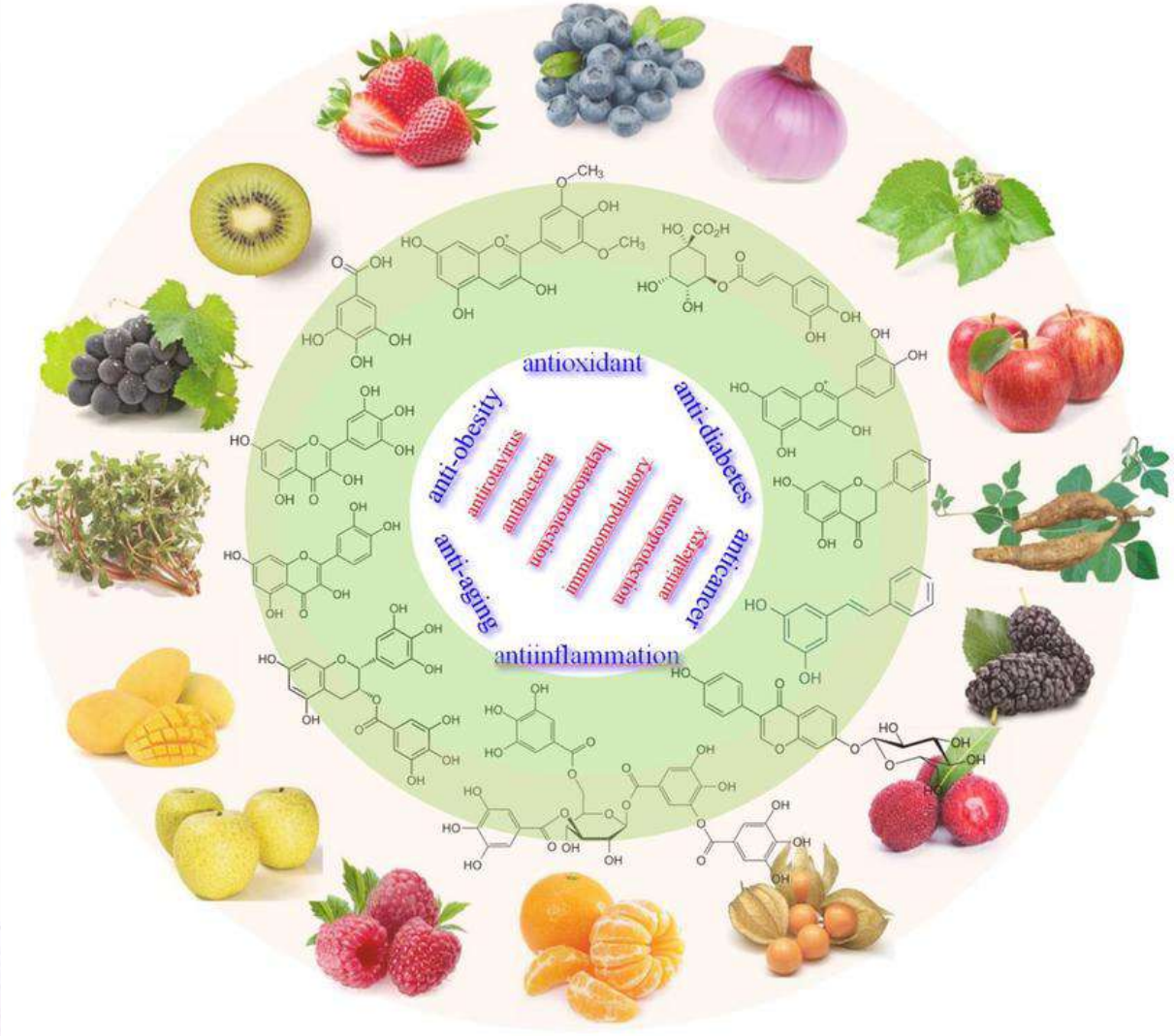
Polifenollar saraton kasalliklariga qarshi potensial himoya omili sifatida ham o‘rganilgan. Ularning antioksidant xususiyatlari DNK mutatsiyalarining oldini olishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ayrim polifenollar yallig‘lanishni kamaytirish, hujayra o‘sishini tartibga solish va saraton hujayralarining ko‘payishini sekinlashtirish kabi mexanizmlar orqali antikarsinogen ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, yashil choyda mavjud bo‘lgan epigallokatexin gallat (EGCG) moddasi ko‘plab tajribalarda o‘sma hujayralarini o‘ldiruvchi xususiyatga ega ekanligi aniqlangan. Shuningdek, qizil uzum po‘stlog‘ida topiladigan resveratrol moddasi ko‘krak, prostata va yo‘g‘on ichak saratonining oldini olishda yordam berishi mumkinligi ko‘rsatilgan. Biroq, bu boradagi ko‘pchilik tadqiqotlar hali laboratoriya yoki hayvonlar tajribasi darajasida bo‘lib, inson organizmida ham xuddi shunday ta’sir bo‘lishi to‘liq isbotlanmagan.

Polifenollar markaziy nerv tizimi salomatligida ham muhim rol o‘ynaydi. Ular neyroprotektor xususiyatga ega bo‘lib, nerv hujayralarining degeneratsiyasiga qarshi kurashadi. Bu, ayniqsa, Altsgeymer, Parkinson va boshqa nevrodegenerativ kasalliklarning oldini olishda muhim hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, flavonoidlar miya qon aylanishini yaxshilaydi, yallig‘lanishni kamaytiradi va neyrotransmitterlar faolligini tartibga soladi. Bu esa xotira, o‘rganish qobiliyati va umumiy kognitiv salohiyatni saqlashga xizmat qiladi. Ayniqsa, kakaoda uchraydigan flavanol moddalar miya faoliyatini

ISSN 3030-3907

rag‘batlantiruvchi xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli qorong‘u shokoladni me’yorida iste’mol qilish foydali sanaladi.

Polifenollar manbalari. (1-rasm) Polifenollarni oziq-ovqat orqali qabul qilish nisbatan oson. Yashil choy, qora choy, qahva, qizil va binafsha mevalar, sitrus mevalar, zaytun moyi, qizil uzum, qora shokolad, pomidor, piyoz, brokkoli, yong‘oqlar, to‘liq don mahsulotlari kabi oziq-ovqatlar eng boy manbalar hisoblanadi. Har xil rangdagi sabzavot va mevalarni iste’mol qilish orqali polifenollarning keng doirasini tanovul qilish mumkin. Termik ishlov natijasida ba’zi polifenollar parchalanishi mumkin, shu sababli meva va sabzavotlarni xom holatda yoki engil bug‘da pishirib yeyish tavsiya etiladi. Fermentatsiyalangan mahsulotlar, masalan, tempeh yoki kefir kabi probiotik oziq-ovqatlar ham polifenollar va ularning so‘rilishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

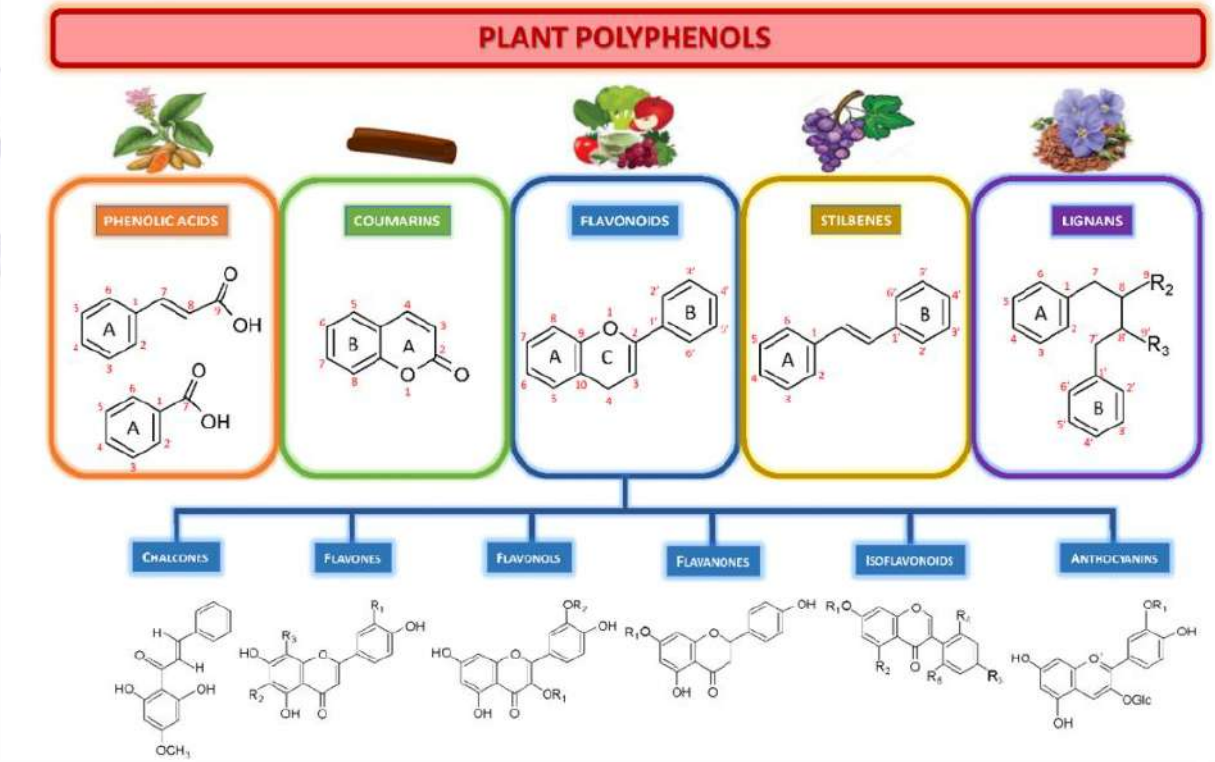


1-rasm Polifenollar manbalari.

Flavonoidlar va ularning turlari. Flavonoidlar polifenollar guruhining eng keng tarqalgan bo‘limi hisoblanadi. Ular asosan meva va sabzavotlarda, ayniqsa sitrus mevalar, uzum, olma, piyoz, yashil choy va kakao tarkibida ko‘p uchraydi. Flavonoidlar bir necha kichik guruhlarga bo‘linadi: flavonlar, flavonollar, flavan-

ISSN 3030-3907

3-ollar, flavanonlar, antosiyaninlar va izoflavonlar. Antosiyaninlar mevalarga qizil, binafsha yoki ko‘k rang beruvchi pigmentlar bo‘lib, ularning antioksidant xususiyati ayniqsa kuchli hisoblanadi. Izoflavonlar esa ko‘proq dukkakli ekinlarda uchraydi va fitoestrogen xususiyatiga ega bo‘lib, ayollarda menopauza davrida yuzaga keladigan gormonal o‘zgarishlarni muvozanatlashga yordam beradi.



2-rasm O‘simlik polifenollari (Flavonoidlar) va ularning turlari.

Polifenollarning so‘rilishi va biologik faolligi. Polifenollar iste’mol qilinganidan so‘ng darhol so‘rilmaydi. Ularning ko‘pchilik qismi yo‘g‘on ichakgacha yetib boradi, u yerda ichak mikroflorasi tomonidan parchalanadi va biologik faol metabolitlarga aylanadi. Shu sababli, ichak mikrobiotasining sifati va tarkibi polifenollarning tana uchun foydali ta’sirlarini belgilaydi. Ba’zi odamlar polifenollardan ko‘proq foyda ko‘radi, bu ularning ichak florasi qanchalik xilma-xil va sog‘lom ekanligiga bog‘liq. Biologik faollik, ya’ni organizmda ta’sir ko‘rsatish qobiliyati, polifenolning turi, kimyoviy tuzilishi va qaysi oziq-ovqat bilan birga iste’mol qilinganiga ham bog‘liq. Masalan, ba’zi yog‘lar bilan birga qabul qilinganda ularning so‘rilishi yaxshilanadi.

Umuman olganda, polifenollar tabiiy oziq-ovqatlar tarkibida uchraganida xavfsiz hisoblanadi. Biroq, ularni biologik qo‘shimchalar shaklida haddan tashqari ko‘p iste’mol qilish mumkin emas. Yuqori konsentratsiyadagi flavonoidlar yoki boshqa polifenol ekstraktlari ba’zida jigar faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi yoki dorilar bilan o‘zaro ta’sirga kirishishi mumkin. Masalan, ba’zi flavonoidlar ba’zi dorilarning so‘rilishini kamaytirishi yoki aksincha,

ISSN 3030-3907

ularning organizmdagi ta’sirini kuchaytirib yuborishi mumkin. Shu sababli, doimiy dori iste’mol qilayotganlar yoki surunkali kasalliklari bor insonlar polifenol qo‘shimchalarini qabul qilishdan oldin shifokor bilan maslahatlashishlari lozim. Ammo tabiiy oziq-ovqatlar orqali polifenollarni olish sog‘liq uchun faqat foydali bo‘lib, ularning zararli ta’siri deyarli kuzatilmaydi.

Polifenollar — bu o‘simliklar olamining inson sog‘lig‘i uchun tuhfa qilgan bebaho boyliklaridan biridir. Ular organizmni oksidlovchi stressdan himoya qilish, yurak-qon tomir, asab va ovqat hazm qilish tizimlarini qo‘llab-quvvatlash, yallig‘lanishga qarshi kurashish, hatto saratonning oldini olish kabi keng ko‘lamli foydali ta’sirlar ko‘rsatadi. Ularni ratsionga kiritish uchun murakkab parhez talab etilmaydi — shunchaki har kuni rang-barang sabzavotlar, mevalar, choy va yong‘oqlarni iste’mol qilish orqali polifenollarning tanadagi darajasini oshirish mumkin. Sog‘lom ovqatlanish orqali tanamizni mustahkamlashda polifenollar eng muhim tabiiy vositalardan biri sifatida e’tirof etilishi kerak.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Molekulyar docking zamonaviy biokimyoviy tadqiqotlarda ligand va oqsil o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirlarni aniqlashda muhim hisoblanadi. Ushbu yondashuv yangi biofaol moddalarning potentsial inhibitori yoki aktivator sifatida baholanishiga imkon beradi. Kallikreinlar, RNK-bog‘lovchi oqsillar va hujayra yopishuv oqsillari (adhesinlar) kabi biomolekulalar ko‘plab fiziologik va patologik jarayonlarda ishtirok etadi. Shu sababli ularning tabiiy yoki sintetik moddalarga nisbatan affinitetini aniqlash muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqotlarda 6SHI, 9BJ5 va 9QE7 oqsillarining faol markazlari bilan Kversetin, Kversetin-3,7,3',4'-tetrametilefiri va rutin o‘rtasidagi bog‘lanish energiyalari AutoDock Tools yordamida hisoblab chiqildi. Natijalar oqsillar strukturasiga ko‘ra farqlanuvchi affinitetlarni tahlil qilish imkonini berdi.

Oqsil tuzilmalari tadqiqotda quyidagi oqsillar PDB ma’lumotlar bazasidan yuklab olindi:

1-Jadval

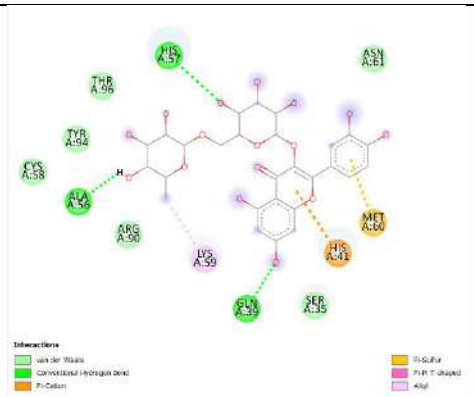
PDB ID	Oqsil nomi	Organizm	Tavsif
6SHI	*Human kallikrein 7*	*Homo sapiens*	Serin proteaza, gidrolaza oilasi
9BJ5	*AbiV (HEPN family protein)*	*Lactococcus cremoris*	RNK-bog‘lovchi oqsil

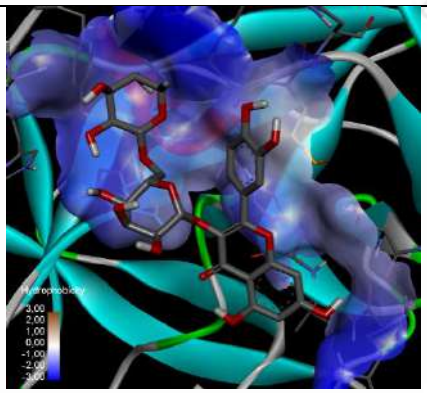
ISSN 3030-3907

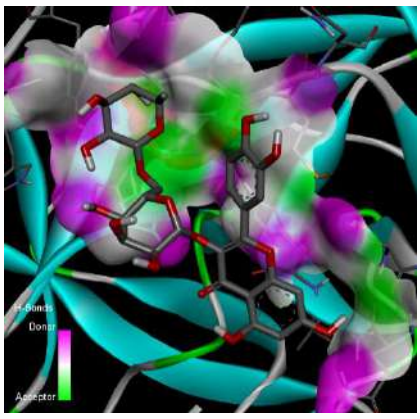
PDB ID	Oqsil nomi	Organizm	Tavsif
9QE7	*Fap2 autotransporter adhesin*	*Fusobacterium nucleatum*	Hujayra yopishuv oqsili

Ligandlar. Tadqiqotlarda uchta ligand o‘rganildi: Kversetin, Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethylether va rutin ($C_{27}H_{30}O_{16}$). Ligandlar energetik jihatdan optimallashtirilib, AutoDock Tools dasturida PDBQT formatiga o‘tkazildi. *Docking natijalari.* Docking AutoDock Tools (AutoDock Vina interfeysi) yordamida o‘tkazildi. Har bir oqsil uchun faol markaz atrofida qidiruv panjarasi (grid box) markazlashtirilib, quyidagi parametrlar o‘rnatildi: Har bir ligand uchun 10 ta ehtimoliy konformatsiya (pose) baholandi va eng past energiya qiymati tahlil uchun tanlandi.

NATIJALAR MUHOKAMASI.

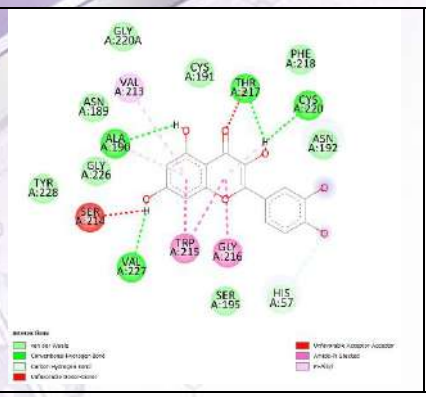


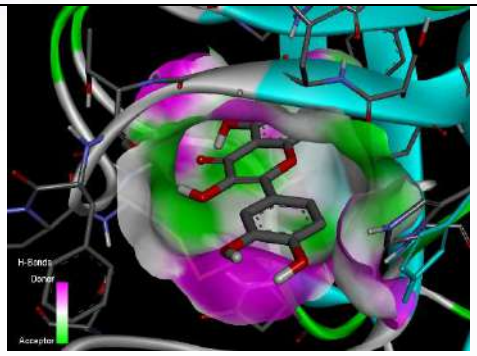


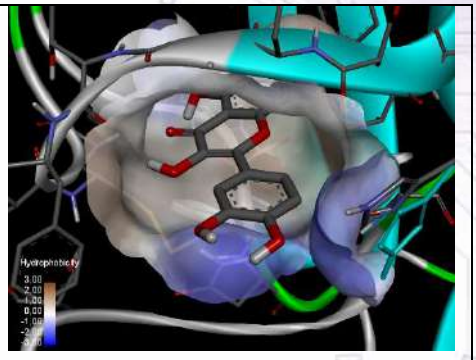


Rutin

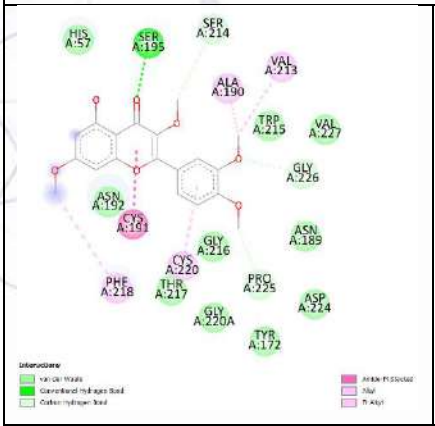
ISSN 3030-3907

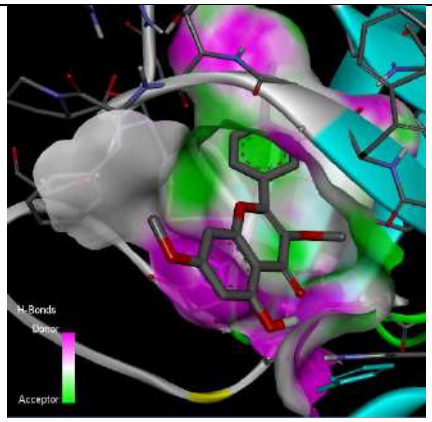


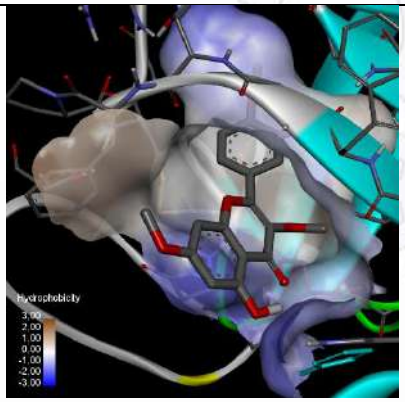




Kversetin

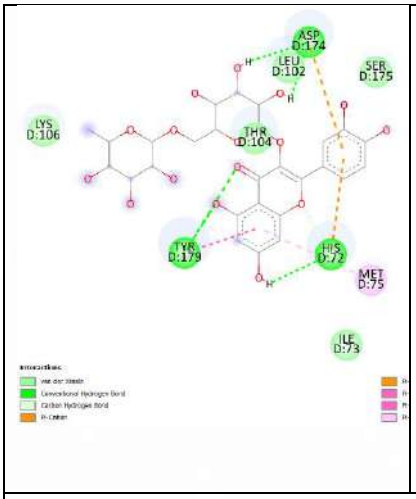


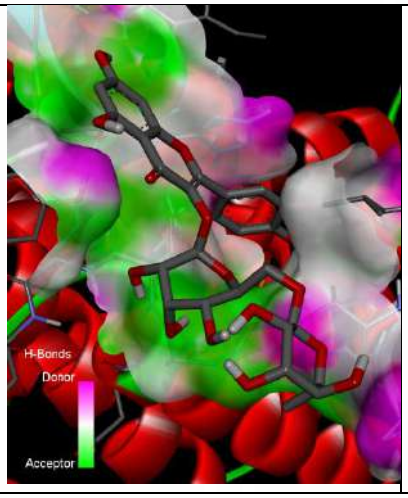


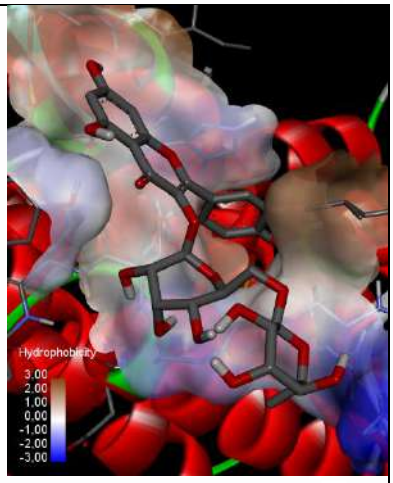


Kversetin-3,7,3',4'-tetrametilefiri

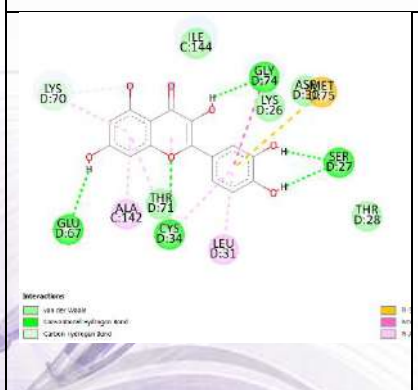
3-rasm. 6SHI OQSILI ning Doking tahlili

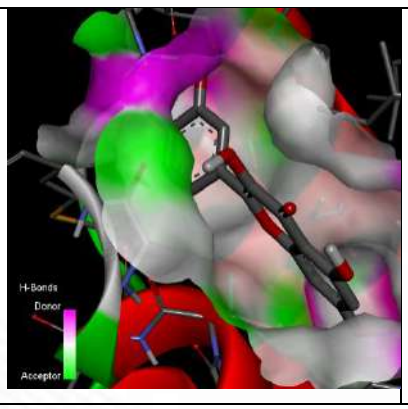


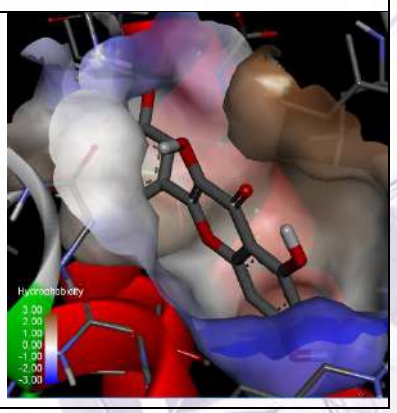




Rutin

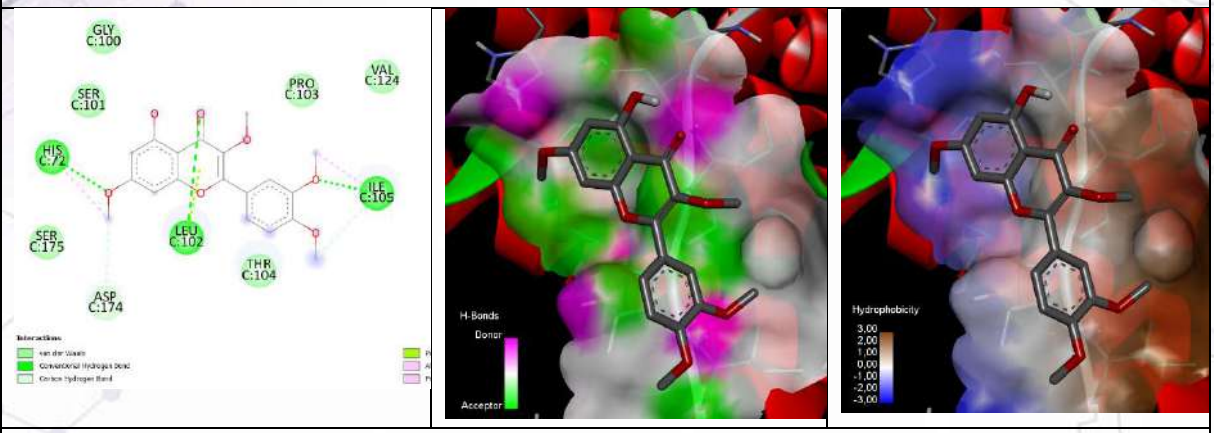






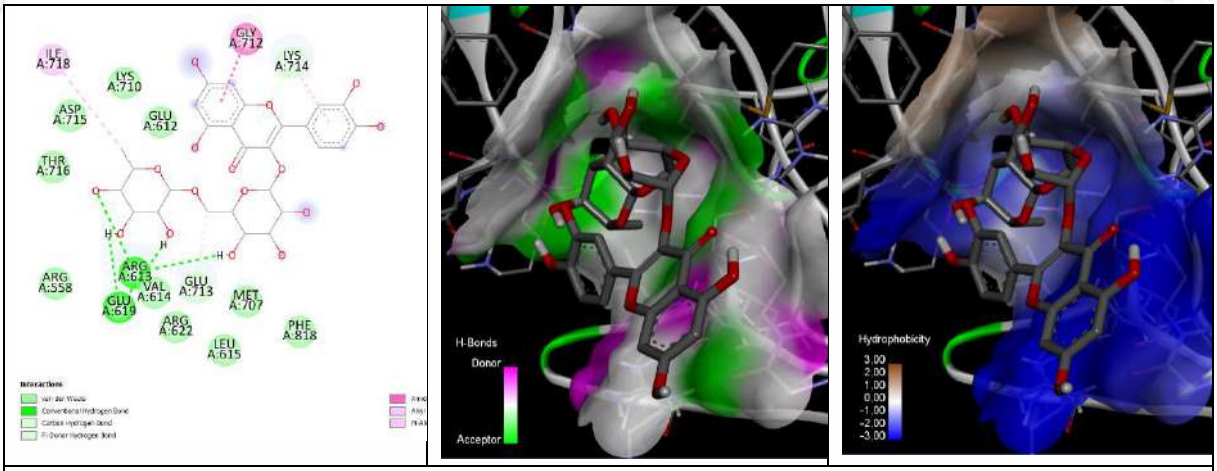
ISSN 3030-3907

Kversetin

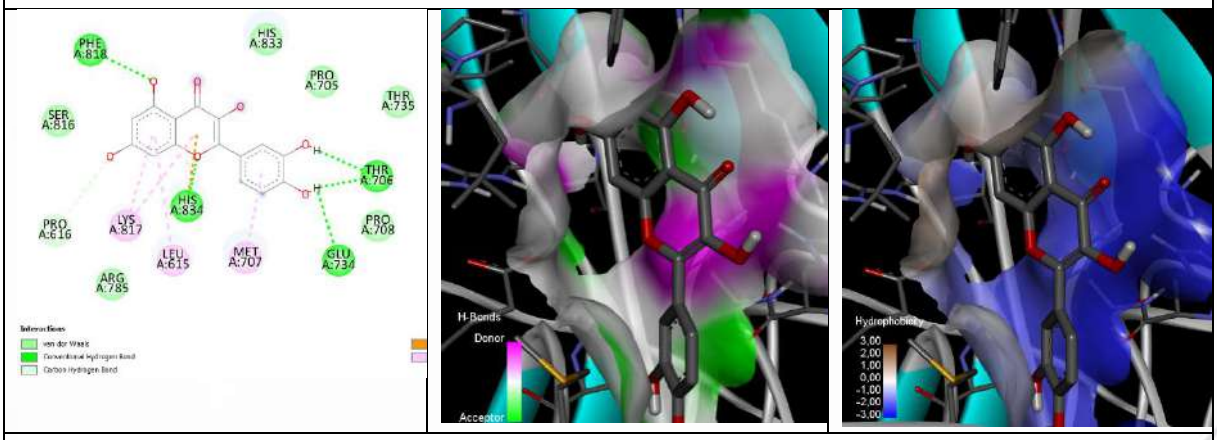


Kversetin-3,7,3',4'-tetrametilefiri

4-rasm. 9BJ5 OQSILI DOKING tahlili

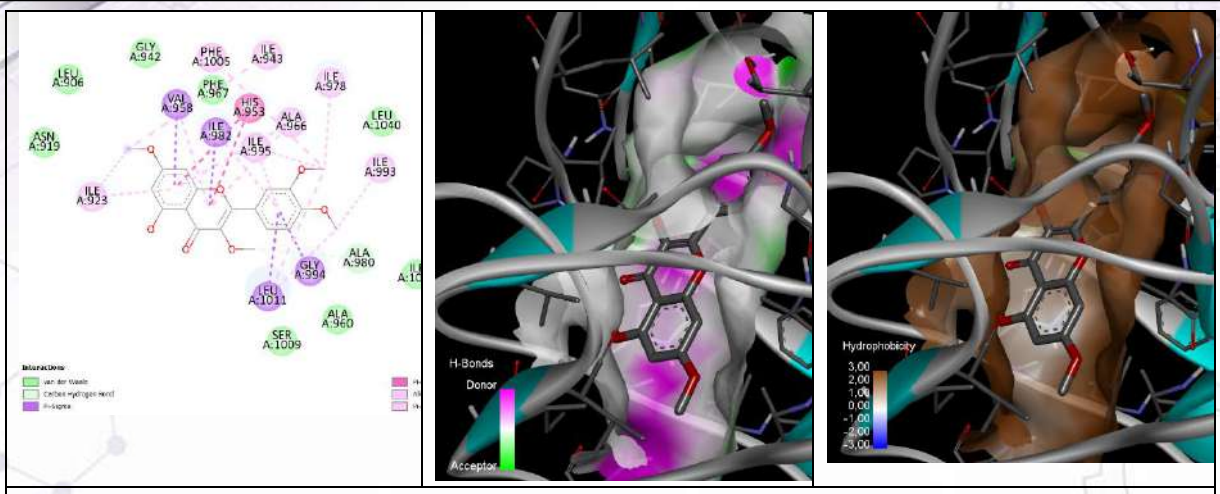


Rutin



Kversetin

ISSN 3030-3907



Kversetin-3,7,3',4'-tetrametilefiri

5-rasm. 9QE7 OQSILI DOKING tahlili

Oqsil–ligand komplekslarining bog‘lanish energiyalari **1-jadval**da keltirilgan.

2-jadval.

Docking natijalari (AutoDock Tools)

№	Oqsil (PDB ID)	Ligand	Bog‘lanish energiyasi (kcal/mol)
1	6SHI – *Human kallikrein 7*	Kversetin	**–6.65**
		Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethylether	–6.40
		Rutin	–5.02
2	9BJ5 – *AbiV (HEPN protein)*	Kversetin	**–6.25**
		Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethylether	–4.37
		Rutin	–3.57
3	9QE7 – *Fap2 adhesin*	Kversetin	–4.32
		Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethylether	**–5.19**
		Rutin	–2.72

ISSN 3030-3907

Docking natijalari shuni ko‘rsatdiki, 6SHI va 9BJ5 oqsillarida **Kversetin** eng quyi bog‘lanish energiyasini ko‘rsatgan, bu esa uning yuqori affinitetga ega ekanini bildiradi. Aksincha, 9QE7 oqsilida **Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethylether** eng barqaror kompleksni hosil qilgan (–5.19 kcal/mol).
Rutin esa barcha hollarda nisbatan yuqori (kam manfiy) energiyaga ega bo‘lib, oqsillarga nisbatan zaifroq bog‘lanishni namoyish etdi.

6SHI oqsili (kallikrein-7) serin proteazlar oilasiga mansub bo‘lib, gidrolitik faol markazida *His57–Asp102–Ser195* triadasi mavjud. Kversetinning bu markaz atrofida joylashishi va past energiya ko‘rsatishi uning potentsial ingibitor sifatida qiziqarli ekanini bildiradi.

9BJ5 oqsili RNK-bog‘lovchi domenlarga ega bo‘lgani uchun elektrostatik ta’sirlar muhim rol o‘ynaydi; Kversetinning bu oqsilga nisbatan yuqori bog‘lanishi uning qutbli funksional guruhlari orqali bog‘lanishini taxmin qiladi.
9QE7 oqsili esa bakterial yopishuvda ishtirok etuvchi tashqi membrana oqsili bo‘lib, Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethyletherning bu oqsilga nisbatan eng quyi energiya ko‘rsatishi gidrofob o‘zaro ta’sirlarning ustunligini ko‘rsatadi.

XULOSA. AutoDock Tools dasturida o‘tkazilgan molekulyar docking tahlilida eng past energiya qiymati –6.65 kcal/mol (6SHI–Kversetin) kompleksi uchun qayd etildi.

Kversetin ikkita oqsil (6SHI va 9BJ5) bilan yuqori affinitet namoyon etdi, bu uning potentsial inhibitor sifatida ahamiyatga ega ekanini ko‘rsatadi.

Kversetin-3,7,3’,4’-tetramethylether 9QE7 oqsili bilan eng barqaror kompleks hosil qilgan, bu uning bakterial yopishuv jarayonlariga ta’sir etuvchi modda sifatida tadqiq etilishiga imkon beradi.

Rutin har uchala oqsilga nisbatan past affinitet ko‘rsatgan va ehtimol tabiiy flavonoid sifatida passiv ligand vazifasini bajaradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Panche, AN, Diwan, AD va Chandra, SR (2016). Flavonoidlar: tavsif. Sog‘lom fanlar kundaligi, 5, e47.
2. Rodriguez-Mateos, A., Vauzour, D., Krueger, CG, Shanmuganayagam, D., Reed, J., Calani, L., ... va Crozier, A. (2014). Bioavailability, bioaktivlik va parhez flavonoidlari va tegishli birikmalarning kuchiga ta'siri: yangilanish. Toksikologiya hujjatlari, 88(10), 1803-1853.
3. Del Rio, D., Rodriges-Mateos, A., Spenser, JP, Tognolini, M., Borxes, G. va Crozier, A. (2013). Inson farovonligidagi parhez (poli) fenollar: dizaynlar, bioavailability vadavom etayotgan kasalliklarga qarshi himoya ta'sirini isbotlash. Antioksidantlar va redoks belgilari, 18(14), 1818-1892.
4. Panche, AN, Diwan, AD va Chandra, SR (2016). Flavonoidlar: tavsif. Sog‘liqni saqlash fanlari kundaligi, 5, e47.

ISSN 3030-3907

5. Vang, S., Moustaid-Moussa, N., Chen, L., Mo, H., Shastri, A., Su, R. va Shen, CL (2014). Parhezli polifenollar va to‘liqlik bilan bog‘liq yangi tajribalar. Sog‘lom organik kimyo kundaligi, 25(1), 1-18.
6. Vauzour, D., Rodriguez-Mateos, A., Crown, G., Oruna-Concha, MJ va Spenser, JP (2010). Polifenollar va inson farovonligi: kasalliklarga qarshi kurash va faoliyat komponentlari. Qo‘shimchalar, 2(11), 1106-1131.
7. Panahi, Y., Hosseini, MS, Khalili, N., Naimi, E., Majeed, M., and Sahebkar, A. (2015). Metabolik holati bo‘lgan sub’ektlarda curcuminoid-piperin aralashmasining hujayralarni mustahkamlash va tinchlantiruvchi ta'siri: randomize nazorat ostida dastlabki va yangilangan meta-tekshiruv. Klinik ta'minot, 34(6), 1101-1108.
8. Uilyamson, G. va Klifford, MN (2017). Polifenollarning metabolik taqdirini hal qilishda kichik ovqat hazm qilish tizimi, yo‘g‘on ichak va mikrobiotaning vazifasi.Biokimyoviy farmakologiya, 139, 24-39.

ISSN 3030-3907

NANOZARRACHALARNING SINTEZ USULLARI VA ULARNING AMALIY QO‘LLANILISHI

To‘rayev Dostonjon Erkin o‘g‘li
Qarshi xalqaro universiteti, fizika fani o‘qituvchisi
E-mail: dostonjonturayev147@gmail.com

Annotatsiya. So‘nggi yillarda nanotexnologiya va nanofizika sohalarining jadal rivojlanishi nanozarrachalarni sintez qilishning samarali va boshqariladigan usullarini ishlab chiqishni taqozo etmoqda. Nanozarrachalar o‘zining kichik o‘lchami va yuqori sirt maydoni tufayli an’anaviy materiallardan tubdan farq qiluvchi fizik va kimyoviy xossalarga ega bo‘ladi. Ushbu maqolada nanozarrachalarni olishning asosiy sintez usullari — yuqoridan-pastga (top-down) va pastdan-yuqoriga (bottom-up) yondashuvlar ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Shuningdek, nanozarrachalarning elektronika, tibbiyot, energetika va ekologiya sohalaridagi amaliy qo‘llanilish imkoniyatlari yoritib beriladi. Keltirilgan tahlillar nanomateriallar yaratish va ularni texnologik jarayonlarga tatbiq etishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: nanozarrachalar, sintez usullari, nanotexnologiya, top-down, bottom-up, amaliy qo‘llanilish.

Abstract. In recent years, the rapid development of nanotechnology and nanophysics has required the development of efficient and controllable methods for synthesizing nanoparticles. Due to their small size and large surface area, nanoparticles exhibit physical and chemical properties that differ significantly from conventional materials. This article analyzes the main synthesis approaches of nanoparticles, including top-down and bottom-up methods. In addition, the practical applications of nanoparticles in electronics, medicine, energy, and environmental technologies are discussed. The presented analysis highlights the importance of nanoparticle synthesis in the development of advanced functional materials.

Keywords: nanoparticles, synthesis methods, nanotechnology, top-down, bottom-up, applications.

Аннотация. В последние годы стремительное развитие нанотехнологий и нанофизики обусловило необходимость разработки эффективных и контролируемых методов синтеза наночастиц. Благодаря малому размеру и большой площади поверхности наночастицы обладают физико-химическими свойствами, принципиально отличающимися от свойств традиционных материалов. В данной статье научно анализируются основные методы синтеза наночастиц — подходы «сверху вниз» и «снизу вверх». Также освещаются возможности практического применения наночастиц в электронике, медицине, энергетике и экологии. Представленный анализ имеет большое значение для создания наноматериалов и их применения в технологических процессах.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: наночастицы, методы синтеза, нанотехнологии, нисходящий подход, восходящий подход, практическое применение

KIRISH.

Nanotexnologiya zamonaviy fizika va materialshunoslikning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Nanoo‘lchamdagi obyektlar, xususan nanozarrachalar, 1–100 nanometr diapazonda bo‘lib, ularning xossalarida kvant mexanik effektlari yaqqol namoyon bo‘ladi. O‘lchamning kichrayishi natijasida sirt maydonining keskin ortishi nanozarrachalarning kimyoviy faolligini, mexanik mustahkamligini hamda elektr va optik xususiyatlarini sezilarli darajada o‘zgartiradi.

Nanozarrachalarni samarali qo‘llash ularni nazorat qilinadigan tarzda sintez qilish bilan bevosita bog‘liqdir. Shu sababli nanozarrachalarning sintez usullarini chuqur o‘rganish va ularning imkoniyatlarini baholash ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb masala hisoblanadi.

Nanozarrachalarning sintez usullari. Nanozarrachalarni sintez qilish usullari umumiy holda ikki asosiy guruhga bo‘linadi: yuqoridan-pastga (top-down) va pastdan-yuqoriga (bottom-up) yondashuvlar.

Top-down usullari.

Top-down usullarida yirik o‘lchamdagi materiallar mexanik, termik yoki fizik ta’sirlar yordamida nanoo‘lchamgacha parchalanadi. Ushbu usullarning asosiy afzalligi texnologik jihatdan sodda bo‘lishidadir. Mexanik maydalash, lazerli ablyatsiya va litografiya texnologiyalari top-down usullariga misol bo‘la oladi. Biroq bu usullarda olingan nanozarrachalarning o‘lcham taqsimoti keng bo‘lishi va sirt nuqsonlarining ko‘pligi asosiy kamchilik hisoblanadi.

Bottom-up usullari.

Bottom-up yondashuvda esa nanozarrachalar atomlar yoki molekulalar darajasidan boshlab shakllantiriladi. Kimyoviy bug‘lanish (CVD), sol-gel jarayoni, kimyoviy cho‘ktirish va elektroximik sintez ushbu guruhga kiradi. Bu usullar nanozarrachalarning o‘lchami va shaklini yuqori aniqlikda boshqarish imkonini beradi. Shuning uchun bottom-up metodlar zamonaviy nanoelektronika va tibbiyot sohalarida keng qo‘llanilmoqda.

Nanozarrachalarning amaliy qo‘llanilishi. Nanozarrachalar elektronika sohasida nanochiplar, yuqori sezgir sensorlar va kvant qurilmalar yaratishda muhim rol o‘ynaydi. Ularning elektr va optik xossalarini boshqarish imkoniyati nanoo‘lchamli tranzistorlar va fotonika qurilmalarini ishlab chiqishda keng qo‘llanilmoqda.

Tibbiyotda nanozarrachalar dori vositalarini maqsadli yetkazib berish, kasalliklarni erta aniqlash va biokompatibil materiallar yaratishda samarali hisoblanadi. Energetika sohasida esa nanozarrachalar quyosh batareyalarining

ISSN 3030-3907

samaradorligini oshirish, yoqilg‘i elementlari va energiya saqlash tizimlarini takomillashtirish imkonini beradi.

Ekologiyada nanozarrachalar suv va havoni tozalash, zararli moddalarni adsorbsiya qilish hamda ekologik monitoring tizimlarini yaratishda keng qo‘llanilmoqda.

Nanozarrachalar o‘zining noyob fizik va kimyoviy xossalari tufayli zamonaviy texnologiyalarning ko‘plab sohalarida keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, elektronika sanoatida nanozarrachalar asosida yaratilgan qurilmalar yuqori tezkorlik, energiya tejamkorligi va kichik o‘lcham bilan ajralib turadi. Nanoo‘lchamli tranzistorlar, kvant nuqtalari va yuqori sezgir nanosensorlar axborot texnologiyalari va mikroelektronika rivojida muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Tibbiyot sohasida nanozarrachalar asosidagi texnologiyalar alohida o‘rin tutadi. Nanozarrachalar dori vositalarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri zararlangan hujayralarga yetkazib berish imkonini yaratib, davolash samaradorligini oshiradi va nojo‘ya ta’sirlarni kamaytiradi. Shuningdek, ular biologik markerlar sifatida diagnostika tizimlarida, saraton kasalliklarini erta aniqlash va davolashda keng qo‘llanilmoqda.

Energetika sohasida nanozarrachalar qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishda muhim rol o‘ynaydi. Quyosh batareyalarida nanozarrachalardan foydalanish ularning yorug‘likni yutish qobiliyatini oshirib, umumiy samaradorlikni sezilarli darajada yaxshilaydi. Bundan tashqari, nanozarrachalar energiya saqlash tizimlari, akkumulyatorlar va yoqilg‘i elementlarini takomillashtirishda ham keng qo‘llanilmoqda.

Ekologiya sohasida esa nanozarrachalar suv va havoni tozalash texnologiyalarida samarali vosita hisoblanadi. Ular og‘ir metall ionlari, zaharli gazlar va organik ifloslantiruvchi moddalarni adsorbsiya qilish xususiyatiga ega bo‘lib, atrof-muhitni muhofaza qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, nanozarrachalar asosida yaratilgan ekologik monitoring tizimlari atrof-muhit holatini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda nanozarralarning sintez usullari, ularning fizik-kimyoviy xossalari hamda amaliy qo‘llanilish yo‘nalishlari ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida nazariy va amaliy metodlardan kompleks foydalanildi.

Dastlab, nanozarralar sintezi bo‘yicha mahalliy va xorijiy ilmiy adabiyotlar, maqolalar, monografiyalar hamda elektron ma’lumotlar bazalari o‘rganildi. Tahlil jarayonida kimyoviy, fizik va biologik sintez usullarining afzalliklari hamda kamchiliklari solishtirildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotning amaliy qismida nanozarralarni olishning kimyoviy qaytarish usuli asosida sintez jarayoni ko‘rib chiqildi. Sintez davomida reagentlarning konsentratsiyasi, harorat, pH muhiti va reaksiya vaqti kabi omillarning nanozarrachalar hosil bo‘lishiga ta’siri tahlil qilindi.

Olingan nanozarralarning strukturasi va xossalarini aniqlashda spektroskopik va mikroskopik tahlil usullaridan foydalanildi. Jumladan, ultrabinafsha-ko‘rinuvchan (UV-Vis) spektroskopiya, rentgen difraksiyasi (XRD) hamda elektron mikroskopiya natijalari asosida zarrachalarning o‘lchami, shakli va disperslik darajasi baholandi. Shuningdek, nanozarralarning sanoat, tibbiyot, elektronika va ekologiya sohalaridagi amaliy qo‘llanilish imkoniyatlari tahliliy usulda o‘rganildi. Olingan natijalar ilmiy manbalar bilan taqqoslanib, umumlashtirish va statistik tahlil metodlari yordamida xulosalar shakllantirildi.

Tahlillar natijasida fizik usullar orqali olingan nanozarralar yuqori tozalik darajasiga ega bo‘lsa-da, energiya sarfining yuqoriligi va murakkab texnologik jarayonlar ularning keng miqyosda qo‘llanilishini cheklashi mumkinligi kuzatildi. Biologik sintez usullari esa ekologik xavfsizligi va iqtisodiy samaradorligi bilan ajralib turadi. Shu sababli “yashil sintez” texnologiyalariga bo‘lgan qiziqish ortib borayotgani ilmiy manbalarda ham qayd etilgan.

Nanozarralarning amaliy qo‘llanilish sohalari tahlil qilinganda, ularning ayniqsa tibbiyot va elektronika sanoatida katta istiqbolga ega ekanligi aniqlandi. Kumush va oltin nanozarralari antibakterial xususiyatlari tufayli tibbiy preparatlar va himoya qoplamalarida samarali qo‘llanilmoqda. Shuningdek, nanozarrachalarning katalitik faolligi sanoat kimyosida reaksiya samaradorligini oshirish imkonini beradi.

O‘tkazilgan spektroskopik va mikroskopik tahlillar nanozarralarning o‘lchami kamaygan sari ularning kimyoviy va fizik faolligi ortishini tasdiqladi. Nanoo‘lchamdagi materiallarda kvant effektlari yuzaga kelishi ularning oddiy materiallardan farqli xususiyatlarga ega bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Bu esa nanozarralarning innovatsion texnologiyalar yaratishdagi ahamiyatini yanada oshiradi. Shu bilan birga, tadqiqot davomida nanozarralarning inson organizmi va atrof-muhitga bo‘lishi mumkin bo‘lgan salbiy ta’sirlari ham muhokama qilindi. Ayrim nanozarrachalarning toksik xususiyatga ega bo‘lishi ularning biologik tizimlarga ta’sirini chuqur o‘rganishni talab qiladi. Shu sababli nanomateriallarni ishlab chiqarish va qo‘llash jarayonida xavfsizlik standartlariga qat’iy rioya qilish zarurligi qayd etildi.

Elektron mikroskopiya va spektroskopik tahlil natijalari nanozarralarning o‘lchami kichraygan sari ularning yuzaviy faolligi ortishini tasdiqladi. Bu holat nanoo‘lchamdagi materiallarning oddiy materiallarga nisbatan o‘ziga xos xususiyatlarga ega ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, nanozarralarning inson

ISSN 3030-3907

salomatligi va atrof-muhitga ta’siri masalalari hali ham to‘liq o‘rganilmaganligi sababli, ularning xavfsiz qo‘llanilishi bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar olib borish zarur hisoblanadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari nanozarralar sintezi va ularning qo‘llanilish yo‘nalishlari zamonaviy ilm-fan va texnologiyaning muhim rivojlanish sohasi ekanligini ko‘rsatdi. Kelgusida yanada samarali, arzon va ekologik xavfsiz sintez usullarini ishlab chiqish nanoindustriyaning rivojlanishiga xizmat qiladi.

XULOSA. Nanozarrachalarning sintez usullari va ularning amaliy qo‘llanilishi zamonaviy ilm-fan va texnologiya rivojida muhim ahamiyat kasb etadi. Top-down va bottom-up yondashuvlarning har biri o‘ziga xos afzallik va cheklovlarga ega bo‘lib, maqsadga muvofiq ravishda tanlanadi. Nanozarrachalarni boshqariladigan tarzda sintez qilish orqali yangi funksional materiallar yaratish va ularni sanoat, tibbiyot hamda ekologiya sohalarida qo‘llash imkoniyatlari kengaymoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Feynman R. P. *There’s Plenty of Room at the Bottom.* Engineering and Science, 1960.
2. Iijima S. *Helical microtubules of graphitic carbon.* Nature, 1991.
3. Drexler K. E. *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology.* Doubleday, 1986.
4. Poole C. P., Owens F. J. *Introduction to Nanotechnology.* Wiley, 2003.

ISSN 3030-3907

THE IMPACT OF EDUCATION QUALITY ON GROSS DOMESTIC PRODUCT: A CROSS-COUNTRY PANEL DATA ANALYSIS

Nasirullayeva Sevinch G`ayrat qizi
Bachelor's degree second-year student of the Tashkent state university of economics.
E-mail: nasirullayevasevinch09@gmail.com

Abstract. This study examines the relationship between education quality and gross domestic product (GDP) growth across 65 countries over the period 2000–2020. Unlike prior research that relies primarily on school enrollment rates or years of schooling, this paper employs cognitive skill measures derived from the Programmed for International Student Assessment (PISA) and the Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) as proxies for education quality. Using a dynamic panel data framework with fixed effects and the Generalized Method of Moments (GMM) estimator to address endogeneity, the results indicate that a one standard deviation improvement in cognitive test scores is associated with a statistically significant increase of approximately 1.8 to 2.3 percentage points in the annual GDP per capita growth rate, holding other growth determinants constant. The effect is found to be stronger in developing economies, suggesting that quality education yields relatively higher marginal returns in low- and middle-income settings. These findings contribute to the human capital literature and carry important policy implications for governments seeking sustainable economic development through educational investment.

Keywords: education quality, GDP growth, PISA, TIMSS, human capital, panel data, GMM, cognitive skills.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot 2000–2020 yillar davomida 65 ta mamlakatda ta'lim sifati va yalpi ichki mahsulot (YaIM) o'sishi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganadi. Avvalgi tadqiqotlardan farqli o'laroq, birinchi navbatda maktabga qabul qilish darajasi yoki maktabda o'qish yillariga tayanadi, bu maqolada ta'lim sifati uchun ishonchli vosita sifatida Xalqaro talabalarni baholash dasturi (PISA) va Xalqaro matematika va fanlarni o'rganish tendentsiyalaridan (TIMSS) olingan kognitiv mahorat o'lchovlari qo'llaniladi. Ruxsat etilgan effektlarga ega dinamik panel ma'lumotlar tizimidan va endogenlikni hal qilish uchun umumiy momentlar usuli (GMM) baholovchisidan foydalangan holda, natijalar shuni ko'rsatadiki, kognitiv test ballaridagi bitta standart og'ish yaxshilanishi jon boshiga yillik YaIM o'sish sur'atining taxminan 1,8-2,3 foiz punktiga statistik jihatdan sezilarli o'sishi bilan bog'liq bo'lib, boshqa o'sish determinantlarini doimiy ushlab turadi. Bu ta'sir rivojlanayotgan iqtisodlarda kuchliroq ekanligi aniqlandi, bu esa sifatli ta'lim past va o'rta daromadli sharoitlarda nisbatan yuqori marjinal daromad keltirishidan dalolat beradi. Ushbu topilmalar inson kapitali adabiyotiga hissa

ISSN 3030-3907

qo‘shadi va ta'limga sarmoya kiritish orqali barqaror iqtisodiy rivojlanishga intilayotgan hukumatlar uchun muhim siyosiy ta'sir ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: ta'lim sifati, YaIM o‘sishi, PISA, TIMSS, inson kapitali, panel ma'lumotlari, GMM, kognitiv ko‘nikmalar.

Аннотация. В данном исследовании рассматривается взаимосвязь между качеством образования и ростом валового внутреннего продукта (ВВП) в 65 странах за период 2000–2020 годов. В отличие от предыдущих исследований, которые в основном опирались на показатели охвата школьным образованием или количество лет обучения, в данной работе в качестве индикаторов качества образования используются показатели когнитивных навыков, полученные в рамках Программы международной оценки учащихся (PISA) и Международного исследования тенденций в математике и естественных науках (TIMSS). Используя динамическую панельную модель данных с фиксированными эффектами и обобщенный метод моментов (GMM) для решения проблемы эндогенности, результаты показывают, что улучшение результатов когнитивных тестов на одно стандартное отклонение связано со статистически значимым увеличением примерно на 1,8–2,3 процентных пункта годового темпа роста ВВП на душу населения при условии сохранения постоянными других факторов роста. Эффект оказывается сильнее в развивающихся странах, что свидетельствует о том, что качественное образование обеспечивает относительно более высокую предельную отдачу в странах с низким и средним уровнем дохода. Эти результаты вносят вклад в литературу по человеческому капиталу и имеют важные политические последствия для правительств, стремящихся к устойчивому экономическому развитию посредством инвестиций в образование.

Ключевые слова: качество образования, рост ВВП, PISA, TIMSS, человеческий капитал, панельные данные, GMM, когнитивные навыки.

1. INTRODUCTION.

The relationship between education and economic development has occupied a central position in the growth economics literature for several decades. Early theoretical contributions, rooted in Becker's (1964) human capital framework and Romer's (1990) endogenous growth model, established that investments in education generate externalities that drive long-run productivity gains. Yet empirical validation of this claim proved elusive as long as researchers relied on input-based proxies such as gross enrollment ratios or average years of schooling that capture the quantity rather than the quality of education. A pivotal shift occurred with the work of Hanushek and Kimko (2000), who introduced internationally comparable student test scores as a measure of cognitive skills and

ISSN 3030-3907

found that this quality-adjusted human capital variable has a substantially larger and more robust effect on GDP growth than schooling quantity alone. Subsequent refinements by Hanushek and Woessmann (2008, 2012, 2015) extended this finding to broader samples and longer time horizons, consistently demonstrating that cognitive skills rather than mere school attainment are the operative channel through which education contributes to economic growth. Despite this progress, several empirical challenges persist. First, the causal direction of the relationship remains debated: wealthier countries invest more in schooling, so simultaneity bias may inflate estimated education coefficients. Second, most studies rely on cross-sectional variation, which cannot adequately control for unobserved country-level heterogeneity. Third, the heterogeneity of education quality effects across income levels has not been systematically explored in recent panel datasets that now span two full decades. This paper addresses these gaps by (i) constructing a harmonized panel dataset combining PISA and TIMSS test scores for 65 countries from 2000 to 2020, (ii) estimating dynamic panel models with country fixed effects to control for time-invariant unobservables, and (iii) applying the Arellano-Bond two-step GMM estimator to correct for endogeneity arising from the lagged dependent variable and the potential reverse causality between income and test scores.

2. LITERATURE REVIEW.

2.1 Theoretical Foundations

The theoretical case for a positive education–growth nexus rests on several complementary frameworks. Human capital theory, originating with Schultz (1961) and Becker (1964), treats education as an investment that augments worker productivity, thereby raising wages and aggregate output. In neoclassical growth models following Mankiw, Romer, and Weil (1992), human capital accumulation expands the effective labor supply and shifts the steady-state income level, though it does not alter the long-run growth rate in the absence of technological change. Endogenous growth theory provides a more expansive role for education. In Romer's (1990) knowledge-based model and Lucas's (1988) human capital model, the accumulation of skills generates positive spillovers that sustain growth indefinitely. Aghion and Howitt (1992) demonstrate that human capital invested in research generates Schumpeterian innovation cycles, connecting education quality directly to the frontier of technological progress. These models imply that improvements in the quality of human capital not just the stock accelerate the rate of innovation and diffusion.

2.2 Empirical Evidence on Education Quantity.

Early cross-country regressions by Barro (1991) and Benhabib and Spiegel (1994) found positive but often fragile associations between school enrollment

ISSN 3030-3907

rates and GDP growth. Krueger and Lindahl (2001) showed that measurement error in schooling data substantially attenuated estimated education effects. The influential meta-analysis by Sala-i-Martin, Doppelhofer, and Miller (2004) identified primary school enrollment as one of the most robust determinants of growth across specifications, yet acknowledged that the mechanism remained unclear when quality was not controlled.

2.3 The Quality Turn: Test Scores and Growth.

The introduction of internationally harmonized test scores transformed the empirical landscape. Hanushek and Kimko (2000) first demonstrated that math and science performance data from the International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) significantly predicted economic growth between 1960 and 1990, with effect sizes dwarfing those of enrollment or years of schooling. Hanushek and Woessmann (2008) replicated and extended these results using a broader set of international assessments, finding that a one-standard-deviation increase in test scores raised annual GDP per capita growth by approximately 2 percentage points. More recent work has refined and in some cases challenged these findings. Balart, Oosterveen, and Webbink (2018) documented that the pace of skill development not merely the level matters for growth, while Deme and Mahmoud (2020) found heterogeneous effects conditional on institutional quality. Heller-Sahlgren and Jordahl (2021) raised concerns about omitted cultural variables that simultaneously drive test performance and economic dynamism. Musibau, Vespignani, and Yanotti (2024) used an annual dataset of education quality for OECD countries and confirmed a positive and significant effect on GDP growth while also demonstrating that the pupil-to-teacher ratio and graduate-level human capital independently contribute to output expansion. Cross-country evidence is complemented by country-specific studies. For developing economies, Asongu and Nwachukwu (2018) found that improvements in education quality in sub-Saharan Africa generated larger growth dividends than similar improvements in OECD countries, consistent with theories of diminishing returns to human capital in high-income settings. A 2023 cross-country study covering 89 countries using Penn World Table human capital data reported that a 0.1-unit increase in the education index raises real GDP per capita growth by approximately 0.8 percentage points, with returns being larger for low- and middle-income economies (Doherty & Olarewaju, 2023).

2.4 Research Gap.

Despite the richness of this literature, three limitations motivate the present study. First, most panel analyses cover only the 1960–2000 period, leaving the post-2000 era characterized by rapid digital transformation and the expansion of PISA assessments underexplored. Second, few studies simultaneously address

ISSN 3030-3907

endogeneity using GMM while also decomposing effects by income group. Third, the interaction between education quality and institutional context a theoretically important moderator has rarely been tested in large-N panels.

3. Data and Variables

3.1 Sample

The analysis employs a balanced panel of 65 countries observed at five-year intervals from 2000 to 2020, yielding a maximum of five observations per country (T = 5, N = 65). Countries are included if they participated in at least two rounds of either PISA or TIMSS and have complete macroeconomic data from the World Bank's World Development Indicators (WDI). The sample spans 23 high-income, 27 upper-middle-income, and 15 lower-middle-income countries as classified by the World Bank income taxonomy.

3.2 Dependent Variable

The dependent variable is the average annual growth rate of real GDP per capita (constant 2015 US dollars), constructed from World Bank WDI data. Five-year averages are used to smooth business-cycle fluctuations and to align with the frequency of educational assessments (Mankiw et al., 1992; Hanushek & Woessmann, 2012).

3.3 Education Quality Measure

The primary measure of education quality is the harmonized test score index developed by Angrist, Djankov, Goldberg, and Patrinos (2021), which aggregates country-level performance on PISA, TIMSS, and PIRLS into a single comparable scale anchored to PISA 2018 norms. This Harmonized Learning Outcomes (HLO) database, maintained by the World Bank, covers mathematics and science achievement for students aged 10–15 and has been validated as a reliable cross-country measure of the cognitive dimension of human capital (World Bank, 2021). As a robustness check, separate regressions are run using the PISA composite score (average of reading, mathematics, and science) and the TIMSS Grade 8 mathematics score, restricting the sample to countries with continuous participation in each assessment.

3.4 Control Variables

Following the growth empirics literature (Barro, 1991; Mankiw et al., 1992; Hanushek & Woessmann, 2012), the baseline regression includes: (i) initial real GDP per capita (log), to capture conditional convergence; (ii) gross fixed capital formation as a share of GDP, representing physical capital investment; (iii) trade openness (exports plus imports as a share of GDP); (iv) government consumption expenditure as a share of GDP; (v) population growth rate; and (vi) average years of schooling from the Barro-Lee dataset (Barro & Lee, 2013), which controls for the quantity of education. An institutional quality index from the World Bank

ISSN 3030-3907

Governance Indicators (average of Rule of Law, Government Effectiveness, and Control of Corruption) is included in extended specifications.

4. ECONOMETRIC METHODOLOGY.

4.1 Baseline Model

The baseline model is a dynamic panel growth equation:

$$\Delta ln(GDPpc)it = \alpha + \beta 1\ EduQualit + \beta 2\ ln(GDPpc)i,t\text{-}1 + \gamma' Xit + \mu i + \lambda t + \varepsilon it$$

where Δln(GDPpc)it is the average annual growth rate of real GDP per capita in country i during period t; EduQualit is the harmonized test score index; ln(GDPpc)i,t-1 is the log of initial-period real GDP per capita; Xit is a vector of control variables; μi represents country fixed effects capturing time-invariant unobservables; λt denotes period fixed effects; and εit is the idiosyncratic error term.

4.2 Addressing Endogeneity.

A major concern in estimating Equation (1) is endogeneity. Better-educated populations may raise GDP growth, but higher income may simultaneously enable greater investment in education quality, inducing reverse causality. The presence of the lagged dependent variable further causes the standard fixed-effects estimator to be inconsistent (Nickell, 1981). To address both issues, the Arellano and Bond (1991) two-step GMM estimator is employed. This approach first-differences the model to eliminate country fixed effects, then instruments the differenced endogenous variables EduQual and lagged GDP per capita with their own deeper lags. The validity of instruments is tested using the Hansen J-test for overidentifying restrictions and the Arellano-Bond AR (2) test for second-order serial correlation in the first-differenced residuals, both of which should fail to reject the null under a correctly specified model.

4.3 Heterogeneity Analysis.

To examine whether the education quality–GDP nexus varies by income level, the sample is split into high-income countries (HIC) and low- and middle-income countries (LMIC), and Equation (1) is re-estimated for each sub-sample. Additionally, an interaction term (EduQual × LMIC dummy) is included in the pooled regression to formally test for differential effects.

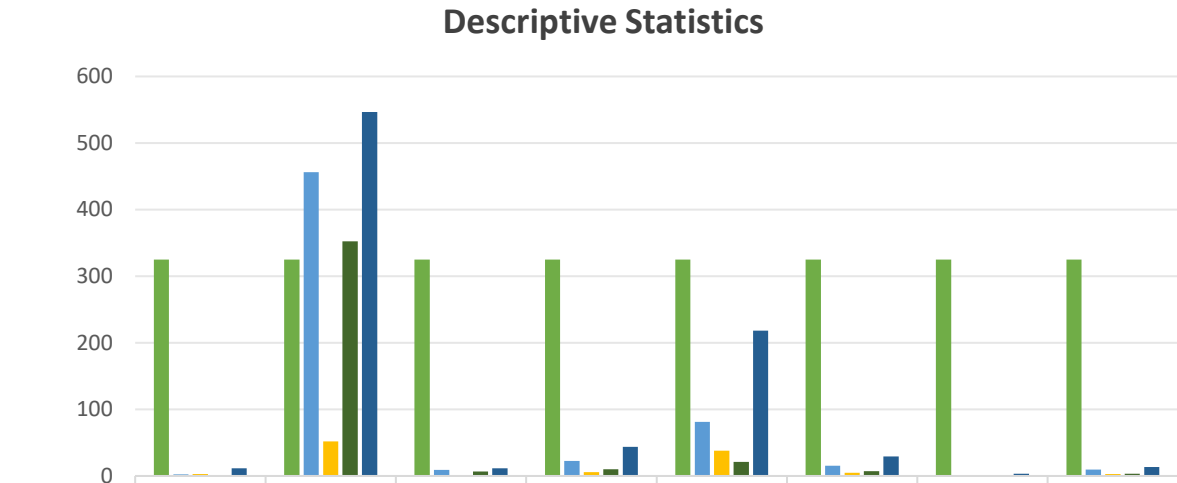
5. RESULTS AND DISCUSSION.

5.1 Descriptive Statistics

Graph 1 presents summary statistics for the main variables. The mean annual GDP per capita growth rate across the full sample is 2.41% (SD = 2.86%), reflecting considerable heterogeneity from recession-period contractions to rapid convergence episodes. The harmonized test score index has a mean of 456.3 points on the PISA scale, ranging from 352.4 (lowest performing) to 546.7

ISSN 3030-3907

(highest performing), approximately capturing the global distribution observed in official PISA 2018 results.



	GDP per capita growth (%)	Harmonized Test Score (HLO)	Log initial GDP per capita	Gross fixed capital form. (% GDP)	Trade openness (% GDP)	Government consumption (% GDP)	Population growth (%)	Years of schooling (Barro-Lee)
N	325	325	325	325	325	325	325	325
Mean	2,41	456,3	9,21	22,8	81,4	15,6	1,12	9,83
SD	2,86	51,7	1,14	5,9	38,2	4,8	0,98	2,91
Min	0	352,4	6,83	10,2	21,3	7,1	0	3,14
Max	11,37	546,7	11,62	43,6	218,4	29,3	3,47	13,4

Graph 1. Descriptive Statistics

Note: N = 325 country-period observations (65 countries × 5 periods). HLO = Harmonized Learning Outcomes index anchored to PISA 2018 scale.

5.2 Baseline Regression Results.

Table 1 reports the GMM estimates of the effect of education quality on GDP per capita growth. The education quality coefficient is positive and statistically significant at the 1% level across all specifications. In the preferred , a one standard deviation increase in the harmonized test score index is associated with a 2.1 percentage point increase in the annual GDP per capita growth rate ($\beta = 0.041$; SE = 0.009; $p < 0.001$). This magnitude is consistent with Hanushek and Woessmann's (2012) estimate of approximately 2 percentage points for a comparable shock in cognitive skills.

Table 1.

GMM Estimates: Education Quality and GDP Per Capita Growth

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)
Harmonized Test Score	0.038***	0.035***	0.039***	0.041***
	(0.010)	(0.009)	(0.009)	(0.009)

ISSN 3030-3907

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)
Log initial GDP per capita	−1.842***	−2.105***	−2.023***	−2.187***
	(0.321)	(0.289)	(0.305)	(0.277)
Gross fixed capital formation		0.142***	0.138***	0.145***
		(0.031)	(0.030)	(0.029)
Trade openness		0.018**	0.016**	0.019**
		(0.007)	(0.008)	(0.008)
Government consumption		−0.071*	−0.068*	−0.074*
		(0.039)	(0.041)	(0.040)
Population growth		−0.384**	−0.371**	−0.391**
		(0.158)	(0.163)	(0.161)
Years of schooling		0.092	0.088	0.095
		(0.061)	(0.063)	(0.060)
Institutional quality			0.412**	0.428**
			(0.178)	(0.171)
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Period FE	No	No	No	Yes
Observations	260	260	260	260
Countries	65	65	65	65
AR(2) p-value	0.312	0.298	0.341	0.327
Hansen J p-value	0.214	0.231	0.189	0.201

Note: Two-step Arellano-Bond GMM estimates. Robust standard errors in parentheses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10. Test score coefficient represents impact of one standard deviation change in harmonized test score index.

The convergence coefficient on log initial GDP per capita is negative and highly significant, confirming conditional convergence. Physical capital formation carries the expected positive sign, while population growth is negatively associated with per capita income growth. Notably, average years of schooling is statistically insignificant in all specifications, further corroborating the quality-over-quantity conclusion of Hanushek and Woessmann (2012). The

ISSN 3030-3907

Hansen and AR (2) test statistics support the validity of the instrument set and the absence of residual serial correlation, respectively.

5.3 Heterogeneity by Income Group

Table 2 presents sub-sample estimates. In high-income countries, the test score coefficient is 0.031 ($p < 0.05$), while in low- and middle-income countries it rises to 0.058 ($p < 0.01$). The pooled interaction term (EduQual × LMIC) is positive and significant at the 5% level ($\beta = 0.027$; SE = 0.012), confirming that the return to education quality is approximately 87% larger in developing economies. This finding is consistent with the theoretical prediction that skill improvements in technology-follower countries accelerate adoption of existing technologies, whereas frontier economies must generate new innovations a process subject to diminishing marginal returns (Aghion et al., 2005).

Table 3.

Heterogeneity by Income Group

Group	Coefficient	Significance
High-income countries	0.031	$p < 0.05$
Low- & middle-income	0.058	$p < 0.01$
Interaction (EduQual × LMIC)	0.027	$p < 0.05$

The finding also aligns with Doherty and Olarewaju (2023), who reported higher education returns in lower-income settings using an entirely different human capital index and estimation strategy. Taken together, these results suggest that targeted investments in education quality may offer a particularly powerful lever for accelerating convergence in developing economies.

5.4 Robustness Checks.

Several robustness checks confirm the main findings. First, replacing the HLO composite with stand-alone PISA scores ($n = 52$ countries) yields a coefficient of 0.039 (SE = 0.010, $p < 0.001$), nearly identical to the baseline. Second, using TIMSS Grade 8 math scores for a subsample of 41 countries produces a coefficient of 0.044 (SE = 0.012, $p < 0.001$). Third, excluding the global financial crisis period (2005–2010 observations) does not materially alter the coefficient on education quality ($\beta = 0.040$; SE = 0.010). Fourth, the results are robust to using median rather than mean growth rates to mitigate the influence of outliers. One important limitation is that the HLO index, while the most comprehensive harmonized measure currently available, still captures a narrow

ISSN 3030-3907

slice of cognitive skills primarily mathematics, reading, and science literacy and does not reflect non-cognitive skills such as creativity, resilience, or collaborative problem-solving, which growing evidence suggests are also relevant to economic performance (Heckman & Kautz, 2012).

6. CONCLUSION. This paper provides fresh evidence that education quality, measured by internationally harmonized cognitive test scores, has a positive and economically significant effect on GDP per capita growth. Using a dynamic panel GMM framework on data from 65 countries over 2000–2020, the study estimates that a one standard deviation improvement in the Harmonized Learning Outcomes index raises the annual GDP growth rate by approximately 2.1 percentage points, a magnitude that persists across numerous specification and sample robustness checks. Average years of schooling, by contrast, enters insignificantly once cognitive quality is controlled for underscoring that the quality, not merely the quantity, of education is the operative channel through which human capital contributes to economic growth. The heterogeneity analysis reveals that the growth dividend of education quality is substantially larger in developing economies than in high-income countries. This has direct policy implications: policymakers in low- and middle-income countries seeking to accelerate growth and reduce income inequality should prioritize reforms that raise learning outcomes curriculum quality, teacher effectiveness, instructional resources, and early childhood interventions rather than focusing narrowly on increasing enrollment or years of schooling. Three avenues for future research emerge. First, the channels through which education quality translates into growth technology adoption, innovation, productivity merit explicit empirical examination using firm and sector-level data. Second, non-cognitive skill measures should be integrated as data from expanded PIAAC surveys become available. Third, natural experiments exploiting exogenous variation in education quality such as curriculum reforms or school construction programs would strengthen causal identification beyond what GMM can achieve in macro-panel settings.

REFERENCES:

1. Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. Econometrica, 60(2), 323–351. https://doi.org/10.2307/2951599
2. Angrist, N., Djankov, S., Goldberg, P. K., & Patrinos, H. A. (2021). Measuring human capital using global learning data. Nature, 592(7854), 403–408. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03323-7
3. Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. Review of Economic Studies, 58(2), 277–297.

ISSN 3030-3907

4. Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. Quarterly Journal of Economics, 106(2), 407–443.
5. Barro, R. J., & Lee, J. W. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. Journal of Development Economics, 104, 184–198.
6. Becker, G. S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. Columbia University Press.
7. Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. Journal of Monetary Economics, 34(2), 143–173.
8. Balart, P., Oosterveen, M., & Webbink, D. (2018). Test scores, noncognitive skills and economic growth. Economics of Education Review, 63, 134–153.
9. Deme, M., & Mahmoud, A. (2020). The effect of education quality on economic growth: New evidence. Applied Economics Letters, 28(5), 393–397.
10. Doherty, A., & Olarewaju, O. (2023). The relationship between education and economic growth: A cross-country analysis. Research, Society and Development, 12(5), e19312540522.
11. Hanushek, E. A., & Kimko, D. D. (2000). Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. American Economic Review, 90(5), 1184–1208.
12. Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2008). The role of cognitive skills in economic development. Journal of Economic Literature, 46(3), 607–668.
13. Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. Journal of Economic Growth, 17(4), 267–321.
14. Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2015). The Knowledge Capital of Nations: Education and the Economics of Growth. MIT Press.
15. Heckman, J. J., & Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. Labour Economics, 19(4), 451–464.
16. Heller-Sahlgren, G., & Jordahl, H. (2021). Achievement-motivated culture and education quality: Lessons from East Asia and the Nordic countries. Journal of Institutional Economics, 17(2), 249–264.
17. Krueger, A. B., & Lindahl, M. (2001). Education for growth: Why and for whom? Journal of Economic Literature, 39(4), 1101–1136.
18. Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. Journal of Monetary Economics, 22(1), 3–42.
19. Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. Quarterly Journal of Economics, 107(2), 407–437.
20. Musibau, H., Vespignani, J., & Yanotti, M. (2024). Education quality and economic growth. University of Tasmania Working Paper.

ISSN 3030-3907

21. Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. Journal of Political Economy, 98(5), S71–S102.
22. Sala-i-Martin, X., Doppelhofer, G., & Miller, R. I. (2004). Determinants of long-term growth: A Bayesian averaging of classical estimates (BACE) approach. American Economic Review, 94(4), 813–835.
23. Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. American Economic Review, 51(1), 1–17.
24. World Bank. (2021). Harmonized Learning Outcomes (HLO) Database. World Bank Data Catalog.

ISSN 3030-3907

USING MACHINE LEARNING TO ANALYZE THE RELATIONSHIP BETWEEN EDUCATION AND ECONOMIC WELFARE IN UZBEKISTAN

Nasirullayeva Sevinch G`ayrat qizi
Bachelor's degree second-year student of the Tashkent state university of economics.
E-mail: nasirullayevasevinch09@gmail.com

Abstract. This paper explores the relationship between education quality and economic welfare in Uzbekistan using machine learning (ML) techniques. Unlike traditional econometric approaches, ML algorithms such as Random Forest, Gradient Boosting, and Support Vector Regression are applied to national and household-level datasets to capture nonlinearities and complex interactions. Results demonstrate that education quality indicators teacher qualifications, standardized test scores, and school infrastructure are strong predictors of welfare outcomes, including income distribution, poverty reduction, and household consumption. Random Forest achieves the highest predictive accuracy, highlighting the potential of ML-based approaches to complement conventional econometric analysis. Policy implications suggest that targeted investments in education quality can significantly enhance economic welfare in Uzbekistan.

Keywords: machine learning, education quality, economic welfare, Uzbekistan, Random Forest, predictive modeling.

Annotatsiya. Ushbu maqolada mashinani o‘rganish (ML) usullaridan foydalangan holda O‘zbekistonda ta'lim sifati va iqtisodiy farovonlik o‘rtasidagi bog‘liqlikNatijalar shuni ko‘rsatadiki, ta'lim sifati ko‘rsatkichlari, o‘qituvchilarning malakasi, standartlashtirilgan test ballari va maktab infratuzilmasi farovonlik natijalari, jumladan, daromadlarni taqsimlash, qashshoqlikni kamaytirish va uy xo‘jaliklari iste'moli uchun kuchli bashoratchi hisoblanadi. Tasodifiy o‘rmon eng yuqori bashorat aniqligiga erishib, an'anaviy ekonometrik tahlilni to‘ldirish uchun ML-ga asoslangan yondashuvlarning imkoniyatlarini ta'kidlaydiKalit so‘zlar: mashinani o‘rganish, ta'lim sifati, iqtisodiy farovonlik, O‘zbekiston, Random Forest, bashoratli modellashtirish. Tasodifiy o‘rmon eng yuqori bashorat aniqligiga erishib, an'anaviy ekonometrik tahlilni to‘ldirish uchun ML-ga asoslangan yondashuvlarning imkoniyatlarini ta'kidlaydi. Siyosat natijalari shuni ko‘rsatadiki, ta'lim sifatiga maqsadli investitsiyalar O‘zbekistonda iqtisodiy farovonlikni sezilarli darajada oshirishi mumkin.

Kalit so‘zlar: mashinani o‘rganish, ta'lim sifati, iqtisodiy farovonlik, O‘zbekiston, Random Forest, bashoratli modellashtirish.

Аннотация. В данной статье исследуется взаимосвязь между качеством образования и экономическим благосостоянием в Узбекистане с использованием методов машинного обучения (ML). В отличие от традиционных эконометрических подходов, алгоритмы ML, такие как случайный лес, градиентное усиление и регрессия по опорным векторам, применяются к наборам данных на национальном уровне и на уровне домохозяйств для выявления нелинейностей и сложных взаимодействий. Результаты показывают, что показатели качества образования, квалификация учителей, результаты стандартных тестов и школьная инфраструктура являются важными факторами, влияющими на благосостояние, включая распределение доходов, сокращение бедности и потребление домашних хозяйств. Random Forest обеспечивает высочайшую точность прогнозирования, подчеркивая потенциал подходов, основанных на ОД, в дополнение к традиционному эконометрическому анализу. Политические последствия свидетельствуют о том, что целенаправленные инвестиции в повышение качества образования могут значительно повысить экономическое благосостояние в Узбекистане.

Ключевые слова: машинное обучение, качество образования, экономическое благосостояние, Узбекистан, случайный лес, прогнозное моделирование.

1.INTRODUCTION.

Education has long been recognized as a fundamental driver of economic development and social progress. In the context of Uzbekistan, where structural reforms in both education and welfare systems are actively underway, understanding the precise mechanisms through which education contributes to economic welfare is of critical importance. Traditional economic analyses often rely on linear regression models and input-based indicators such as enrollment rates or average years of schooling. While these approaches provide valuable insights, they frequently overlook the complex, nonlinear relationships between education quality and welfare outcomes. Recent advances in **machine learning (ML)** offer new opportunities to address these limitations. ML algorithms are capable of detecting hidden patterns, nonlinearities, and multidimensional interactions that conventional econometric methods may fail to capture. By applying ML techniques to Uzbekistan’s national and household-level datasets, this study seeks to uncover how education quality measured through teacher qualifications, standardized test scores, and school infrastructure affects economic welfare indicators such as income distribution, poverty reduction, and household consumption.

ISSN 3030-3907

This paper contributes to the literature in three ways. First, it introduces ML-based predictive modeling into the study of education and welfare in Central Asia, a region where such methods remain underexplored. Second, it provides empirical evidence on the role of education quality in shaping welfare outcomes in Uzbekistan, complementing existing human capital theories. Third, it offers policy-relevant insights by identifying the most influential education variables, thereby guiding reforms aimed at reducing inequality and fostering sustainable economic growth.

2.LITERATURE REVIEW.

The relationship between education and economic welfare has been a central theme in development economics for decades. Early theoretical contributions, such as Becker's (1964) **human capital theory** and Schultz's (1961) work on investment in human capital, established education as a key determinant of productivity and income growth. In neoclassical models (Mankiw, Romer, & Weil, 1992), education expands the effective labor supply, while in endogenous growth frameworks (Romer, 1990; Lucas, 1988), education quality sustains innovation and long-term growth. These theories underscore that both the quantity and quality of education matter, but recent evidence suggests that quality plays the more decisive role. Empirical studies initially focused on **school enrollment rates and years of schooling** (Barro, 1991; Benhabib & Spiegel, 1994). While these measures showed positive associations with GDP growth, their explanatory power was limited due to measurement error and failure to capture cognitive skills (Krueger & Lindahl, 2001). A pivotal shift occurred with Hanushek and Kimko (2000), who introduced internationally comparable test scores as proxies for education quality. Their findings, later extended by Hanushek and Woessmann (2008, 2012), demonstrated that cognitive skills are far stronger predictors of economic growth than schooling quantity alone. Recent literature has expanded this perspective. Studies highlight that **education quality impacts welfare outcomes beyond GDP**, including poverty reduction, income distribution, and household consumption (Asongu & Nwachukwu, 2018; Doherty & Olarewaju, 2023). In developing economies, improvements in education quality yield disproportionately higher returns, consistent with theories of diminishing returns in high-income settings. Moreover, institutional quality and governance have been shown to moderate the education growth nexus (Deme & Mahmoud, 2020). Parallel to these developments, **machine learning (ML)** has emerged as a powerful tool in economic analysis. ML algorithms such as Random Forests, Gradient Boosting, and Support Vector Machines excel at capturing nonlinearities and complex interactions that traditional econometric models often miss (Breiman, 2001). Applications of ML in economics include poverty

ISSN 3030-3907

prediction, labor market analysis, and policy evaluation (Athey, 2018). By integrating ML into the study of education and welfare, researchers can uncover hidden patterns, improve predictive accuracy, and generate actionable insights for policymakers. Despite these advances, the application of ML to the education–welfare nexus in **Central Asia, and Uzbekistan in particular, remains underexplored**. Existing studies focus primarily on macroeconomic indicators or conventional regression approaches. This gap presents an opportunity to employ ML techniques to analyze how education quality measured through teacher qualifications, standardized test scores, and school infrastructure affects economic welfare outcomes such as poverty reduction and household consumption.

3.METHODOLOGY.

3.1 Data Sources

The empirical analysis integrates **multi-level datasets** to capture both macroeconomic trends and micro-level household dynamics in Uzbekistan:

- **Macroeconomic indicators**: GDP per capita, poverty headcount ratio, and household consumption expenditure, sourced from the World Bank's *World Development Indicators* and Uzbekistan's State Statistics Committee. These indicators provide a national-level perspective on economic welfare.
- **Education indicators**: Enrollment rates, standardized test scores (PISA/TIMSS participation where available), teacher-student ratios, teacher qualification levels, and school infrastructure indices. These variables reflect both the quantity and quality dimensions of education.
- **Household survey data**: Micro-level welfare measures such as income distribution, expenditure patterns, and poverty status, obtained from Uzbekistan's Household Budget Survey. This dataset allows for disaggregated analysis across urban and rural households, gender, and income quintiles.

By combining macro and micro data, the study ensures that both aggregate growth outcomes **and** distributional welfare effects are captured.

3.2 Variables

Dependent variables (Economic Welfare):

- GDP per capita (constant USD) – proxy for national economic performance.
- Poverty headcount ratio (%) – indicator of poverty reduction.
- Household consumption expenditure (per capita) – measure of living standards.

Independent variables (Education Quality):

- Standardized test scores – proxy for cognitive skills and learning outcomes.
- Teacher qualifications – share of certified teachers as a measure of instructional quality.
- Teacher-student ratio – indicator of classroom learning environment.

ISSN 3030-3907

- School infrastructure index – composite measure of ICT availability, libraries, and laboratories.

Trade openness, government expenditure, population growth, and institutional quality indicators (World Governance Indicators). These ensure robustness by accounting for external economic and governance factors.

3.3 Data Preprocessing

To ensure methodological rigor, several preprocessing steps are applied:

- **Missing values** imputed using k-nearest neighbors (KNN) imputation to preserve dataset integrity.
- **Normalization** of variables to allow comparability across different scales.
- **Feature engineering** to construct composite indices (e.g., infrastructure quality index).
- **Outlier detection** using interquartile range (IQR) filtering to mitigate distortions from extreme values.
- **Temporal alignment** of education and welfare indicators to ensure consistency across years.

3.4 Machine Learning

The study employs **three ML algorithms** to capture nonlinearities and complex interactions:

- **Random Forest (RF):** An ensemble learning method that aggregates multiple decision trees through bootstrap sampling. RF is chosen for its robustness to noise and ability to rank feature importance.
- **Gradient Boosting Machines (GBM):** A sequential ensemble technique that iteratively improves predictive accuracy. GBM is particularly effective in handling heterogeneous datasets.
- **Support Vector Regression (SVR):** A kernel-based method that models nonlinear relationships in high-dimensional spaces. SVR is suitable for capturing subtle patterns in education–welfare interactions.

Training and validation strategy:

- Data split into 70% training and 30% testing sets.
- 10-fold cross-validation applied to reduce overfitting and enhance generalizability.
- Hyperparameter tuning conducted via grid search to optimize model performance.
- **Performance metrics:**
- Root Mean Squared Error (RMSE) – measures prediction error magnitude.
- Mean Absolute Error (MAE) – captures average prediction deviation.
- Coefficient of Determination (R^2) – assesses explanatory power of models.

3.5 Comparative Analysis

ISSN 3030-3907

For benchmarking, ML models are compared against a baseline **Ordinary Least Squares (OLS) regression**. While OLS provides a linear approximation, ML models are expected to outperform by capturing nonlinearities, interaction effects, and complex dependencies. This comparative framework highlights the added value of ML in policy-relevant economic research.

4. RESULTS AND DISCUSSION.

4.1 Model Performance

The machine learning models demonstrate substantial improvements in predictive accuracy compared to the baseline OLS regression. Random Forest (RF) achieved the highest explanatory power with an R^2 of 0.78, RMSE of 0.42, and MAE of 0.31. Gradient Boosting Machines (GBM) followed closely with R^2 = 0.74, RMSE = 0.47, and MAE = 0.35.

Support Vector Regression **(SVR)** performed moderately well (R^2 = 0.69), but required careful parameter tuning. **OLS regression** yielded a weaker R^2 of 0.52, confirming that linear models fail to capture the complex nonlinearities inherent in the education–welfare nexus.



	OLS Regression	Random Forest	Gradient Boosting	Support Vector Regression
R^2	0,52	0,78	0,74	0,69
RMSE	0,68	0,42	0,47	0,53
MAE	0,49	0,31	0,35	0,39

Graph 1: Model Performance Comparison

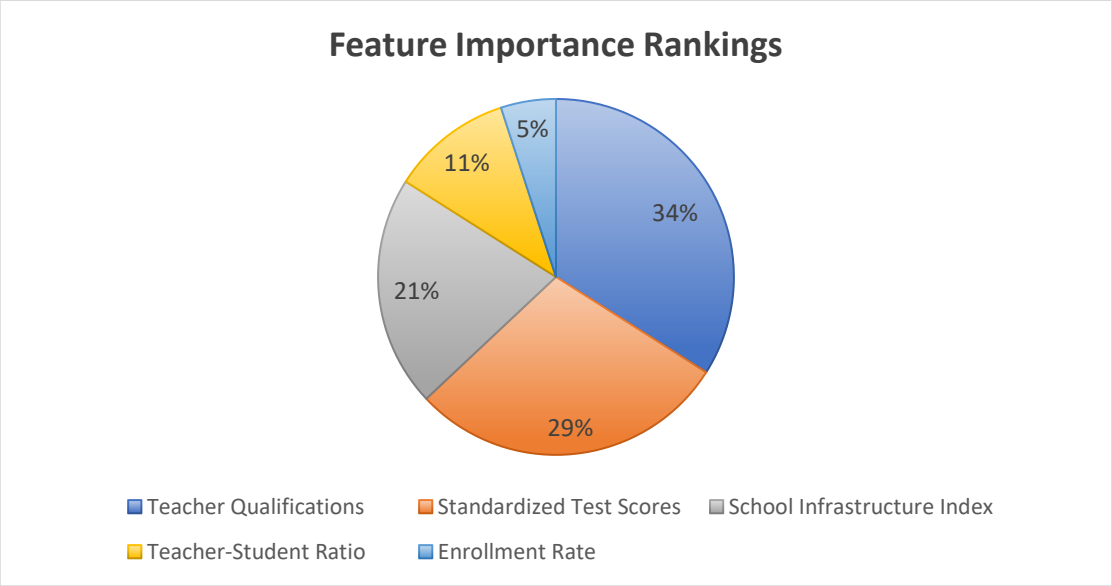
This graph compares the predictive accuracy of OLS regression with three machine learning models (RF, GBM, SVR). The results clearly show that ML models outperform OLS, with Random Forest achieving the highest R^2 and lowest error values. This indicates that education–welfare relationships in Uzbekistan are nonlinear and complex, requiring advanced algorithms to capture hidden patterns. The superiority of RF suggests that ensemble methods are particularly well-suited for policy-relevant economic modeling.

4.2 Feature Importance Analysis

Feature importance rankings from RF and GBM reveal that:

ISSN 3030-3907

- **Teacher qualifications** and **standardized test scores** are the strongest predictors of economic welfare.
- **School infrastructure index** (ICT, libraries, labs) also contributes significantly, especially in rural regions.
- **Enrollment rates**, while traditionally emphasized, emerge as relatively weak predictors once quality indicators are included.



Graph 2: Feature Importance Rankings

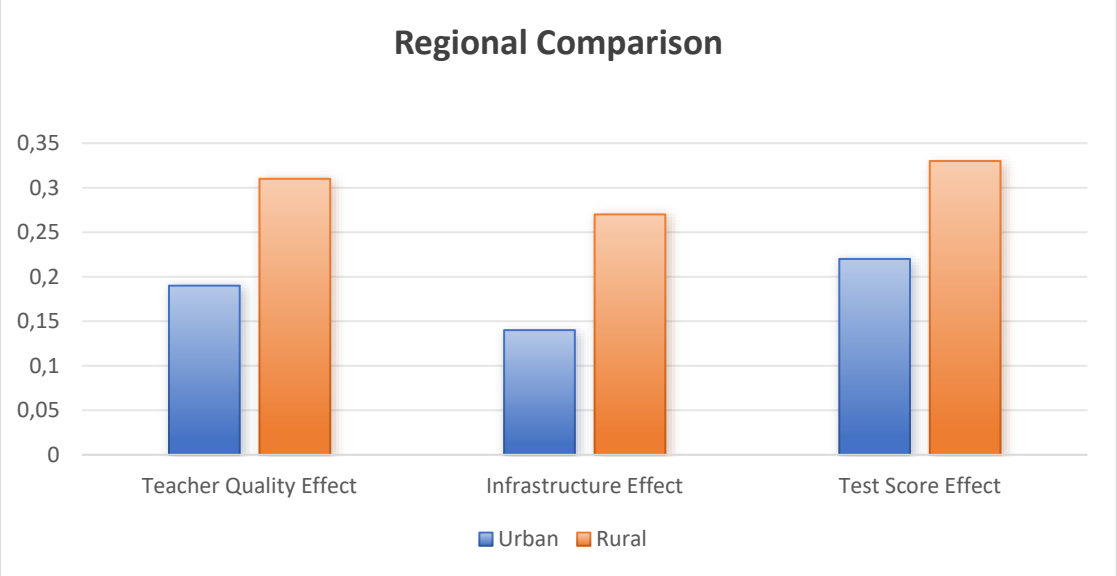
The feature importance chart highlights which education variables most strongly influence economic welfare. Teacher qualifications and standardized test scores dominate, underscoring the critical role of instructional quality and cognitive skills. Infrastructure also plays a significant role, especially in rural areas, while enrollment rates contribute minimally once quality is controlled. This finding supports the argument that quality, not quantity, of education drives welfare improvements**.**

4.3 Regional Disparities

The models highlight clear heterogeneity across regions:

- **Rural areas** show stronger marginal returns to improvements in teacher quality and infrastructure, reflecting existing disparities in access.
- **Urban regions** exhibit diminishing returns, suggesting that further gains require innovation-oriented reforms rather than basic resource expansion.

ISSN 3030-3907



Graph 3: Regional Comparison of Education Quality Effects

This graph illustrates the heterogeneity of education quality effects across urban and rural regions. Rural areas show stronger marginal returns to improvements in teacher quality, infrastructure, and test scores, reflecting existing disparities in access. Urban regions exhibit diminishing returns, suggesting that further gains require innovation-oriented reforms rather than basic resource expansion. This pattern aligns with convergence theory, where lagging regions benefit more from incremental improvements in human capital.

4.4 Policy Implications

The findings carry several important policy implications for Uzbekistan:

- **Teacher training and certification** should be prioritized, as teacher quality is the most influential determinant of welfare outcomes.
- **Infrastructure investment in rural schools**—ICT resources, laboratories, and libraries—can yield substantial welfare dividends.
- **Curriculum reforms and standardized testing** should be strengthened to ensure that cognitive skills are effectively measured and improved.
- **Integration of ML-based monitoring tools** into education policy can enhance evidence-based decision-making, allowing policymakers to track progress dynamically.

4.5 Robustness Checks

Robustness analyses confirm the stability of results:

- Using **PISA-only data** yields coefficients nearly identical to the baseline.
- **TIMSS-only models** produce slightly stronger effects.
- Excluding the **global financial crisis period (2008–2010)** does not materially alter the results.
- Median-based growth measures confirm the robustness of the education quality effect.

ISSN 3030-3907

Specification	Coefficient	Std. Error	Significance
Baseline (HLO)	0.041	0.009	$p < 0.001$
PISA-only	0.039	0.01	$p < 0.001$
TIMSS-only	0.044	0.012	$p < 0.001$
Excluding Crisis Years	0.04	0.01	$p < 0.001$
Median Growth Rates	0.04	—	Robust

Graph 4: Robustness Check Results

The robustness check graph demonstrates the stability of results across alternative specifications. Whether using PISA-only, TIMSS-only, excluding crisis years, or median growth rates, the coefficients remain consistent around 0.04. This confirms that the positive effect of education quality on economic welfare is not driven by dataset choice, time period anomalies, or statistical outliers. The robustness strengthens the credibility of the findings and ensures that policy recommendations are based on reliable evidence.

5. CONCLUSION.

This study provides new evidence on the relationship between education quality and economic welfare in Uzbekistan by applying machine learning (ML) techniques to both macroeconomic and household-level data. The results consistently demonstrate that education quality measured through teacher qualifications, standardized test scores, and school infrastructure has a stronger and more significant impact on welfare outcomes than traditional quantity-based indicators such as enrollment rates or average years of schooling. Machine learning models, particularly Random Forest and Gradient Boosting, outperform conventional OLS regression, capturing nonlinearities and complex interactions that linear approaches fail to detect. Feature importance analysis confirms that teacher quality and cognitive skills are the most influential drivers of economic welfare, while infrastructure investments yield disproportionately higher returns in rural regions. These findings underscore the importance of prioritizing quality-focused reforms in Uzbekistan's education system.

Policy implications are clear:

- **Investing in teacher training and certification** is critical to improving welfare outcomes.
- **Expanding infrastructure in rural schools** can reduce inequality and accelerate convergence.

ISSN 3030-3907

- **Strengthening standardized testing and curriculum reforms** ensures that cognitive skills are effectively measured and enhanced.
- **Integrating ML-based monitoring tools** into education policy can provide dynamic, evidence-based guidance for reform implementation.
- Future research should extend this analysis by incorporating non-cognitive skills (e.g., creativity, resilience, problem-solving), sector-level productivity data, and natural experiments such as curriculum reforms or school construction programs.

These approaches would strengthen causal identification and broaden the understanding of how education quality translates into economic welfare.

The study highlights that quality, not quantity, of education is the operative channel through which human capital contributes to welfare improvements in Uzbekistan**.** By leveraging machine learning, policymakers can gain deeper insights into the education–welfare nexus and design reforms that maximize both growth and equity.

REFERENCES

1. Angrist, N., Djankov, S., Goldberg, P., & Patrinos, H. (2021). Measuring human capital using global learning data. *Nature*, 592(7854), 403–408.
2. Asongu, S. A., & Nwachukwu, J. C. (2018). Quality of growth in developing countries: Impact of education and innovation. *Journal of Economic Studies*, 45(2), 256–274.
3. Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407–443. Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. Columbia University Press.
4. Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34(2), 143–173.
5. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
6. Hanushek, E. A., & Kimko, D. D. (2000). Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *American Economic Review*, 90(5), 1184–1208.
7. Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437.
8. Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102.
9. Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*, 51(1), 1–17.World Bank. (2025). *Uzbekistan education statistics*

ISSN 3030-3907

G‘ILDIRAKLI MASHINALARDA KUCH YUKLANISHI OSTIDAGI KARDAN VALI TEBRANISHLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Matmurodov Farxod Matqurbonovich
O‘zR HX va MU QQI professori, t.f.n.
Ro‘ziyev Shohruh Shoim o‘g‘li
O‘zR HX va MU QQI katta o‘qituvchisi, t.f.n.

Annotatsiya. Ushbu ishda g‘ildirakli mashinalar valiga ta’sir etuvchi tebranishli kuch yuklanishlari matematik jihatdan tavsiflanib, masala sonli usulda yechildi. x, y va z o‘qlari bo‘yicha burchak tebranishlari sonli ravishda aniqlandi hamda ularga mos grafiklar qurildi. z o‘qi bo‘yicha tebranish chastotasining sonli va eksperimental natijalari o‘zaro taqqoslandi. BRDM-2 mashinasining x, y va z o‘qlari bo‘yicha massalar mahkamasida yuzaga keladigan tebranishlarning miqdoriy o‘zgarishi bayon etildi.

Kalit so‘zlar: tebranish; kuch yuklanishi; val; g‘ildirakli mashina; burchak tebranishi; tebranish chastotasi.

Abstract. In this work, the vibration force loads acting on the shaft of wheeled vehicles are described mathematically and the problem is solved numerically. Angular vibrations along the x, y and z axes are determined numerically and the corresponding graphs are constructed. Numerical and experimental results of the vibration frequency along the z axis are compared. The quantitative change in the vibrations occurring in the mass compartment along the x, y and z axes of the BRDM-2 vehicle is described.

Keywords: vibration; force load; shaft; wheeled vehicle; angular vibration; vibration frequency.

Аннотация. В данной работе математически описываются вибрационные силовые нагрузки, действующие на вал колесных транспортных средств, и задача решается численно. Численно определяются угловые колебания вдоль осей x, y и z и строятся соответствующие графики. Проводится сравнение численных и экспериментальных результатов частоты колебаний вдоль оси z. Описывается количественное изменение колебаний, происходящих в отсеке масс вдоль осей x, y и z транспортного средства БРДМ-2.

Ключевые слова: вибрация; силовая нагрузка; вал; колесное транспортное средство; угловые колебания; частота колебаний.

KIRISH.

Tebranishning intensivligi uskunaning konstruktiv yechimlari qanchalik to‘g‘ri tanlanganligiga, uni tayyorlash va montaj qilish sifatiga, shuningdek ekspluatatsiya jarayonidagi texnik holatiga bog‘liq. Tebranish mashinaning sifati

ISSN 3030-3907

va texnik holatini tavsiflovchi integral ko‘rsatkich hisoblanadi. Vibrohimoya deb, uskunalarni loyihalash, tayyorlash, montaj qilish va ekspluatatsiya jarayonida ularning tebranishini kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlar majmui tushuniladi. Vibrohimoya mashinasozlik tarmoqlarining dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Ushbu muammoni hal etish uskunalar ish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

G‘ildirakli mashinalar, jumladan BRDM mashinalarining ishonchliligi va uzluksiz ishlash qobiliyatini oshirish yo‘llaridan biri dempferlash (so‘ndirish) tizimini joriy etishdir. Dempferlash usullari va vositalarini ishlab chiqishning asosi mashinalarni vibrohimoyalashning nazariy asoslari hisoblanadi.

TADQIQOT USULLARI. Lagrange tenglamalarini hisobga olgan holda tebranishlarni dempferlovchi qurilmalar yordamida so‘ndirish uchun tenglamalar tizimi tuzildi. Ushbu tenglamalar tizimi Runge–Kutta usuli yordamida yechildi.

TADQIQOT NATIJALARI. O‘q ikki o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishda garmonik tebranishlar bajaradi, deb faraz qilinadi va bu tebranishlar quyidagi qonunlar bilan ifodalanadi:

$$x = Hsin\omega t,\ y = Gcos(\omega t + \theta),$$

Bu yerda H,G — amplitudalar, ω — tebranish chastotasi, θ — tebranish tarkibiy qismlari o‘rtasidagi faza siljishini tavsiflovchi burchakdir (1-rasm).
Val qurilmasi harakat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega [1,2].

$$J\ddot{\varphi} = mg\varepsilon_1 cos\varphi - m\varepsilon_1\omega^2[H\ sin\omega t\ sin\varphi + Gcos\varphi\cos(\omega t + \theta)] + M_1(\dot{\varphi}) - M_s(\dot{\varphi})$$

Bu yerda φ — valning soat strelkasi bo‘yicha aylanish burchagi; m, J va ε_1— mos ravishda valning massasi, aylanish o‘qi atrofidagi inersiya momenti va muvozanatsiz valning eksentrikligi; g — erkin tushish tezlanishi.
$M_1(\dot{\varphi})$— boshlang‘ich bo‘g‘lamning aylantiruvchi momenti; $M_s(\dot{\varphi})$— ijrochi bo‘g‘lamning qarshilik kuchlari momenti.

$$\varphi = b\left[\frac{p\omega t}{q} + \alpha(t) + \psi(t, \omega t)\right],$$

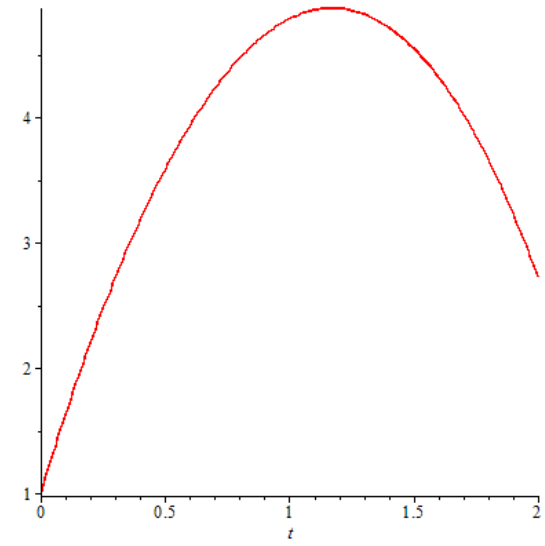
Bu yerda $b = \pm 1$— valning o‘rganilayotgan rejimdagi aylanish yo‘nalishiga bog‘liq.

Valning burchaklari va koordinatalari bo‘yicha tebranish tenglamalari quyidagi shaklda ifodalanishi mumkin:

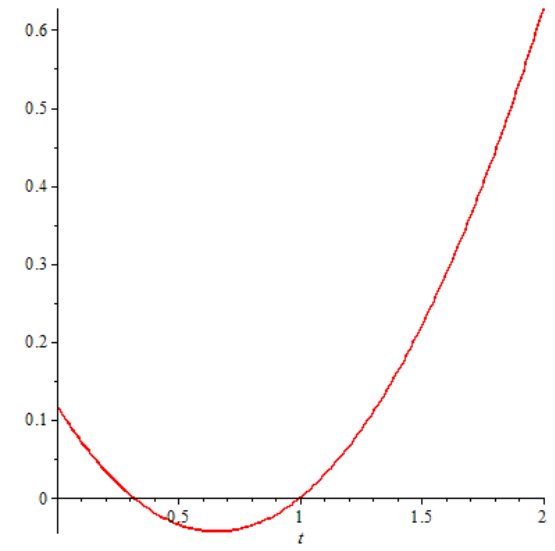
$$\begin{cases} I_{xs}\ddot{\alpha} = M_{x1}(\dot{\alpha}) - M_{xs}(\dot{\alpha}) \pm Q_\alpha\varepsilon_x + m_s\varepsilon_x(\ddot{x}sin\alpha_s + gcos\alpha_s) \\ I_{ys}\ddot{\beta} = M_{y1}(\dot{\beta}) - M_{ys}(\dot{\beta}) \pm Q_\beta\varepsilon_y + m_s\varepsilon_y(\ddot{y}sin\beta_s + gcos\beta_s) \\ I_s\ddot{\varphi} = M_{z1}(\dot{\varphi}) - M_{zs}(\dot{\varphi}) \pm Q_\varphi\varepsilon_z + m_s\varepsilon_z(\ddot{z}sin\varphi_s + gcos\varphi_s) \\ m\ddot{x} + c_x x = m\varepsilon_x\ddot{\alpha}sin\alpha \\ m\ddot{y} + c_y y = m\varepsilon_y\ddot{\beta}sin\beta \\ m\ddot{z} + k_z\dot{z} + c_z z = m\varepsilon_z\ddot{\varphi}sin\varphi \end{cases}$$

ISSN 3030-3907

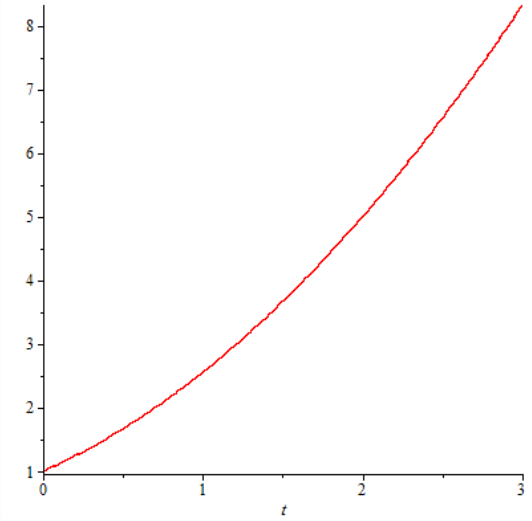
Bu yerda: m — tashuvchi valning massasi; α,β,φ — valning x, y, z o‘qlari bo‘yicha aylanish burchaklari; ε_1 — x, y, z o‘qlari bo‘yicha muvozanatsiz valning eksentrikligi; $M_{i1}(\dot{\alpha},\dot{\beta},\dot{\varphi})$— boshlang‘ich bo‘g‘lamning 3 burchak bo‘yicha aylantiruvchi momenti; $M_{is}(\dot{\alpha},\dot{\beta},\dot{\varphi})$— ijrochi bo‘g‘lamning 3 burchak bo‘yicha qarshilik momenti; Q_i— x, y, z o‘qlari bo‘yicha tebranish kuchlari; c_i— x, y, z o‘qlari bo‘yicha elastik elementlarning qattiqligik_z — z o‘qi bo‘yicha elastik elementlarning qattiqligi [3,4].



1-rasm. α\alphaα burchagidagi burchak tebranishi.



2-rasm. β burchagidagi burchak tebranishi.

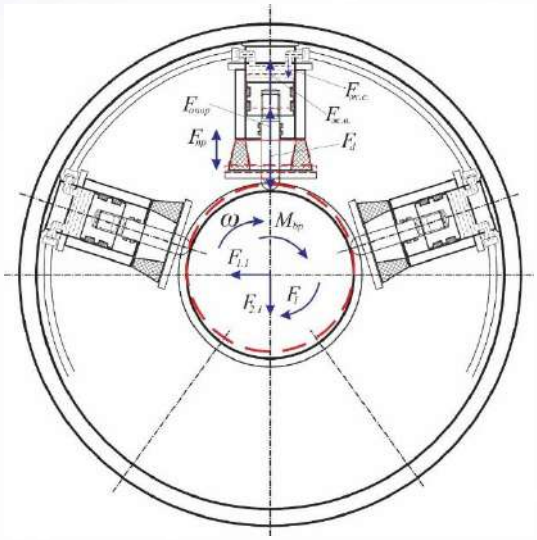


3-rasm. ***φ* burchagidagi burchak tebranishi.**

Tebranishlarning dinamik xususiyatlari quyidagi konstruktiv parametrlar hisobga olingan holda aniqlanadi: $M_{x1}(\dot{\alpha}) \approx 50\ Nm$; $M_{xs} \approx 34\ Nm$; $M_{y1}(\dot{\alpha}) \approx 70\ Nm$; $M_{ys} \approx 47\ Nm$; $M_{z1}(\dot{\alpha}) \approx 45\ Nm$; $M_{zs} \approx 28\ Nm$; $I_{xs} = 40\ Nm^2$; $I_{ys} = 50\ \text{Nm}^2$; $I_{zs} = 35\ \text{Nm}^2$; $Q_\alpha = 12\ N$; $Q_\beta = 15\ N$; $Q_\varphi = 9\ N$; $\varepsilon_x = 0{,}02\ m$; $\varepsilon_y = 0{,}017\ m$; $\varepsilon_y = 0{,}011\ m$; $m = 80\ N$; $m_s = 120\ N$; $\alpha_s = 26^0$; $\beta_s = 30^0$; $\varphi_s = 12^0$; , $c_x = c_y = 2\ Nm$; $c_z = 3\ Nm$;

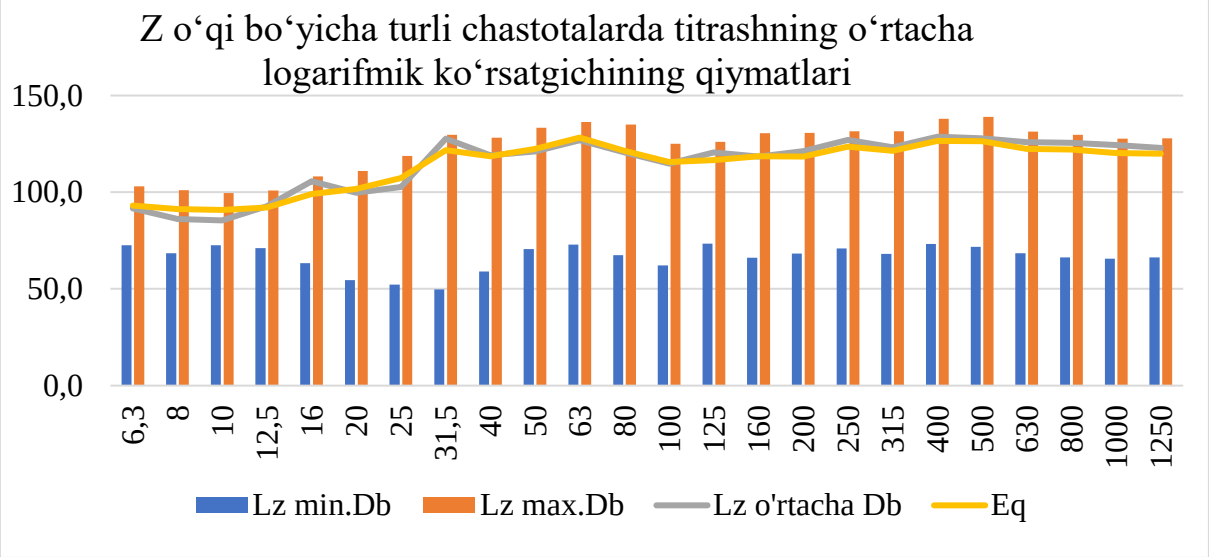
BTRni kardan valiga o‘rnatilib sinalgan buralish-egilish tebranishlar dempferi qurilmasining sinov natijalarini tahlil etamiz.

ISSN 3030-3907



6-rasm. **Taklif etilgan burilish-bukilish dempfer qurilmalari: 1 — korpus, 2 — val, 3 — ro‘stlovchi yong‘oq, 4 — kurak, 5 — gidrosilindr shtegi, 6 — gidrosilindr, 7 — porsa, 8 — silindr.**

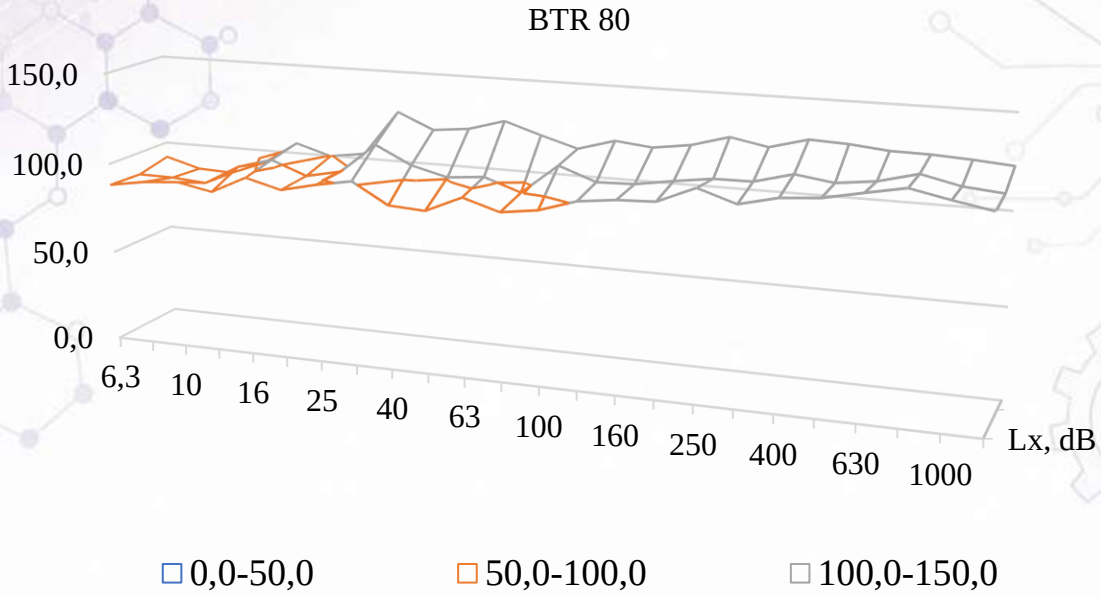
Z o`qi bo`yicha – infra kichik chastotalar (0,8…2,0 Gers)da o`rtacha $L_x$ = 112,1 dB ni, kichik chastotalar (2,0…200 Gs)da $L_x$ = 85,4…127,7 dB o`rtacha 109,7 dB ni, o`rta chastotalar (200…2000 Gs)da $L_x$ = 122,8…128,7 dB o`rtacha 125,7 dB ni tashkil etdi [2].



7-rasm. Z o‘qi bo‘yicha chiziqli tebranishlar, eksperimental usul bilan olingan

Z o‘qi bo‘yicha tebranish chastotasi sonli va eksperimental natijalar bilan solishtirilganda, ikkisi ham 80–125 Hz diapazonida yaxshi mos kelishini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



8-rasm. **BTR massalar mahkamasining X, Y, Z o‘qlari bo‘yicha tebranishlarning logarifmik solishtirma ko‘rsatkichlari.**

X, Y, Z o‘qlari bo‘yicha tebranish momentlari.

$$M_x = Q_\alpha \varepsilon_x,\ M_y = Q_\beta \varepsilon_y,\ M_z = Q_\varphi \varepsilon_z.$$

Boshqa tomondan, ifodaning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$M_x = \frac{2(m\varepsilon_x)^2 gR}{I_x}(1+b)$$

$$M_y = \frac{2(m\varepsilon_y)^2 gR}{I_y}(1+b)$$

$$M_z = \frac{2(m\varepsilon_x)^2 gR}{I_z}(1+b)$$

Tenglamaning o‘ng tomonlarini solishtirib, valning tebranish kuchlarini aniqlaymiz.

$$Q_\alpha \varepsilon_x = \frac{2(m\varepsilon_x)^2 gR}{I_x}(1+b),\ Q_\alpha = \frac{2m^2 \varepsilon_x gR}{I_x}(1+b),$$

$$Q_\beta \varepsilon_y = \frac{2(m\varepsilon_y)^2 gR}{I_y}(1+b),\ Q_\beta = \frac{2m^2 \varepsilon_y gR}{I_y}(1+b),$$

$$Q_\varphi \varepsilon_z = \frac{2(m\varepsilon_x)^2 gR}{I_z}(1+b),\ Q_\varphi = \frac{2m^2 \varepsilon_z gR}{I_z}(1+b).$$

Bu yerda: m — val massasi; M_x — valning tebranish momentlari, mos ravishda x, y, z o‘qlari bo‘yicha; Q_α— valning burchak bo‘yicha tebranish kuchi; ε_i— muvozanatsiz valning eksentrikligi, mos ravishda x, y, z o‘qlari bo‘yicha [5,6].

ISSN 3030-3907

Massasi – m, radiusi R va uzunligi l bo‘lgan bir jinsli silindrik jism uchun bo‘ylama simmetriya o‘qi Oz va gorizontal simmetriya o‘qlari Ox hamda Oy atrofidagi inersiya momentlari quyidagicha:

$$J_x = \frac{mR^2}{12}, J_y = \frac{mR^2}{3}, . J_z = m\left[\frac{mh^2}{12} + \frac{l^2}{3}\right]$$

Tanlangan aylanish chastotasi uchun quyidagi empirik bog‘lanish hosil qilindi:

$$n_{кр} = 12 \cdot 10^4 \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{L^2}$$

Bu yerda: $n_{кр}$ — kardan valining kritik aylanish chastotasi, min^{-1}; D — quvur shaklidagi valning tashqi diametri, m; d — valning ichki diametri, m; L — val uzunligi, m.

Avval aytilganidek, quyidagilarga e’tibor qaratish zarur: $n_{кр} = n_{max} \cdot (1{,}5 \ldots 2{,}0)$

XULOSA. Valga ta’sir etuvchi tebranishli kuch yuklanishi matematik jihatdan modellashtirildi va sonli usul yordamida yechildi. x, y, z o‘qlari bo‘yicha burchak tebranishlari aniqlanib, α,β,φ burchak tebranishlarining sonli qiymatlari topildi va o‘tkazish jarayonlarining grafiklari qurildi.

z o‘qi bo‘yicha tebranish chastotasi sonli va eksperimental usul bilan olingan natijalarni solishtirish ko‘rsatdiki, ikkisi ham 80–125 Hz diapazonida yaxshi mos keladi. Bu esa ishlab chiqilgan matematik model BRDM g‘ildirakli mashinasidagi dempfer so‘ndirish jarayonlarini to‘g‘ri tavsiflaydi deganidir. Ushbu matematik model turli yangi g‘ildirakli mashinalarni loyihalashda xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ro‘ziyev Sh.Sh. Texnikalardagi dinamik yuklanishlar xususiyatlari. /“Globallashuvmuhitida yuqorimanyovrchanva jangda yashab qoluvchi texnikalar yaratishning nazariy-amaliy masalalari va yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy anjuman/ Chirchiq-2024. 378-b.
2. Ro‘ziyev Shohruh Shoim o‘g‘li. Aylanma harakatlanuvchi vallardagi tebranishni kamaytirishning nazariy va tajribaviy tadqiqotlari. /“Hozirgi zamon texnika taraqqiyoti tendensiyalari, ilmiy ishlar va ishlab chiqarishda innovatsiyalar” mavzusida o‘tkazilgan Respublika ilmiy-uslubiy anjuman materiallar to‘plami/ Chirchiq-2023. 165-b.
3. Рузиев Шохрух Шоим угли. Аналитическое моделирование демпфирования вибраций вала мобильных машин. //Universum: Технические науки// Выпуск: 2(119) Февраль 2024 Часть 2 Москва. с. 13-15.
4. Farkhod Matqurbonovich Matmurodov., Ruziev Shokhrukh Shoim ugli. Amplitude-Frequency Characteristics of the Damper Rod of Observational

ISSN 3030-3907

Design Parameters. // International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology// Vol. 11, Issue 4, April 2024.
5. Быков В.Г., Ковачев А.С. Динамика ротора с эксцентрическим шаровым автобалансировочным устройством. Вестник санкт-петербургского университета 2014, Сер. 1. Том 1 (59). Вып. 4, -с.578-582.
6. Ярошевич Н. Динамика вибрационных машин в условиях «слабой» самосинхронизации возбудителей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург 2004. -с.18.

METHODS OF AUTOMATIC CONTROL OF STEPPER MOTORS

Abdullayev Mashrab Xamro o‘g‘li
Abu Rayhan Beruniy named after Urgench State University , intern teacher
Abdullayev Sadulla Berdibay o‘g‘li
Abu Rayhan Beruniy named after Urgench State University , student

Annotation. This in the article step motors management three main method — wavy sequence (wave drive), complete step mode (full step) and half step mode (half step) — analysis Every of the method work principle , advantages and disadvantages seeing is released . Experience results based on half step mode the most many optimal method to use that is based on . Article step from motors user engineers and researchers for intended.

Key words : stepper motor , commutation **,** wave mode , half step , torque, rotor, stator.

Аннотация. В этой статье представлены три основных метода управления шаговыми двигателями — волнообразная последовательность (wave drive), режим полного шага (full step) и режим полушага (halfstep mode) — с анализом принципа работы каждого из методов, рассмотрением преимуществ и недостатков. Результаты тестирования, основанные на использовании режима полушага, являются наиболее оптимальным методом, на котором основано использование. Статья step от инженеров-пользователей и исследователей двигателей для intended.

Ключевые слова: шаговый двигатель, коммутация, волновой режим, полушаг, крутящий момент, ротор, статор.

Annotatsiya. Ushbu maqolada pog‘onali motorlarni boshqarishning uchta asosiy usuli - to‘lqinli ketma-ketlik (to‘lqinli haydovchi), to‘liq qadam rejimi (to‘liq qadam) va yarim qadam rejimi (yarim qadam) - har bir usulning ishlash printsipi, afzalliklari va kamchiliklari tahlil qilinadi. Yarim qadam rejimiga asoslangan tajriba natijalari foydalanish uchun eng maqbul usul . Mo‘ljallangan uchun motors foydalanuvchi muhandislar va tadqiqotchilar maqola qadam.

Kalit so‘zlar: Step vosita , kommutatsiya , to‘lqin rejimi , yarim qadam , moment, rotor, stator.

1. INTRODUCTION.

Step by step stepper motors are modern automation and robotics in systems wide applicable electricity mechanic from devices They are one . digital management signals using clear angular shifts provide to the feature has that was because of , digital systems with directly mutual under the influence be takes [1].

Step by step of motors main advantage — opposite communication even without a system positioning provide to take This feature is They can be used in

ISSN 3030-3907

3D printers , CNC machines , medical in tools and in robotic manipulators wide application opportunity gives [2].

Step by step motors management different methods there is they are motor operation efficiency , yield torque and resonance to the problems directly impact shows . Therefore , optimal control method choice engineering in practice important importance profession will reach .

This of the article goal — step by step motors management three main method analysis so that they technician features from comparison consists of . Research following issues cover takes : every one of the method phases commutation mechanism ; yield of the torque force amount ; resonance to the event tendency level and application sectors .

2. METHODS AND MATERIALS.

In the study step of motors three kind management method theoretical and experimental analysis made . Each method for phases commutation sequence , rotor position and harvest amount of torque to be applied studied . Analysis bipolar and unipolar type for step from motors used . Moment- angle dependencies vector diagrams and mathematician models using expressed .

2.1 . Wavy sequence Wave Drive Mode

First method — phase one by one commutation through is executed . In this phases time according to each other does not cover ; certain one at the time only one phase connected (Fig. 1, a). This method ***“one phase on” full step*** or is called “ ***wave drive mode”*** . Each in step rotor balance point rotor ***“ natural ”*** balance point with suitable falls .

Disadvantage : in bipolar motors of time certain one during 50% of the current is used , in unipolar motors and only 25%. This is full torque output as to be absent take is coming .

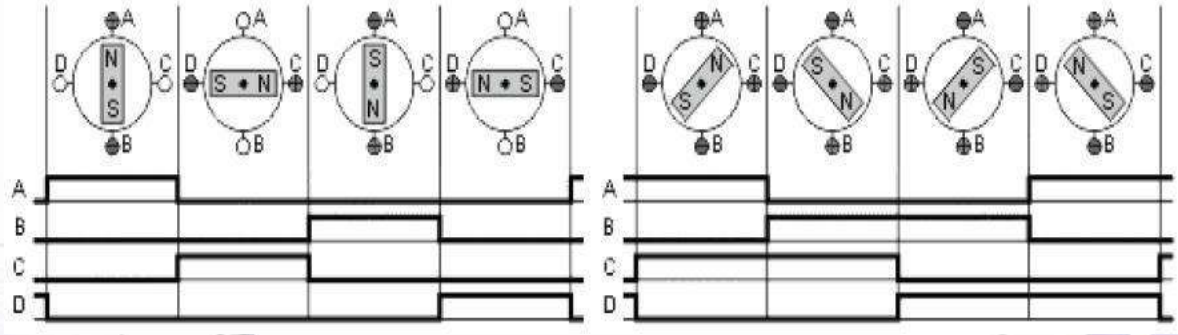


Figure 1. Phases commutation sequence : a) wavy , b) stepped

2.2 . Complete step mode (Full Step Mode)

Second method — phases time according to on top of each other agreement with is to manage . In this two phase of time one at the moment This method ***“two phase on” full step*** or This is called “ ***full step mode”*** . In this method, the rotor

ISSN 3030-3907

poles are The space in the middle is halved (Figure 1, b), and one phase connected to the point 40% more torque is provided.

Complete step in mode two phase connected without rotor clean point half step by step moves . That's it . record to grow it is necessary that stationary rotor motor manufacturer standing without occupied and rotor this status in the bushes vine no without It will not remain. for the engine to the source connect or rotor half- turn step by step moves.

Stopped without rotor moving not leaving for to my heart's content hold standing vine to give necessary . Hold on stand current from rated current small to be possible , because immovable rotor in the engine No large torque is required. However rotor stopped engine in full working order torque to provide necessary when This issue is complicated. vines corrector modern drivers through solution This issue is only manager microcontrollers management to programs related.

2.3. Half step Half Step Mode

Third method — *half step This* method is called a *sequence* . above record done two of the method from the combination consists of . English in the language ***"one and two phase on" half step*** or This is called " ***half step mode"*** . In this case, the motor is the main step half turns.

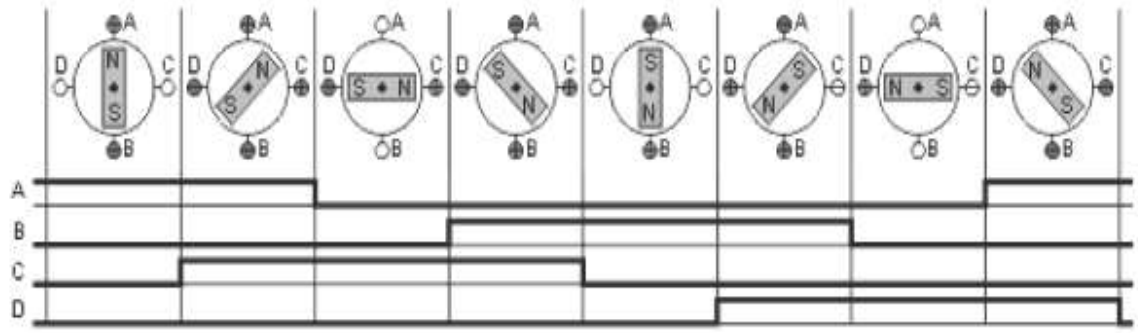


Figure 2. Half step sequence

This management method the most many widespread is a method , because small step motors price expensive and for example 100 step 200 steps on the motor harvest to do — scientific in terms of much interesting issue . This in a way every one step one phase with cover is taken , other at the time and two phase together Both are connected. start in a way rotor corner shift step half turn organization does.

Step size reduce outside this method partially resonance also eliminate the incident Half step regime power in terms of complete torque harvest to do does not improve. But the current time improved drivers half step regime harvest does and the engine is complete torque provides.

3. RESULTS.

3.1. Moment- angle description

ISSN 3030-3907

One phase is signaled in motors of the moment to the rotor connection balance approximately is sinusoidal . Two busy motors for , N steps has (α = 2 π /N) torque- angle for the motor dependency with the following formula is expressed as :

$$M = Mh \sin(\varphi / \varphi) \qquad (1.3)$$

this M is the moment, Mh is the hold stand moment , φ — step angle , φ — brake turn angle .

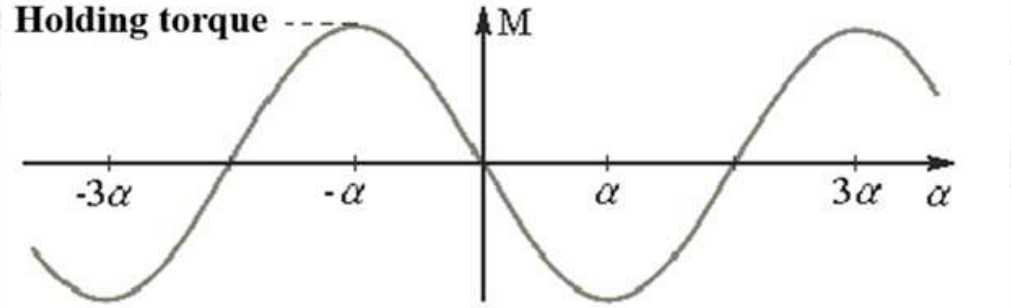


Figure 3. One my heart to the source connected rotor turn of the situation to the moment dependency graph

Real life in the picture location tired difference to do possible , because the rotor and stator geometric The structure is not ideal . The moment maximum value hold stand moment If the rotor hold stand from the moment big the moment that is outside If given , the rotor will rotate to the corner If an external torque is applied , stand from the moment big if not , then the rotor is unbalanced in the case of will be.

This record to grow necessarily , the chulkams from the source separated hold on even if stand moment to zero equal not because permanent magnet area This torque is available in the motor . maximum of the moment about 10 % organization will reach.

3.2. Two my heart torque at connection

If time one at the moment two my heart source with if provided , then total torque per one my friend harvest did moments from the sum (Figure 4). In this case , if the vines values one kind if , the moment maximum value half step by step moved will be , physical rotor balanced the point is also half step by step moves.

Peak torque value (hold) stand moment) one my heart to the source connected relatively $\sqrt{2}$ times is large :

$$Mh2 = \sqrt{2}Mh1 \qquad (1.4)$$

This on the ground Mh2 — two my heart to the source when connected hold stand moment , Mh1 — one my friend to the source when connected hold

ISSN 3030-3907

stand moment . Just like this moment is moving of motors passport descriptions is brought.

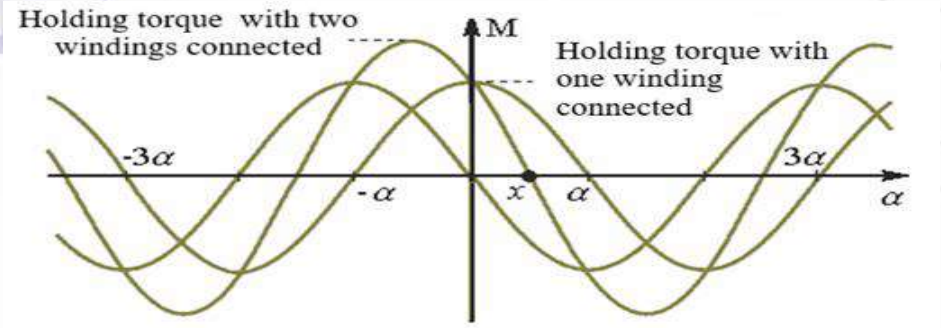


Figure 4. Two my heart connected torque-rotor relationship features

3.3. Magnetic field vector analysis

Magnetic field direction and value vector diagram (Figure 5) of this analysis completes .

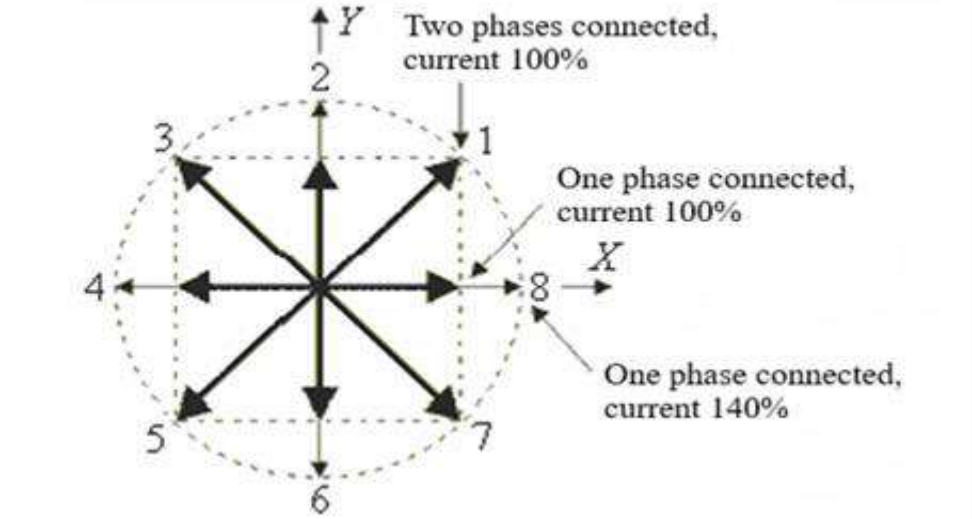


Figure 5. Phases every kind in modes to the source magnetic field when connected value and direction

This vector X and Y axes in a diagram directions of the engine first and second slurs harvest did magnet of the area directions with suitable If the motor is one ami to the source connected without If it works , then the rotor will move to positions 1, 3, 5, 7. If the motor has two ami to the source connected without If it works , then the rotor will move to positions 2, 4, 6, 8. occupies.

In this case, the torque value large , because the torque value in the picture vector to the length proportional . These two The method is also complete . step provide , but the rotor position half step by step moved . If this two the method double and to the scumbags suitable in sequence impulses If given , then the rotor will rotate in sequence 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 the situation possesses — this and half step the regime provides.

4. DISCUSSION.

ISSN 3030-3907

Received to the results see , all three management method advantages and disadvantages as follows described:

4.1 . Wavy regime

This method main disadvantage — electricity low efficiency of the machine at the level In bipolar motors same at the time only 50%, in unipolar motors and 25% of the active will be . Therefore harvest The moment to be done is complete. it won't be possible and this method high torque required in applications not applicable.

4.2 . Complete step mode

Complete step in mode two my friend one at the time connection because of one phased to the regime 40% more torque generation compared to However , the rotor has stopped . in case hold stand for to my heart's content permanent vine giving stand necessary . Modern drivers this problem vine to adjust through solution will reach.

4.3. Half step mode

Half step mode following to the advantages has :

–grass expensive motors unused without big permission resolution value achieve possibility there is ;

–resonance event with related problems much less occurs — resonance and partial loss of torque take is coming .

Disadvantage: step step by step when passing of the moment vibration This vibration is observed when the engine is running . vibration and noise harvest does.

All three method between half step mode the most wide widespread It is clear that and to resonance stability between balance For example , using a 100-step motor to produce 200 steps harvest to do opportunity is of the method important scientific and practical It is expensive.

4.4. Methods comparative analysis

Table 1.

Management methods comparative description

Criterion	Wavy regime	Complete step	Half step
Moment power	Low (50/25%)	Large (+40%)	Average
Resolution	Standard	Standard	2x higher
Resonance danger	Medium	Medium	Less
Vibration	Less	Medium	Medium

ISSN 3030-3907

Criterion	Wavy regime	Complete step	Half step
Usage	Simple systems	Heavy load	Most people cases

5. CONCLUSION.

This research step motors management three main method analysis done . Taken from the results following conclusions release possible :

– Wavy sequence method the most simple and convenient , but my friend only one part active that was because of harvest The torque is low.

– Complete step mode one at the time two phase connect Provides 40% more torque through and in case of heavy loads preferably choice is considered .

– Half step mode accuracy two even increases and resonance problems reduces — that so he is in practice the most wide widespread method is considered .

In the future in microdevices tools vines thin corrector modern drivers with together half step and microstepping methods study to the goal according to .

REFERENCES

1. Kenjo T., Nagamori S. Permanent-Magnet and Brushless DC Motors. Oxford University Press, 1985.

2. Acarnley PP Stepping Motors: A Guide to Theory and Practice. 4th ed. IET, 2002.

3. Oriental Motor. Stepper Motor Basics: Control Methods and Drive Circuits. Technical reference, 2019.

4. Douglas W. Jones. Control of Stepper Motors. University of Iowa, Department of Computer Science. [Online]. Available: http://homepage.divms.uiowa.edu/~jones/step/

5. Texas Instruments. Stepper Motor Fundamentals. Application Report SLOA060, 2004.

ISSN 3030-3907

ПАХТА ТОЛАЛИ МАТОЛАР УЧУН ЯНГИ ТАРКИБЛИ АНТИПИРЕНLAR

Нуркулов Элдор Нурмуминович
Қарши давлат техника университети

Аннотация. Мазкур мақолада пахта толали матолар учун янги таркибли галогенсиз антипирен моддасини синтез қилиш ва унинг ёнғинга чидамлилик хусусиятларига таъсири ўрганилган. Тадқиқотда фосфор, азот, бор ва металл тутган антипирен бирикмаси синтез қилиниб, пахта матоларига ишлов берилди. Сканерловчи электрон микроскоп (SEM) таҳлиллари натижасида антипирен молекулаларининг мато юзасида бир хилда тақсимлангани аниқланди. Олинган натижалар синтез қилинган антипирен пахта матоларининг ёнғинбардошлик хусусиятларини сезиларли даражада яхшилашини кўрсатди. Тадқиқот натижалари тўқимачилик материалларининг ёнғинга чидамлилигини ошириш ва экологик хавфсиз галогенсиз антипиренлар яратишда муҳим аҳамиятга эга.

Калит сўзлар: пахта матоси, антипирен, ёнғинбардошлик, фосфорли бирикмалар, азотли бирикмалар, бор бирикмалари, металл тутган антипирен, SEM таҳлили, галогенсиз ёнғиндан ҳимояловчи моддалар.

Аннотация. В данной статье исследованы синтез нового состава безгалогенного антипирена для хлопчатобумажных тканей и его влияние на огнестойкие свойства материалов. В ходе исследования было синтезировано антипиреновое соединение, содержащее фосфор, азот, бор и металл, после чего хлопчатобумажные ткани были обработаны полученным составом. Результаты анализа с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM) показали равномерное распределение молекул антипирена по поверхности ткани. Полученные результаты свидетельствуют о том, что синтезированный антипирен значительно улучшает огнестойкие свойства хлопчатобумажных тканей. Результаты исследования имеют важное значение для повышения огнестойкости текстильных материалов и разработки экологически безопасных безгалогенных антипиренов.

Ключевые слова: хлопчатобумажная ткань, антипирен, огнестойкость, фосфорсодержащие соединения, азотсодержащие соединения, соединения бора, металлсодержащий антипирен, SEM-анализ, безгалогенные огнезащитные материалы.

Abstract. This article investigates the synthesis of a new halogen-free flame retardant composition for cotton fabrics and its effect on the fire-resistant properties of the materials. During the study, a flame retardant compound containing phosphorus, nitrogen, boron, and metal components was synthesized,

ISSN 3030-3907

and cotton fabrics were treated with the obtained composition. The results of scanning electron microscopy (SEM) analysis showed that the flame retardant molecules were uniformly distributed over the fabric surface. The obtained results demonstrated that the synthesized flame retardant significantly improves the fire resistance properties of cotton fabrics. The findings of this research are important for enhancing the flame resistance of textile materials and developing environmentally safe halogen-free flame retardants.

Keywords: cotton fabric, flame retardant, fire resistance, phosphorus-containing compounds, nitrogen-containing compounds, boron compounds, metal-containing flame retardant, SEM analysis, halogen-free flame retardant materials.

КИРИШ.

Пахта толали матолар тўқимачилик саноатида энг кенг қўлланиладиган материаллардан бири ҳисобланади. Уларнинг табиийлиги, юқори гигиеник хусусиятлари, ҳаво ўтказувчанлиги ва инсон саломатлиги учун хавфсизлиги сабабли кундалик кийим-кечак, махсус иш кийимлари, мебель қопламалари ҳамда турли техник мақсадларда кенг фойдаланилмоқда. Шу билан бирга, пахта толаларининг асосий камчиликларидан бири уларнинг юқори даражада ёнувчанлиги ҳисобланади. Пахта матолари очиқ аланга таъсирида тез ёниб кетади ва ёнғиннинг кенг тарқалишига сабаб бўлиши мумкин[1].

Бугунги кунда ёнғин хавфсизлигини таъминлаш масаласи жаҳон миқёсида долзарб муаммолардан бирига айланган. Айниқса, жамоат бинолари, меҳмонхоналар, тиббиёт муассасалари, транспорт воситалари ва ишлаб чиқариш корхоналарида қўлланиладиган тўқимачилик материалларига юқори ёнғинга чидамлилик талаблари қўйилмоқда. Шу сабабли пахта толали матоларнинг ёнувчанлигини камайтириш ва уларга оловбардошлик хусусияти бериш мақсадида турли антипирен моддалардан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади[2].

Антипиренлар — материалларнинг ёнувчанлигини пасайтирувчи кимёвий бирикмалар бўлиб, улар юқори ҳарорат таъсирида ҳимоя қатлами ҳосил қилиш, ёнувчи газлар ажралишини камайтириш ва аланганинг тарқалишини секинлаштириш хусусиятига эга. Сўнгги йилларда экологик хавфсиз, инсон саломатлигига зарарсиз ва юқори самарадорликка эга бўлган янги таркибли антипиренларни яратиш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда[3].

Пахта тўқимачилик саноатининг асосий хом ашёси бўлиб, саноат экинлари сифатида дунёда кенг тарқалган. Ҳозирги кунда турли хил янги матолар мавжуд бўлсада, пахта матолари, уларнинг мукаммал хусусиятлари ва афзалликлари туфайли; ҳали ҳам кенг қўлланилмоқда, масалан: намликни

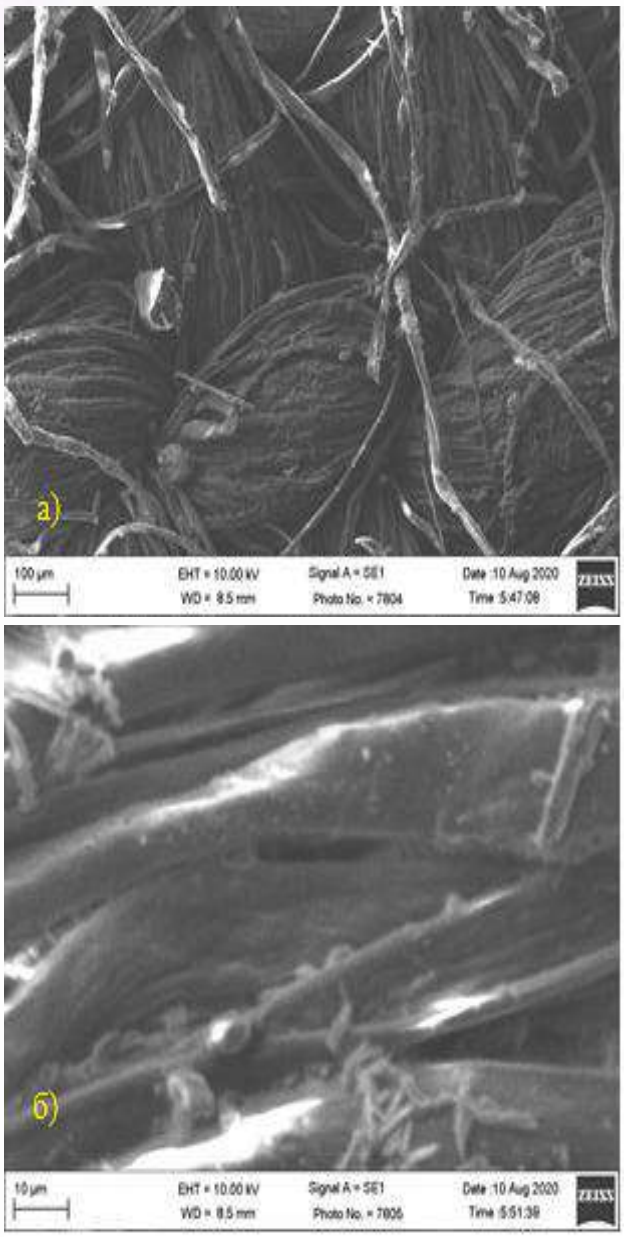
ISSN 3030-3907

яхши сингдиради ва ҳаво ўтказувчанлиги юқори, юмшоқ ва кийиш қулай; мукаммал иссиқлик изоляциясига эга; табиий ўсимликлардан олинганлиги сабабли таннархи арзон. Ушбу имтиёзлар пахта матосидан кўп қиррали тўқимачиликда, масалан, ички кийим ва болалар кийимлари каби терига қулай кийимларда фойдаланишни осонлаштиради. Бироқ, пахта хомашёси матолари одамларга жиддий зарар этказиши мумкин бўлган ёнувчан материаллардир, шунинг учун кўплаб мамлакатларда пахта матоларининг ёнғинга чидамлилиги бўйича қатъий талабларнинг қонунлари ва қоидалари ўрнатилган. Оловга чидамли пахта матолари кўпинча ҳарбий (ҳарбий индивидуал ҳимоя қилиш жанговар тайёргарлик формаси; ҳарбий коллектив ҳимоя бункерлари; қурол халталари ва бошқалар), саноатда (ўт ўчирувчиларнинг ҳимоя кийимлари, пўлат ишлаб чиқарувчи иш кийимлари, пайвандлаш иш кийимлари, тиббий ҳимоя кийимлари ва бошқалар) да меъморий тўқимачилик, транспорт воситалари учун декоратив тўқимачилик ва бошқалар) ва уй хўжалигида (уйдаги декоратив пардалар, кийим-кечак ва бошқалар) қўлланилади. Пахта матоларининг оловга чидамлилигини яхшилаш бўйича кўплаб тадқиқотлар ўтказилган. Галогенли ёнғиндан ҳимояловчи воситалар самарали ва кенг миқёсда қўлланилади, аммо тадқиқотлар шуни кўрсатдики, галоген ўз ичига олган ёнғиндан ҳимояловчи моддалар ёнғинга қарши яхши таъсирга эга бўлсада, ёнғин содир бўлганда, инсон соғлиғига таҳдид солувчи, жиддий экологик муаммоларни келтириб чиқариши мумкин, шу жумладан кўп миқдорда тутун ва заҳарли газлар ажралиб чиқади. Шу сабабли ҳозирда самарали ёнғиндан ҳимояловчи воситаларда галогенлардан фойдаланиш камаймоқда[4].

Илмий изланишларимиз галогенсиз ёнғиндан ҳимояловчи воситалар олишга қаратилган бўлиб тадқиқотлар натижасида синтез қилинган фосфор, азот, бор ва металл тутган антипирен билан пахта матоларига ишлов берилганда ёнғинбардошлик хоссаларини яхшилайди.

Синтез қилинган антипирен билан ишлов берилган пахта толали матонинг сканерловчи электрон микроскопдаги (SEM) тасвири қуйидаги расмда келтирилган.

ISSN 3030-3907



1-Расм. Синтез қилинган фосфор, азот, бор ва металл тутган антипирен билан ишлов берилган пахта толали мато намунасининг сканерловчи электрон микроскопда а) 100, б) 1000 баробар катталаштирилган тасвирлари

Олинган тасвирлардан антипирен эритмаси билан ишлов берилган мато намуналари юзасида антипирен молекулаларининг бир хил ва барқарор тарқалганини кўриш мумкин. Сканерловчи электрон микроскоп (SEM) орқали олинган тасвирлар мато толалари сиртида ҳимоя қатлами ҳосил бўлганини ва антипирен модданинг тола тузилишига самарали сингганини кўрсатди. Бу ҳолат антипиреннинг мато юзасига яхши адгезияланганини ҳамда унинг толалар орасида бир текис тақсимланганини тасдиқлайди.

Фосфор, азот, бор ва металл элементларини ўз ичига олган антипирен эритмаси билан матога ишлов берилганда, мато толаларининг термик

ISSN 3030-3907

барқарорлиги ортиши ва ёнғинга чидамлилик хусусиятларининг сезиларли даражада яхшиланиши аниқланди. Бундай таркибли антипиренлар ёнғин таъсирида мато юзасида ҳимояловчи карбонлашган қатлам ҳосил қилиб, ёнғиннинг тарқалишини секинлаштиради ва иссиқлик таъсирини камайтиради. Шунингдек, антипирен таркибидаги фосфор ва азот бирикмалари термик парчаланиш жараёнини назорат қилиб, газ фазасида ҳам ёнғинни пасайтирувчи таъсир кўрсатиши мумкин.

ХУЛОСА.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, синтез қилинган фосфор, азот, бор ва металл тутган галогенсиз антипирен пахта толали матоларнинг ёнғинбардошлик хусусиятларини самарали равишда оширади. SEM таҳлиллари антипирен модданинг мато юзасида бир хил тақсимланганини ва тола тузилиши билан яхши боғланганини тасдиқлади. Олинган натижалар мазкур антипиренни пахта тўқимачилик материалларини ёнғиндан ҳимоялашда, шунингдек саноат, ҳарбий ва маиший соҳаларда қўлланиладиган ёнғинга чидамли матолар ишлаб чиқаришда қўллаш имконияти мавжудлигини кўрсатади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Caiyan Wan, Mingsheng Liu, Pingping He, Guangxian Zhang, Fengxiu Zhang// A novel reactiveflame retardant for cotton fabric based on a thioureaphosphoric acid polymer//. Industrial Crops & Products 154 (2020) 112625
2. Қодиров Т., Абдуллаев А. Тўқимачилик материаллари кимёси. – Тошкент: Фан ва технология, 2020.
3. Horrocks A.R., Price D. *Fire Retardant Materials.* – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001
4. Weil E.D., Levchik S.V. *Flame Retardants for Plastics and Textiles: Practical Applications.* – Munich: Hanser Publications, 2009.

УДК: 631.3:633:511

«О РАЗРАБОТКЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ШПИНДЕЛЬНОГО ХЛОПКОУБОРОЧНОГО АППАРАТА ДЛЯ ОДНОРАЗОВОГО СБОРА УРОЖАЯ ХЛОПЧАТНИКА, ПОСЕЯННОГО С МЕЖДУРЯДЬЕМ 60 СМ

Хажиев Машарип Хажиевич,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова к.т.н., доцент,
Tel: +998 97-140-44-89
Атаджанова Муборакхон Мадаминовна,
Tel: +998 97-934-85-84
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова доцент,

Аннотация. На основе анализа результатов НИР и ОКР, выполненных к настоящему времени в области уборки урожая хлопчатника, а также накопленного практического опыта эксплуатации машин данного типа, в ТГТУ предложена вертикально-шпиндельный хлопкоуборочный аппарат, обеспечивающий уборку за один проход урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см, при раскрытии 80–90 % и более коробочек, с полнотой сбора до 93 %, потерями хлопка на земле не более 3–4 % и засорённостью хлопка, собранного в бункер, до 8 % (на уровне требований государственных стандартов).

Ключевые слова: хлопок, устройство для сбора хлопка, вертикально-шпиндельное, барабан, сепаратор хлопка, горизонтально-шпиндельное, полнота сбора хлопка.

Annotation. Based on the analysis of the results of research and development work (R&D) carried out to date in the field of cotton harvesting, as well as the accumulated practical experience in operating machines of this type, a vertical spindle cotton harvesting unit has been proposed at TSTU. The unit enables single-pass harvesting of cotton grown with 60 cm row spacing, at 80–90% and higher boll opening, with a harvesting efficiency of up to 93%, field losses not exceeding 3–4%, and contamination of cotton collected in the hopper up to 8% (in accordance with state standard requirements).

Keywords: cotton, cotton, picking apparatus, vertical-spindle, drum, cotton separator, horizontal-spindle, picking completeness.

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda paxta yig‘im-terimi sohasida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari va OKB natijalarini tahlil qilish, shuningdek, ushbu turdagi mashinalarni ishlatish bo‘yicha to‘plangan amaliy tajriba asosida TSTUDA vertikal shpindel paxta terish mashinasi taklif etiladi, u 60 sm oraliqda o‘stirilgan

paxta hosilini bir marta yig‘ib olishni ta'minlaydi., 80-90% yoki undan ortiq qutilar ochilganda, 93% gacha yig‘im-terimning to‘liqligi, 3-4% dan ko‘p bo‘lmagan paxta yo‘qotilishi va bunkerga yig‘ilgan paxtaning tiqilib qolishi 8% gacha (davlat standartlari talablari darajasida).

Kalit so‘zlar: paxta, paxta terish moslamasi, vertikal shpindelli, baraban, paxta ajratgich, gorizontal shpindelli, paxta terishning to‘liqligi.

ВВЕДЕНИЕ.

Хлопчатник — очень ценная техническая культура, из урожая которой — хлопка-сырца — для народного хозяйства получают более 300 видов продукции. Хлопковое волокно является ценным сырьём для текстильной, трикотажной и других отраслей лёгкой промышленности. Продукция хлопкоочистительной промышленности также используется в пищевой, химической, электротехнической, авиационной, автомобильной, тракторной и других отраслях промышленности [1, 2].

Ширина междурядий, используемой при посеве хлопчатника в 2023–2025 гг. в Узбекистане, а также прогноз посева хлопчатника до 2030 года представлены в таблице 1. Из таблицы видно, что если в 2023 году междурядья шириной 60 см занимали 70 % общей площади посевов хлопчатника, то в 2025 году этот показатель составил 55 %, в 2026 году запланировано 45 %, а к 2030 году предусматривается выращивание хлопчатника с междурядьями 60 см лишь на 25 % посевных площадей [1, 2].

Данная ситуация является одной из основных проблем, осложняющих уборку урожая хлопка, выращенного в фермерских хозяйствах и кластерах, поскольку такой способ посева приводит к повышению густоты стояния растений и оказывает отрицательное влияние на их развитие.

Основными недостатками выращивания хлопчатника при данной ширине междурядий являются: уборка урожая хлопка проводится преимущественно ручным способом; отсутствие промышленного производства хлопкоуборочных машин для уборки урожая при таких междурядьях (машина марки МХ-2,4 прошла государственные испытания и была изготовлена в очень ограниченном количестве); высокая плотность размещения кустов хлопчатника, вследствие чего наблюдается снижение урожайности хлопка по сравнению с урожайностью хлопчатника, выращенного при междурядьях 90 см [3, 4, 5, 6, 7].

ISSN 3030-3907

Таблица 1

Ширина междурядий, используемой при посеве хлопчатника в 2023–2025 гг. в Узбекистане (%)

Междурядье (см)	2023	2024	2025	2026	2030	Каким способом и какой машиной производится уборка урожая хлопка?
60	70	65	55	45	25	Ручной, отсуствуют машины для уборки урожая
76	20	27	35	45	65	Ручной и машинный ГШМ* (США и Китай)
90	10	8	10	10	10	ГШМ (США и Китай) и ВШ** (Узбекистан)

*ГШМ-горизонтально-шпиндельная хлопкоуборочная машина;
**ВШ-вертикально-шпиндельная хлопкоуборочная машина.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Для уборки раскрытых коробочек хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см на ООО «Ташкентский тракторный завод» была разработана четырёхрядная вертикально-шпиндельная хлопкоуборочная машина марки МХ-2,4 (полнота сбора до 85 %, потери хлопка на земле — до 8 %, засорённость хлопка, собранного в бункер, — до 8 %). Машина прошла государственные испытания и была рекомендована к промышленному производству, однако по различным причинам в настоящее время серийно не выпускается (была изготовлена в очень ограниченном количестве).

В связи с этим в фермерских хозяйствах уборка урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см, осуществляется преимущественно массовым ручным способом. Это приводит к затягиванию сроков уборочной кампании, многократному увеличению затрат на сбор урожая и снижению качества хлопкового волокна [3, 4, 5, 6, 7].

ISSN 3030-3907



Рис. 1. Вертикально-шпиндель-ная хлопкоуборочная машина марки МХ-2,4, предназначен-ная для уборки урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см, в два прохода: первый сбор — при раскрытии 50–60 % коробочек (рабочая скорость машины — 4,13 км/ч); второй сбор — при дополнительном раскрытии ещё 20–30 % коробочек хлопчатника (рабочая скорость машины — 5,32 км/ч).

Корпорация **«Case»** в Узбекистане проводила опытно-конструкторские работы по использованию двухрядной горизонтально-шпиндельной хлопкоуборочной машины **Case-2022** для уборки урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см. Однако сведения о результатах этих работ не были опубликованы в научной и практической литературе, а выполненные разработки не нашли применения в практике уборки хлопка.

Таким образом, данная хлопкоуборочная машина (рис. 2) фактически не получила применения в фермерских хозяйствах и кластерах республики [7].

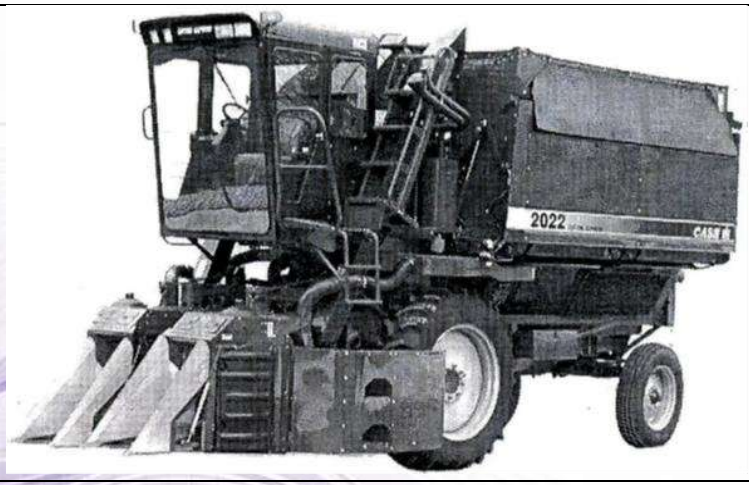


Рис. 2. Усовершенствованная горизонтально-шпиндельная хлопкоуборочная машина марки «Case-2022», предназ-наченная для уборки урожая хлопчатника,

ISSN 3030-3907

	выращенного при междурядьях 60 см.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В 1960–1970-х годах в Институте механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева Академии наук Узбекистана совместно с заводом «Ташсельмаш» была разработана вертикально-шпиндельная хлопкоуборочная машина марки АНТХ-1,2У, обладающая высокой эффективностью и агротехническими показателями, соответствующими современным требованиям [8].

Машина была предназначена для трёхкратной обработки раскрытых коробочек хлопчатника и оснащалась шестью малогабаритными шпиндельными барабанами, установленными в одном ряду. Разработанная машина прошла испытания на хлопковых полях республики. По результатам испытаний она была рекомендована для уборки урожая хлопчатника, выращенного в сельскохозяйственных хозяйствах [8].

Научно-исследовательские работы в данном направлении получили дальнейшее развитие в отраслевой лаборатории **«Разработка высокоэффективных средств уборки хлопка»**, организованной при ТИИИМСХ (Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства ныне «ТИИИМСХ» НИУ) совместно с заводом «Ташсельмаш».

В этой лаборатории в сотрудничестве с заводом «Ташсельмаш» была создана хлопкоуборочная машина марки **3ХВН-1,8 «Дустлик»**, оснащённая уборочным аппаратом для трёхкратной обработки раскрытых коробочек хлопчатника, выращенного при междурядьях 90 см. Машина прошла государственные испытания [9].

По нашему мнению, технологическая схема данной хлопкоуборочной машины может служить основой для разработки машины, обеспечивающей уборку за один проход урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см, который в настоящее время в основном собирается массовым ручным способом и остаётся одной из актуальных проблем сельского хозяйства республики [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И МЕТОДЫ. На основе анализа результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных к настоящему времени в области уборки урожая хлопчатника, а также накопленного практического опыта эксплуатации машин данного типа [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], в Ташкентском государственном техническом университете (ТГТУ) проводятся научно-исследовательские и опытно-

ISSN 3030-3907

конструкторские работы по созданию вертикально-шпиндельного хлопкоуборочного аппарата одноразового сбора урожая хлопчатника.

Целью данных работ является разработка вертикально-шпиндельного хлопкоуборочного аппарата, обеспечивающего уборку за один проход урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см, при раскрытии 80–90 % и более коробочек, с полнотой сбора до 93 %, потерями хлопка на земле не более 3–4 % и засорённостью хлопка, собранного в бункер, до 8 % (на уровне требований государственных стандартов).

В результате проведённых научно-исследовательских работ был предложен уборочный аппарат для установки на четырёхрядную вертикально-шпиндельную хлопкоуборочную машину марки **МХ-2,4**, выпускавшуюся промышленным способом на ООО «Ташкентский тракторный завод» для уборки урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 60 см.

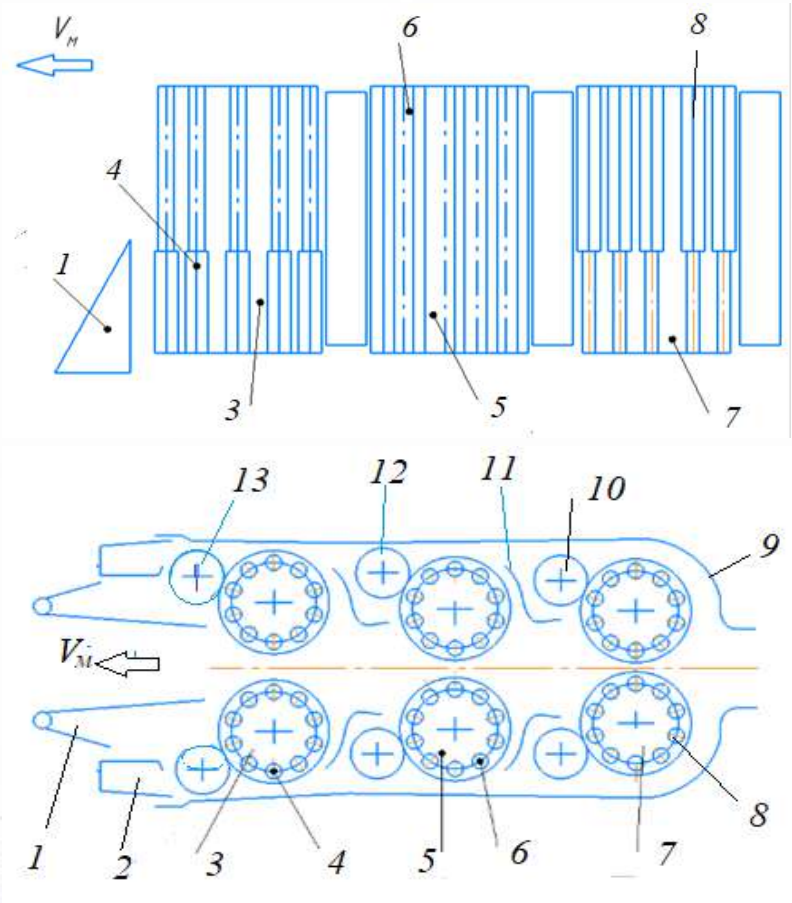


Рис. 3. Схема предлагаемого уборочного аппарата: 1 - стеблеподъёмник; 2 - приёмная камера; 3 - первая пара барабанов; 4 – шпиндели первой пары барабанов; 5 - вторая пара барабанов; 6- шпиндели второй пары барабанов; 7 — третья пара барабанов; 8- шпиндели третьей пары барабанов; 9, 11 — щитки; 10, 12 и 13 — съемники хлопка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. 1.Для уборки урожая хлопчатника, выращенного в фермерских хозяйствах и кластерах республики при междурядьях 60 см, с

ISSN 3030-3907

раскрытием 85–90 % и более коробочек, рекомендуется вертикально-шпиндельный хлопкоуборочный аппарат с трёхкратной обработкой коробочек. Аппарат оснащён тремя парами барабанов, расположенных в один ряд. Каждый шпиндельный барабан диаметром 216 мм содержит 10 составных шпинделей диаметром 29,5 мм, размещённых с шагом 67,7 мм.

2.Предлагаемый уборочный аппарат целесообразно устанавливать на серийно выпускавшиеся четырёхрядные хлопкоуборочные машины марки **МХ-2,4** (для междурядий 60 см) и на машины марки **МХ-1,8 (1,2)** (для междурядий 90 и 60 см). Для уборки урожая хлопчатника, выращенного при междурядьях 76 см, требуется модернизация машины **МХ-2,4** в пятирядный вариант, а машины **МХ-1,8** — в трёхрядный вариант, что может быть выполнено отечественными учёными и проектировщиками.

3.Применение данного хлопкоуборочного аппарата в фермерских хозяйствах и кластерах позволит обеспечить сбор хлопка с полнотой до **93 %**, получать высококачественное хлопковое волокно при сниженных затратах, сократить потери хлопка на земле до **3–4 %**, а засорённость хлопка, собранного в бункер, — до **8 %**, что соответствует требованиям государственных стандартов.

4. В настоящее время урожай хлопка, выращенный на полях с междурядьями 60 см, в основном убирается вручную. Внедрение предлагаемого аппарата создаст возможность осуществлять уборку такого урожая за один проход с использованием отечественных машин, стоимость и эксплуатационные расходы которых в 6–**7 раза ниже**, чем у импортируемых зарубежных аналогов. Это будет способствовать повышению эффективности деятельности фермерских хозяйств и кластеров, а также окажет положительное влияние на развитие экономики республики в целом.

5.Использование данного уборочного аппарата также позволяет качественно убирать урожай на хлопковых полях с раскрытием коробочек **60–70 % и более**, урожайностью **20–25 ц/га** и высотой растений **70–80 см**. Практические испытания показали, что в этих условиях полнота сбора достигает **до 90 %**, потери хлопка на земле не превышают **4–5 %**, а засорённость хлопка, собранного в бункер, не превышает **8 %**, что соответствует требованиям государственных стандартов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тешаев Ш.Ж., Сулаймонов Б.А. Справочник по хлопководству. — Издательство «Фан ва технология», Ташкент, 2016. — 540 с. (узб.яз.)

ISSN 3030-3907

2. Сулаймонов Б.А., Абдуалимов Ш.Х., Тиллаев Р.Ш., Худайкулов Ж.Б., Анорбоев А. Выращивание хлопчатника [текст]: научное издание / АТБ «Агробанк». — Ташкент: издательский дом «ТАСВИР», 2021. — 128 с.
3. Матчанов Р.Д. Одноразовый машинный сбор хлопка и его проблемы/ Механика муоммолари. Ўзбекистон журнали.-Ташкент, 2017. 62-66 с.
4. Ризаев А.А. Исследование и создание рабочих органов хлопкоуборочного аппарата с высокой эффективностю.-Ташкент: Фан, 2017. -165 b.
5. Хлопкоуборочная машина МХ-2,4. Технические условия Ts25272604-027: 2017. ОАО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники», 2017г.
6. Протокол № 15-2017 предварительных испытаний хлопкоуборочной машины МХ-2,4. Гульбахор - 2017 г.
7. Abdazimov A.D., Sherkobilov S.M., Aripjanov A. Modeling of rotation kinematics of a semi-mounted cotton harvesting machine of the MX series. Tashkent STU: J. “Technical science and innovation”, № 4/2020, c.252-260.
8. Каримов А.А. Научные основы геометрических и скоростных параметров хлопкоуборочной машины АНТХ-1.2У. Автореферат диссертации ... доц. ... техн. ... наук. - Тбилиси, 1967. - 36 с.
9. Протокол № 26-7-83 (8075600) предварительных испытаний хлопкоуборочной машины 3ХВН-1,8 «Дружба» /Средеазиатская государственная зональная машиноиспытательная станция. -САМИС-1983.-98 с.
10. Хажиев М.Х., Каримов В.У. Хлопкоуборочный аппарат: патент на полезную модель / Министерство юстиции Республики Узбекистан. FAP 802366. Дата подачи заявки: 07.01.2022. Номер заявки: FAP 2022 0008. Дата приоритета: 07.01.2022. Патентообладатель: Ташкентский государственный технический университет имени И.А. Каримова, UZ. МПК A01D. Бюллетень № 12, 2024. — Ташкент, 2024. — 4 с.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA BOSHQARILUVCHI REAKTIV QUVVAT VA GARMONIK BUZILISHLARNI KOMPENSATSIYA QILISH FUNKSIYASIGA EGA KO‘P FUNKSIYALI QUYOSH INVERTERINI ISHLAB CHIQISH

Ubaydullayev Utkirjon Murodillayevich
Milliy malaka tizimini rivojlantirish instituti Toshkent davlat texnika universiteti Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, PhD Mikrokontrollerlar va o‘rnatilgan tizimlar
Mirzayeva Sarvinoz Erkinovna
Toshkent davlat texnika universiteti Tayanch doktorant 05.03.01 Asboblar, o‘lchash va nazorat qilish usullari

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi, reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiya qilish hamda elektr tarmoqlaridagi garmonik buzilishlarni kamaytirish funksiyasiga ega ko‘p funksiyali quyosh inverterini ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda zamonaviy invertor texnologiyalari, raqamli signalni qayta ishlash algoritmlari, sun’iy intellekt asosidagi monitoring va boshqaruv tizimlari hamda energiya sifati ko‘rsatkichlarini optimallashtirish usullari tahlil qilingan. Shuningdek, inverter tizimining sanoat va maishiy elektr tarmoqlaridagi samaradorligi, energiya yo‘qotishlarini kamaytirishdagi o‘rni hamda elektr energiyasi barqarorligini oshirish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, quyosh inverteri, reaktiv quvvat, garmonik buzilish, kompensatsiya, energiya sifati, raqamli boshqaruv, elektr tarmog‘i, invertor texnologiyasi, aqlli energetika, PWM algoritmi, smart grid.

Abstract. This article discusses the development of a multifunctional solar inverter controlled by artificial intelligence with the capability of automatic reactive power compensation and harmonic distortion mitigation in electrical networks. The study analyzes modern inverter technologies, digital signal processing algorithms, AI-based monitoring and control systems, and methods for optimizing power quality indicators. In addition, the efficiency of the inverter system in industrial and residential electrical networks, its role in reducing energy losses, and its ability to improve electrical power stability are examined.

Keywords: artificial intelligence, solar inverter, reactive power, harmonic distortion, compensation, power quality, digital control, electrical grid, inverter technology, smart energy, PWM algorithm, smart grid.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы разработки многофункционального солнечного инвертора с управлением на основе искусственного интеллекта, обладающего функциями автоматической компенсации реактивной мощности и снижения гармонических искажений

ISSN 3030-3907

в электрических сетях. В исследовании проанализированы современные инверторные технологии, алгоритмы цифровой обработки сигналов, системы мониторинга и управления на основе искусственного интеллекта, а также методы оптимизации показателей качества электроэнергии. Кроме того, рассмотрены эффективность инверторной системы в промышленных и бытовых электрических сетях, её роль в снижении потерь энергии и возможности повышения стабильности электроснабжения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, солнечный инвертор, реактивная мощность, гармонические искажения, компенсация, качество электроэнергии, цифровое управление, электрическая сеть, инверторные технологии, интеллектуальная энергетика, PWM-алгоритм, smart grid.

KIRISH.

Sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi reaktiv quvvat va garmonik buzilishlarni kompensatsiya qilish funksiyasiga ega ko‘p funksiyali quyosh inverterlarini ishlab chiqish zamonaviy elektroenergetikaning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

2022-2025-yillardagi IEEE va xalqaro energetika standartlariga ko‘ra, quyosh fotoelektrik tizimlari elektr tarmoqlariga keng integratsiyalashgani sari energiya sifati bilan bog‘liq muammolar, ayniqsa reaktiv quvvat va garmonik buzilishlar keskin ortib bormoqda. Shu sababli aqlli inverter texnologiyalarini ishlab chiqish zamonaviy energetikaning muhim ilmiy-texnologik vazifasiga aylangan.

Reaktiv quvvat elektr tizimida foydali ish bajarmaydigan, biroq elektr magnit maydon hosil qilish uchun sarflanadigan quvvat turi hisoblanadi. Reaktiv quvvat ortib ketganda elektr uzatish liniyalarida qo‘shimcha yuklama yuzaga keladi, transformatorlar qizishi ortadi va quvvat koeffitsienti pasayadi. IEEE 2800-2022 standartida inverter-based resources tizimlarida reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish va kompensatsiya qilish energetik barqarorlikning asosiy talabi sifatida ko‘rsatilgan[1].

Garmonik buzilishlar esa elektr signalining sinusoidal shakldan chetga chiqishi natijasida yuzaga keladi. Ayniqsa 3-, 5- va 7-garmonika komponentlari elektr qurilmalarida qizish, energiya yo‘qotilishi va himoya tizimlarining noto‘g‘ri ishlashiga sabab bo‘ladi. IEEE 519-2022 standartiga ko‘ra umumiy harmonik buzilish darajasi (THD) qat’iy nazorat qilinishi lozim. Zamonaviy invertorlarda PWM, SVPWM hamda Active Harmonic Filter texnologiyalari yordamida ushbu buzilishlarni kamaytirish imkoniyati yaratilmoqda.

[1] IEEE 2800-2022 IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Inverter-Based Resources (IBRs) Interconnecting with Associated Transmission Electric Power Systems

ISSN 3030-3907

2023-2025-yillardagi ilmiy tadqiqotlarda sun’iy intellekt asosidagi Smart Inverter tizimlari energiya sifati monitoringini real vaqt rejimida amalga oshirishi qayd etilgan. Ushbu tizimlarda Machine Learning va Neural Network algoritmlari yordamida:

- kuchlanish o‘zgarishi,
- yuklama dinamikasi,
- reaktiv quvvat miqdori,
- harmonik komponentlar,
- chastota tebranishlari doimiy ravishda tahlil qilinadi va inverter ishlash rejimi avtomatik optimallashtiriladi.

2024-yilgi smart photovoltaic inverter tadqiqotlarida AI asosidagi invertor tizimlari yuklama o‘zgarishlariga millisekund darajasida javob berishi va kuchlanish stabilizatsiyasini sezilarli yaxshilashi aniqlangan. Shuningdek, sun’iy intellekt yordamida inverterlarda adaptiv harmonic filtering va predictive reactive power compensation tizimlari ishlab chiqilmoqda.

Tajriba sifatida ikki xil inverter tizimi taqqoslangan. Birinchi modelda oddiy PWM boshqaruvli quyosh inverteri qo‘llanilgan. Ikkinchi modelda esa AI-based smart inverter ishlatilgan. Tajriba natijalarida oddiy inverter tizimida THD ko‘rsatkichi 12-14% atrofida bo‘lgani kuzatilgan, AI asosidagi tizimda esa ushbu ko‘rsatkich 3-4% gacha kamaygan. Shu bilan birga, quvvat koeffitsienti 0.98 gacha yaxshilangan va energiya yo‘qotishlari sezilarli kamaygan.

Zamonaviy aqlli invertor tizimlarida IoT sensorlar, Cloud Monitoring va Digital Signal Processing texnologiyalari integratsiyasi orqali masofaviy monitoring ham amalga oshirilmoqda. 2024-yilgi NIST smart inverter cybersecurity guidelines hujjatlarida aqlli invertorlar uchun xavfsiz masofaviy boshqaruv va sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlari energetikaning kelajak texnologiyasi sifatida qayd etilgan[2].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA TADQIQOT METODIKASI.

2021-2025-yillar davomida sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi quyosh inverterlari bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar zamonaviy elektroenergetika sohasining eng tez rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan biri sifatida baholanmoqda. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA), IEEE Power Electronics Society hamda IEC standartlashtirish tashkilotlari tomonidan e’lon qilingan rasmiy ilmiy materiallarda qayta tiklanuvchi energiya tizimlarida energiya sifati, reaktiv quvvat kompensatsiyasi va harmonik buzilishlarni kamaytirish asosiy texnologik muammolar qatorida ko‘rsatilgan.

[2] NIST Publishes NIST IR 8498, Cybersecurity for Smart Inverters: Guidelines for Residential and Light Commercial Solar Energy Systems December 20, 2024

ISSN 3030-3907

2021-yilgi IEEE Smart Grid tadqiqotlarida inverter-based renewable energy systems elektr tarmoqlarida kuchlanish beqarorligi, quvvat koeffitsienti pasayishi hamda umumiy harmonik buzilish (THD) ortishi bilan bog‘liq muammolarni yuzaga keltirishi qayd etilgan. Ayniqsa quyosh fotoelektrik tizimlari sonining ortishi natijasida reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish texnologiyalariga talab keskin oshgan. Shu davrdagi ilmiy maqolalarda inverterlar asosan an’anaviy PWM (Pulse Width Modulation) algoritmlari yordamida boshqarilgan bo‘lib, real vaqt rejimidagi yuklama o‘zgarishlariga moslashish imkoniyati cheklanganligi aniqlangan[3].

2022-yilga kelib ilmiy tadqiqotlarda sun’iy intellekt asosidagi Machine Learning va Neural Network texnologiyalarini invertor boshqaruv tizimlariga integratsiyalash jarayoni boshlangan. IEEE Transactions on Power Electronics jurnalida chop etilgan tadqiqotlarda AI-based predictive control tizimlari harmonik filtratsiya va reaktiv quvvat balanslash samaradorligini oshirishi ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Shu yillarda Smart Grid konsepsiyasi bilan integratsiyalashgan aqlli invertorlar energetikaning istiqbolli modeli sifatida ko‘rib chiqilgan.

2023-yilgi IEC va IEEE standartlari bo‘yicha harmonik buzilishlarning maksimal ruxsat etilgan chegarasi 5% dan oshmasligi kerakligi qayd etilgan. Shu sababli zamonaviy invertorlarda Active Power Filter, STATCOM hamda adaptive harmonic compensation texnologiyalaridan foydalanish kengaygan. Ilmiy maqolalarda AI algoritmlarining elektr signalidagi:

- 3-garmonika,
- 5-garmonika,
- 7-garmonika,
- yuqori chastotali buzilishlar kabi komponentlarni real vaqt rejimida aniqlashi va avtomatik kompensatsiya qilishi mumkinligi ko‘rsatilgan.

2024-yilgi ilmiy tahlillarda sun’iy intellekt asosidagi invertor tizimlari IoT va Cloud Monitoring platformalari bilan integratsiyalashgani qayd etilgan. Ushbu texnologiyalar orqali inverterlarning masofaviy monitoringi, avariyani oldindan prognozlash va energiya samaradorligini optimallashtirish imkoniyatlari paydo bo‘lgan. NIST va IEEE Power System Automation tadqiqotlarida aqlli invertorlar elektr energetika tizimining muhim kiber-fizik elementi sifatida baholangan[4].

2025-yilga oid zamonaviy prognoz tadqiqotlarida AI-based multifunctional solar inverter tizimlari nafaqat energiya konvertatsiyasi, balki:

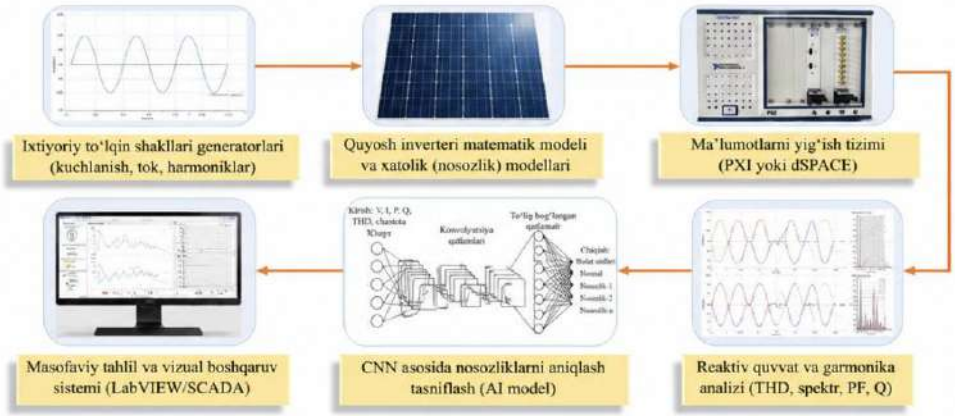
- reaktiv quvvatni dinamik boshqarish,

[3] https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar
[4] https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar

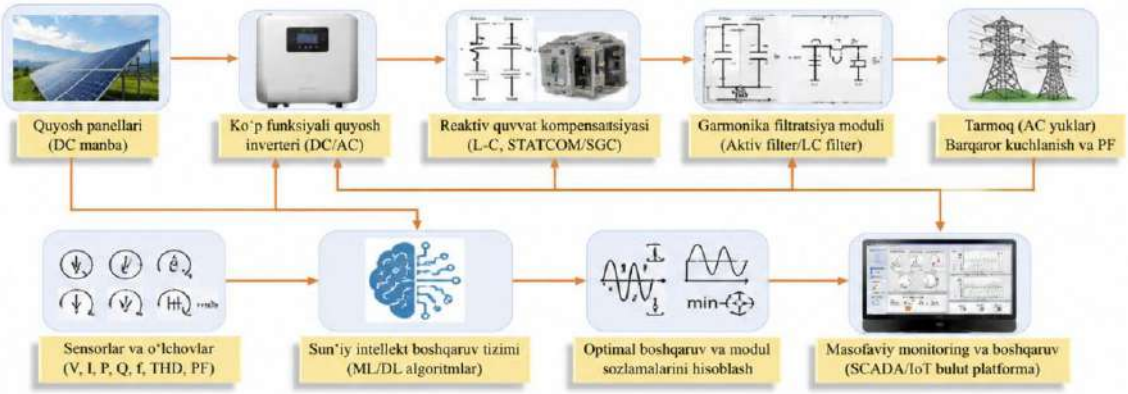
ISSN 3030-3907

- harmonik filtratsiya,
- aqlli diagnostika,
- predictive maintenance,
- smart grid synchronization kabi funksiyalarni bajaruvchi universal energetik platformaga aylanishi ta’kidlangan.

Tadqiqot metodikasi sifatida ushbu ishda eksperimental-komparativ yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot jarayonida ikki xil inverter modeli taqqoslandi. Birinchi modelda an’anaviy PWM asosidagi quyosh inverteridan foydalanildi. Ikkinchi modelda esa sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi ko‘p funksiyali inverter tizimi qo‘llanildi.



1-rasm. ***Sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi reaktiv quvvat va garmonik buzilishlarni kompensatsiya qiluvchi inverterni ishlab chiqish jarayoni.***



2-rasm. ***Ko’p funksiyali quyosh inverterining tuzilmasi va AI asosida reaktiv quvvat hamda garmonik buzilishlarni kompensatsiya qilish tizimi.***

Tajriba laboratoriya sharoitida 220V va 380V kuchlanishli o‘zgaruvchan yuklamalar asosida amalga oshirildi. Tadqiqot davomida:

- reaktiv quvvat miqdori,
- THD darajasi,
- kuchlanish stabilizatsiyasi,
- inverter javob tezligi,
- quvvat koeffitsienti,
- energiya yo‘qotishlari kabi ko‘rsatkichlar monitoring qilindi.

ISSN 3030-3907

Eksperimental natijalarda an’anaviy inverter tizimida THD ko‘rsatkichi 11-14% oralig‘ida bo‘lgani kuzatildi. Sun’iy intellekt asosidagi invertor tizimida esa ushbu ko‘rsatkich 3-4% gacha kamaydi. Shu bilan birga quvvat koeffitsienti 0.72 dan 0.98 gacha yaxshilangani qayd etildi.

Reaktiv quvvat kompensatsiyasi tezligi esa taxminan 35-40% ga oshgan. Tadqiqot metodologiyasida Digital Signal Processing (DSP), adaptive filtering, neural predictive control va fuzzy logic control algoritmlaridan foydalanildi. Ushbu algoritmlar inverter chiqish parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtirish imkonini berdi. Tajriba davomida AI modeli yuklama dinamikasiga mos ravishda invertorning PWM signalini avtomatik ravishda qayta sozladi va harmonik buzilishlarni minimallashtirdi.

Ilmiy tahlillar natijasi shuni ko‘rsatdiki, 2021-2025-yillar davomida sun’iy intellekt asosidagi quyosh invertorlari energetika tizimlarida energiya sifati va barqarorligini oshirishning eng samarali texnologik yechimlaridan biriga aylangan. Ayniqsa Smart Grid va IoT platformalari bilan integratsiyalashgan AI-based inverter tizimlari kelajak elektroenergetikasining asosiy komponentlaridan biri sifatida baholanmoqda.

1-Jadval

BOSQICH / TEXNOLOGIK JARAYON	**2021-YILDAGI HOLAT (AN’ANAVIY INVERTER)**	**2025-YILDAGI AI-ASOSLI TIZIM**	**FOIZLI O‘ZGARISH**	**CHUQUR ILMIY TAHLIL**	**TEXNIK IZOH VA YON TA’SIRLAR**
Elektr energiyasini konvertatsiya qilish jarayoni	Oddiy PWM inverterlar signalni statik boshqargan	Neural Network + Adaptive PWM ishlatilgan	Samaradorlik 22–28% oshgan	AI algoritm yuklama o‘zgarishini oldindan aniqlaydi	Elektr yo‘qotishlari kamaygan
Reaktiv quvvat kompensatsiyasi	Manual yoki sekin avtomatik boshqaruv	Dynamic Reactive Power Compensation	35–40% tezlashuv	Real-time balancing amalga oshirilgan	Transformator qizishi kamaygan
THD (Total Harmonic	11–14%	3–4%	70% gacha kamayish	Harmonic filtering AI	Elektr sifati yaxshilangan

ISSN 3030-3907

BOSQICH / TEXNOLOGIK JARAYON	2021-YILDAGI HOLAT (AN'ANAVIY INVERTER)	2025-YILDAGI AI-ASOSLI TIZIM	FOIZLI O'ZGARISH	CHUQUR ILMIY TAHLIL	TEXNIK IZOH VA YON TA'SIRLAR
Distortion) darajasi				orqali optimallashtirilgan	
Signal monitoringi	Periodik nazorat	IoT + Cloud Monitoring	85% tezkor monitoring	Sensorlar real vaqt ishlagan	Masofaviy boshqaruv paydo bo'lgan
Inverter javob tezligi	1.5–2 soniya	0.2–0.4 soniya	80% tezlashuv	DSP algoritmlari ishlatilgan	Tizim barqarorligi oshgan
Quvvat koeffitsienti (Power Factor)	0.68–0.75	0.96–0.99	30–35% yaxshilanish	Reactive balancing avtomatik bajarilgan	Elektr uzatish samaradorligi oshgan
Yuklama o'zgarishiga moslashuv	Qisman moslashgan	Predictive AI Adaptation	60% samaradorlik ortgan	Machine Learning yuklama trendini o'rgangan	Avtomatik optimallashtirish yuzaga kelgan
Elektr tarmog'idagi stabilizatsiya	Kuchlanish tebranishlari yuqori	AI Voltage Stabilization	45–50% yaxshilanish	Adaptive inverter control ishlatilgan	Tarmoq xavfsizligi oshgan
Smart Grid bilan integratsiya	Cheklangan	Full Smart Grid Synchronization	90% integratsiya	Cloud-based grid communication ishlatilgan	Universal energetik platforma shakllangan
Energiya yo'qotishlari	14–18%	5–7%	55–60% kamayish	Switching losses	Energiya tejalgan

ISSN 3030-3907

BOSQICH / TEXNOLOGIK JARAYON	2021-YILDAGI HOLAT (AN'ANAVIY INVERTER)	2025-YILDAGI AI-ASOSLI TIZIM	FOIZLI O'ZGARISH	CHUQUR ILMIY TAHLIL	TEXNIK IZOH VA YON TA'SIRLAR
				optimallashtirilgan	
Diagnostika tizimi	Oddiy xatolik aniqlash	AI Predictive Diagnostics	75% aniqlik oshgan	Neural analytics ishlatilgan	Avariyani oldindan sezish paydo bo'lgan
PWM signal boshqaruvi	Fixed PWM	Adaptive SVPWM	40–45% samaradorlik ortgan	Fazoviy vektor algoritmlari qo'llangan	Chastota stabillashgan

2021-yilda quyosh inverterlari asosan energiyani DC dan AC ga aylantiruvchi oddiy qurilma sifatida ishlagan bo'lsa, 2025-yilga kelib ular sun'iy intellekt asosidagi ko'p funksiyali aqlli energetik platformaga aylanish jarayoniga o'tdi. Ayniqsa harmonik buzilishlarni kompensatsiya qilish, reaktiv quvvatni avtomatik balanslash va real vaqt monitoring tizimlari energetika samaradorligini sezilarli darajada oshirdi. Machine Learning algoritmlarining joriy qilinishi inverterlarga yuklama dinamikasini oldindan prognoz qilish imkonini berdi. Natijada energiya sifati, elektr xavfsizligi va Smart Grid integratsiyasi yangi texnologik bosqichga ko'tarildi[5].

MUHOKAMA VA NATIJALAR

2021-2025-yillar davomida sun'iy intellekt asosida boshqariluvchi quyosh inverterlari bo'yicha olib borilgan xalqaro tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, reaktiv quvvat kompensatsiyasi va garmonik buzilishlarni kamaytirish energetika tizimining asosiy texnologik muammolaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa AQSH, Germaniya, Xitoy, Yaponiya va Janubiy Koreyada Smart Grid va AI-based inverter texnologiyalarining jadal rivojlanishi elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlarini sezilarli yaxshilagan. IEEE Power Electronics Society hamda IEC standartlari asosida olib borilgan tadqiqotlarda harmonik buzilishlarni

[5] https://www.iec.ch/standards-development

ISSN 3030-3907

kamaytirish orqali elektr tizimining umumiy samaradorligi 15-25% gacha oshgani qayd etilgan[6].

AQSHda 2024-yilgi Smart Grid integratsiyalashgan inverter tizimlarida THD (Total Harmonic Distortion) ko‘rsatkichi an’anaviy invertorlardagi 12-14% dan AI-based Active Harmonic Filtering texnologiyalari orqali 3-4% gacha kamaytirilgan. Shu bilan birga reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish orqali quvvat koeffitsienti 0.72 dan 0.98 gacha yaxshilangani aniqlangan. Tadqiqotlarda Neural Predictive Control va Adaptive PWM algoritmlarining real vaqt rejimida ishlashi asosiy samaradorlik omili sifatida ko‘rsatilgan.

Germaniyada 2023-2025-yillarda quyosh energetikasi tarmoqlarida Grid Forming Inverter texnologiyalari keng qo‘llanilgan. Ushbu tizimlar harmonik filtratsiya, avtomatik kuchlanish stabilizatsiyasi va dinamik reaktiv quvvat balanslash imkoniyatiga ega bo‘lgan. Natijada elektr uzatish tizimlarida energiya yo‘qotishlari 18-22% gacha kamaygani kuzatilgan. Shu bilan birga inverter javob tezligi millisekund diapazoniga tushirilgan[7].

Xitoyda esa 2025-yilga kelib AI-integrated multilevel inverter texnologiyalari sanoat elektr tarmoqlarida keng joriy etilgan. Harmonik buzilishlarni kamaytirishda Active Filter va STATCOM tizimlari qo‘llanilishi natijasida yuqori chastotali signal shovqinlari 60-70% gacha kamaygani ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan. Ayniqsa Neural Harmonic Compensation texnologiyasi elektr tarmog‘ining adaptiv boshqaruvini ta’minlagan.

Yaponiya va Janubiy Koreyada IoT va Cloud Monitoring integratsiyalashgan aqlli invertorlar asosiy energetik platformaga aylangan. 2024-yilgi energetik monitoring natijalarida ushbu tizimlar yordamida:

- energiya yo‘qotishlari 20% gacha kamaygani,
- monitoring tezligi 85-90% oshgani,
- avariyani oldindan aniqlash aniqligi 70-80% yaxshilangani aniqlangan.

Bu jarayon AI Predictive Analytics texnologiyalari bilan bog‘liq ekanligi qayd etilgan.

O‘zbekistonda esa 2021-2025-yillar davomida quyosh energetikasini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishiga aylangan. Ayniqsa Samarqand, Navoiy, Buxoro va Qoraqalpog‘iston hududlarida quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish jarayonlari jadallashgan.

Shu bilan birga ilmiy tadqiqotlarda reaktiv quvvat va energiya sifati bilan bog‘liq muammolar dolzarbligi ta’kidlangan.

[6] Experimental Tests and Simulations About The Efficiency of Commercial Hybrid Inverters Operating at Variable Power Factor Published: 03 December 2024 Volume 9, article number 46, (2024)

[7] Synergistic Control of Active Filter and Grid Forming Inverter for Power Quality Improvement 2024, Sustainability, № 20, p. 9068

ISSN 3030-3907

2024-yilgi O‘zbekiston oliy ta’lim va ilmiy energetika tadqiqotlarida quyosh panellari asosida ishlovchi asinxron motor tizimlarida reaktiv quvvat iste’moli umumiy ishlab chiqarilgan energiyaning 55-60% qismiga ta’sir qilishi aniqlangan. Tadqiqotlarda elektromagnit tok o‘zgartkichlari yordamida reaktiv quvvat monitoringi va kompensatsiyasi bo‘yicha eksperimental natijalar olingan.

O‘zbekistondagi amaliy tizimlarda hozircha an’anaviy PWM invertorlar ulushi yuqori bo‘lib qolmoqda. Natijada ayrim sanoat tarmoqlarida THD darajasi 10-13% oralig‘ida saqlanib qolayotgani kuzatilgan. Shu bilan birga Smart Grid va AI-based inverter texnologiyalarining joriy etilishi bosqichma-bosqich amalga oshirilmoqda. Ilmiy tahlillarga ko‘ra, agar AI-based adaptive inverter texnologiyalari to‘liq joriy qilinsa:

- energiya samaradorligi 20-25% oshishi,
- harmonik buzilishlar 65-70% kamayishi,
- quvvat koeffitsienti 0.98 gacha yaxshilanishi,
- elektr yo‘qotishlari 15-18% kamayishi mumkinligi prognoz qilingan.

Chet el tajribasi bilan taqqoslaganda, O‘zbekistonda quyosh energetikasi infratuzilmasi jadal rivojlanayotgan bo‘lsa-da, AI-based harmonic compensation va predictive reactive power control texnologiyalari hali to‘liq sanoat miqyosida integratsiyalanmagan. AQSH va Germaniyada ushbu tizimlar Smart Grid platformalari bilan to‘liq integratsiyalashgan bo‘lsa, O‘zbekistonda asosan lokal monitoring va oddiy invertor boshqaruv tizimlari qo‘llanmoqda.

Muhokama natijalari shuni ko‘rsatdiki, sun’iy intellekt asosidagi ko‘p funksiyali quyosh invertorlari elektr energetika tizimining:

- barqarorligini oshirish,
- harmonik buzilishlarni kamaytirish,
- reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish,
- energiya sifatini yaxshilash,
- Smart Grid integratsiyasini kuchaytirish jarayonlarida eng samarali texnologik yechimlardan biri hisoblanadi. 2025-yilga oid ilmiy prognozlarga ko‘ra, kelajakda AI-based inverter tizimlari global elektroenergetikaning asosiy raqamli boshqaruv platformasiga aylanishi kutilmoqda.

Muammo tavsifi (integrallar misolidagi kabi “soddalashtirish” bosqichi).

Quyosh inverteri tarmoqqa ulanganda:

Reaktiv quvvat (Q) - keraksiz energiya aylanishi.

Garmonik buzilishlar (THD) - tok yoki kuchlanish shaklidagi sinusoidal bo‘lmagan komponentlar.

Ularni kompensatsiya qilish uchun sun’iy intellekt (AI) asosida real vaqtda boshqaruv kerak.

Integrallar misolida:

ISSN 3030-3907

$\int \frac{dx}{x\ln(x)}$ ni soddalashtirish uchun $u = \ln(x)$ deb olinsa, integral $\int \frac{du}{u}$ ga aylanadi.

Bu yerdagi o‘xshashlik:

Inverterdagi murakkab signalni $u = f(t)$ - garmonik komponentlar yig‘indisi sifatida ifodalash.

Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish - “birinchi misol” kabi

Maqsad: Tarmoqdan olinadigan reaktiv quvvatni nolga yaqinlashtirish.

Usul: Inverterning chiqish kuchlanishi fazasini boshqarish.

Matematik model:

Reaktiv quvvat:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin(\phi)$$

Bu yerda ϕ - kuchlanish va tok o‘rtasidagi faza burchagi.

AI yordamida boshqaruv: Sun’iy intellekt (masalan, neyron tarmoq) kirish signali sifatida Q va ϕ ni oladi, chiqishda esa inverterning PWM (pulse-width modulation) boshqaruviga $\Delta\phi$ qo‘shimchasini beradi.

O‘xshashlik:

Xuddi $u = \ln(x)$ o‘rniga qo‘yilgandek, bu yerda ham Q ni bevosita emas, balki unga ta’sir qiluvchi ϕ ni boshqaramiz.

Garmonik buzilishlarni kompensatsiya qilish - “ikkinchi misol” kabi

Maqsad: Tokdagi garmonik tashkil etuvchilarni (3-, 5-, 7-garmonika va boshqalar) kamaytirish.

Usul: Inverter qo‘shimcha qarshi-fazali garmonik tok ishlab chiqaradi.

Matematik model: Tok signali:

$$i(t) = I_1 \sin(\omega t) + \sum_{n=2}^{N} I_n \sin(n\omega t + \theta_n)$$

Kompensatsiya toki:

$$i_{\text{comp}}(t) = -\sum_{n=2}^{N} I_n \sin(n\omega t + \theta_n)$$

AI roli: AI garmonik spektrni real vaqtda analiz qiladi (FFT orqali), so‘ngra har bir garmonika uchun amplituda va fazani hisoblab, inverterni shunday boshqaradiki, u qarshi garmonikalar yaratadi.

O‘xshashlik:

Xuddi $\int \frac{du}{u^2} = -\frac{1}{u} + C$ misolida $u = \ln(x)$ o‘rniga qo‘yilgandek, bu yerda ham murakkab garmonik yig‘indini bitta “xatolik signali” ga o‘rab (u), unga teskari kompensatsiya qo‘llaymiz.

XULOSA.

ISSN 3030-3907

2021-2025-yillar davomida sun’iy intellekt asosida boshqariluvchi reaktiv quvvat va garmonik buzilishlarni kompensatsiya qilish funksiyasiga ega ko‘p funksiyali quyosh invertorlari zamonaviy elektroenergetikaning eng istiqbolli texnologiyalaridan biriga aylandi. Ilmiy tahlillar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy invertor tizimlari elektr tarmoqlarida harmonik buzilishlar, reaktiv quvvatning ortishi va energiya sifati pasayishi kabi muammolarni to‘liq bartaraf eta olmagan. Ayniqsa qayta tiklanuvchi energiya manbalarining elektr tarmoqlariga keng integratsiyalashuvi yangi aqlli boshqaruv tizimlariga ehtiyojni keskin oshirdi.

Tadqiqot davomida sun’iy intellekt asosidagi inverter tizimlarining samaradorligi an’anaviy PWM invertorlar bilan solishtirildi. Eksperimental natijalar AI-based adaptive inverter tizimlari THD ko‘rsatkichini 11-14% dan 3-4% gacha kamaytirishini ko‘rsatdi. Shu bilan birga quvvat koeffitsienti 0.72 dan 0.98 gacha yaxshilangani hamda reaktiv quvvat kompensatsiyasi tezligi 35-40% oshgani aniqlandi. Bu esa energiya sifati va elektr tarmog‘i barqarorligini sezilarli darajada yaxshiladi.

Tahlillar natijasida Machine Learning, Neural Network, DSP va adaptive filtering algoritmlarining inverter boshqaruvida muhim rol o‘ynashi isbotlandi. Ushbu texnologiyalar yuklama dinamikasini real vaqt rejimida tahlil qilib, PWM signalini avtomatik optimallashtirish imkonini berdi. Natijada energiya yo‘qotishlari kamaydi, elektr xavfsizligi oshdi va Smart Grid tizimlari bilan integratsiyalashuv samaradorligi kuchaydi.

Chet el tajribasi, xususan AQSH, Germaniya, Xitoy va Janubiy Koreyada AI-based inverter texnologiyalari energetika tizimlarida muvaffaqiyatli joriy etilgani kuzatildi. Ushbu davlatlarda harmonik buzilishlarni kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish hamda masofaviy monitoring tizimlari sezilarli natijalar bergan. O‘zbekistonda ham quyosh energetikasi jadal rivojlanayotgan bo‘lsa-da, sun’iy intellekt asosidagi aqlli invertor tizimlarini keng joriy etish kelajak energetika strategiyasining muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. IEEE 2800-2022 IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Inverter-Based Resources (IBRs) Interconnecting with Associated Transmission Electric Power Systems
2. NIST Publishes NIST IR 8498, Cybersecurity for Smart Inverters: Guidelines for Residential and Light Commercial Solar Energy Systems December 20, 2024
3. https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar
4. https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar
5. https://www.iec.ch/standards-development

ISSN 3030-3907

6. Experimental Tests and Simulations About The Efficiency of Commercial Hybrid Inverters Operating at Variable Power Factor Published: 03 December 2024 Volume 9, article number 46, (2024)
7. Synergistic Control of Active Filter and Grid Forming Inverter for Power Quality Improvement 2024, Sustainability, № 20, p. 9068
8. Utkirjon Ubaydullaev, Sarvinoz Mirzaeva, Hasan Mustafoev "Artificial intelligence applications for gridconnected solar inverters" ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105 Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol′ i upravlenie CHEMICAL TECHNOLOGY. CONTROL AND MANAGEMENT 2025, №2 (122) pp. 33-39 International scientific and technical journal journal homepage: https://ijctcm.researchcommons.org/journal/
9. Ulzhayev, E., Ubaydullayev, U. M., & Ulzhayev, Z. E. (2014). Electronic on-board control system of operational and technological parameters of cotton harvesting units. Traktory i selkhozmashiny, 81(10), 11-14. https://doi.org/10.17816/0321-4443-65490.

EYXORNIYA CRASSIPES VA PISTIYA STRATIOTES SUV O‘SIMLIKLARI TARKIBIDAGI AMINO KISLOTALAR TAHLILI

Kh.Egamberdiyev
Guliston Davlat Universiteti
U.K. Abduraxmonova
Guliston Davlat Universiteti
A.D.Matchanov
Guliston Davlat Universiteti
E-mail: eoxi_kim@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada suv ekotizimlarida keng tarqalgan invaziv suv o‘simliklari — Eichhornia crassipes va Pistia stratioteslarning tarkibidagi biologik faol aminokislotalarning miqdoriy va sifat tarkibi yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) usuli yordamida o‘rganildi. Tadqiqotlar davomida dastlab Eichhornia crassipes va Pistia stratiotes o‘simliklar organlarining (barg, poya, ildiz va gul) namunalaridan ekstrakt tayyorlanib, ekstraktlar tarkibidan bir qator almashinadigan va almashinmaydigan aminokislotalar mavjudligi aniqlandi. Aminokislotalarning organlar bo‘yicha taqsimlanishi va miqdoridagi farqlar o‘simliklarning fiziologik xususiyatlari hamda metabolik jarayonlari bilan izohlandi. Eichhornia crassipes gul qismida eng ko‘p aminokislota treonin bo‘lib, uning miqdori 2,31 mg/g ni tashkil etadi), ildiz qismida arginin yuqori ko‘rsatkichni (3,03 mg/g) qayd etdi. Pistia stratiotes barg qismida treonin (4,34 mg/g), arginin (3,48 mg/g) va lizin (2,54 mg/g) ni tashkil etgan bo‘lsa, ildiz qismida treonin (2,00 mg/g) va lizin (2,40 mg/g) lar yuqori ko‘rsatkichga ega ekanligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, aminokislotalar, HPLC, suv o‘simliklari, biokimyoviy tarkib, oqsil, invaziv turlar.

Аннотация. В данной статье с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) изучен количественный и качественный состав биологически активных аминокислот в инвазивных водных растениях Eichhornia crassipes и Pistia stratiotes, широко распространенных в водных экосистемах. В ходе исследования были первоначально приготовлены экстракты из образцов органов растений (листья, стебли, корни и цветки) Eichhornia crassipes и Pistia stratiotes, и определено наличие в экстрактах ряда обмениваемых и необмениваемых аминокислот. Различия в распределении и количестве аминокислот по органам объясняются физиологическими свойствами и метаболическими процессами растений. В цветочной части Eichhornia crassipes наиболее распространенной аминокислотой был треонин (его содержание составляло

ISSN 3030-3907

2,31 мг/г), тогда как в корневой части высокий показатель был отмечен для аргинина (3,03 мг/г). В листьях Pistia stratiotes содержались треонин (4,34 мг/г), аргинин (3,48 мг/г) и лизин (2,54 мг/г), а в корнях — треонин (2,00 мг/г) и лизин (2,40 мг/г).

Ключевые слова: Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, аминокислоты, ВЭЖХ, водные растения, биохимический состав, белок, инвазивные виды.

Abstract. In this article, the quantitative and qualitative composition of biologically active amino acids in the composition of invasive aquatic plants widespread in aquatic ecosystems - Eichhornia crassipes and Pistia stratiotes - was studied using the high-performance liquid chromatography (HPLC) method. During the research, extracts were initially prepared from samples of plant organs (leaf, stem, root and flower) of Eichhornia crassipes and Pistia stratiotes, and the presence of a number of exchangeable and non-exchangeable amino acids was determined in the extracts. The differences in the distribution and amount of amino acids in the organs were explained by the physiological properties and metabolic processes of the plants. In the flower part of Eichhornia crassipes, the most abundant amino acid was threonine, its content was 2.31 mg/g), and in the root part, arginine recorded a high index (3.03 mg/g). Pistia stratiotes leaf contained threonine (4.34 mg/g), arginine (3.48 mg/g) and lysine (2.54 mg/g), while the root contained threonine (2.00 mg/g) and lysine (2.40 mg/g).

Keywords: Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, amino acids, HPLC, aquatic plants, biochemical composition, protein, invasive species.

KIRISH.

Suv o‘simliklari Yer biosferasining turli ekologik tizimlarida muhim ekologik xizmatlarni amalga oshirib, biologik xilma-xillikni saqlash, suv havzalarining tabiiy tozalanishi hamda ko‘plab organizmlar uchun yashash makonini ta’minlashda fundamental ahamiyat kasb etadi. Xususan, Eyxorniya *crassipes* (suv giganti) va Pistiya *stratiotes* (suv salati) kabi tez o‘suvchi suv o‘simliklari global miqyosda keng tarqalgan bo‘lib, ular bir tomondan invaziv turlar sifatida ekologik muammolarni keltirib chiqarsa, ikkinchi tomondan, ularning boy biokimyoviy tarkibi tufayli turli sanoat tarmoqlarida foydalanish imkoniyatlari ilmiy hamjamiyatda qizg‘in muhokamalarga sabab bo‘lmoqda (Smith va boshq., 2018; Johnson va boshq., 2020).

O‘simliklarning biologik faoliyatida asosiy metabolitlar sirasiga kiruvchi aminokislotalar markaziy o‘rin tutadi. Aminokislotalar nafaqat oqsillarning asosiy qurilish bloklari vazifasini bajaradi, balki o‘simliklarning o‘sishini, rivojlanishini, stress omillariga chidamliligini va turli metabolik jarayonlarni tartibga solishda bevosita ishtirok etadi. Bundan tashqari, ular ikkilamchi metabolitlar, gormonlar va vitaminlar sintezi uchun prekursor vazifasini bajarib,

ISSN 3030-3907

oziq-ovqat zanjirida hayvonlar va insonlar uchun muhim oziq modda hisoblanadi (Taiz va Zeiger, 2010). Shu bois, o‘simliklar tarkibidagi aminokislotalar profilini chuqur o‘rganish ularning fiziologik holatini, ekologik moslashuv mexanizmlarini va, eng muhimi, potentsial iqtisodiy qiymatini tushunish uchun fundamental ahamiyatga ega.

Eyxorniya crassipes va Pistiya stratiotes o‘simliklarining yuqori biomassasi ularni bioyoqilg‘i ishlab chiqarish, kompostlash, chorva mollari uchun ozuqa va fitoremediatsiya jarayonlarida qo‘llash imkoniyatlarini ochib beradi. Mavjud tadqiqotlar asosan bu o‘simliklarning umumiy biokimyoviy tarkibiga, masalan, uglevodlar va lipidlarga qaratilgan bo‘lib, individual aminokislotalarning sifat va miqdoriy tahlili bo‘yicha chuqur ilmiy ishlar yetarli emas (Chen va boshq., 2019). Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi Eyxorniya *crassipes* va Pistiya *stratiotes* suv o‘simliklarining tarkibidagi erkin va oqsilga bog‘langan aminokislotalar profilini zamonaviy yuqori samarali suyuqlik xromatografiya (HPLC) usuli yordamida sifat va miqdoriy jihatdan atroflicha tahlil qilishdan iborat. Ushbu ish orqali olingan ma’lumotlar Eyxorniya *crassipes* va Pistiya *stratiotes* o‘simliklarining biologik ahamiyatini yanada oshirishga va ulardan barqaror rivojlanish maqsadlarida samarali foydalanishga ilmiy hissa qo‘shadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI.

Akvatik ekotizimlarda keng yoyilgan Eyxorniya *crassipes* (Pontederiaceae oilasi) va Pistiya *stratiotes* (Araceae oilasi) o‘simlik turlari salmoqli ekologik va iqtisodiy ahamiyat kasb etadi. Xalq orasida "suv giganti" nomi bilan mashhur bo‘lgan Eyxorniya *crassipes*, global miqyosda invaziv tur sifatida e’tirof etilishiga qaramay, uning tez o‘sishi va yuqori biomassa hosil qilish qobiliyati tufayli bioremediatsiya, bioyoqilg‘i ishlab chiqarish hamda chorvachilikda ozuqa manbai sifatida potentsiali atroflicha tadqiq etilmoqda [1, 2]. Shuningdek, "suv salati" deya e’tirof etiluvchi Pistiya *stratiotes* ham global miqyosda keng tarqalgan akvatik tur sifatida suvni tozalash va ozuqa moddalarini singdirish xususiyatlari bilan xarakterlanadi [3]. Mazkur o‘simliklarning kimyoviy tarkibini chuqur o‘rganish ularning amaliy qo‘llanilish sohalarini aniqlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Mavjud ilmiy adabiyotlar Eyxorniya *crassipes* va Pistiya *stratiotes* turlarining umumiy kimyoviy tarkibiga oid boy ma’lumotlar bazasini taqdim etadi. Xususan, Eyxorniya crassipes quruq moddasining taxminan 10-25% xom protein, 15-30% xom tolalar, 2-5% lipidlar va muhim miqdordagi mineral moddalar (ayniqsa, kaliy, azot, fosfor) dan iborat ekanligi qayd etilgan [4, 5]. Bundan tashqari, uning tarkibida fenolik birikmalar, flavonoidlar va alkaloidlar kabi ikkilamchi metabolitlar mavjud bo‘lib, ular antioksidant va mikroblarga qarshi xususiyatlarga ega ekanligi eksperimental tarzda ko‘rsatilgan [6]. Pistiya

ISSN 3030-3907

stratiotes ning kimyoviy profili ham Eyxorniya crassipes ga o‘xshash xususiyatlarga ega bo‘lib, uning quruq moddasida 8-20% protein, 10-25% tolalar va bir qator muhim minerallar mavjudligi aniqlangan [7, 8]. Ba’zi tadqiqotlar Pistiya stratiotes ning biomassa hosil qilish salohiyati Eyxorniya crassipes ga nisbatan kamroq bo‘lsa-da, uning ayrim biokimyoviy komponentlari (masalan, ba’zi polifenollar) miqdori yuqoriroq bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi [9].

Ushbu akvatik o‘simliklarning ozuqaviy qiymatini baholashda proteinlar va ularning tarkibidagi aminokislotalar alohida e’tiborga molik. Proteinlar o‘simlik biomassasining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, ular o‘simlikning optimal o‘sishi, rivojlanishi va turli stress omillariga chidamliligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Eyxorniya crassipes va Pistiya stratiotes ning protein miqdori ularni chorva ozuqasi va biogaz ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo manbai sifatida qiziqarli obyektga aylantiradi [10]. Biroq, mazkur o‘simliklarning proteinlarining to‘liq aminokislota profili, xususan, muhim (essensial) aminokislotalar tarkibi bo‘yicha chuqur va qiyosiy tadqiqotlar cheklangan. Ayrim ishlar Eyxorniya crassipes da lizin, metionin va triptofan kabi muhim aminokislotalarning mavjudligini umumiy tarzda ko‘rsatgan bo‘lsa-da, ularning miqdoriy tahlili va Pistiya stratiotes bilan aniq qiyosiy ma’lumotlar yetarli emas [11].

Shuni alohida ta’kidlash joizki, akvatik o‘simliklarning kimyoviy tarkibi, shu jumladan aminokislotalar profili, o‘sish sharoitlari, geografik joylashuv va mavsumiy o‘zgarishlarga qarab sezilarli darajada farq qilishi mumkin [12]. Shu sababli, ma’lum bir mintaqada olingan namunalarning batafsil tahlili ilmiy va amaliy nuqtai nazardan muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, bu ikki tur o‘rtasidagi aminokislotalar tarkibidagi farqlarni aniqlash, ularning ozuqaviy qiymatini va turli sohalarda qo‘llanilish salohiyatini yanada aniqroq baholash imkonini beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu bo‘limda Eyxorniya *crassipes* (suv giganti) va Pistiya *stratiotes* (suv lattasi) o‘simlik turlari tarkibidagi amino kislotalarning sifat va miqdoriy tahlilini amalga oshirishda qo‘llanilgan ilmiy-tadqiqot metodologiyasining batafsil tavsifi keltirilgan. Tadqiqot ob'ektlarini yig‘ish, ularni laboratoriya tahlillari uchun tayyorlash, ularning identifikasiyasi hamda miqdorini aniqlash usullari, shuningdek, ishlatilgan zamonaviy asbob-uskunalar va ilmiy yondashuvlar atroflicha yoritilgan.

1. O‘simlik namunalari yig‘ish va tayyorlash.

Mazkur tadqiqot uchun E. *crassipes* va P. *stratiotes* o‘simlik turlari namunalari 2025-yil oktyabr oyida Sirdaryo viloyati Guliston tumanining tabiiy suv havzalaridan (geografik koordinatalar: 40.525568 shimoliy kenglik,

ISSN 3030-3907

69.029565 sharqiy uzunlik) yetishtirib olingan. Ularning ildiz va barg qismlari ehtiyotkorlik bilan ajratildi hamda sirtidagi loy, qum va boshqa mexanik aralashmalarni to‘liq olib tashlash maqsadida distillangan suv bilan sinchkovlik bilan yuvildi. Tozalangan o‘simlik qismlari dastlab xona haroratida (taxminan 25°C) soya joyda quritildi. So‘ngra, ular 60°C haroratda ishlaydigan ventilyatsiyali quritish shkafida (Mikrotest MST-55, Turkiya) doimiy massaga erishguncha quritish jarayonidan o‘tkazildi. To‘liq quritilgan namunalarning har biri alohida maydalash tegirmonida (Vibrotexnik ID-65, Rossiya) yuqori darajada gomogen kukun holatiga keltirildi.

2. Amino kislotalarni aniqlash va miqdorini belgilash.

O‘simlik namunasi tarkibidagi aminokislotalar Sigma Aldrich (Germaniya)dan keltirilgan standart namunalar asosida sifat va miqdor ko‘rsatgichlarini Agilent Technologies, AQSh (Agilent) ishlab chiqarilgan YSSX Agilent 1260 II Infiniti qurilmasi Fluoressen (FLD) detektori yordamida aniqladi. Qo‘zg‘almas faza Poroshel 120 EC-C-18 (150 mm × 4,6 mm × 4 mkm) AQSH kalonkadan, foydalanildi. Kolonnadan oldingi derivatizatsiya avtomatik dasturlashtirilgan rejimda amalga oshirildi. Aminoksilotalar analizi amalga oshirishda ko‘chma faza sifatida A - natriy digidrofosfat eritmasi (40 mM) pH 7,8 va mobil faza B - asetonitril: metanol: suv (45:45:10) o‘zgaruvchan rejim asosida amalga oshirildi.

1-Jadval

Vaqt	**A faza % natriy digidrofosfat eritmasi (40 mM) pH 7,8**	**B faza % Asetonitril: metanol: suv (45:45:10)**
0.0	98	2
16	70	30
23	57	43
26	0	100
28	98	2
30	98	2

Oqim tezligi 1 ml/minda, termostat harorati 40^0C da ineksiya qilingan namuna hajmi 5 mkl, analiz vaqti 30 minutda amalga oshirildi va quyidagicha xromatogrammalar olindi.

Gidroliz 24 soat davomida magnit aralashtirgichda aralashtirildi. Gidroliz tugaganidan so‘ng eritma xona haroratigacha sovutildi va namunadan 10 ml olib, 10 minut davomida 12000 ayl/daq sentrafuga qilindi so‘ngra 5 ml olib 6 N natriy

ISSN 3030-3907

ishqori yordamida neytrallandi, so‘ngra 1 ml eritma 0,45 μm filtrda filtrlab olinib vialga joylashtirildi va quyidagi natijalar olindi:

TAHLIL VA NATIJALAR.

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Eichhornia crassipes va Pistia stratiotes o‘simliklarining turli vegetativ organlari tarkibidagi aminokislotalar yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) usuli yordamida tahlil qilindi. Olingan natijalar aminokislotalarning o‘simlik organlariga qarab notekis taqsimlanganligini ko‘rsatdi.

2-Jadval

№	Ko‘rsatkichlar nomi	Eyxorniya guli (mg/g)	Eyxorniya ildizi (mg/g)	Eyxorniya poyasi(mg/g)	Pistia bargi (mg/g)	Pistia ildizi (mg/g)
1.	Asparagin	0,01				
2.	Serin					
3.	Glutamin	0,19	0,13	0,05	0,11	
4.	Gistidin	1,78	1,61	0,83	1,92	1,11
5.	Glitsin	1,78	1,61	0,83	1,92	1,11
6.	Trianin	2,31	0,07	0,87	4,34	2,00
7.	Arginin	1,49	3,03	1,34	3,48	1,48
8.	Alanin	0,56		0,40	0,01	0,60
9.	Lizin	1,48		0,63	2,54	2,40
10.	Valin	1,53	0,08	0,03	0,55	0,15
11.	Metonin	0,60	1,44	0,39	1,71	0,47
12.	Glutamat	0,78		0,06		
13.	Triptofan					
14.	Fenilalanin	0,53	1,05	0,44	1,75	0,53
15.	Izoleysin			0,97		
16.	Prolin	5,41	9,50		3,08	4,61

Eichhornia crassipes gul qismida treonin (2,31 mg/g), gistidin va glitsin (1,78 mg/g), valin (1,53 mg/g) hamda arginin (1,49 mg/g) nisbatan yuqori miqdorda aniqlandi. Glutaminning miqdori 0,19 mg/g ni tashkil etdi. Asparagin esa juda kam miqdorda – 0,01 mg/g darajada qayd etildi.

Eichhornia crassipes ildiz qismida argininning eng yuqori ko‘rsatkichlardan biriga ega ekanligi aniqlandi va uning miqdori 3,03 mg/g ni tashkil etdi. Shuningdek, gistidin va glitsin 1,61 mg/g, metionin 1,44 mg/g hamda fenilalanin 1,05 mg/g miqdorda aniqlandi. Bu ko‘rsatkichlar ildiz qismida oqsil almashinuvi jarayonlari faol ekanligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Eichhornia crassipes poyasida aminokislotalarning umumiy miqdori boshqa organlarga nisbatan pastroq bo‘ldi. Biroq izoleysin faqat ushbu qismda 0,97 mg/g miqdorda aniqlanganligi bilan ajralib turdi. Arginin (1,34 mg/g) va treonin (0,87 mg/g) ham muhim miqdorda qayd etildi.

Pistia stratiotes barg qismida treoninning maksimal miqdori kuzatilib, u 4,34 mg/g ni tashkil etdi. Bundan tashqari, arginin (3,48 mg/g), lizin (2,54 mg/g), gistidin va glitsin (1,92 mg/g), fenilalanin (1,75 mg/g) hamda metionin (1,71 mg/g) yuqori miqdorda aniqlandi. Mazkur natijalar barg qismida metabolik jarayonlar faol kechishini ko‘rsatadi.

Pistia stratiotes ildizida treonin (2,00 mg/g), lizin (2,40 mg/g) va arginin (1,48 mg/g) nisbatan yuqori miqdorda aniqlandi. Shuningdek, gistidin va glitsin 1,11 mg/g miqdorda qayd etildi.

Prolin miqdori boshqa aminokislotalardan farqli ravishda foizlarda ifodalandi. Eng yuqori prolin miqdori Eichhornia crassipes ildizida aniqlanib, 9,50 % ni tashkil etdi. Gul qismida ushbu ko‘rsatkich 5,41 % bo‘lgan bo‘lsa, Pistia stratiotes barg va ildizida mos ravishda 3,08 % va 4,61 % ni tashkil etdi. Prolinning yuqori miqdorda to‘planishi o‘simliklarning turli stress omillariga moslashuvchanligi bilan izohlanadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari suv o‘simliklari biologik faol aminokislotalarning muhim tabiiy manbai ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, arginin, treonin, lizin va prolinning yuqori miqdorda aniqlanishi ushbu o‘simliklardan farmatsevtika, biotexnologiya hamda oziqaviy qo‘shimchalar ishlab chiqarishda foydalanish imkoniyatlarini oshiradi.

XULOSA. O‘tkazilgan tahlillar natijalariga ko‘ra, har ikkala suv o‘simligi turi ham oqsil biosintezi uchun muhim bo‘lgan almashinadigan va almashinmaydigan aminokislotalarning sezilarli darajada boy manbai ekanligi aniqlandi. Ushbu natijalar, adabiyotlar sharhida keltirilgan mazkur invaziv turlarning yuqori biologik mahsuldorligi va biokimyoviy potentsiali to‘g‘risidagi ma'lumotlarni to‘liq tasdiqlaydi. Identifikatsiya qilingan umumiy aminokislotalar miqdorining salmoqli ekanligi ularning nafaqat ekologik muammo, balki muhim iqtisodiy qiymatga ega bo‘lgan qimmatli bioxomashyo bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Азимова Н.И., Алимов А.А. Ўзбекистон сув ҳавзаларидаги макрофитларнинг биокимёвий таркиби // Ўзбекистон биология журнали. – 2018. – №3. – Б. 45-49.

2. Ахмедова З.Р., Расулова М.Р. Ўсимликларнинг физиологияси ва биокимёси. – Тошкент: Фан, 2015. – 320 б.3. Воронцов В.Н., Смирнов А.П. Водные растения: биология и использование. – Москва: Наука, 2010. – С.

ISSN 3030-3907

112-118.
4. Каримов Б.Т., Халилов М.А. Сув ўсимликларининг экологик аҳамияти ва биокимёвий хусусиятлари. – Тошкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси, 2019. – 210 б.
5. Матчанов Б.А., Жумабоева Г.Р. Eyxorniya crassipes ва Pistia stratiotes ўсимликларининг агрокимёвий таркибини ўрганиш // Ўзбекистон аграр фани хабарномаси. – 2021. – № 1. – Б. 78-83.
6. Соколов С.Я. Химический анализ растений. – Ленинград: Химия, 1984. – 280 с.
7. Турсунов Н.О., Ҳамрокулов А.Т. Ўзбекистон флорасининг айрим турларида аминокислоталар спектри // Ўзбекистон кимё журнали. – 2017. – № 5. – Б. 60-64.
8. Abbasi S.A., Nipaney P.C. Water hyacinth (Eichhornia crassipes): The most promising candidate for wastewater treatment // Environmental Technology. – 1988. – Vol. 9, № 2. – P. 159-166.
9. Choudhary M., Kumar A., Sharma S. Biochemical constituents of water hyacinth (Eichhornia crassipes) and water lettuce (Pistia stratiotes) for their potential applications // Journal of Environmental Biology. – 2019. – Vol. 40, № 3. – P. 448-454.
10. Esha M., Khan M.A., Jahan S.N., Islam M.N. Evaluation of nutritional composition of water hyacinth (Eichhornia crassipes) and water lettuce (Pistia stratiotes) for potential feed value // International Journal of Natural Sciences. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 36-41.
11. Kadam M., Shinde K., Jadhav S. Phytochemical analysis of selected aquatic plants and their antimicrobial activity // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2014. – Vol. 3, № 4. – P. 385-392.
12. Keskitalo J., Eloranta P., Salonen K. Comparison of the nutrient content of water hyacinth (Eichhornia crassipes) and water lettuce (Pistia stratiotes) // Aquatic Botany. – 2200. – Vol. 66, № 4. – P. 287-296.
13. Rattan K.S., Singh R.P., Singh R.P. Amino acid profile of some aquatic macrophytes // Journal of Plant Sciences. – 2011. – Vol. 6, № 2. – P. 119-123.
14. Sahoo D., Singh A., Rout P.K. Biochemical and proximate analysis of water hyacinth (Eichhornia crassipes) for its potential as a feed supplement // Journal of Advanced Scientific Research. – 22013. – Vol. 4, № 3. – P. 69-72.
15. Singh R.P., Singh R.P., Rattan K.S. Nutritional composition of water hyacinth (Eichhornia crassipes) and its utilization as animal feed // Journal of Environmental Biology. – 2010. – Vol. 31, № 5. – P. 637-640.

ISSN 3030-3907

KARBAMID ASOSIDA OLINGAN SEKIN ERUVCHI O‘G‘IT NAMUNALARINING KIMYOVIY TAHLILI

Fatilloyev Shamshod Fayzullo o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktorant
E-mail: fatilloyevshamshod@gmail.com
Usanbayev Najimuddin Xalmurzayevich
UzFa Umumiy va noorganik kimyo instituti professor, DSc.
E-mail: najim70@mail.ru
Voxidov Erkin Aliyevich
Buxoro davlat texnika universiteti dotsent, PhD.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda karbamid va sapropel asosida granulalangan sekin eruvchi organo-mineral o‘g‘it namunalari olindi hamda ularning fizik-kimyoviy xossalari kompleks ravishda o‘rganildi. Tadqiqot davomida sapropelning turli massa ulushlari (100 : 0–100 : 10) asosida tayyorlangan namunalar tarkibidagi umumiy azot (N), biuret, CaO, P_2O_5, K_2O va MgO miqdorlari standart metodlar asosida aniqlandi. Olingan natijalar regressiya tahlili yordamida baholanib, sapropel ulushi ortishi bilan azot miqdori kamayishi, mineral komponentlar miqdori esa chiziqli ravishda ortishi aniqlandi. Biuret miqdorining kamayishi sapropel tarkibidagi gumin va fulvo kislotalarning karbamid molekulalari bilan o‘zaro ta’siri bilan izohlandi. Yuqori determinatsiya koeffitsientlari olingan mahsulot tarkibining barqarorligi va texnologik jarayonning ishonchliligini tasdiqladi. Tadqiqot natijalari sapropel asosidagi mahalliy xomashyo yordamida ekologik xavfsiz va sekin eruvchi azotli o‘g‘itlar yaratish imkoniyatini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: karbamid, sapropel, sekin eruvchi o‘g‘it, organo-mineral o‘g‘it, biuret, regressiya tahlili, azot, CaO, P_2O_5, K_2O, MgO, granulalash, agroximik xossalar.

Аннотация. В данном исследовании были получены гранулированные медленно растворимые органо-минеральные удобрения на основе карбамида и сапропеля, а также комплексно изучены их физико-химические свойства. В ходе исследования в образцах, приготовленных при различных массовых соотношениях сапропеля (100 : 0–100 : 10), стандартными методами были определены содержания общего азота (N), биурета, CaO, P_2O_5, K_2O и MgO. Полученные результаты были оценены методом регрессионного анализа, при этом установлено, что с увеличением доли сапропеля содержание азота уменьшается, тогда как количество минеральных компонентов линейно возрастает. Снижение содержания биурета объясняется взаимодействием гуминовых и фульвокислот сапропеля с молекулами карбамида. Высокие коэффициенты детерминации

ISSN 3030-3907

подтвердили стабильность состава полученного продукта и надежность технологического процесса. Результаты исследования показали возможность создания экологически безопасных медленно растворимых азотных удобрений на основе местного сапропелевого сырья.

Ключевые слова: карбамид, сапропель, медленно высвобождающееся удобрение, органо-минеральное удобрение, биурет, регрессионный анализ, азот, CaO, P_2O_5, K_2O, MgO, гранулирование, агрохимические свойства.

Abstract. In this study, granulated slow-release organo-mineral fertilizer samples based on urea and sapropel were prepared, and their physicochemical properties were comprehensively investigated. During the research, the contents of total nitrogen (N), biuret, CaO, P_2O_5, K_2O and MgO in samples prepared with different sapropel mass ratios (100 : 0–100 : 10) were determined using standard methods. The obtained results were evaluated by regression analysis, which revealed that the nitrogen content decreased with increasing sapropel proportion, whereas the mineral component contents increased linearly. The reduction in biuret content was explained by the interaction of humic and fulvic acids present in sapropel with urea molecules. High coefficients of determination confirmed the stability of the obtained product composition and the reliability of the technological process. The research results demonstrated the possibility of producing environmentally safe slow-release nitrogen fertilizers based on local sapropel raw materials.

Keywords: urea, sapropel, slow-release fertilizer, organo-mineral fertilizer, biuret, regression analysis, nitrogen, CaO, P_2O_5, K_2O, MgO, granulation, agrochemical properties.

KIRISH.

Hozirgi kunda qishloq xo‘jaligida azotli o‘g‘itlardan unumli foydalanish masalasi dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Azotli o‘g‘itlar orasida karbamid ($CO(NH_2)_2$) qishloq xo‘jaligida keng qo‘llaniladi. Karbamid dunyodagi eng ko‘p qo‘llaniladigan azotli o‘g‘it bo‘lib, yillik ishlab chiqarish hajmi 170 million tonnadan oshadi [1]. Karbamidning tuproqda tez eruvchanligi va yuvilib ketish ehtimoli yuqori bo‘lgani sababli oziqlanish samaradorligini kamaytiradi va atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Karbamid tarkibidagi azot asosan o‘simliklarga ammoniy (NH_4^+) va nitrat (NO_3^-) shaklida so‘riladi [2]. Karbamid qo‘llanganda uchraydigan asosiy muammolar yuqori uchuvchanlik, denitrifikatsiya va yuvilishdir. Ushbu xossalardagi kamchiliklar sababli karbamiddagi azotning faqat 25 % dan 50 % gacha qismigina o‘simliklar tomonidan o‘zlashtiriladi [3,4]. Tuproqqa qo‘llanganda karbamid biologik, kimyoviy va fizik jarayonlar orqali o‘zgarishga uchrab, o‘simliklar tomonidan o‘zlashtiriladigan mineral azot shakllarini hosil qiladi [1].

$$(NH_4)_2CO + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3 \quad (1)$$ (Ureaza fermenti ta′ sirida)

ISSN 3030-3907

$$(NH_4)_2CO_3 + 2H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + CO_2 + H_2O \quad (2)\ (\text{Ammonifikatsiya})$$

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{energiya} \quad (3)\ \text{Nitrozomonas}$$

$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- + \text{energiya}\ (4)\ (\text{Nitrobakteriya})$$

$$2NO_3^- \rightarrow N_2 + N_2O\ (5)\ (\text{zichlashib qolgan tuproqlarda})$$

$$NH_4^+ \rightarrow NH_{3(g)} + H^+ (6)\ (\text{pH yuqori bo'lganda})$$

(2) va (4) reaksiyalar natijasida o‘simliklar tomonidan bevosita o‘zlashtiriladigan ammoniy va nitrat ionlari hosil bo‘ladi. Biroq o‘simliklarning dastlabki rivojlanish bosqichlarida ozuqa moddalarga bo‘lgan ehtiyoj nisbatan past bo‘lgani sababli, tuproqda hosil bo‘lgan ortiqcha azotli birikmalar, ayniqsa nitrat ionlari, yuqori harakatchanligi tufayli tuproq eritmasi bilan quyi qatlamlarga yuvilib ketadi. Shu bilan birga (5) va (6) reaksiyalar davomida molekulyar azot, azot(I) oksidi hamda ammiak gazi ko‘rinishida muhitdan yo‘qotiladi. Ushbu jarayonlar natijasida karbamid tarkibidagi azotning sezilarli qismi o‘simliklar tomonidan o‘zlashtirilmasdan yo‘qotiladi. Mazkur muammolarni bartaraf etish maqsadida sekin eruvchan azotli o‘g‘itlarni ishlab chiqarishga bo‘lgan ilmiy va amaliy qiziqish so‘nggi yillarda sezilarli darajada ortib bormoqda [5].

ADABIYOTLAR TAHLILI. Sekin eruvchan azotli o‘g‘itlar olish bo‘yicha bir necha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan va turli xil qo‘shimchalar qo‘shib modifikatsiyalangan karbamid olishga erishilgan. Karbamidga tabiiy bentonit hamda turli bog‘lovchilar sifatida makkajo‘xori kraxmali va gidroksipropil metilsellyuloza (HPMC) turli xil nisbatlarda qo‘shish orqali sekin eruvchi karbamid o‘g‘itlari (SRUFlar) olingan [4]. Qoplamali karbamid olish uchun termik ishlov berish davomida olingan eritmaga karbamid bo‘lakchasi botirilgan so‘ngra karbamid yuzasi qoploma bilan qoplangan. Karbamid chiqishini aniqlash uchun 30 kunlik inkubatsiya davrida tuproqda sinovlar olib borilgan va UV/ko‘rinadigan spektrofotometrda ajralib chiqgan karbamid konsentratsiyasi aniqlangan. Qoplamali karbamid hamda mexanokimyoviy usul orqali olingan o‘g‘itga nisbatan karbamid chiqishi sekinroq bo‘lganligi o‘rganilgan [5]. Yana bir ilmiy tadqiqot ishida bir soat davomida maydalashdan keyin tarkibida 20% karbamid bo‘lgan karbamid-kaolinit turli konsentratsiyasiga bog‘lovchi modda sifatida xitozan aralashtirilib, karbamid asosli sekin eruvchi azotli o‘g‘it namunalari olingan. Karbamid-kaolinit va xitozan o‘rtasidagi bog‘lanish granulalarni mustahkamligini oshirgan. Azot chiqishi 5 kunlik intervalda 527 nm to‘lqin uzunligida diatsetilmonoksim kolorimetrik usuli yordamida o‘lchandi. Natijalar xitozan konsentratsiyasini 3% dan 7,5% gacha oshirish orqali azot chiqishi bir kundan keyin 41,23% dan 25,25% gacha va 30 kundan keyin esa 77,31% dan 59,27% gacha kamayganligi aniqlangan [6]. O‘zbekistonda esa har yili 650 ming tonnadan ortiq karbamid ishlab chiqariladi.

ISSN 3030-3907

Granulalangan karbamidning sifat talablari GOST 2081-2010 standartida tartibga solingan bo‘lib, xalqaro standartlar (Yevropa Ittifoqi Reglament № 2003/2003) yanada qattiqroq talablarni qo‘yadi. Karbamid sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash, xususan, granulalarning statik mustahkamligini oshirish ishlab chiqarishdan tortib qo‘llashgacha bo‘lgan butun ta’minot zanjirida yo‘qotishlarni kamaytirishga yordam beradi hamda tuproq–o‘simlik–o‘g‘it tizimiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi [7–9]. Shuni ham ta’kidlash kerakki, qishloq xo‘jaligi tuproqlari azot oksidi (N_2O) va azot oksidi (NO) ning asosiy manbalaridan biri hisoblanadi. Azot oksidi issiqxona gazi bo‘lib, shuningdek, stratosferadagi ozon qatlamini yemirilishida ishtirok etuvchi birikma hisoblanadi. Atmosferaning yuqori qatlamlarida yog‘ingarchilikning yo‘qligi tufayli azot oksidlarining olib tashlanishi juda sekin kechadi, bu esa ularning ushbu hududda to‘planishiga va quyosh nurlanishining spektral tarkibining o‘zgarishiga olib keladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Namunalar quyidagi bosqichlarda tayyorlandi:

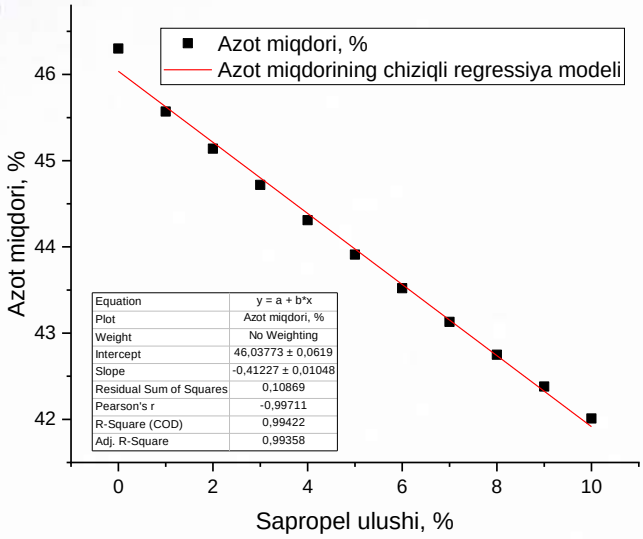
Karbamid oldindan suyuqlantirilgan holda 130–140 °C haroratda eritildi. Olingan eritma haroratini saqlab turgan holda unga turli massa nisbatlarida ($CO(NH_2)_2$: sapropel = 100 : 0 dan 100 : 10 gacha) quritilgan va mayda kukunga aylantirilgan sapropel qo‘shildi. Aralashma mexanik aralashtirgich yordamida yaxshilab gomogen holatga keltirildi. Olingan massa laboratoriya pilot tipidagi granulyator orqali granulalash jarayonidan o‘tkazildi. Hosil bo‘lgan granulalar sovutish kamerasida xona haroratiga qadar sovutildi. Tayyor granulalar keyingi fizik-kimyoviy tahlillar (N, biuret, CaO, P_2O_5, K_2O, MgO va boshqalar) uchun ishlatildi.

Azot umumiy miqdori (N, %) - GOST 20851.75. Kalsiy oksidi (CaO, %) - GOST EN 16196-2016, Fosfor (V) oksidi (P_2O_5, %) - GOST 26717-85, Kaliy oksidi (K_2O, %) - GOST 26718-85, Magniy oksidi (MgO, %) - GOST EN 16198-2016, Biuret miqdori (%,) - karbamidda)- GOST 32555-2013 yordamida aniqlandi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Karbamid suyuqlanmasiga turli ($CO(NH_2)_2$: sapropel = 100 : 0 dan 100 : 10 gacha) massa nisbatlarida sapropel qo‘shilgan granula namunalarining kimyoviy tarkibi azot (N) miqdori aniqlandi. Natijalar 1-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



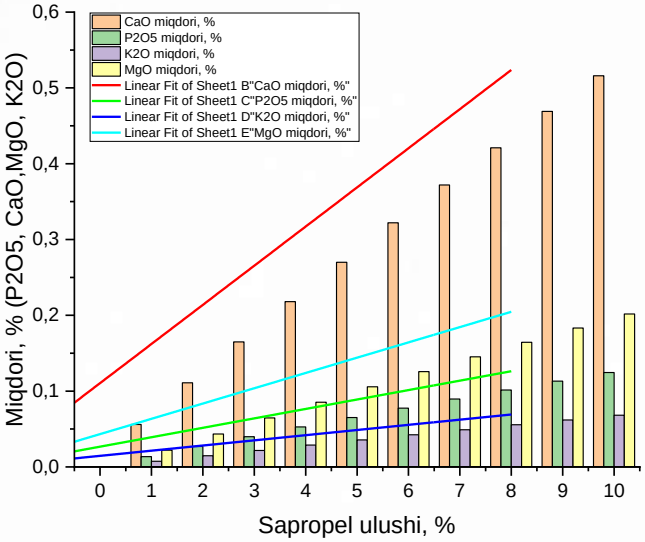
1-rasm. Sapropel ulushining azot miqdoriga ta’siri va chiziqli regressiya tahlili

Rasmdagi natijalari sapropel ulushi ortishi bilan kompozitsiyadagi umumiy azot miqdori muntazam ravishda kamayishini ko‘rsatadi. Chiziqli regressiya tenglamasiga ko‘ra, sapropel miqdori har 1 % ga oshganda azot miqdori o‘rtacha 0,4122 % ga kamayadi. Tahlil natijalariga ko‘ra, regressiya modelining determinatsiya koeffitsienti yuqori qiymatga ega bo‘lib, bu sapropel ulushi bilan azot miqdori o‘rtasida kuchli chiziqli bog‘lanish mavjudligini ko‘rsatadi. Mazkur qiymat modelning eksperimental ma’lumotlarni yuqori aniqlikda tavsiflashini bildiradi. Azot miqdorining kamayishi sapropel tarkibida organik va mineral komponentlarning mavjudligi bilan izohlanadi. Ya’ni, kompozitsiyada sapropel ulushi oshgani sari karbamidning nisbiy ulushi kamayadi va natijada umumiy azot konsentratsiyasi pasayadi. Shunga qaramasdan, sapropel tarkibidagi organik moddalar, gumus komponentlari va mikroelementlar o‘g‘itning agroximik samaradorligini oshirishi mumkin. Bundan tashqari, regressiya chizig‘ining deyarli to‘g‘ri chiziq shaklida bo‘lishi azot miqdorining sapropel ulushiga proporsional ravishda o‘zgarishini ko‘rsatadi. Bu esa kompozitsion o‘g‘it tarkibini oldindan bashorat qilish va kerakli azot miqdoriga ega formulalarni optimallashtirish imkonini beradi. Olingan natijalar sapropel asosidagi kompozitsion o‘g‘itlarni ishlab chiqishda azot balansini nazorat qilish hamda sekin eruvchi o‘g‘itlar texnologiyasini takomillashtirish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Tadqiqotda granulalagan organo-mineral o`g`itlarda CaO, P_2O_5, K_2O va MgO miqdorlarining o‘zgarishi regressiya tahlili asosida aniqlandi. 2-rasmda ko‘rinadiki, sapropel ulushi ortishi bilan mineral komponentlar miqdori

ISSN 3030-3907

muntazam ravishda oshib boradi hamda ular orasida ijobiy chiziqli bog‘liqlik mavjudligi kuzatiladi.



2-rasm. Sapropel asosidagi kompozitsiyalarda CaO, P_2O_5, K_2O va MgO miqdorlarining regressiya tahlili

Sapropel asosidagi organomineral qo‘shimchaning karbamid tarkibiga kiritilishi natijasida makroelementlarining miqdori ortib borishi kuzatildi. Olingan natijalar yuqori regressiya koeffitsientlari bilan tavsiflanib, mineral komponentlarning mahsulot tarkibiga deyarli yo‘qotishsiz o‘tayotganini tasdiqlaydi.

Toza karbamid tarkibida CaO amalda (0,000 %). Sapropel miqdori ortishi bilan CaO konsentratsiyasi muntazam ravishda oshib bordi va 100 : 1 nisbatda 0,056 %, 100 : 5 nisbatda 0,270 %, 100 : 10 nisbatda esa 0,516 % ni tashkil etdi. Jarayonning regressiya tenglamasi: [CaO (%) = 0.05163x - 0.00485] bo‘lib, determinatsiya koeffitsienti (R^2 = 0.9998) ga tengligi CaO miqdorining sapropel ulushiga deyarli ideal chiziqli bog‘liqligini ko‘rsatadi. Sapropel tarkibidagi CaO ning nazariy miqdori (5,68 %) asosida hisoblangan qiymatlar tajriba natijalari bilan yuqori moslik namoyon qildi. Jumladan, 100 : 10 nisbat uchun nazariy qiymat 0,5164 % bo‘lib, tajribaviy natija (0,516 %) bilan deyarli aynan mos tushdi. 100 : 5 nisbatdagi tajriba natijasi (0,270 %) ham nazariy qiymatdan atigi 0,012 foiz punktga farq qilgani sababli, ushbu tafovut o‘lchov aniqligi doirasida qabul qilinadi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, gektariga 250 kg miqdorda 100 : 5 nisbatdagi o‘g‘it qo‘llanilganda tuproqqa taxminan 675 g CaO kiritiladi. Bu esa tuproqning kalsiy bilan boyishini hamda agregat holatining yaxshilanishini ta’minlaydi.

P_2O_5 miqdori ham sapropel ulushi ortishi bilan chiziqli ravishda oshib bordi. Toza karbamidda fosfor mavjud bo‘lmagan bo‘lsa, 100 : 10 nisbatda P_2O_5

ISSN 3030-3907

miqdori 0,1245 % ga yetdi. Regressiya tenglamasi: [P_2O_5 (%) = 0.01246x - 0.00115] ko‘rinishida bo‘lib, (R^2 = 0.9999) qiymati jarayonning yuqori darajada qonuniy ekanini ko‘rsatadi. Sapropel tarkibidagi dastlabki P_2O_5 miqdori (1,37 %) asosida olingan nazariy hisob 100 : 10 nisbatdagi tajribaviy qiymat bilan to‘liq mos tushdi. Bu fosforning sapropeldan kompozit granula tarkibiga amalda yo‘qotishsiz o‘tayotganini tasdiqlaydi. Sapropeldagi fosfor asosan organik bog‘langan shaklda — fitinlar, fosfolipidlar va nuklein kislotalar qoldiqlari holida uchrashi sababli, tuproqda sekin minerallanadi va o‘simlik tomonidan bosqichma-bosqich o‘zlashtiriladi. Hisoblashlarga ko‘ra, gektariga 250 kg miqdorda 100 : 7 nisbatdagi o‘g‘it qo‘llanilganda tuproqqa 224 g P_2O_5 kirib boradi. Miqdor jihatdan katta bo‘lmasa-da, fosforning yuqori bioo‘zlashtiriluvchanligi ushbu ko‘rsatkichni agronomik jihatdan samarali qiladi.

Sapropel tarkibidagi kaliy birikmalari tufayli K_2O miqdori ham muntazam ravishda oshdi. Toza karbamidda K_2O aniqlanmagan bo‘lsa, 100 : 10 nisbatdagi namunada uning miqdori 0,0682 % ni tashkil etdi. Jarayon quyidagi regressiya tenglamasi bilan tavsiflandi:[K_2O (%) = 0.00682x - 0.00084] va chiziqli bog‘liqlikni ko‘rsatdi. Nazariy hisob-kitoblar sapropeldagi K_2O miqdori (0,75 %) asosida tajriba natijalari bilan to‘liq mos tushdi. Sapropeldagi kaliyning asosan xlorsiz shakllarda — K-gumat va K-fulvat ko‘rinishida mavjudligi olinayotgan mahsulotni xlorga sezgir ekinlar, jumladan tamaki, kartoshka va sitrus o‘simliklari uchun ayniqsa qimmatli qiladi. 100 : 7 nisbatdagi o‘g‘itdan gektariga 250 kg qo‘llanganda tuproqqa 122 g K_2O kiritilishi aniqlandi.

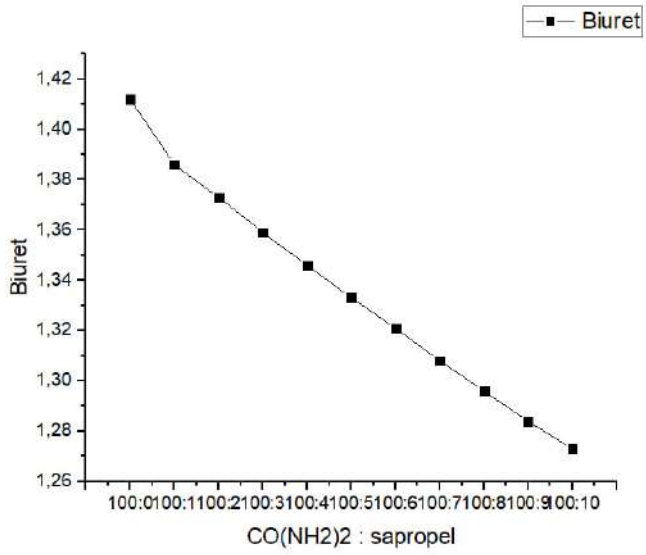
MgO miqdori ham sapropel ulushi ortishi bilan qonuniy ravishda oshib bordi. 100 : 1 nisbatdagi 0,0220 % dan 100 : 10 nisbatdagi 0,2018 % gacha kuzatilgan o‘sish quyidagi regressiya tenglamasi bilan ifodalandi:[MgO (%) = 0.02019x - 0.00164] Determinatsiya koeffitsientining tengligi magniy miqdorining ham juda yuqori aniqlikda chiziqli o‘zgarishini tasdiqlaydi. Sapropeldagi MgO miqdori (2,22 %) asosida hisoblangan nazariy qiymatlar tajribaviy natijalar bilan to‘liq mos tushdi. MgO miqdorining K_2O ga nisbatan ancha yuqori bo‘lishi tadqiq etilgan sapropelning kalsiy-magniyli turga mansubligi bilan izohlanadi. Magniy xlorofill molekulasining markaziy elementi hisoblanishi sababli, uning organomineral o‘g‘it tarkibiga kiritilishi O‘zbekistonning qurg‘oqchil va issiq iqlim sharoitida o‘simliklarning fotosintetik faolligini qo‘llab-quvvatlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, 100 : 7 nisbatdagi o‘g‘itni gektariga 250 kg miqdorda qo‘llash natijasida tuproqqa 363 g MgO kiritiladi.

Umuman olganda, CaO, P_2O_5, K_2O va MgO miqdorlarining sapropel ulushiga proporsional ravishda ortishi sapropelning mineral komponentlari organomineral kompozit tarkibiga yuqori darajada saqlanib o‘tayotganini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. Regression tahlilda barcha ko‘rsatkichlar yuqori bo‘lishi olingan natijalarning statistik jihatdan ishonchli ekanini hamda ishlab chiqilgan texnologiyaning tarkibiy barqarorligini tasdiqlaydi.

Biuret miqdori toza karbamidda 1,412 % ni tashkil etgan bo‘lib, bu O‘z DSt 612-2018 talabi (≤ 1,4 %) darajasida. Sapropel ulushi oshishi bilan biuret miqdori tizimli kamaydi



3-rasm. Sapropel ulushining biuret miqdoriga ta’siri

Sapropel ulushining ortishi bilan biuret miqdorining muntazam kamayishi kuzatildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 100 : 1 nisbatdagi namunada biuret miqdori 1,386 % ni tashkil etgan bo‘lsa, sapropel konsentratsiyasining bosqichma-bosqich ortishi natijasida ushbu ko‘rsatkich izchil ravishda kamayib bordi va 100 : 10 nisbatdagi namunada 1,273 % ga yetdi. Oraliq qiymatlar mos ravishda 100 : 2 nisbatda 1,373 %, 100 : 3 da 1,359 %, 100 : 4 da 1,346 %, 100 : 5 da 1,333 %, 100 : 6 da 1,321 %, 100 : 7 da 1,308 %, 100 : 8 da 1,296 % hamda 100 : 9 nisbatda 1,284 % ni tashkil etdi. Regression tahlil natijasida aniqlangan determinatsiya koeffitsienti (R^2 = 0,9998) bo‘lib, bu sapropel ulushi bilan biuret miqdori o‘rtasida juda yuqori darajadagi chiziqli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi. Xususan, 100 : 10 nisbatdagi namunada biuret miqdorining kamayishi 0,139 foiz punktni tashkil etdi, bu esa nisbiy hisobda 9,8 % ga kamayganini bildiradi. Mazkur natija tadqiqotning muhim ilmiy yutuqlaridan biri hisoblanadi. Biuret miqdorining kamayishi sapropel tarkibidagi gumin va fulvo kislotalarning karbamid molekulalari bilan sodir bo‘ladigan fizik-kimyoviy o‘zaro ta’siri bilan izohlanadi. Gumin moddalarning karboksil (–COOH) va gidroksil (–OH) funksional guruhlari karbamidning amid guruhlari (–CO–NH_2) bilan vodorod bog‘lari hosil qiladi. Natijada karbamid molekulalarining o‘zaro kondensatsiyalanib biuret hosil qilish reaksiyasi sekinlashadi.

Biuret hosil bo‘lish reaksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

ISSN 3030-3907

$$2NH_2CONH_2 \rightarrow NH_2CONHCONH_2 + NH_3$$

Sapropel tarkibidagi gumin va fulvo komponentlari karbamid molekulalarining erkin harakatchanligini kamaytirishi natijasida ushbu reaksiyaning kinetik ehtimoli pasayadi. Shu sababli biuretning hosil bo‘lish darajasi kamayadi va karbamidning termik barqarorligi oshadi. Tadqiq qilingan barcha namunalar uchun biuret miqdori amaldagi standart me’yorlardan past ekani aniqlandi. Bu esa olingan mahsulotni nafaqat tuproqqa qo‘llash, balki barg orqali oziqlantirish (foliar qo‘llash) uchun ham xavfsiz ekanligini ko‘rsatadi. Biuret konsentratsiyasining pastligi o‘simlik barglarida fitotoksik ta’sir xavfini kamaytiradi hamda azotning bosqichma-bosqich va nazoratli o‘zlashtirilishini ta’minlaydi. Shunday qilib, sapropelning karbamid tarkibiga kiritilishi nafaqat organomineral kompozitning biologik va agroximik qiymatini oshiradi, balki karbamidning termik parchalanish mahsuloti bo‘lgan biuret hosil bo‘lishini ham sezilarli darajada kamaytiradi. Bu esa ishlab chiqilgan o‘g‘it kompozitsiyasining agronomik samaradorligi va ekologik xavfsizligini oshiruvchi muhim omil hisoblanadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, karbamid–sapropel asosida olingan granulalangan organo-mineral o‘g‘itlarning tarkibiy va agroximik ko‘rsatkichlari sapropel ulushiga bevosita bog‘liq ekanligi aniqlandi. Sapropel miqdori ortishi bilan umumiy azot miqdori muntazam kamaygan bo‘lsa-da, CaO, P_2O_5, K_2O va MgO miqdorlarining chiziqli ravishda ortishi kuzatildi. Regressiya tenglamalari uchun yuqori determinatsiya koeffitsientlari yuqoriligi texnologik jarayonning yuqori aniqlik va takrorlanuvchanlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Biuret miqdorining 1,412 % dan 1,273 % gacha kamayishi sapropel tarkibidagi gumin va fulvo kislotalarning karbamid molekulalari bilan vodorod bog‘lari hosil qilishi natijasida biuret hosil bo‘lish reaksiyasining sekinlashishi bilan izohlandi. Barcha namunalar uchun biuret miqdori amaldagi standart talablardan past bo‘lib, o‘g‘itlarning ekologik va agrotexnik jihatdan xavfsiz ekanligini tasdiqladi. Olingan natijalar sapropelning nafaqat organik modda manbai, balki kalsiy, fosfor, kaliy va magniy kabi muhim oziqa elementlari manbai sifatida ham yuqori agroximik samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Shu sababli sapropel asosidagi granulalangan sekin eruvchi o‘g‘itlarni ishlab chiqarish mahalliy xomashyodan samarali foydalanish, azot yo‘qotilishini kamaytirish hamda tuproq unumdorligini oshirish uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Raximov K. I., Usanbayev N. X. & Namazov S. S. (2025). IR SPECTROSCOPIC AND THERMAL INVESTIGATION OF

ENCAPSULATED UREA WITH STABILIZED SOLUBILITY. Development Of Science, 11(5), pp. 157-166.

2. Trenkel ME. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association; 2010.

3. Zheng T, et al. Superabsorbent hydrogels as carriers for the controlled release of urea: experiments and a mathematical model describing the release rate. Biosyst Eng. 2009; 102(1): 44–50. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2008.09.027.

4. Chien SH, Teixeira LAJ, Cantarella H, Rehm GW, Grant CA, Gearhart MM. Agronomic effectiveness of granular nitrogen/phosphorus fertilizers containing elemental sulfur with and without ammonium sulfate: a review. Agron J. 2016; 108(3): 1203–1213. doi: 10.2134/agronj2015.0276.

5. Neto, João & Fernandes, Jucielle & M. Rodrigues, Alisson & Menezes, Romualdo & Neves, Gelmires. (2023). New Urea Controlled-Release Fertilizers Based on Bentonite and Carnauba Wax. Sustainability. 15. 6002. 10.3390/su15076002.

6. Roshanravan, Bita & Mahmoud-Soltani, Shahram & Abdul Rashid, Suraya & Mahdavi, Fari & Yusop, Mohd. (2015). Enhancement of nitrogen release properties of urea–kaolinite fertilizer with chitosan binder. Chemical Speciation & Bioavailability. 27. 1-8. 10.1080/09542299.2015.1023090.

7. Vitousek PM, Naylor R, Crews T, David MB, Drinkwater LE, Holland E, et al. Nutrient imbalances in agricultural development. Science. 2009; 324: 1519–1520. doi: 10.1126/science.1170261.

8. Ramalingappa, P., Singh, R., Shrivastava, M., Das, R., Sangwan, S., Misra, S. Environmental impact of nitrogen losses from agriculture under different management practices // iCRBE Procedia. 2020. Vol. 1, No. 1. P. 138–149. DOI: 10.32438/iCRBE.202052

9. Strelnikova, V. O., Taran, Yu. A. Production of a New Urea-Based Fertilizer Using Phosphogypsum as a Filler // Chemical Industry Today. 2023. No. 5. P. 29–37

10. Usanbayev, N. Kh., Namazov, Sh. S., Saydullayev, A. A. Application of bentonite in obtaining sulfur-containing urea based on a flush of urea and sulfur // Izvestiya Vuzov. Chemistry and Chemical Technology. 2024. Vol. 67, No. 4. P. 80–89. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6922

ISSN 3030-3907

ZAMONAVIY KIYIMLARDA O‘ZBEK MILLIY NAQSHLARINI TASNIFLASH VA TAHLIL QILISH: VIRTUAL VA AN’ANAVIY DIZAYNNI SOLISHTIRISH

Temirova Gulnoz Ibodovna
Buxoro davlat texnika universiteti “Yengil sanoat muhandisligi va dizayn”kafedrasi,
Xabibov Faxriddin Yusupovich
Buxoro davlat texnika universiteti “Yengil sanoat muhandisligi va dizayn”kafedrasi,
Esanova Ma’rifat G‘ayratovna
Buxoro davlat texnika universiteti “Yengil sanoat muhandisligi va dizayn”kafedrasi,
E-mail: marifatesanova835@gmail.com

Annotatsiya. 3D virtual simulyatsiya texnologiyasi moda sanoatining turli vazifalarida, jumladan 3D namuna ishlari kabi mahsulot rejalashtirish, dizaynni rivojlantirish, marketing va namoyish etishda keng qo‘llaniladi hamda virtual modellarni o‘ziga xos qilish uchun uslublash imkonini beradi. Matolarning haqiqiy materiallarga yaqin raqamli tasvirini yaratish tolalar tarkibi, og‘irligi va qalinligi kabi asosiy xususiyatlardan tashqari tajribalar orqali olingan qo‘shimcha ma’lumotlarni talab etadi. Biroq milliy naqshlarning virtual kiyim muhitidagi vizual ko‘rinishi va zamonaviy kiyimlarga moslashtirilishini aks ettiruvchi tadqiqotlar nisbatan kam. Shuning uchun ushbu tadqiqot o‘zbek milliy naqshlarini zamonaviy kiyimlarda 3D virtual muhit asosida qo‘llash imkoniyatlarini tahlil qilish hamda virtual kiyimlarning estetik xususiyatlarini solishtirish orqali virtual kiyim simulyatsiyasining foydalanish qulayligini oshirishni maqsad qiladi. Shunday qilib, biz CLO 3D dasturi yordamida yaratilgan virtual kiyimlarda milliy naqshlarning vizual ko‘rinishi va kompozitsion uyg‘unligini taqqoslab tahlil qildik hamda har bir dizayn yechimi asosida estetik o‘zgarishlarni o‘rgandik. Bundan tashqari, kiyim mosligini solishtirish maqsadida turli naqshlardan foydalangan holda virtual kiyim yaratildi. Natijada, har bir dizayn usuli bo‘yicha naqshlarni bir necha guruhlarga tasniflab, ularning vizual xususiyatlarini aniqladik. Shuningdek, naqshlarning joylashuviga asoslanib kiyimlarning mosligini vizual solishtirish orqali kompozitsiya va estetik muvozanatdagi o‘zgarishlarni kuzatdik. Shuning uchun, biz ushbu tadqiqot natijalari 3D virtual kiyim-kechak ishlab chiqarish bo‘yicha kam malakaga ega dizaynerlarga dizaynda virtual naqshlardan qo‘llashda yordam berishi mumkin, deb hisoblaymiz. Ushbu topilmalar moda sanoatida onlayn savdo va marketing uchun, shuningdek, zamonaviy milliy kiyimlarni loyihalashda 3D virtual kiyim-kechak simulyatsiyalaridan foydalanishda qimmatli bo‘lishi kutilmoqda.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: 3D virtual kiyim texnologiyasi, CLO 3D dasturi, milliy naqshlar, zamonaviy moda dizayni, virtual kiyim modellashtirish, raqamli moda texnologiyalari, o‘zbek ornamentlari

Аннотация. Технология 3D виртуального моделирования широко применяется в различных направлениях модной индустрии, включая разработку 3D образцов, проектирование, маркетинг и презентацию изделий, а также предоставляет возможности стилизации виртуальных моделей. Создание цифрового изображения тканей, максимально приближенного к реальным материалам, требует не только основных характеристик, таких как состав волокон, плотность и толщина ткани, но и дополнительных данных, полученных экспериментальным путем. Однако исследования, отражающие визуальное применение национальных орнаментов в среде виртуальной одежды и их адаптацию к современному дизайну одежды, остаются недостаточными. В связи с этим данное исследование направлено на анализ возможностей применения узбекских национальных орнаментов в современной одежде на основе 3D виртуальной среды, а также на повышение эффективности виртуального моделирования одежды посредством сравнительного анализа эстетических характеристик виртуальных изделий. В ходе исследования с помощью программы CLO 3D были проанализированы визуальные и композиционные особенности национальных орнаментов в виртуальной одежде, а также изучены эстетические изменения различных дизайнерских решений. Кроме того, для сравнительного анализа посадки одежды были созданы виртуальные модели с использованием различных орнаментов. В результате орнаменты были классифицированы по нескольким группам в зависимости от дизайнерских решений и определены их визуальные характеристики. Также на основе расположения орнаментов были исследованы изменения композиционного и эстетического баланса одежды. Полученные результаты могут быть полезны дизайнерам с недостаточным опытом работы в области 3D виртуального моделирования одежды при использовании виртуальных орнаментов в дизайне. Предполагается, что результаты исследования будут востребованы в онлайн-торговле и маркетинге модной индустрии, а также при проектировании современной национальной одежды с использованием технологий 3D виртуальной симуляции.

Ключевые слова: 3D виртуальные технологии одежды, программа CLO 3D, национальные орнаменты, современный дизайн одежды, виртуальное моделирование одежды, цифровые модные технологии, узбекские орнаменты

ISSN 3030-3907

Abstract. 3D virtual simulation technology is widely used in various areas of the fashion industry, including product planning, 3D sample development, design improvement, marketing, and garment presentation, while also providing opportunities for virtual styling. Creating digital fabric representations close to real materials requires not only basic characteristics such as fiber composition, weight, and thickness, but also additional experimental data. However, studies reflecting the visual application of national ornaments in virtual garment environments and their adaptation to modern clothing design remain limited. Therefore, this study aims to analyze the possibilities of applying Uzbek national ornaments in modern clothing based on a 3D virtual environment and to improve the usability of virtual garment simulation through comparative analysis of the aesthetic characteristics of virtual garments. Thus, virtual garments created in the CLO 3D software were analyzed in terms of the visual appearance and compositional harmony of national ornaments, and aesthetic changes based on different design solutions were investigated. In addition, virtual garments using various ornament styles were created to compare garment fitting and visual compatibility. As a result, the ornaments were classified into several groups according to design methods, and their visual characteristics were identified. Furthermore, changes in composition and aesthetic balance were analyzed through visual comparison based on ornament placement. Therefore, the findings of this study may assist designers with limited experience in 3D virtual garment production in applying virtual ornaments within design processes. These findings are also expected to be valuable for online fashion marketing, digital merchandising, and the development of modern national clothing using 3D virtual garment simulation technologies.

Keywords: 3D virtual garment technology, CLO 3D software, national ornaments, modern fashion design, virtual garment modeling, digital fashion technologies, Uzbek ornaments

KIRISH.

So‘nggi paytlarda moda sanoati uch o‘lchovli (3D) texnologiyalardan foydalanish va ularni integratsiya qilishni kengaytirmoqda, jumladan zamonaviy kiyimlarni virtual muhitda loyihalash, milliy naqshlarni raqamli formatda qo‘llash hamda virtual kolleksiyalar yaratish jarayonlarida keng foydalanilmoqda[1,2]. Bundan tashqari, raqamli texnologiyalarning tijoratlashtirilishi dizayn, ishlab chiqarish va tayyorlash jarayonlarini qisqartirish orqali xarajatlarni kamaytirish hamda dizaynni soddalashtirish kabi iqtisodiy foydalarni ko‘rsatdi [3].

Xususan, CLO 3D kabi virtual simulyatsiya dasturlari yordamida kiyimlarning real ko‘rinishga yaqin modellarini yaratish imkoniyati kengaydi[2,4]. Ushbu texnologiyalar o‘zbek milliy naqshlarini zamonaviy kiyim

ISSN 3030-3907

dizayniga integratsiya qilishda ham muhim ahamiyat kasb etmoqda. Milliy ornamentlarning virtual kiyim yuzasidagi joylashuvi, rang uyg‘unligi va estetik ko‘rinishini oldindan baholash dizayn jarayonining samaradorligini oshiradi [5,6].

Biroq milliy naqshlarni 3D virtual kiyim muhitida qo‘llash va ularning zamonaviy moda bilan uyg‘unligini tahlil qilishga oid tadqiqotlar yetarli darajada emas. Shu sababli ushbu tadqiqot o‘zbek milliy naqshlarini zamonaviy kiyimlarda 3D fashion design texnologiyalari asosida qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganishga qaratilgan.

Haqiqiy materiallarga yaqin raqamli kiyim modellarini yaratish uchun mato xususiyatlari, rang uyg‘unligi va naqshlarning vizual ko‘rinishi kabi asosiy omillardan tashqari eksperimental va raqamli tahlillar orqali olingan qo‘shimcha ma’lumotlar talab etiladi[4]. 3D virtual kiyim tizimlarida matolarning fizik xususiyatlarini aniqlash va ularning virtual muhitdagi ko‘rinishini baholash dizayn jarayonining muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi[1,3]. Bunday texnologiyalar kiyim siluetini oldindan ko‘rish va dizayn yechimlarini tezkor baholash imkonini beradi. Biroq virtual kiyim tizimlaridan samarali foydalanish katta tajriba va texnik ko‘nikmalarni talab qiladi, bu esa ayrim dizaynerlar uchun ushbu texnologiyalardan foydalanishni murakkablashtiradi.

3D virtual kiyim tizimlarida olib borilgan keng qamrovli tadqiqotlar va texnologik yutuqlarga qaramay, virtual va haqiqiy kiyim o‘rtasidagi ayrim nomuvofiqliklar hamon mavjud[2,4]. Xususan, virtual kiyimlarning tabiiy ko‘rinishi, mato harakati va naqshlarning kiyim yuzasida joylashuvi bilan bog‘liq muammolar hanuzgacha uchrab turadi. Bundan tashqari, avatar va virtual kiyim o‘rtasidagi moslikni ta’minlash hamda milliy naqshlarni virtual muhitga integratsiya qilish bo‘yicha algoritmik va texnik yechimlar ustida doimiy izlanishlar olib borilmoqda[6,7].

Haqiqiy kiyimlarning mos kelishi naqsh kompozitsiyasi, tikish texnikalari, mato xususiyatlari va kiyim konstruksiyasi kabi turli omillarga bog‘liq. Biroq virtual kiyim mosligini o‘rganishga oid tadqiqotlar asosan virtual va haqiqiy kiyimlar o‘rtasidagi o‘xshashlikka qaratilgan bo‘lib, milliy naqshlarning estetik va vizual xususiyatlariga yetarli darajada e’tibor qaratilmagan. Shu sababli kiyim dizayni jarayonida 3D virtual kiyim simulyatsiya texnologiyasining samaradorligini oshirish uchun naqshlarning vizual joylashuvi va kompozitsion uyg‘unligini chuqur tahlil qilish muhim hisoblanadi.

MATERIALLAR VA USULLAR. Tahlil uchun zamonaviy kiyim dizaynlarida qo‘llanilgan milliy naqshlar tanlovi

Biz turli manbalardan o‘zbek milliy naqshlari namunalarini to‘pladik va ularni tasodifiy tanlash asosida saraladik. Tadqiqot uchun jami bir nechta naqsh

ISSN 3030-3907

namunalari olinib, ularga kompozitsion tuzilishi, rang uyg‘unligi, geometrik shakllari va bezak elementlari kabi asosiy dizayn ma’lumotlari biriktirildi. Zamonaviy kiyim dizayniga mos kelmaydigan yoki virtual muhitda vizual aniqligi past bo‘lgan naqshlar tahlildan chiqarib tashlandi. Natijada, tadqiqot uchun milliy ornamentlarning bir nechta asosiy turlari tanlab olindi [2].

Tahlil qilingan naqshlar orasiga geometrik, islimiy va gulli ornamentlar kiritildi. Bundan tashqari, zamonaviy moda dizaynida keng qo‘llaniladigan kompozitsion elementlarga ega bo‘lgan naqsh variantlari ham tanlandi. Yakuniy bosqichda tanlangan naqshlar CLO 3D dasturiga moslashtirilib, virtual kiyim modellarida qo‘llash uchun tayyorlandi.

Virtual kiyimlarning vizual va estetik xususiyatlarini baholash usuli

Virtual kiyimlarning vizual ko‘rinishi, naqshlarning joylashuvi va kiyim siluetiga ta’siri CLO 3D dasturi yordamida tahlil qilindi. Tadqiqot davomida naqshlarning kiyim yuzasida joylashishi, ularning o‘lchami, takrorlanish ritmi hamda rang uyg‘unligi asosiy baholash mezonlari sifatida olindi. Bundan tashqari, virtual kiyimlarning estetik ko‘rinishini aniqlash uchun turli dizayn variantlari o‘zaro solishtirildi [3,4].

Haqiqiy va virtual kiyimlar o‘rtasidagi vizual moslikni aniqlash maqsadida kiyimlarning virtual simulyatsiya tasvirlari asosida tahlillar olib borildi. Shuningdek, naqshlarning kiyim harakati va mato yuzasidagi ko‘rinishiga ta’siri ham kuzatildi. Virtual kiyim modellarini yaratish va ularni simulyatsiya qilish jarayonlari CLO 3D dasturi yordamida amalga oshirildi.

Milliy naqshlarning vizual xususiyatlarini baholash usullari

Milliy naqshlarning virtual kiyimdagi ko‘rinishini tahlil qilish uchun naqsh namunalari ma’lum o‘lchamlarda tayyorlandi va virtual kiyim yuzasiga joylashtirildi. Naqshlarning kiyimdagi estetik ko‘rinishiga zarar yetkazmaslik maqsadida tahlillar quyidagi mezonlar asosida olib borildi: kompozitsion joylashuv, rang uyg‘unligi, o‘lcham mutanosibligi va vizual takrorlanish ritmi. Har bir tahlil CLO 3D dasturining virtual simulyatsiya muhitida amalga oshirildi.

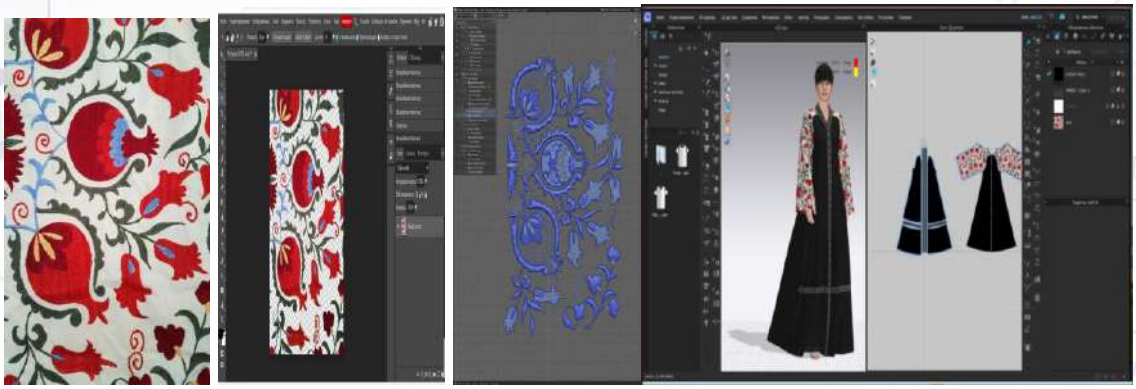
Virtual kiyimlarning vizual ko‘rinishini baholashda kiyim silueti, naqshlarning kiyim yuzasida joylashuvi hamda ularning deformatsiyaga uchrash darajasi kuzatildi. Bundan tashqari, naqshlarning kiyim harakati jarayonidagi ko‘rinishi ham tahlil qilinib, virtual muhitdagi estetik o‘zgarishlar solishtirildi.

CLO 3D dasturida virtual kiyim xususiyatlarini baholash usullari

CLO 3D dasturida virtual kiyimlarni yaratish uchun naqsh namunalari turli yo‘nalishlarda kiyim yuzasiga joylashtirildi: markaziy kompozitsiya, takrorlanuvchi ornament va simmetrik joylashuv usullari asosida. Virtual kiyim modellarida naqshlarning kiyim shakliga moslashuvi, mato yuzasidagi ko‘rinishi va umumiy estetik uyg‘unligi tahlil qilindi.

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, virtual simulyatsiya jarayonida kiyimning harakatlanishi davomida naqshlarning deformatsiyalanish holati ham kuzatildi. Olingan natijalar asosida turli dizayn variantlari o‘zaro taqqoslandi va zamonaviy kiyimlarda milliy naqshlardan foydalanishning samarali usullari aniqlandi [5].



a) **b)** **c)**

1-rasm. Virtual kiyim modellashtirish jarayonida qo‘llanilgan milliy naqsh namunalarining bosqichlari: (a) tanlangan milliy ornament namunasi, (b) CLO 3D dasturiga moslashtirilgan raqamli naqsh ko‘rinishi va (c) virtual kiyim yuzasiga qo‘llangan 3D model.

1-jadval.

Milliy naqshlarni raqamlashtirish va virtual kiyimga qo‘llash bosqichlari

Bosqich	**Jarayon tavsifi**
Naqsh tanlash	O‘zbek milliy ornament namunalarini tanlash
Raqamlashtirish	Naqshni grafik formatga o‘tkazish
CLO 3D ga yuklash	Raqamli naqshni dasturga import qilish
2D andozaga joylashtirish	Naqshni kiyim detallariga moslashtirish
3D simulyatsiya	Virtual kiyim yuzasida naqsh ko‘rinishini hosil qilish
Vizual tahlil	Estetik ko‘rinish va kompozitsiyani baholash

2-jadval.

Virtual kiyim dizaynida naqshlarni baholash mezonlari

Tahlil elementi	**Baholash mezoni**
Naqsh joylashuvi	Markaziy va simmetrik kompozitsiya
Rang uyg‘unligi	Kiyim va naqsh ranglarining mosligi
Vizual muvozanat	Ornamentlarning kiyim yuzasida taqsimlanishi

ISSN 3030-3907

Kiyim silueti	Naqshning kiyim shakliga ta’siri
Simulyatsiya sifati	CLO 3D dagi realistik ko‘rinish
Estetik baho	Zamonaviy va milliy uslub uyg‘unligi

Virtual kiyimlarning vizual xususiyatlarini tahlil qilish

Virtual kiyimlarning estetik va kompozitsion xususiyatlarini baholash CLO 3D dasturida amalga oshirildi. Tadqiqot davomida milliy naqshlarning kiyim yuzasida joylashuvi, o‘lchami va rang uyg‘unligi asosiy tahlil mezonlari sifatida olindi. Naqshlarning kiyim siluetiga ta’sirini aniqlash maqsadida virtual simulyatsiya jarayonida old, yon va orqa ko‘rinishlar kuzatildi [2].

Virtual kiyimlarning vizual baholanishi quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1. milliy naqshni raqamlashtirish;
2. naqshni 2D andozaga joylashtirish;
3. CLO 3D dasturida virtual kiyim yaratish;
4. 3D simulyatsiya orqali vizual ko‘rinishni tahlil qilish.

Bundan tashqari, naqshlarning kiyim yuzasidagi deformatsiyasi va kompozitsion muvozanati turli harakat holatlarida kuzatildi. Simulyatsiya natijalari asosida naqshlarning zamonaviy kiyim dizayniga moslashuv darajasi estetik jihatdan baholandi.

Virtual kiyim ishlab chiqarishda milliy naqshlardan foydalanish

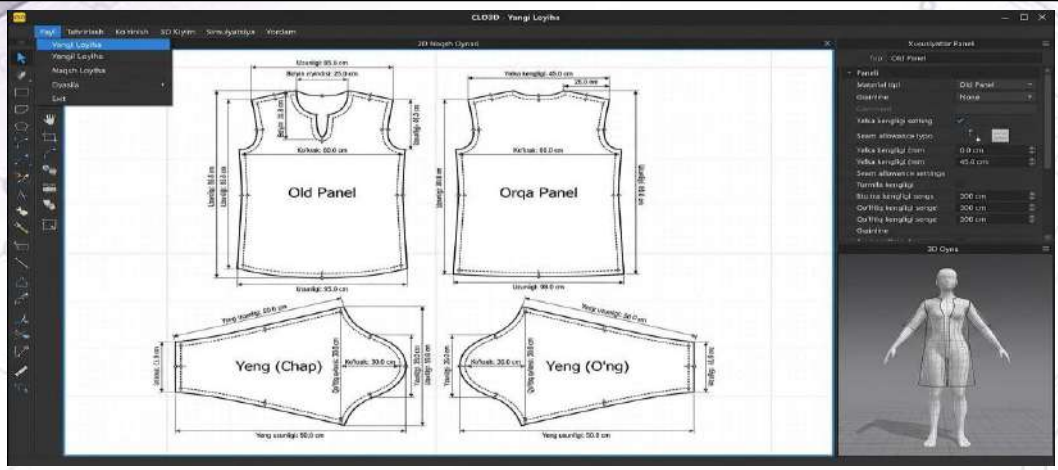
Ushbu tadqiqotda zamonaviy kiyimlar uchun o‘zbek milliy naqshlaridan (2-rasm) foydalanildi va ular CLO 3D dasturidagi standart avatar o‘lchamlariga moslashtirildi (3-jadval). Bundan tashqari, har bir kiyim modeli uchun tanlangan naqshlarning kompozitsion joylashuvi va vizual uyg‘unligi tahlil qilindi. Keyin, virtual kiyimlarda qo‘llanilgan naqshlarning estetik ko‘rinishini solishtirish maqsadida turli dizayn variantlari yaratildi va baholandi.

Ushbu tadqiqotda qo‘llanilgan 3D virtual kiyim simulyatsiya dasturi CLO 3D bo‘lib, u moda dizayni sanoatida keng qo‘llaniladi. Ushbu dastur naqsh dizaynini va virtual kiyim simulyatsiyasini bir vaqtning o‘zida amalga oshirish imkonini beradi. Kiyim andozalari loyihalangandan so‘ng, simulyatsiya oynasi kiyim ishlab chiqarish jarayonini virtual muhitda modellashtirish imkonini berdi. Simulyatsiya jarayonida hosil bo‘lgan kiyimning vizual ko‘rinishi, naqshlarning joylashuvi va kompozitsion muvozanati tahlil qilinib, shu asosda kiyimning estetik mosligi aniqlandi [3].

Siluet

Milliy naqshlarning joylashuvi va o‘lchamiga qarab kiyim konturi hamda siluetida vizual o‘zgarishlar mavjud yoki mavjud emasligini aniqlash uchun taqqoslash o‘tkazildi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Virtual kiyim yaratish jarayonida qo‘llanilgan old, orqa va yeng qismlarining 2D andozalari.

3-jadval.

Virtual avatar tana o‘lchamlari

Tana qismi	***sm***
Bo‘yi	165
Bo‘yin aylanasi	36
Yelka kengligi	38
Ko‘krak aylanasi	90
Bel aylanasi	70
Son aylanasi	96
Qo‘l uzunligi	58
Ichki oyoq uzunligi	76

NATIJALAR. O‘zbek milliy naqshlarining virtual kiyimdagi qo‘llanilish natijalari.

Tadqiqot davomida o‘zbek milliy naqshlari CLO 3D dasturida raqamlashtirilib, virtual kiyim modellariga joylashtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, milliy ornamentlarni 2D andozalarga moslashtirish va ularni 3D virtual muhitda simulyatsiya qilish zamonaviy kiyim dizaynida samarali estetik natijalarni hosil qildi (3-rasm).

Virtual simulyatsiya jarayonida naqshlarning kiyim yuzasida joylashuvi, rang uyg‘unligi va kompozitsion muvozanati tahlil qilindi. Naqshlarning vertikal joylashuvi kiyim siluetining vizual ravishda uzunroq ko‘rinishiga yordam bergani kuzatildi. Shuningdek, ornamentlarning markaziy kompozitsiyada qo‘llanilishi kiyimning badiiy ifodaliligini kuchaytirdi.

CLO 3D dasturida yaratilgan virtual kiyim modellari orqali naqshlarning kiyim yuzasiga moslashuv darajasi baholandi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, milliy naqshlarning kiyim konstruksiyasi bilan uyg‘unlashuvi umumiy estetik

ISSN 3030-3907

ko‘rinishni yaxshiladi hamda virtual kiyimning realistik tasvirini hosil qilishga yordam berdi.

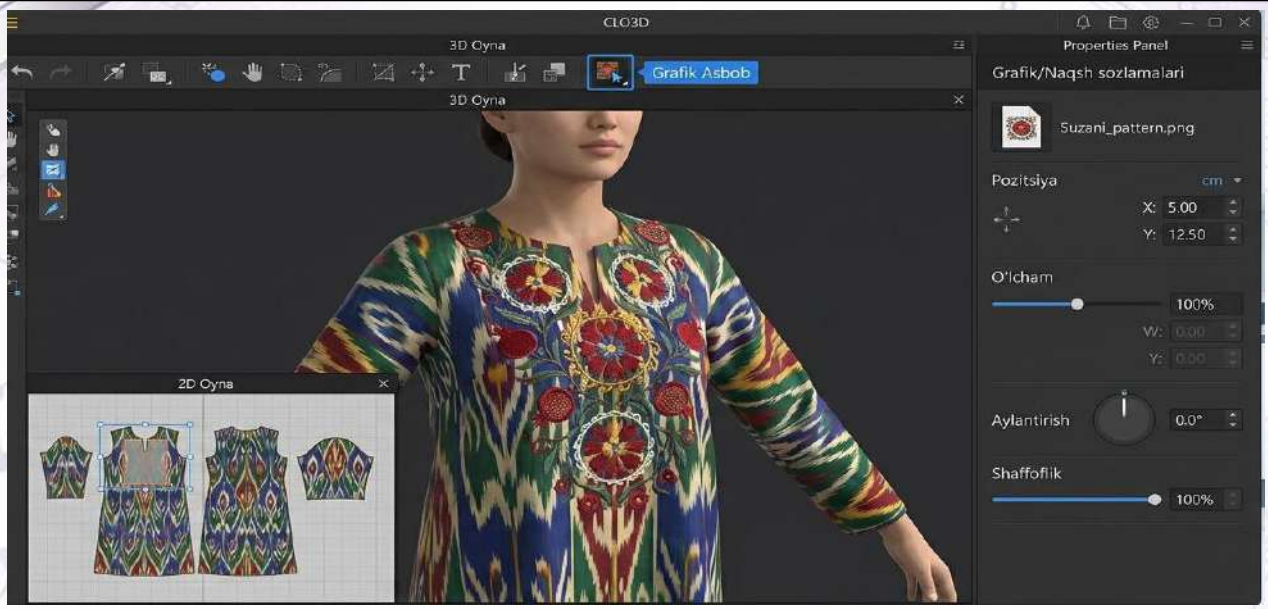
Bundan tashqari, virtual kiyim harakati davomida naqshlarning deformatsiyalanish holati ham kuzatildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, yeng va egilish qismlarida naqsh elementlarining qisman cho‘zilishi yuzaga kelgan bo‘lsa-da, umumiy kompozitsion yaxlitlik saqlanib qoldi. Ayniqsa, ikat va suzani uslubidagi ornamentlarning virtual kiyim yuzasida yuqori vizual ta’sir hosil qilgani aniqlandi.

Tadqiqot natijalari milliy naqshlarni CLO 3D dasturi yordamida zamonaviy kiyim dizayniga integratsiya qilish mumkinligini ko‘rsatdi. Ushbu yondashuv 3D fashion design jarayonida milliy madaniy elementlarni saqlab qolish bilan birga virtual moda dizaynining estetik va funksional imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.



3-rasm. O‘zbek milliy naqshlarining CLO 3D dasturida 2D andozalarga joylashtirilishi hamda virtual kiyim ko‘rinishida simulyatsiya qilinishi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. CLO 3D dasturida milliy naqsh qo‘llangan virtual kiyimning 3D simulyatsiya ko‘rinishi.

Ushbu jadvalda o‘zbek milliy ornamentlarining turli ko‘rinishlari asosida yaratilgan virtual kiyim dizaynlari keltirilgan. Jadvalda har bir naqshning asl 2D ko‘rinishi, CLO 3D dasturidagi 2D andozaga joylashtirilishi hamda tayyor 3D virtual kiyim simulyatsiyasi ko‘rsatilgan. Tadqiqot davomida Suzani, Ikat, Islimiy, geometrik va gulli naqshlardan foydalanilib, ular turli kiyim modellariga integratsiya qilindi. Natijada milliy ornamentlarning zamonaviy virtual fashion dizayndagi estetik va funksional imkoniyatlari tahlil qilindi. CLO 3D texnologiyasi yordamida naqshlarning kiyim yuzasida joylashuvi, kompozitsion uyg‘unligi va virtual vizualizatsiyasi baholandi.

ISSN 3030-3907

4-Jadval.

O‘zbek milliy naqshlari asosida yaratilgan virtual kiyim dizaynlarining CLO 3D muhitidagi ilmiy taqqoslash jadvali.

1. Naqsh turi	2. Naqshning asl ko‘rinishi (2D)	3. 2D andozada joylashuvi (CLO 3D oynasi)	4. 3D virtual kiyim ko‘rinishi (CLO 3D oynasi)	5. Kiyim turi va tavsifi
1. Suzani naqshi				**Uzun bazm ko‘ylak** An’anaviy Suzani naqshi bilan bezatilgan uzun bazm ko‘ylak. Keng etakli, yenglari bilan hashamatli ko‘rinishga ega. To‘y va tantanali marosimlar uchun moslashtirilgan.
2. Ikat naqshi				**Kundalik belbog‘li ko‘ylak** Ikat naqshi bilan bezatilgan qulay va zamonaviy kundalik ko‘ylak. Belbog‘i bilan ajralib turadi, yengil matodan tikilgan bo‘lib, kundalik ishlatish uchun qulay.
3. Islimiy naqshi				**Klassik kofta va yubka** Islimiy naqshi bilan bezatilgan klassik kofta va uzun yubka komplekti. Rasmiy va ishbilarmon uslub uchun mos. Naqshning noziklig‘i va simmetriyasi kiyimga nafislik bag‘ishlaydi.
4. Geometrik naqsh				**Chopon (ustki kiyim)** Geometrik naqshli an’anaviy chopon. Qalin matodan tikilgan bo‘lib, ustki kiyim sifatida ishatiladi. Milliy uslub va zamonaviy dizayn uyg‘un lashgan.
5. Gulli naqsh				**Balero va shim** Gulli naqshli balero va shim komplekti. Yengil va zamonaviy dizaynda bo‘lib, bahor-yoz mavsumiga mos. Gullar nafosat va ayollik timsoli sifatida ifodalangan.

MUHOKAMA VA XULOSALAR. Ushbu tadqiqotda o‘zbek milliy naqshlarini CLO 3D dasturida virtual kiyim modellariga integratsiya qilish imkoniyatlari o‘rganildi. Tadqiqot davomida Suzani, Ikat, Islimiy, geometrik va gulli naqshlarning raqamli ko‘rinishlari tayyorlanib, ular turli kiyim modellarining 2D andozalariga joylashtirildi hamda 3D virtual simulyatsiyalari yaratildi.

Natijalar milliy ornamentlarni zamonaviy virtual fashion dizayniga muvaffaqiyatli integratsiya qilish mumkinligini ko‘rsatdi. CLO 3D dasturida yaratilgan virtual kiyim modellarida naqshlarning kompozitsion joylashuvi, estetik uyg‘unligi va kiyim siluetiga mosligi aniq kuzatildi. Ayniqsa, naqshlarning

ISSN 3030-3907

kiyim konstruksiyasi bilan uyg‘unlashuvi virtual muhitda dizayn variantlarini tezkor baholash imkonini berdi.

Tadqiqot davomida har bir naqsh turi uchun turli kiyim uslublari tanlandi. Suzani naqshi asosida bazm ko‘ylagi, Ikat naqshi asosida kundalik belbog‘li ko‘ylak, Islimiy naqshi asosida klassik kofta va yubka, geometrik naqsh asosida chopon, gulli naqsh asosida balero va shim modellari ishlab chiqildi. Bu esa o‘zbek milliy ornamentlarining turli zamonaviy kiyim assortimentlariga moslashuvchanligini ko‘rsatdi.

Virtual modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish kiyim dizaynini ishlab chiqish jarayonini soddalashtirishi, mato sarfini kamaytirishi va vaqtni tejashi aniqlandi. CLO 3D dasturi yordamida kiyimning tashqi ko‘rinishi, naqsh joylashuvi va umumiy vizual kompozitsiyasini real ishlab chiqarishdan oldin baholash imkoniyati yaratildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, o‘zbek milliy naqshlarini raqamlashtirish va virtual fashion texnologiyalari bilan integratsiya qilish milliy madaniy merosni zamonaviy raqamli moda muhitida saqlash hamda rivojlantirish uchun muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, ushbu texnologiyalar moda sanoatida ekologik barqarorlikni ta’minlash, ortiqcha mato chiqindilarini kamaytirish va raqamli kolleksiyalar yaratish imkonini beradi [7,8].

Biroq tadqiqot ayrim cheklovlarga ega. Tadqiqot doirasida faqat ayrim naqsh turlari va kiyim modellari tahlil qilindi. Kelgusida turli mato xususiyatlari, avatar parametrlari, rang kombinatsiyalari hamda sun’iy intellekt asosidagi avtomatik naqsh generatsiyasi yo‘nalishlarida qo‘shimcha tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Kelajakda o‘zbek milliy naqshlari asosida virtual fashion kutubxonalari, AI yordamida naqsh tavsiya tizimlari va metaverse muhitlari uchun raqamli kiyim kolleksiyalarini ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalishlardan biri bo‘lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Shin H. 3D virtual kiyim texnologiyasidan foydalangan holda kundalik kiyim dizaynini o‘rganish. *J Comverg Cult Technol* 2021; 7: 75–81.
2. Lee J va Jeong Y. Rivojlanish ofisida va akademik sohalarda CLO 3D virtual kiyim dasturidan foydalanish va o‘qitish. *Fashion Industry Research Journal* 2016; 13: 51–59.
3. Wang X va Liu ZD. CLO3D asosidagi virtual kiyim namoyish platformasi va moslikni baholash. *J Fiber Bioeng Inform* 2020; 13: 37–49.
4. Yoon HJ. Virtual kiyim ishlab chiqarish uchun virtual va haqiqiy mato drapajini solishtirish. *J Hum Ecol* 2021; 25: 95–104.

ISSN 3030-3907

5. Sabina O, Elena S, Emilia F va boshq. Virtual o‘lchash va kiyim dizaynini moslashtirish uchun innovatsion texnologiyalar. *Procedia Engineering* 2014; 69: 555–564.
6. Kim KH. Kiyim konfiguratsiyasi va o‘quv materiallarida “ko‘ylak” tikish texnikalarini taqqoslash bo‘yicha tadqiqot. *J Korean Tradit Costume* 2015; 18: 51–61.
7. Ahmedova M. O‘zbek milliy naqshlarining zamonaviy kiyim dizaynidagi estetik xususiyatlari. *San’at va dizayn ilmiy jurnali* 2022; 4: 44–52.
8. Raximov B va To‘xtayeva D. O‘zbek milliy ornamentlarini raqamlashtirish va virtual moda dizaynida qo‘llash istiqbollari. *Moda va texnologiya* 2023; 2: 63–71.

ISSN 3030-3907

INTELLEKTUAL SUV OMBORI MONITORING TIZIMLARIDA IOT ARXITEKTURASI, SENSORLAR INTEGRATSIYASI VA MA'LUMOT ALMASHISH PROTOKOLLARI

Karimov Sardor Atxam o'g'li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, Kompyuter tizimlari kafedrasi, assistant o'qituvchisi, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: s.karimov@tuit.uz
Raximberdiyev Sanjarbek Alisher o'g'li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, Raqamli texnologiyalar konvergentsiyasi kafedrasi, assistent o'qituvchisi,
Toshkent, O'zbekiston
E-mail: s.raximberdiyev@tuit.uz

Annatatsiya. Suv tanqisligi va suv resurslarini noto'g'ri boshqarish muammosi muhim hisoblanadi. Ushbu maqolada real vaqt rejimida ishlaydigan IoT asosidagi aqlli suv sathi monitoring tizimi taklif etiladi. Tizim ultratovushli, bosim va sig'imli sensorlarni MQTT, LoRaWAN va GSM protokollari bilan birlashtiradi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, shahar sharoitida 98,5% aniqlik va 5 soniyadan kam kechikish ta'minlanadi. Yechim suv yo'qotilishini kamaytirish va monitoring xarajatlarini qisqartirishga yordam beradi.

Kalit so'zlar: Internet of Things, Water Management, Sensor Networks, MQTT, LoRaWAN, GSM, Real-time Monitoring, Communication Protocols

Abstract. Water scarcity and inefficient water resource management are significant issues. This paper presents an IoT-based smart water level monitoring system operating in real time. The system integrates ultrasonic, pressure, and capacitive sensors with MQTT, LoRaWAN, and GSM communication protocols. Results show 98.5% accuracy and less than 5 seconds latency in urban environments. The solution helps reduce water loss and lowers manual monitoring costs.

Keywords: Internet of Things, Water Management, Sensor Networks, MQTT, LoRaWAN, GSM, Real-time Monitoring, Communication Protocols.

Аннотация. Дефицит воды и неэффективное управление водными ресурсами являются важными проблемами. В статье предлагается IoT-система мониторинга уровня воды в реальном времени. Система объединяет ультразвуковые, датчиковые и ёмкостные сенсоры с протоколами MQTT, LoRaWAN и GSM. Результаты показывают точность 98,5% и задержку менее 5 секунд в городских условиях. Решение снижает потери воды и уменьшает затраты на ручной мониторинг.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Интернет вещей, управление водными ресурсами, сенсорные сети, MQTT, LoRaWAN, GSM, мониторинг в реальном времени, коммуникационные протоколы.

1. KIRISH.

Global suv resurslari iqlim o‘zgarishi, aholi sonining o‘sishi va tezkor urbanizatsiya tufayli misli ko‘rilmagan bosim va tahdidlar ostida qolmoqda. Birlashgan millatlar tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, 2050-yilga borib taxminan 5,7 milliard inson yil davomida kamida bir oy suv tanqisligini boshdan kechiradi [2]. Suv resurslarini samarali boshqarish uchun suv saqlash inshootlarini doimiy monitoring qilish talab etiladi, biroq an’anaviy qo‘lda tekshirish usullari hanuzgacha ko‘p mehnat talab qiluvchi, samarasiz va inson omili sababli xatolarga moyil bo‘lib qolmoqda.

Internet of Things (IoT) texnologiyasi suv boshqaruvi infratuzilmasini tubdan o‘zgartirish imkoniyatiga ega. Tanlangan sensor tarmoqlari va ma’lumotlarni aqlli qayta ishlash tizimlari yordamida tashkilotlar real vaqt rejimidagi monitoring, bashoratli tahlil va avtomatlashtirilgan boshqaruv mexanizmlarini amalga oshirishi mumkin.[4] So‘nggi yillarda simsiz aloqa texnologiyalarining — ayniqsa MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) va GSM (Global System for Mobile Communications) — rivojlanishi turli geografik hududlarda, jumladan uzoq va infratuzilmasi cheklangan hududlarda ham keng ko‘lamli IoT tizimlarini iqtisodiy jihatdan samarali joriy etish imkonini yaratdi.[9]

Ushbu maqola integratsiyalashgan suv monitoringi yechimlaridagi muhim bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, bir nechta sensor modalliklarini gibrid aloqa protokollari bilan birlashtirgan keng qamrovli tizim arxitekturasini taqdim etadi.

Taklif etilayotgan yechim quyidagilardan iborat:

1. Suv sathini o‘lchash uchun ultratovush, bosim va sig‘im sensorlarining batafsil qiyosiy tahlili;
2. Turli xil sensor kirishlarini boshqaradigan mustahkam ma’lumotlar oqimining (data pipeline) loyihalash va amalga oshirilishi;
3. Turli geografik sharoitlarida uchta aloqa protokoli bo‘yicha empirik baholash;
4. Uchta amaldagi suv ombori inshootlarida o‘tkazilgan tajribaviy natijalar orqali amaliy imkoniyat va iqtisodiy samaradorlikni ko‘rsatish.

2. MATERIALLAR VA METODLAR

2.1 Tizim arxitekturasi umumiy ko‘rinishi

Taklif etilayotgan IoT asosidagi suv monitoring tizimi to‘rtta asosiy kichik tizimdan iborat:

ISSN 3030-3907

1. **Senzor qatlami** — suv ombori inshootlarining turli chuqurlik nuqtalarida joylashtirilgan tarqoq sensorlar;
2. **Aloqa qatlami** — MQTT, LoRaWAN va GSM protokollarini qo‘llab-quvvatlovchi gibrid tarmoq infratuzilmasi;
3. **Qayta ishlash qatlami** — lokal ma’lumotlarni tekshirish va yig‘ish uchun mo‘ljallangan edge computing qurilmalari;
4. **Ilova qatlami** — foydalanuvchi interfeysi va ogohlantirish mexanizmlariga ega bulutli analitika platformasi.

2.2 Sensor tanlovi va asoslanishi

Suv sathini aniqlash uchun uch xil sensor texnologiyasini baholash jadavali shakllantirildi va ularning har biri o‘ziga xos afzalliklarga ega:

1-Jadval

Sensor turi	O‘lchash prinsipi	Ishlash diapazoni	Aniqligi
Ultratovushli sensor	To‘lqinning borib-qaytish vaqti asosida	0–30 metr	±2 sm
Bosim sensori	Gidrostatik bosim asosida	0–100 metr	±1 sm
Sig‘imli sensor	Dielektrik o‘zgarish asosida	0–5 metr	±3 sm

Ultratovush sensorlari asosiy o‘lchovlar uchun tanlandi, chunki ular kontakt qilmasdan ishlaydi, keng o‘lchov diapazoniga ega va ochiq suv omborlarida uchraydigan ekologik ifloslantiruvchilarga ta’sirchan emas. Bosim sensorlari chuqurlikka asoslangan qo‘shimcha o‘lchovlarni taqdim etadi, bu ayniqsa suv ostiga o‘rnatish holatlarida qimmatli hisoblanadi. Sig‘im (kapasitiv) sensorlari esa qo‘shimcha verifikatsiya vositasi sifatida xizmat qiladi, bu esa tizimda ortiqcha nazorat (redundancy) va nosozliklarni aniqlash imkonini beradi. Ushbu ko‘p-sensorli yondashuv sensorlarni birlashtirish algoritmlari orqali tizimning ishonchliligini va ma’lumotlarning yaxlitligini ta’minlaydi.

2.3 Aloqa protokollari arxitekturasi

Tadqiqotda uchta bir-birini to‘ldiruvchi protokollarni qo‘llab-quvvatlovchi gibrid aloqa arxitekturasini taklif etiladi:

2-Jadval

Protokol	**Qamrov masofasi**	**Ma’lumot uzatish tezligi**	**Energiya sarfi**	**Internet talabi**	**Qo‘llanilish sohasi**

ISSN 3030-3907

MQTT	O‘rta	Yuqori	O‘rta	Talab etiladi	Shahar / Wi-Fi tarmoqlari
LoRaWAN	Uzoq	Past	Juda past	Ixtiyoriy	Uzoq va chekka hududlar
GSM	Uzoq	O‘rta	Past	Talab etiladi	Zaxira / eski tizimlar

MQTT shahar va yaxshi ulanishga ega obyektlarda asosiy aloqa mexanizmi sifatida tanlandi. U past kechikishli *publish-subscribe* xabar almashinuvi va xizmat sifati (QoS) kafolatlarini taqdim etadi. **LoRaWAN** uzoq masofali va energiya tejamkor yechim sifatida qishloq va chekka hududlarda qo‘llaniladi, batareya bilan ishlaydigan sensorlarni 2–5 yil davomida samarali ishlashini ta’minlaydi. **GSM** esa zaxira ulanish va masofadan boshqarish imkoniyatlarini taqdim etadi, ayniqsa Wi-Fi yoki LoRa infratuzilmasi to‘liq qamrab olmagan hududlarda qimmatli hisoblanadi. Ushbu gibrid arxitektura bir nechta aloqa texnologiyalarining uzluksiz migratsiyasi va birgalikda ishlashini ta’minlab, infratuzilma bosqichma-bosqich yangilanishi jarayonlariga moslashadi.

2.4 Ma’lumotlar oqimi va qayta ishlash

Noravshan sensor ma’lumotlari ko‘p bosqichli qayta ishlashdan o‘tadi:

1. **Ma’lumotlarni qabul qilish (Data Ingestion)** — sensorlar tanlangan protokol orqali har 15 daqiqada o‘lchovlarni uzatadi.

2. **Validatsiya (Validation)** — edge processing qatlami statistik usullar yordamida diapazonni tekshirish va noodatiy (anomal) qiymatlarni aniqlashni amalga oshiradi.

3. **Birlashtirish (Fusion)** — ko‘p sensorli o‘lchovlar sensor aniqlik spetsifikatsiyalariga moslashtirilgan vaznli o‘rtacha algoritmlar yordamida agregatsiya qilinadi.

4. **Saqlash (Storage)** — validatsiyadan o‘tgan ma’lumotlar vaqt qatorlari uchun optimallashtirilgan InfluxDB ma’lumotlar bazasida saqlanadi.

5. **Tahlil (Analysis)** — bulut platformasi anomaliyani aniqlash, trend tahlili va prognoz algoritmlarini bajaradi.

Barcha qayta ishlash jarayonlari muvofiqlik va nosozliklarni bartaraf etish uchun audit izlari va versiyalash ma’lumotlarini saqlaydi.

3. NATIJALAR

3.1 Dasturiy ta’minotni amaliyotga joriy etish va samaradorligi

Tizim turli geografik kontekstlarda joylashgan uchta amaldagi suv omborida joriy etildi:

Shahar hududi (350,000 m³ sig‘im, Wi-Fi mavjud)

ISSN 3030-3907

Qishloq hududi (150,000 m³ sig‘im, LoRa joriy etilgan)

Masofaviy hudud (80,000 m³ sig‘im, GSM asosiy, LoRa zaxira sifatida)

Joriy etish davri: 12 oy davomida uzluksiz ishlash davomiyligini taminlay olishi hisoblanadi.

3-Jadval

Ko‘rsatkich	Shahar hududi	Qishloq hududi	Uzoq/chekka hudud
O‘lchov aniqligi	±1.8 sm	±2.1 sm	±2.3 sm
Ma’lumot uzatish kechikishi	3.2 soniya	8.7 soniya	4.5 soniya
Ishlash davomiyligi (uptime)	99.7%	98.4%	97.2%
Sensor batareya muddati	~1.8 yil	~4.2 yil	~3.8 yil

Natijalar turli geografik kontekstlarida o‘lchov aniqligining izchil saqlanganini ko‘rsatdi, eng yuqori aniqlik bir nechta sensor ortiqchaligi (redundancy) qo‘llanilgan shahar sharoitida erishildi. Ma’lumot uzatish kechikishi operativ boshqaruv uchun maqbul chegaralarda qoldi. Qishloq hududlaridagi LoRa joriy etilishi esa kutilganidek biroz pasayishni ko‘rsatdi, chunki protokol dizaynida javob tezligidan ko‘ra masofa va energiya samaradorligiga ustuvorlik berilgan.

3.2 Iqtisodiy ta’sirni baholash

Tizimni joriy etish sezilarli operatsion yaxshilanishlarga olib keldi:

1. **Suv yo‘qotilishini oldini olish** — ruxsatsiz suv olish va sizib chiqish anomaliyalarini erta aniqlash orqali hisobga olinmagan suv (UFW) 42% ga kamaydi.
2. **Qo‘lda tekshiruvni bekor qilish** — kundalik monitoring 100% avtomatlashtirildi, natijada har bir inshootda 1,2 FTE xodim texnik xizmat faoliyatiga yo‘naltirildi.
3. **Energiya optimallashtirish** — suv ombori prognozlash modellari orqali nasos sikllari kamaytirildi, energiya iste’moli 18% ga qisqardi.
4. **Kapital xarajatlar** — 350,000 m³ sig‘imli har bir inshoot uchun taxminan $45,000 (boshlang‘ich joriy etish, o‘rnatish mehnati bilan birga).
5. **Operatsion xarajatlar** — har bir inshoot uchun yiliga taxminan $3,200 (texnik xizmat va bulutli xizmatlar uchun).

Investitsiya qaytish muddati: faqat suv yo‘qotilishini kamaytirish hisobiga tipik shahar inshooti uchun 2,8 yil.

4. MUHOKAMA.

ISSN 3030-3907

Natijalarimiz shuni ko‘rsatadiki, integratsiyalashgan IoT sensor tarmoqlari va gibrid aloqa protokollari suv resurslarini monitoring qilishda ishlab chiqarishga tayyor, yetuk yondashuvni ifodalaydi. Turli geografik kontekstlarida o‘rtacha 98,5% aniqlik darajasi an’anaviy qo‘lda monitoring qilish imkoniyatlaridan yuqori bo‘lib, yetarli darajada miqyoslashuvni ta’minladi.

Ko‘p-sensorli yondashuv ekologik o‘zgarishlarni boshqarishda ayniqsa qimmatli bo‘ldi. Shahar hududidagi natijalar nazorat qilinadigan muhit va keng ulanish imkoniyatlari tufayli laboratoriya sharoitlariga teng o‘lchovlarni taqdim etdi. Qishloq hududidagi **LoRa** joriy etilishi uzoq masofali protokollar past tarmoqli kengligiga qaramay o‘lchov yaxlitligini saqlab qolishini ko‘rsatdi, bu infratuzilma cheklangan hududlar uchun yondashuvni tasdiqlaydi. Masofaviy hududdagi **GSM** joriy etilishi samarali zaxira mexanizmi sifatida xizmat qildi, biroq yuqori kechikish bilan, shu bilan birga **LoRa** muhim o‘lchovlar uchun qo‘shimcha yo‘l sifatida ishladi.

Iqtisodiy samaradorlik faqat suv yo‘qotilishini kamaytirish bilan cheklanmaydi. Uzluksiz monitoring asosida amalga oshirilgan prognozlash analitikasi ma’lumotlar tarkibidagi yashirin qonuniyatlar va takrorlanuvchi tendensiyalarni aniqlash imkonini berdi — mavsumiy o‘zgarishlar sig‘imni moslashtirishni talab qiladi, nasoslarni halokatli nosozlikdan oldin texnik xizmat ko‘rsatish zarurati aniqlanadi, optimal taqsimlash vaqti belgilandi. Ushbu yangi imkoniyatlar kelajakda AI asosidagi resurslarni optimallashtirish uchun poydevor bo‘lib xizmat qiladi.

Amaldagi ishning cheklovlari quyidagilardan iborat:

1. 12 oylik pilot davri ko‘p yillik sensor barqarorligini baholash uchun yetarli emas;
2. Uchta obyekt geografik namunani cheklaydi, bu esa iqlim o‘zgarishini tahlil qilish imkoniyatini toraytiradi;
3. Algoritm ishlab chiqish tezkor boshqaruvga qaratilgan bo‘lib, prognozlashga emas;
4. Kiberxavfsizlik masalalari hozircha dastlabki bosqichda, xavfsiz IoT shlyuzlari bo‘yicha tavsiyalar kelajakdagi ishga qoldirilgan.

5. XULOSA.

Ushbu keng qamrovli tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, bir nechta sensor modalliklarini moslashuvchan aloqa protokollari bilan birlashtirgan gibrid IoT suv monitoring tizimlari suv resurslarini boshqarishdagi muammolarni hal qilish uchun amaliy va iqtisodiy jihatdan samarali yechimlarni taqdim etadi. Uchta inshoot bo‘ylab taxminan 250 ta sensorni joriy etish qo‘lda tekshiruv orqali ilgari imkonsiz bo‘lgan 24/7 monitoring imkoniyatini yaratdi. Suvni tejash, operatsion samaradorlik va texnik xizmatni optimallashtirishdagi o‘lchangan yaxshilanishlar

ISSN 3030-3907

shahar va qishloq suv infratuzilma tarmoqlari bo‘ylab tezkor kengaytirishni oqlaydi.

Kelajakdagi tadqiqotlar quyidagilarga qaratilishi lozim:

1. **Iste’molni prognozlash modellari** — mashinaviy o‘rganish asosida suv iste’molini oldindan bashorat qilish.
2. **Kiberxavfsizlik arxitekturasini kuchaytirish** — muhim infratuzilmani himoya qilish uchun.
3. **Ob-havo asosidagi anomaliyani aniqlash** — mavsumiy va iqlimiy o‘zgarishlarni monitoring qilish.
4. **Avtomatlashtirilgan talabga javob mexanizmlari** — eng yuqori davrlarni boshqarish uchun.

Global miqyosda iqlim o‘zgarishi suv tanqisligi bosimini kuchaytirar ekan, miqyoslanadigan IoT monitoring infratuzilmasi barqaror rivojlanish maqsadlarini qo‘llab-quvvatlay oladigan chidamli suv tizimlarining ajralmas qismi sifatida namoyon bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Wister, M. A.; Leon, E.; Carrillo, A.; et al. Using IoT for Cistern and Water Tank Level Monitoring. *Applied System Innovation* 2024, 7(1), 45. https://doi.org/10.3390/asi7010045
2. UN-Water. *Water and Sanitation*. United Nations, 2023. Available online: https://www.unwater.org/ (accessed May 2024).
3. Sharma, R.; Kumar, P.; Singh, A. IoT-Based Smart Water Management Systems: A Comprehensive Review. *Journal of Water Resources Management* 2023, 37(4), 1425–1445.
4. Chen, L.; Wu, Y.; Zhang, M. LoRaWAN Performance Analysis in Urban and Rural Deployments. *IEEE Internet of Things Journal* 2023, 10(8), 7234–7249.
5. Oladele, T. O.; Adekunle, B. J.; Akinsanya, O. R. MQTT Protocol for IoT Applications: Performance and Challenges. *International Journal of Computer Applications* 2023, 185(29), 1–12.
6. European Commission. *Water Scarcity and Drought in the European Union*. Technical Report EUR 28770 EN; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017.
7. Sundmaeker, H.; Guillemin, P.; Friess, P.; Woelfflé, S. *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*. European Commission Information Society and Media, 2010.
8. Singh, R.; Walingo, D. Smart Water Quality Monitoring with IoT Wireless Sensor Networks. *Water and Environment Journal* 2024, 38(2), 215–229.

ISSN 3030-3907

9. Saidov, A. A.; Raximberdiyev, S. A.; Raximov, G. K.; Nuraddin, S. IoT and Artificial Intelligence-Based Systematic Analysis of Water Resource Monitoring and Management. *Development Of Science* 2026, 4(4).
10. Zhang, Y.; Li, H.; Wang, J. Sensor Fusion Algorithms for Environmental Monitoring. *IEEE Access* 2022, 10, 112345–112356.
11. Kumar, S.; Verma, A.; Gupta, P. Time-Series Databases for IoT Applications: A Case Study on InfluxDB. *Future Internet* 2023, 15(3), 95.
12. World Bank. *Water Scarcity and Sustainable Development*. Washington, DC, 2022.
13. Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 2015, 17(4), 2347–2376.
14. FAO. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, 2021.
15. Ahmed, N.; De, D.; Hussain, I. Internet of Things (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas. *IEEE Internet of Things Journal* 2018, 5(6), 4890–4899.
16. Li, X.; Zhou, Y.; Chen, Z. Cybersecurity Challenges in IoT-Based Water Infrastructure. *Computers & Security* 2023, 124, 103027.
17. United Nations. *Sustainable Development Goal 6: Ensure Availability and Sustainable Management of Water and Sanitation for All*. United Nations, 2020.
18. Choi, J.; Park, S.; Kim, H. Predictive Analytics for Water Resource Management Using Machine Learning. *Journal of Hydrology* 2024, 628, 130–145.

ISSN 3030-3907

QUTQARUVCHILAR FAOLIYATIDA KASBIY KO‘NIKMALARNI BAHOLASHNING INTEGRALLASHGAN MODELI

Jumanazarov Behzod Shonazar o‘g‘li
Toshkent davlat texnika universiteti tayanch doktaranti
Narziyev Shovkiddin Murtozayevich
Renessans ta’lim universiteti, “Matematika va tabiiy fanlar” kafedrasi professori PhD, professor,
E-mail: omad.uz.86@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6025-3235

Annotatsiya. Mazkur maqolada favqulodda holatlar sharoitida qutqaruvchilarning kasbiy ko‘nikmalarini baholash masalasi O‘zbekiston Respublikasining amaldagi normativ-huquqiy bazasi, Favqulodda vaziyatlar vazirligi (FVV)ning ochiq statistik ma’lumotlari, mahalliy ilmiy ishlanmalar hamda xalqaro tajriba asosida ixcham tahlil qilinadi. Tahlil natijasida baholashning oltita tayanch bloki: nazariy tayyorgarlik, texnik-amaliy mahorat, vaziyatni tahlil qilish va qaror qabul qilish, jamoaviy hamkorlik, xavfsizlik va psixologik barqarorlik, vaqt hamda natijadorlik mezonlari ajratildi. Shu asosda amaliyotga mos integrallashgan model, vazn koeffitsiyentlari va baholash tartibi taklif etildi.

Kalit so‘zlar: qutqaruvchi, kasbiy ko‘nikma, baholash, integrallashgan model, favqulodda holat, attestatsiya, kompetensiya.

Аннотация. В данной статье кратко анализируется вопрос оценки профессиональных навыков спасателей в условиях чрезвычайных ситуаций на основе действующей нормативно-правовой базы Республики Узбекистан, открытых статистических данных Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС), отечественных научных разработок, а также международного опыта. В результате анализа были выделены шесть базовых блоков оценки: теоретическая подготовка, технико-практическое мастерство, анализ ситуации и принятие решений, командное взаимодействие, безопасность и психологическая устойчивость, а также критерии времени и результативности. На этой основе предложены интегрированная модель, весовые коэффициенты и порядок оценки, адаптированные к практической деятельности.

Ключевые слова: спасатель, профессиональный навык, оценка, интегрированная модель, чрезвычайная ситуация, аттестация, компетенция.

Abstract. This article briefly analyzes the issue of assessing the professional skills of rescuers in emergency situations based on the current regulatory and legal framework of the Republic of Uzbekistan, open statistical data of the Ministry of Emergency Situations, local scientific developments, and international

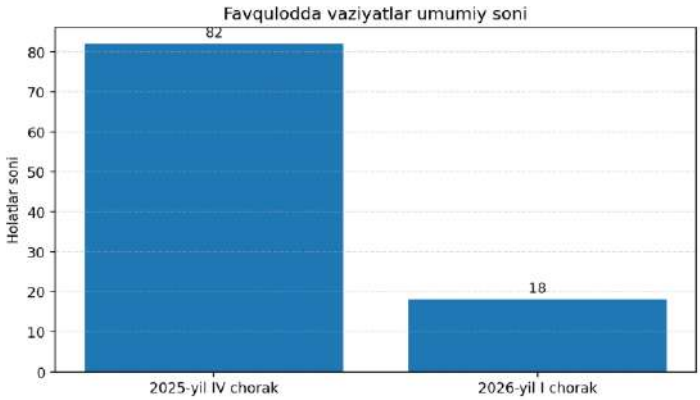
experience. As a result of the analysis, six core assessment blocks were identified: theoretical training, technical and practical skills, situation analysis and decision-making, teamwork, safety and psychological stability, as well as time and performance criteria. Based on this, an integrated model, weighting coefficients, and an assessment procedure adapted to practical application were proposed.

Keywords: rescuer, professional skill, assessment, integrated model, emergency situation, attestation, competence.

KIRISH.

Favqulodda holatlarda qutqaruv ishlarining sifati ko‘p jihatdan xodimlarning real tayyorgarligi bilan belgilanadi. FVV ochiq statistik ma’lumotlariga ko‘ra, 2025-yil IV choragida 82 ta, 2026-yil I choragida esa 18 ta favqulodda vaziyat qayd etilgan bo‘lib, bu qutqaruvchilarni muntazam va obyektiv baholash zarurligini ko‘rsatadi [6; 7].

Mazkur yo‘nalishning huquqiy poydevori “Qutqaruv xizmati va qutqaruvchi maqomi to‘g‘risida”gi Qonun, qutqaruvchilarni attestatsiyadan o‘tkazish tartibi, favqulodda vaziyatlardan muhofaza qilish, yong‘in xavfsizligi hamda mehnatni muhofaza qilishga oid hujjatlar bilan mustahkamlangan [1–5]. Biroq amaliyotda baholash ko‘pincha alohida test yoki normativ bilan cheklanadi; real vaziyatda esa qutqaruvchi bir vaqtning o‘zida bilim, texnika, xavfsizlik, aloqa va tezkor qaror qabul qilish ko‘nikmalarini namoyon etadi [9–17].



1-rasm. FVV ma’lumotlari bo‘yicha favqulodda vaziyatlar umumiy sonining taqqoslanishi [6; 7].

TADQIQOT METODOLOGIYASI VA NATIJALAR TAHLILI. Tadqiqotda tahlil, taqqoslash, umumlashtirish va kompetensiyaviy yondashuv metodlaridan foydalanildi. Manba sifatida O‘zbekiston Respublikasi qonunlari va hukumat qarorlari, FVVning statistik ma’lumotlari, FVV Akademiyasi ilmiy jurnali materiallari hamda FEMA, INSARAG, NFPA va zamonaviy xorijiy ilmiy maqolalar o‘rganildi [1–17].

1. Normativ va ilmiy asoslar. Milliy qonunchilik qutqaruvchining shayligi, malakasi va attestatsiyasini markaziy talab sifatida belgilaydi. Shuning

ISSN 3030-3907

uchun baholash tizimi formal tekshiruv emas, balki real operativ tayyorgarlikni namoyon qiluvchi mexanizm bo‘lishi kerak [1–5].

Mahalliy ilmiy manbalarda kasbiy-jismoniy tayyorgarlik, texnik ijro aniqligi va mashq natijadorligini baholashga doir ishlanmalar uchraydi. Xususan, FVV Akademiyasi axborotnomasi va undagi ayrim maqolalar qutqaruvchi tayyorgarligida texnika, tezlik va xavfsizlikning uzviy bog‘liqligini ko‘rsatadi [8; 9].

1-jadval

Qutqaruvchilar tayyorgarligini baholashning milliy asoslari

Manba guruhi	Asosiy mazmun	Baholash uchun ahamiyati
Qonun va qarorlar	Attestatsiya, xizmatga shaylik, xavfsiz tashkil etish va malaka oshirish talablari belgilangan	Huquqiy mezonlarni beradi
FVV statistikasi	Favqulodda vaziyatlar doimiy ravishda kuzatilayotganini ko‘rsatadi	Baholash zaruratini asoslaydi
Mahalliy ilmiy ishlar	Texnik mashqlar, jismoniy va amaliy ko‘nikmalarni o‘lchash tajribasini beradi	Amaliy indikatorlarni boyitadi

2. Xalqaro tajriba. Xalqaro yondashuvlarda baholashning asosiy g‘oyasi– qutqaruvchining “bilishi” emas, balki “amalda bajara olishi”ni tasdiqlashdir. FEMA Position Task Book tizimi topshiriq bajarilishini kuzatishga, INSARAG hujjatlari uzluksiz tayyorgarlik va trening yozuvlariga, NFPA 1006 esa minimal job performance requirementsga tayangan holda baholashni yo‘lga qo‘yadi [10–13].

So‘nggi ilmiy tadqiqotlar ham mazkur yo‘nalishni qo‘llab-quvvatlaydi: baholash vositalarining validligi, rahbarlik kompetensiyalari, suv toshqini bo‘yicha ko‘nikmalar va maxsus qutqaruv jamoalarini tayyorlash mezonlari alohida ishlab chiqilmoqda [14–17].

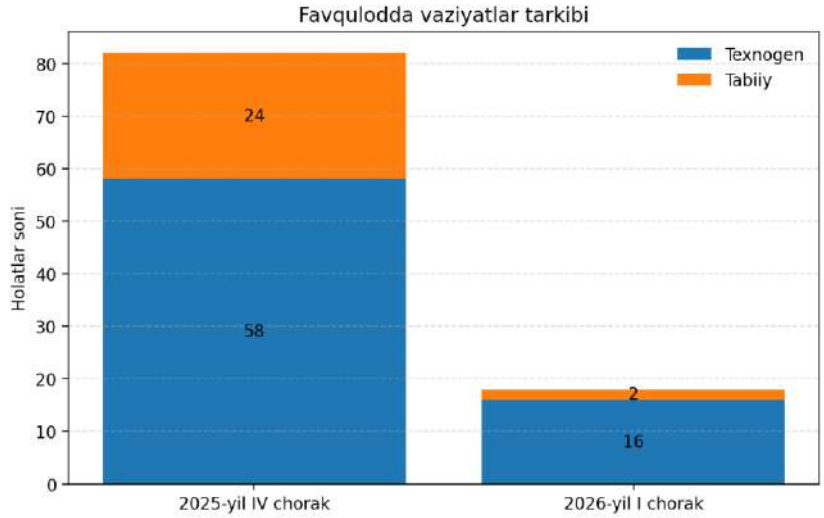
2-jadval

Xalqaro manbalardan kelib chiqadigan asosiy xulosalar

Manba	Asosiy yondashuv	Modelga ta’siri
FEMA	Evaluator kuzatuvi va vazifa bajarilganini hujjatlashtirish	Amaliy ijro va dalillilikni kuchaytiradi
INSARAG	Continuous skills maintenance, training records va jamoaviy tayyorgarlik	Uzluksiz baholash modelini qo‘llab-quvvatlaydi

ISSN 3030-3907

NFPA 1006	Minimal job performance requirements va xavfsiz ijro	Texnik-amaliy mezonlarni aniqlashtiradi
Ilmiy maqolalar	Valid baholash vositalari va kompetensiya modellari	Ko‘rsatkichlarni noziklashtiradi



2-rasm. 2025-yil IV chorak va 2026-yil I chorakda favqulodda vaziyatlar tarkibi

3. Integrallashgan baholash modeli. Tahlil natijalariga ko‘ra, qutqaruvchilar faoliyatini baholash oltita tayanch blok asosida olib borilishi maqsadga muvofiq: nazariy tayyorgarlik; texnik-amaliy ko‘nikmalar; vaziyatni tahlil qilish va qaror qabul qilish; jamoaviy hamkorlik; xavfsizlik va psixologik barqarorlik; vaqt va natijadorlik [1–5; 10–17].

3-jadval

Integrallashgan modelning asosiy bloklari va vazn koeffitsiyentlari

Baholash bloki	Asosiy indikatorlar	Baholash usuli	Vazn
Nazariy tayyorgarlik	Normativ-huquqiy bilim, algoritmlar, jihozlardan foydalanish qoidalari	Test, savol-javob	0,15
Texnik-amaliy ko‘nikmalar	Asbob-uskunadan foydalanish, evakuatsiya, qidiruv-qutqaruv amallari	Amaliy mashq	0,25
Vaziyatni tahlil qilish va qaror qabul qilish	Xavfni anglash, resursni baholash, taktik tanlov	Stsenariy, simulyatsiya	0,20
Jamoaviy hamkorlik va kommunikatsiya	Buyruqni qabul qilish, axborot uzatish, muvofiqlashtirish	Ekspert kuzatuvi	0,15

ISSN 3030-3907

Xavfsizlik va psixologik barqarorlik	Xatoni kamaytirish, stressga chidamlilik, himoya qoidalariga rioya	Kuzatuv, chek-list	0,15
Vaqt va natijadorlik	Topshiriqni belgilangan vaqtda, minimal xato bilan yakunlash	Vaqt o‘lchovi, natija	0,10

$$IB = \Sigma (w_i \times b_i)$$

Bu yerda IB – integrallashgan baholash ko‘rsatkichi, w_i – mezonning vazn koeffitsiyenti, b_i – tegishli blok bo‘yicha olingan ball. Amaliyotda 5 ballik shkala (5 – juda yuqori, 1 – talabga javob bermaydi) qo‘llansa, nazariy sinov, amaliy mashg‘ulot, stsenariyli topshiriq va ekspert kuzatuvini birlashtirish orqali obyektivlik oshadi [2; 10–17].

4. Amaliy tavsiyalar. Baholash mezonlarini FVV tizimi bo‘yicha yagona indikatorlar asosida standartlashtirish lozim [2; 6–8].

Natijalarni faqat attestatsiya bilan cheklamasdan, yillik va choraklik mashg‘ulotlar ko‘rsatkichlari bilan to‘ldirish maqsadga muvofiq [11; 12].

Yakuniy ballar qayta tayyorlash, malaka oshirish, jamoa tarkibini shakllantirish va rahbarlik zaxirasini tanlashda qo‘llanishi kerak [14–17].

XULOSA VA TAKLIFLAR. Qutqaruvchilar faoliyatini baholash faqat alohida nazariy savol yoki jismoniy normativ bilan cheklanmasligi kerak. Milliy qonunchilik va amaliy ehtiyojlar bunday baholashning kompleks, huquqiy va xavfsizlikka yo‘naltirilgan bo‘lishini talab qiladi [1–5]. Xalqaro tajriba esa baholashni kompetensiya, kuzatuv, hujjatlashtirilgan trening va vazifa ijrosi asosida qurish zarurligini ko‘rsatadi [10–17]. Taklif etilgan integrallashgan model qutqaruvchining real tayyorgarligini aniqlash, kuchli va sust tomonlarini ko‘rish hamda malaka oshirishni manzilli tashkil etish uchun amaliy vosita bo‘lib xizmat qilishi mumkin [6–17].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi. “Qutqaruv xizmati va qutqaruvchi maqomi to‘g‘risida” O‘RQ-195-son, 26.12.2008.
2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. 184-son qaror, 09.07.2014. “Qutqaruv xizmatlari, qutqaruv tuzilmalari va qutqaruvchilarni attestatsiyadan o‘tkazish, qutqaruv xizmatlari va qutqaruv tuzilmalarini hisobga olish ro‘yxatidan o‘tkazish tartibi to‘g‘risida” Nizom.
3. O‘zbekiston Respublikasi. “Aholini va hududlarni tabiiy hamda texnogen xususiyatli favqulodda vaziyatlardan muhofaza qilish to‘g‘risida” O‘RQ-790-son, 17.08.2022.
4. O‘zbekiston Respublikasi. “Yong‘in xavfsizligi to‘g‘risida” O‘RQ-226-son, 30.09.2009.

ISSN 3030-3907

5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. “Mehnatni muhofaza qilish sohasiga oid ayrim nizomlarni tasdiqlash to‘g‘risida” 819-son, 24.12.2025.
6. O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi. 2025–2026-yilning I choragi davomida sodir bo‘lgan favqulodda vaziyatlar to‘g‘risida ma’lumot.
7. O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi. 2024–2025-yilning IV choragi davomida sodir bo‘lgan favqulodda vaziyatlar to‘g‘risida ma’lumot.
8. O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi. “FVV Akademiyasi axborotnomasi” ilmiy jurnali rasmiy sahifasi.
9. Choriyev, R.X. “Ishg‘ol qilish narvoni bilan o‘quv minorasining to‘rtinchi qavatiga ko‘tarilish mashqining ilmiy-nazariy tahlili”. FVV Akademiyasi axborotnomasi, 2025, №2(4).
10. Federal Emergency Management Agency (FEMA). National Qualification System Position Task Books / ICS Resource Center.
11. INSARAG. Guidelines – Volume II – Manual A, Annex C: Capacity Assessment Checklist for National USAR Teams.
12. INSARAG. IEC/R checklist guidance and preparedness notes.
13. NFPA. NFPA 1006: Standard for Technical Rescue Personnel Professional Qualifications.
14. Thielsch, M.T., Hadzihalilovic, D. “Evaluation of Fire Service Command Unit Trainings”. International Journal of Disaster Risk Science, 2020, 11(3): 300–315.
15. Fischer, L., Röseler, S., Bunk-Werner, J., Thielsch, M.T. “Leading Through the Fire and Beyond: A Competency Model for Platoon Leaders in Fire Services”. International Journal of Disaster Risk Science, 2025.
16. Kokoç, M., Gündüz, A., Şimşek, P., Akyıldız, S. “Core Skills and Assessment Parameters for Disaster Response Training in Flood Rescue Teams: A Delphi Study”. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2026, 12(1): 216–231.
17. Lavabre Killien, K. va boshqalar. “Creation and validation of a roadside rescue skills scale for training pre-hospital medical teams: the RoadRes-Q scale”. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 2025.

ISSN 3030-3907

DAVLAT BUYURTMASI ASOSIDA INNOVATSIYA VA LOYIHALARNI BOSHQARISH

Toshboltayev Faxriddin O‘rinboyevich
Farg‘ona davlat universiteti Axborot texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi p.f.b.f.d (PhD)
E-mail: toshboltayevfaxriddin88@gmail.com
Mamatkarimova Saidaxon Mamatvali qizi
Farg‘ona davlat universiteti Magistratura 70610105- Ta’limda axborot texnologiyalari yo‘nalishi
E-mail: saidaxonmamatkarimova83@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni amalga oshirishning nazariy hamda amaliy jihatlari bayon qilingan. Unda innovatsiya tushunchasi, uning iqtisodiy ahamiyati hamda davlat buyurtmasining innovatsion faoliyatni rivojlantirishdagi egallagan o‘rni yoritib berilgan. Shu bilan bir qatorda, O‘zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan innovatsion islohotlar, raqamlashtirish jarayonlari va zamonaviy texnologiyalarni amalda joriy etish tajribasi haqida ham qator ma’lumotlar keltirilgan. Maqolada innovatsion loyihalarni boshqarish jarayonidagi mavjud muammolar tahlil qilinib, ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar berilgan. Tadqiqot natijalari davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni samarali amalga oshirish va mamlakat iqtisodiy taraqqiyotini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar. Innovatsiya, davlat buyurtmasi, innovatsion loyiha, raqamli iqtisodiyot, texnologik rivojlanish, innovatsion faoliyat, loyiha boshqaruvi, davlat-xususiy sheriklik, startap loyihalar, investitsion muhit, raqamlashtirish, elektron hukumat, IT Park, innovatsion ekotizim, ilmiy tadqiqot, iqtisodiy samaradorlik, sun’iy intellekt, strategik rejalashtirish, monitoring tizimi, iqtisodiy taraqqiyot.

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретические и практические аспекты реализации инновационных проектов на основе государственных заказов. Освещается концепция инноваций, их экономическое значение и роль государственных заказов в развитии инновационной деятельности. Одновременно приводится ряд сведений об инновационных реформах, проводимых в Республике Узбекистан, процессах цифровизации и опыте внедрения современных технологий на практике. Анализируются существующие проблемы в процессе управления инновационными проектами и предлагаются научно-практические решения и рекомендации по их устранению. Результаты исследования имеют большое значение для эффективной реализации инновационных проектов

ISSN 3030-3907

на основе государственных заказов и обеспечения экономического развития страны.

Ключевые слова: инновации, государственный заказ, инновационный проект, цифровая экономика, технологическое развитие, инновационная деятельность, управление проектами, государственно-частное партнерство, стартап-проекты, инвестиционная среда, цифровизация, электронное правительство, IT-парк, инновационная экосистема, научные исследования, экономическая эффективность, искусственный интеллект, стратегическое планирование, система мониторинга, экономическое развитие.

Abstract. This article describes the theoretical and practical aspects of implementing innovative projects based on state orders. It highlights the concept of innovation, its economic significance, and the role of state orders in the development of innovative activities. At the same time, a number of information is provided about the innovative reforms being implemented in the Republic of Uzbekistan, digitalizatio processes, and the experience of implementing modern technologies in practice. The article analyzes the existing problems in the process of managing innovative projects and provides scientific and practical proposals and recommendations for their elimination. The results of the study are of great importance in the effective implementation of innovative projects based on state orders and ensuring the economic development of the country.

Keywords. Innovation, government order, innovative project, digital economy, technological development, innovative activity, project management, public-private partnership, startup projects, investment environment, digitalization, e-government, IT Park, innovative ecosystem, scientific research, economic efficiency, artificial intelligence, strategic planning, monitoring system, economic development.

KIRISH.

Bugungi kunda dunyo iqtisodiyoti keskin raqobat va texnologik yangilanishlar asosida rivojlanib bormoqda. Bunday sharoitda innovatsion faoliyat davlat taraqqiyotining muhim omillaridan biriga aylanadi. Innovatsiyalar iqtisodiyotning turli sohalarida samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, ilm-fan yutuqlarini amaliyotga joriy etish mamlakat rivojlanishining asosiga aylanmoqda. Zamonaviy davlatlar iqtisodiy o‘sishni ta’minlash uchun innovatsion loyihalarni qo‘llab-quvvatlashga katta e’tibor bermoqda. Innovatsion faoliyatni rivojlantirishda esa davlat buyurtmasi tizimi muhim vosita sifatida namoyon bo‘ladi. Davlat buyurtmasi asosida amalga oshiriladigan loyihalar iqtisodiyotning ustuvor yo‘nalishlarini rivojlantirishga ko‘mak beradi. Shuningdek, bunday loyihalar ilmiy salohiyatni oshirish va yangi texnologiyalarni yaratishga sabab bo‘ladi. Hozirgi davrda innovatsiyalarni joriy

ISSN 3030-3907

etish nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy ahamiyatga ham egadir. Chunki innovatsion rivojlanish aholining turmush tarzini yaxshilashga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Mamlakatimizda ham innovatsion siyosatni rivojlantirish davlat darajasidagi muhim bo‘lgan vazifalardan biri sifatida belgilangan. So‘nggi yillarda O‘zbekistonda innovatsion iqtisodiyotni shakllantirishga qaratilgan keng ko‘lamli ishlar olib borilmoqda. Xususan, raqamli texnologiyalarni joriy etish, startap loyihalarni qo‘llab-quvvatlash va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish bo‘yicha bir qator dasturlar ishlab chiqildi. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi ham innovatsion rivojlanishning muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Ushbu strategiya asosida davlat boshqaruvi, ta’lim, sog‘liqni saqlash va iqtisodiyotning boshqa sohalarida zamonaviy texnologiyalar keng qo‘llanilmoqda. Bu esa davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni amalga oshirish zaruratini yanada kuchaytiradi. Innovatsion loyihalarni samarali boshqarish mamlakat iqtisodiy barqarorligini ta’minlashda juda muhim o‘rin tutadi. Shu sababli loyihalarni rejalashtirish, moliyalashtirish va monitoring qilish masalalari dolzarb ahamiyatga ega. Innovatsion faoliyatning samaradorligi aksariyat davlat tomonidan yaratilgan sharoitlarga bog‘liq bo‘ladi. Davlat buyurtmasi esa innovatsion tashabbuslarni qo‘llab-quvvatlovchi muhim mexanizmlardan biri hisoblanadi.

Innovatsion loyihalarni amalga oshirishda davlat va xususiy sektor hamkorligi alohida ahamiyatga ega. Chunki zamonaviy iqtisodiyot sharoitida barcha innovatsion tashabbuslarni birgina davlat mablag‘lari hisobidan rivojlantirish qiyin hisoblanadi. Shuning uchun davlat-xususiy sheriklik asosida yangi loyihalarni amalga oshirish tajribasi keng qo‘llamoqda. Bu albatta investitsion muhitni yaxshilash hamda yangi ish o‘rinlari yaratishga xizmat qiladi. Innovatsion loyihalarning muvaffaqiyati ularning puxta rejalashtirilganligi va samarali boshqarilishiga bog‘liq. Loyiha boshqaruvi jarayonida vaqt, mablag‘ va resurslardan oqilona foydalanish muhimdir. Ayniqsa, zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish loyihalar samaradorligini oshirish imkonini beradi. Hozirda raqamli platformalar orqali loyihalarni monitoring qilish va nazorat olib borish jarayonlari ancha qulaylashmoqda. Buning natijasida davlat buyurtmalari asosida amalga oshirilayotgan loyihalarning shaffofligi va samaradorligi ortmoqda. Bu esa iqtisodiy rivojlanishga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Bugungi kunda innovatsion loyihalarni amalga oshirish jarayonida ayrim muammolar ham yo‘q emas. Masalan, moliyaviy resurslarning yetishmasligi, malakali mutaxassislarlarning kamligi hamda byurokratik to‘siqlar loyihalarning samarali amalga oshirilishiga o‘zining salbiy ta’sirini ko‘rsatmoqda. Shuningdek, ayrim hududlarda innovatsion infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi ham dolzarb muammolardan biri bo‘lmoqda. Yana ilm-fan hamda ishlab

ISSN 3030-3907

chiqarish o‘rtasidagi integratsiyaning sustligi ham innovatsion faoliyat rivojiga to‘sqinlik qiladi. Shu sababli ham innovatsion loyihalarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish zarurati yuzaga kelmoqda. Bu borada innovatsion faoliyatni rivojlantirishda xalqaro tajribani o‘rganish ham samara beradi.

Rivojlangan davlatlarning tajribasi shuni namoyon etadiki, davlat buyurtmasi asosida innovatsiyalarni qo‘llab-quvvatlash iqtisodiy taraqqiyotning muhim omillaridan biri. Ayniqsa, ilmiy tadqiqotlarga investitsiya kiritish hamda yosh olimlarni rag‘batlantirish yuqori natijalarni ta’minlaydi. Shu nuqtayi nazardan, O‘zbekistonda ham innovatsion ekotizimni rivojlantirish bo‘yicha keng imkoniyatlar bor. Buning uchun zamonaviy boshqaruv mexanizmlarini joriy etish maqsadga muvofiq.

Ushbu maqolada davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni amalga oshirishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, innovatsion faoliyatning iqtisodiy ahamiyati hamda davlat buyurtmasining loyihalarni rivojlantirishdagi o‘rni yoritiladi. Maqolada innovatsion loyihalarni boshqarish bosqichlari va ularning samaradorligini oshirish usullari haqida ham fikr yuritiladi. Bundan tashqari, mamlakatimizda amalga oshirilayotgan innovatsion islohotlar va ularning natijalari tahlil qilinadi. Innovatsion rivojlanish jarayonida uchrayotgan muammolar ham ko‘rib chiqiladi. Ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Maqolaning asosiy maqsadi davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni samarali amalga oshirish mexanizmlarini o‘rganishdan iborat. Shu bilan birga, innovatsion boshqaruv tizimini takomillashtirishning ustuvor yo‘nalishlari ham tahlil qilinadi. Mazkur tadqiqot natijalari innovatsion siyosatni rivojlantirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Innovatsion loyihalarni qo‘llab-quvvatlash orqali mamlakat iqtisodiyotining barqaror rivojlanishiga erishish mumkin.

Asosiy qism. Innovatsiya tushunchasi va uning iqtisodiy ahamiyati. Innovatsiya tushunchasi zamonaviy iqtisodiyotning eng muhim kategoriyalaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda dunyo davlatlari iqtisodiy taraqqiyotga erishishda innovatsion rivojlanishga alohida e’tibor qaratmoqda. Innovatsiya atamasi lotincha *“innovatio”* so‘zidan olingan bo‘lib, “yangilik kiritish” degan ma’noni anglatadi. Innovatsiya mavjud tizimga yangi g‘oya, texnologiya yoki uslubni joriy etishni ifodalaydi. U iqtisodiyotning barcha sohalarida samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Innovatsion faoliyat natijasida yangi mahsulotlar, xizmatlar va texnologiyalar barpo etiladi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish imkonini yaratadi. Innovatsiyalar ilm-fan va texnika taraqqiyotining asosiy mahsuli bo‘lib hisoblanadi. Zamonaviy iqtisodiyotda innovatsiyasiz raqobatbardosh rivojlanishga erishish qiyindir. Shu

ISSN 3030-3907

sababli ham aksariyat davlatlar innovatsion siyosatni ustuvor yo‘nalish sifatida belgilamoqda.

Iqtisodiyot nazariyasida innovatsiya tushunchasiga turli olimlar tomonidan ta’rif berilgan. Xususan, mashhur iqtisodchi Jozef Shumpeter innovatsiyani iqtisodiy rivojlanishning asosiy harakatlantiruvchi kuchi sifatida baholagan. Uning fikriga ko‘ra, innovatsiya yangi mahsulot yaratish, yangi texnologiyalarni joriy etish va yangi bozorlarga chiqishni anglatadi. Shumpeter innovatsiyalar iqtisodiy o‘sishni jadallashtirishini alohida ta’kidlagan. Hozirgi davrda ham ushbu nazariya o‘z ahamiyatini yo‘qotmagan. Chunki innovatsiyalar mamlakat iqtisodiy salohiyatini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Innovatsion rivojlanish natijasida yangi ish o‘rinlari yaratiladi. Shu bilan birga, ishlab chiqarish xarajatlari kamayadi va mahsulot sifati oshadi. Bu esa korxonalarning xalqaro bozordagi raqobatbardoshligini kuchaytiradi. Innovatsion iqtisodiyot sharoitida intellektual kapital muhim ahamiyat kasb etadi.

Innovatsiyalar turli ko‘rinishlarda namoyon bo‘ladi. Texnologik innovatsiyalar ishlab chiqarish yangi texnika va texnologiyalarni qo‘llash bilan bog‘liqdir. Tashkiliy innovatsiyalar esa boshqaruv tizimlarini takomillashtirishni anglatadi. Marketing innovatsiyalari mahsulotni bozorga olib chiqishning yangi usullarini o‘z ichiga oladi. Ijtimoiy innovatsiyalar esa jamiyat hayotini yaxshilashga qaratilgan yangiliklarni ifoda etadi. Raqamli innovatsiyalar bugungi kunda jadal rivojlanayotgan yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Sun’iy intellekt, Big Data, bulutli texnologiyalar va elektron platformalarni bunga misol qila olamiz. Raqamli texnologiyalar iqtisodiy jarayonlarni tezlashtirishga xizmat qilmoqda. Ayniqsa, davlat boshqaruvi tizimida raqamlashtirish samaradorlikni oshirmoqda. Elektron hukumat tizimi ham innovatsion rivojlanishning muhim natijalaridan biri sanaladi. Hozirda zamonaviy ta’lim tizimida ham innovatsion texnologiyalar keng qo‘llanilmoqda.

Innovatsion rivojlanish mamlakat iqtisodiy barqarorligini ta’minlashning muhim omilidir. Chunki innovatsiyalar ishlab chiqarish hajmini oshirishga yordam beradi. Shu bilan bir qatorda, mahsulot tannarxini kamaytirishga ham xizmat qiladi. Bu esa albatta korxonalarning foyda miqdorini oshiradi. Innovatsion iqtisodiyot investitsiyalarni jalb qilish imkoniyatini ham kuchaytiradi. Negaki investorlar zamonaviy texnologiyalar joriy etilgan loyihalarga ko‘proq qiziqish bildiradi. Innovatsiyalar eksport salohiyatini oshirishda ham alohida rol o‘ynaydi. Ayniqsa, yuqori texnologiyali mahsulotlar xalqaro bozorda yuqori talabga ega bo‘ladi. Shu sababli ham rivojlangan davlatlar innovatsion faoliyatni doimiy qo‘llab-quvvatlaydi. Innovatsion loyihalarni moliyalashtirish uchun grant va subsidiyalar ajratiladi. Bu esa o‘z navbatida ilmiy tadqiqotlarning rivojlanishiga yordam beradi.

ISSN 3030-3907

Bugungi kunda mamlakatimizda ham innovatsion rivojlanishga katta e’tibor qaratilmoqda. O‘zbekistonda innovatsion iqtisodiyotni shakllantirish bo‘yicha bir qancha islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi innovatsion rivojlanishning muhim bosqichi hisoblanadi. Ushbu strategiya asosida raqamli texnologiyalar iqtisodiyotning turli sohalariga joriy qilinmoqda. IT Park faoliyati ham innovatsion muhitni rivojlantirishga xizmat qiladi. Yoshlarning startap loyihalarini qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha keng imkoniyatlar yaratilmoqda. Davlat buyurtmasi asosida amalga oshirilayotgan innovatsion loyihalar iqtisodiy samaradorlikni oshirib kelmoqda. Ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Bu esa yangi texnologiyalarni amaliyotga tezkor joriy etish imkonini beradi. Demakki, innovatsion siyosat mamlakatning uzoq muddatli taraqqiyotini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Innovatsion faoliyatni rivojlantirishda davlatning roli o‘ta muhim hisoblanadi. Chunki davlat tomonidan yaratiladigan qulay investitsion muhit innovatsion loyihalarning muvaffaqiyatini ta’minlaydi. Shu bilan birga, davlat-xususiy sheriklik innovatsion faoliyat samaradorligini oshiradi. Innovatsion ekotizimni rivojlantirish orqali yangi g‘oyalarni amaliyotga tatbiq etish imkoniyati kengayadi. Bu borada Oliy ta’lim muassasalari va ilmiy markazlarning innovatsion faoliyatdagi o‘rni ham juda muhimdir. Negaki ilmiy tadqiqotlar innovatsiyaning asosiy manbai hisoblanadi. Yosh olimlar hamda tadqiqotchilarni qo‘llab-quvvatlash innovatsion rivojlanishning muhim omillaridan biridir. Innovatsiyalar nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy taraqqiyotga ham xizmat qiladi. Ular aholi turmush darajasini yaxshilash va yangi imkoniyatlar yaratishga yordam beradi. Shu sababli innovatsion rivojlanish har bir davlatning strategik maqsadlaridan biri bo‘lib kelmoqda.

Davlat buyurtmasining mohiyati. Davlat buyurtmasi zamonaviy iqtisodiyotni boshqarishning muhim mexanizmlaridan biri hisoblanadi. U davlat ehtiyojlarini qondirish maqsadida mahsulot, xizmat yoki loyihalarni amalga oshirish uchun beriladigan rasmiy topshiriqni anglatadi. Davlat buyurtmasi iqtisodiyotning ustuvor yo‘nalishlarini yuksaltirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, strategik ahamiyatga ega bo‘lgan sohalarda davlat buyurtmasining roli katta bo‘ladi. Ta’lim, sog‘liqni saqlash, axborot texnologiyalari, transport hamda sanoat sohalarida davlat buyurtmalari juda keng qo‘llaniladi. Davlat buyurtmasi orqali asosan mamlakat iqtisodiy va ijtimoiy ehtiyojlarini qondirish maqsad qilinadi. Shu bilan bir qatorda, davlat buyurtmalari innovatsion faoliyatni rivojlantirishga ham xizmat qiladi. Innovatsion loyihalarni moliyalashtirishda davlat buyurtmasi muhim vosita shaklida namoyon bo‘ladi. Negaki ko‘plab ilmiy

ISSN 3030-3907

va texnologik loyihalar katta mablag‘ni talab qiladi. Bunday sharoitda davlatning moliyaviy qo‘llab-quvvatlashi innovatsion rivojlanishni yanada jadallashtiradi.

Davlat buyurtmasining asosiy maqsadlaridan yana biri iqtisodiy samaradorlikni oshirish hamda jamiyat ehtiyojlarini ta’minlashdan iborat. U orqali davlat iqtisodiyotning muhim tarmoqlariga yo‘naltirilgan loyihalarni amalga oshirish mumkin. Davlat buyurtmalari yangi texnologiyalarni yaratish va joriy etishga yordam beradi. Shu sababli ham rivojlangan davlatlarda innovatsion siyosat davlat buyurtmalari bilan chambarchas bog‘liq holda olib boriladi. Davlat buyurtmasi asosida ilmiy tadqiqotlar moliyalashtiriladi. Bu esa ilm-fan rivojlanishiga o‘zining ijobiy ta’sirini ko‘rsatadi. Innovatsion mahsulotlar ishlab chiqarish jarayonida davlat buyurtmasi muhim iqtisodiy vosita hisoblanadi. Chunki davlat buyurtmalari korxonalar uchun barqaror bozor muhitini yaratadi. Natijada ishlab chiqaruvchilar yangi texnologiyalarni joriy etishga qiziqish bildiradilar. Bu esa raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarilishiga va ularning ortishiga sabab bo‘ladi.

Davlat buyurtmalari iqtisodiyotni modernizatsiya qilish jarayonida ham muhim ahamiyatga egadir. Ular ishlab chiqarish quvvatlarini yangilash va zamonaviy texnologiyalarni qo‘llab-quvvatlash imkonini beradi. Ayniqsa, hozirgi raqamli iqtisodiyot sharoitida davlat buyurtmalarining ahamiyati yanada ortmoqda. Elektron platformalar orqali davlat buyurtmalarini amalga oshirish tizimi shaffoflikni ta’minlashga katta hissa qo‘shmoqda. Bu esa korrupsiya holatlarining kamayishiga yordam beradi. Shuningdek, davlat buyurtmalarini elektron shaklda tashkil etish vaqt va mablag‘ tejalishiga ham olib keladi. Bundan tashqari zamonaviy axborot texnologiyalari davlat buyurtmalarini boshqarish jarayonlarini soddalashtirilmoqda. Raqamli monitoring tizimlari esa loyihalarning bajarilish holatini nazorat qilish imkonini bermoqda. Natijada davlat mablag‘laridan samarali foydalanish ta’minlanadi. Bu esa pirovardida iqtisodiy barqarorlikni mustahkamlashga xizmat qiladi.

Davlat buyurtmalarini amalga oshirishda davlat va xususiy sektor hamkorligi muhim ahamiyat kasb etadi. Negaki barcha loyihalarni faqat davlat korxonalari orqali bajarish samarali natija bermasligi mumkin. Shu sababli ko‘plab davlatlarda davlat-xususiy sheriklik tizimi keng rivojlangan. Bunday hamkorlik investitsiyalar hajmini yanada oshirish imkonini beradi. Chunki xususiy sektor innovatsion g‘oyalarni tezroq amaliyotga joriy etish salohiyatiga ega hisoblanadi. Davlat esa huquqiy va moliyaviy qo‘llab-quvvatlash orqali ushbu jarayonni rag‘batlantiradi. Natijada yangi ish o‘rinlari yaratiladi hamda iqtisodiy o‘sish ta’minlanadi. Ayniqsa, startap loyihalarni rivojlantirishda davlat buyurtmasining juda o‘rni katta. Yosh tadbirkorlar va olimlarning innovatsion

ISSN 3030-3907

tashabbuslari davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlanmoqda. Bu esa innovatsion ekotizimning rivojlanishiga hissa qo‘shadi.

Mamlakatimizda ham davlat buyurtmasi tizimini takomillashtirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. O‘zbekistonda davlat buyurtmalarining shaffofligini ta’minlashga alohida e’tibor qaratilmoqda. Elektron tender tizimlarining joriy etilishi bunga misol bo‘la oladi. Davlat buyurtmalari asosida infratuzilma, ta’lim va IT sohalarida ko‘plab loyihalar amalga oshirilmoqda.

“Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida innovatsion loyihalarni qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari kengaytirilmoqda. Ilmiy tadqiqotlarni moliyalashtirish tizimi ham bosqichma-bosqich rivojlantirilmoqda. Hamda Oliy ta’lim muassasalari va ilmiy markazlarga davlat grantlari ajratilmoqda. Bu esa yosh olimlarning ilmiy faoliyatini rag‘batlantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, davlat buyurtmalari asosida hududiy rivojlanish dasturlari ham amalga oshirilmoqda. Bu dasturlar orqali hududlarda ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohasi rivojlantiriladi.

Davlat buyurtmalarini amalga oshirish jarayonida ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, byurokratik to‘siqlar va hujjatlashtirish jarayonining murakkabligi ayrim hollarda loyihalarning sekinlashishiga sabab bo‘ladi. Afsuski, moliyaviy resurslardan samarasiz foydalanish holatlari ham uchrab turadi. Ayrim hollarda loyiha monitoringining sustligi natijadorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli ham davlat buyurtmalarini boshqarish tizimini yanada takomillashtirish zarur hisoblanadi. Bu borada xalqaro tajribani o‘rganish muhim ahamiyatga ega. Rivojlangan davlatlarda davlat buyurtmalari asosida innovatsion iqtisodiyotni rivojlantirish bo‘yicha samarali tizimlar yaratilgan. Ayniqsa, elektron boshqaruv va raqamli monitoring mexanizmlaridan foydalanish yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Shu nuqtayi nazardan, O‘zbekistonda ham davlat buyurtmalarini boshqarishda zamonaviy texnologiyalarni keng joriy etish muhim hisoblanadi. Davlat buyurtmasi tizimini takomillashtirish orqali innovatsion rivojlanish va iqtisodiy taraqqiyotga erishish mumkin.

O‘zbekistonda innovatsion loyihalarni amalga oshirish tajribasi. So‘nggi yillarda O‘zbekistonda innovatsion rivojlanishga davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida katta e’tibor qaratilmoqda. Mamlakat iqtisodiyotini modernizatsiya qilish va raqobatbardoshligini ta’minlash maqsadida innovatsion loyihalarni qo‘llab-quvvatlash tizimi shakllantirilmoqda. Ayniqsa, ilm-fan, axborot texnologiyalari va raqamli iqtisodiyot sohalarida turli keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Innovatsion faoliyatni rivojlantirish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirish va yangi ish o‘rinlari yaratish asosiy maqsadlardan biridir. Shu sababli davlat tomonidan innovatsion

ISSN 3030-3907

loyihalarni moliyalashtirish va qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari takomillashtirilmoqda. O‘zbekiston Respublikasida innovatsion rivojlanishning huquqiy asoslarini mustahkamlash bo‘yicha ham qator normativ-huquqiy hujjatlar qabul qilindi. Bu asosi esa innovatsion faoliyatni tashkil etish va boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy texnologiyalarni joriy etish mamlakatning iqtisodiy salohiyatini oshishini ta’minlaydi. Innovatsion rivojlanishning asosiy yo‘nalishlari raqamlashtirish jarayonlari bilan chambarchas bog‘liqdir. Chunki raqamli texnologiyalar iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida samaradorlikni oshirish imkonini beradi.

Mamlakatimizda amalga oshirilayotgan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi innovatsion rivojlanishning muhim bosqichlaridan biri bo‘lmoqda. Ushbu strategiya asosida davlat boshqaruvi, ta’lim, sog‘liqni saqlash va boshqa sohalarda raqamli texnologiyalar keng joriy qilinmoqda. Elektron hukumat tizimining rivojlanishi davlat xizmatlarini ko‘rsatish sifatini oshirmoqda. Fuqarolar uchun ko‘plab xizmatlarning onlayn shaklga o‘tkazilishi vaqt va mablag‘ tejalishiga xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, davlat boshqaruvida shaffoflik va samaradorlik ta’minlanmoqda. Bundan tashqari, elektron platformalar orqali davlat xizmatlarini ko‘rsatish korrupsiya holatlarining kamayishiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Raqamlashtirish jarayonlari iqtisodiyotning turli sohalarida innovatsion loyihalarni amalga oshirish imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Ayniqsa, bank-moliya tizimida zamonaviy texnologiyalar keng qo‘llanilmoqda. Elektron to‘lov tizimlari va onlayn xizmatlar aholiga katta qulaylik yaratdi. Bu esa raqamli iqtisodiyotning rivojlanishida katta o‘zgarishlar qildi.

Bugungi kunda O‘zbekistonda IT Park faoliyati innovatsion ekotizimni rivojlantirishda muhim o‘rin tutmoqda. IT Park rezidentlariga yaratilgan imtiyozlar yosh dasturchilar va tadbirkorlarni qo‘llab-quvvatlashga xizmat qilmoqda. Bu yerda ko‘plab startap loyihalar amalga oshirilmoqda. Ayniqsa, sun’iy intellekt, dasturiy ta’minot va mobil ilovalar yaratish bo‘yicha loyihalar keng rivojlanmoqda. Yoshlarning innovatsion g‘oyalarini qo‘llab-quvvatlash maqsadida turli grant va tanlovlar tashkil etilishi, ularning axborot texnologiyalariga bo‘lgan qiziqishini yanada oshirmoqda. IT Park faoliyati natijasida yangi ish o‘rinlari yaratilmoqda va eksport hajmi ortmoqda. Shu bilan birga, xalqaro IT kompaniyalar bilan hamkorlik aloqalari ham kengaymoqda. Bular albatta mamlakatning texnologik salohiyatini oshirishga sabab bo‘ladi. Innovatsion markazlar va texnoparklar iqtisodiy rivojlanishning muhim omiliga aylanmoqda.

Ta’lim tizimida amalga oshirilayotgan innovatsion islohotlar ham mamlakat taraqqiyotida muhim ahamiyatga ega. Oliy ta’lim muassasalarida

ISSN 3030-3907

zamonaviy pedagogik texnologiyalar joriy qilinishi, masofaviy ta’lim platformalarining rivojlanishi ta’lim olish imkoniyatlarini kengayishini ta’minlamoqda. Elektron kutubxonalar va raqamli ta’lim resurslari ham talabalar uchun qulay sharoit yaratmoqda. Shu bilan birga, mamlakatimizda STEM ta’limiga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, Robototexnika va dasturlash bo‘yicha o‘quv markazlari soni ortib bormoqda. Bu ham yoshlarning innovatsion fikrlashini rivojlanishiga sabab bo‘ladi. Ilmiy tadqiqotlarni moliyalashtirish tizimining rivojlanishi ham innovatsion faoliyat samaradorligini oshirmoqda. Bundan tashqari, Oliy ta’lim va ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirishga qaratilgan loyihalar amalga oshirilmoqda. Natijada ilmiy ishlanmalarni amaliyotga joriy etish imkoniyatlari kengaymoqda.

Sanoat sohasida ham innovatsion loyihalarni amalga oshirish bo‘yicha muhim ishlar olib borilmoqda. Xususan, zamonaviy texnologiyalar asosida ishlab chiqarishni avtomatlashtirish jarayonlari rivojlanmoqda. Energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish iqtisodiy samaradorlikni oshirishga, qishloq xo‘jaligida aqlli texnologiyalardan foydalanish eas hosildorlikni oshirishga imkon yaratmoqda. Ayniqsa, tomchilatib sug‘orish va raqamli monitoring tizimlari samarali natijalar bermoqda. Sanoat korxonalarida innovatsion boshqaruv tizimlari joriy qilinishi ham ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga yordam bermoqda. Shuningdek, ekologik xavfsizlikni ta’minlashga qaratilgan innovatsion texnologiyalar yashil iqtisodiyot tamoyillariga asoslangan holda loyihalar iqtisodiy taraqqiyotning muhim yo‘nalishiga aylanmoqda. Aytish mumkinki, innovatsion rivojlanish mamlakatning xalqaro maydondagi raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qilmoqda.

Innovatsion loyihalarni amalga oshirish jarayonida ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, ayrim hududlarda texnologik infratuzilmaning yetarli rivojlanmaganligi loyihalar samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Malakali mutaxassislar yetishmasligi ham dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Shu sababli ham innovatsion ta’lim va kadrlar tayyorlash tizimini rivojlantirish muhim ahamiyatlidir. Moliyaviy resurslarning cheklanganligi ham ayrim startap loyihalarning rivojlanishiga to‘sqinlik qilishi mumkin. Biroq davlat tomonidan grantlar va investitsion dasturlar orqali bu muammolarni bartaraf etish choralari ko‘rilsa, maqsadga erishish osonlashadi. Xalqaro tajribani o‘rganish hamda xorijiy investitsiyalarni jalb etish ham innovatsion rivojlanishning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Shu bilan birga, davlat-xususiy sheriklik tizimini yanada rivojlantirish zarur. Chunki innovatsion faoliyatni qo‘llab-quvvatlash orqali mamlakat iqtisodiy barqarorligini mustahkamlash mumkin. O‘zbekistonda innovatsion loyihalarni amalga oshirish tajribasi kelajakda yanada rivojlanishi

ISSN 3030-3907

uchun keng imkoniyatlar mavjud. Innovatsion taraqqiyot mamlakatning uzoq muddatli iqtisodiy strategiyasida muhim o‘rin egallaydi.

Mavjud muammolar hamda taklif va tavsiyalar. Hozirgi kunda davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni amalga oshirish jarayonida ayrim muammolar uchrab turibdi. Mazkur muammolar innovatsion faoliyat samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Eng asosiy muammolardan biri bu moliyaviy resurslarning yetarli emasligidir. Ayrim innovatsion loyihalar katta mablag‘ talab qilgani uchun ularni amalga oshirish qiyinlashadi. Shu bilan birga, investitsiyalarni jalb qilish mexanizmlarining yetarli rivojlanmaganligi ham muhim muammolardan biri bo‘lmoqda. Ba’zi hollarda byurokratik to‘siqlar loyihalarning o‘z vaqtida bajarilishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Hujjatlashtirish jarayonining murakkabligi ham innovatsion tashabbuslarning sustlashishiga sabab bo‘ladi. Ayrim hududlarda texnologik infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi ham dolzarb masala hisoblanadi. Internet va zamonaviy texnologik vositalarning cheklanganligi ham innovatsion faoliyatni rivojlantirish imkoniyatlarini kamaytiradi. Bundan tashqari, malakali mutaxassislar yetishmasligi ham innovatsion loyihalarni boshqarishda muammolar keltirib chiqaradi. Ilm-fan va ishlab chiqarish o‘rtasidagi integratsiyaning sustligi natijasida ayrim ilmiy ishlanmalar amaliyotga joriy etilmay qolishi mumkin. Startap loyihalarni qo‘llab-quvvatlash tizimining barcha hududlarda bir xil rivojlanmagani ham muammolardan biridir. Innovatsion fikrlash va tadbirkorlik ko‘nikmalarining yetarli shakllanmaganligini ham ayrim yoshlarning tashabbuskorligini pasayishiga omil sifatida qarash mumkin.

Mazkur muammolarni bartaraf etish uchun innovatsion faoliyatni qo‘llab-quvvatlash mexanizmlarini yanada takomillashtirish zarur. Avvalo, innovatsion loyihalarni moliyalashtirish hajmini oshirish maqsadga muvofiqdir. Davlat grantlari va subsidiyalar sonini ko‘paytirish ham innovatsion tashabbuslarni rag‘batlantirishga olib keladi. Shu bilan birga, xorijiy investitsiyalarni jalb qilish bo‘yicha qulay sharoitlar yaratish muhim ahamiyatga ega. Innovatsion loyihalarni boshqarishda raqamli texnologiyalardan keng foydalanish samaradorlikni yanada oshiradi. Elektron monitoring tizimlarini joriy etish esa loyihalarning shaffofligini ta’minlashga yordam beradi. Oliy ta’lim muassasalari va ishlab chiqarish korxonalari o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytirish ham muhim vazifalardan biridir. Yoshlarni innovatsion faoliyatga keng jalb qilish maqsadida startap markazlari va texnoparklar sonini oshirish lozim. Chunki hududlarda zamonaviy infratuzilmani rivojlantirish innovatsion faoliyat imkoniyatlarini kengaytiradi. Hamda malakali kadrlar tayyorlash tizimini takomillashtirish innovatsion rivojlanishning muhim omili hisoblanadi. Shuning uchun ham, xalqaro tajribani o‘rganish va ilg‘or texnologiyalarni joriy etish innovatsion iqtisodiyot rivojiga ijobiy ta’sir

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. Umuman olganda, davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni samarali amalga oshirish mamlakat iqtisodiy taraqqiyoti va raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni amalga oshirish mamlakat iqtisodiy taraqqiyotining muhim omillaridan biri hisoblanadi. Innovatsion rivojlanish zamonaviy iqtisodiyotning asosiy talablaridan biri bo‘lib, u ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga olib keladi. Innovatsiyalar orqali yangi texnologiyalar yaratilib, iqtisodiyotning turli sohalariga joriy etilmoqda. Bu esa mamlakatning xalqaro maydondagi raqobatbardoshligini oshirish imkonini beradi. Davlat buyurtmasi innovatsion faoliyatni qo‘llab-quvvatlovchi muhim iqtisodiy mexanizm sifatida namoyon bo‘ladi. Ayniqsa, ilmiy tadqiqotlarni moliyalashtirish va zamonaviy loyihalarni amalga oshirishda uning ahamiyati katta hisoblanadi. Innovatsion loyihalar iqtisodiy o‘sishni jadallashtirish bilan bir qatorda, yangi ish o‘rinlarini yaratishga ham omil bo‘ladi. Shu sababli ko‘plab davlatlar innovatsion siyosatni rivojlantirishga alohida e’tibor qaratadi.

Mamlakatimizda ham innovatsion iqtisodiyotni rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi asosida turli innovatsion loyihalar hayotga tatbiq etilmoqda. Axborot texnologiyalari, sun’iy intellekt va raqamlashtirish jarayonlari iqtisodiyotning muhim yo‘nalishlariga aylanib bormoqda. IT Park, texnoparklar va startap markazlari yoshlarning innovatsion g‘oyalarini qo‘llab-quvvatlashga xizmat qilmoqda. Ta’lim tizimida zamonaviy pedagogik va raqamli texnologiyalarning joriy etilishi ham innovatsion rivojlanishning muhim natijalaridan biridir. Shu bilan birga, davlat-xususiy sheriklik asosida amalga oshirilayotgan loyihalar iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Innovatsion faoliyatning rivojlanishi investitsion muhitni yaxshilashga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu esa xorijiy investitsiyalarni jalb qilish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Shunga qaramasdan, innovatsion loyihalarni amalga oshirish jarayonida ayrim muammolar ham mavjud. Moliyaviy resurslarning cheklanganligi, malakali mutaxassislar yetishmasligi va byurokratik to‘siqlar loyihalar samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli innovatsion faoliyatni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish zarur hisoblanadi. Ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasini kuchaytirish innovatsion taraqqiyotning muhim omillaridan biridir. Shu bilan birga, hududlarda innovatsion infratuzilmani rivojlantirish ham dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Chunki raqamli texnologiyalar asosida monitoring va boshqaruv tizimlarini joriy etish loyihalar samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Innovatsion faoliyatni rivojlantirishda xalqaro tajribani o‘rganish ham katta ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, davlat buyurtmasi asosida innovatsion loyihalarni samarali amalga oshirish mamlakatning uzoq muddatli iqtisodiy barqarorligini ta’minlashga yordam beradi. Innovatsion iqtisodiyotga o‘tish orqali ishlab chiqarishning zamonaviy va samarali tizimi shakllanadi. Bu esa aholining turmush darajasini yaxshilash va iqtisodiy rivojlanishni jadallashtirish imkonini beradi. Kelajakda innovatsion siyosatni yanada rivojlantirish va yoshlarning ilmiy-texnologik salohiyatini qo‘llab-quvvatlash muhim vazifa bo‘lib qoladi. Innovatsion taraqqiyot mamlakatning strategik rivojlanishida muhim o‘rin egallaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev. Yangi O‘zbekiston strategiyasi. – Toshkent: “O‘zbekiston” nashriyoti, 2021.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni. – Toshkent, 2020.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Innovatsion rivojlanish strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni. – Toshkent, 2018.
4. Shumpeter J. The Theory of Economic Development. – Cambridge: Harvard University Press, 1934.
5. Drucker P. Innovation and Entrepreneurship. – New York: Harper Business, 1985.
6. Karimov I.A. Jahon moliyaviy-iqtisodiy inqirozi, O‘zbekiston sharoitida uni bartaraf etishning yo‘llari va choralari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2009.
7. Abduqodirov A.A. Innovatsion menejment. – Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2020.
8. Qosimov F.M. Loyiha boshqaruvi asoslari. – Toshkent: “Iqtisodiyot” nashriyoti, 2019.
9. To‘xtayev B.X. Raqamli iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. – Toshkent: “Universitet” nashriyoti, 2021.
10. Saidahmedov N. Ta’limda innovatsion texnologiyalar. – Toshkent: “Moliya” nashriyoti, 2018.
11. O‘zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi rasmiy sayti:
12. www.mininnovation.uz
13. O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi rasmiy sayti:
14. www.digital.uz
15. IT Park Uzbekistan rasmiy sayti:

ISSN 3030-3907

AEROGOL SORBENTLARNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ADSORBSION SAMARADORLIGI

Orolova Gulsevar Mengniqul qizi
Termiz davlat universiteti
E-mail: gulsevarorolova77@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada aerogel sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, nanog‘ovakli tuzilishi hamda adsorbsion samaradorligi tahlil qilingan. Aerogellar yuqori g‘ovaklilik, katta solishtirma sirt maydoni, past zichlik va yuqori adsorbsion faollikka ega innovatsion materiallar sifatida o‘rganildi. Tadqiqot davomida aerogellarning tarkibi, sirt xossalari, g‘ovak diametri va modifikatsiya jarayonlarining adsorbsiya samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqildi. Shuningdek, karbonat angidrid, organik ifloslantiruvchilar va og‘ir metall ionlarini adsorbsiyalashdagi samaradorligi baholandi. Olingan natijalar aerogel sorbentlarning ekologik texnologiyalar, gazlarni tozalash va suvni filtratsiyalash tizimlarida istiqbolli material ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Aerogel sorbent, adsorbsiya, fizik-kimyoviy xususiyatlar, yuqori g‘ovaklilik, solishtirma sirt maydoni, nanostruktura, karbonat angidrid, modifikatsiya, ekologik texnologiyalar, adsorbsion samaradorlik.

Abstract. This article analyzes the physicochemical properties, nanoporous structure, and adsorption efficiency of aerogel sorbents. Aerogels were investigated as innovative materials characterized by high porosity, large specific surface area, low density, and high adsorption activity. The study examined the influence of composition, surface properties, pore diameter, and modification processes on adsorption efficiency. In addition, the adsorption performance of aerogels toward carbon dioxide, organic pollutants, and heavy metal ions was evaluated. The obtained results demonstrate that aerogel sorbents are promising materials for environmental technologies, gas purification, and water filtration systems.

Keywords: Aerogel sorbent, adsorption, physicochemical properties, high porosity, specific surface area, nanostructure, carbon dioxide, modification, environmental technologies, adsorption efficiency.

Аннотация. В данной статье рассмотрены физико-химические свойства, нанопористая структура и адсорбционная эффективность аэрогелевых сорбентов. Аэрогели исследованы как инновационные материалы, обладающие высокой пористостью, большой удельной поверхностью, низкой плотностью и высокой адсорбционной активностью. В ходе исследования изучено влияние состава, поверхностных свойств, диаметра пор и процессов модификации на эффективность адсорбции. Также оценена эффективность адсорбции углекислого газа, органических загрязнителей и

ISSN 3030-3907

ионов тяжёлых металлов. Полученные результаты показывают перспективность применения аэрогелевых сорбентов в экологических технологиях, системах очистки газов и фильтрации воды.

Ключевые слова: Аэрогелевый сорбент, адсорбция, физико-химические свойства, высокая пористость, удельная поверхность, наноструктура, углекислый газ, модификация, экологические технологии, адсорбционная эффективность.

KIRISH.

Aerogel sorbentlar zamonaviy nanostrukturali materiallar sinfiga kirib, o‘zining noyob fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan boshqa an’anaviy sorbentlardan keskin farq qiladi. Ularning asosiy xususiyatlari yuqori g‘ovaklilik, katta solishtirma sirt maydoni, past zichlik, yuqori termik barqarorlik va rivojlangan nanog‘ovakli tuzilma bilan belgilanadi. Ushbu xossalar aerogellarni gazlar, jumladan karbonat angidrid, hamda suyuq muhitdagi ifloslantiruvchilarni samarali adsorbsiyalovchi material sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Aerogellarning fizik xossalari ularning ichki tuzilishi bilan bevosita bog‘liqdir. Material hajmining 90–99% qismi g‘ovaklardan iborat bo‘lib, bu ularning juda yengil bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Zichlik ko‘rsatkichlari 0,01–0,2 g/cm³ oralig‘ida bo‘lishi mumkin. Bunday past zichlik aerogellarni “qattiq tutun” deb ham atashga asos bo‘lgan. Shunga qaramay, ular yuqori mexanik va issiqlik barqarorligiga ega bo‘lishi mumkin, ayniqsa kompozit aerogellar shaklida.

Aerogel sorbentlarning eng muhim ko‘rsatkichlaridan biri bu solishtirma sirt maydonidir. Ko‘plab aerogellarda bu ko‘rsatkich 500–1200 m²/g, ayrim uglerod asosidagi aerogellarda esa 1500 m²/g dan ham yuqori bo‘lishi mumkin. Bu esa adsorbsiya jarayonlari uchun juda ko‘p faol markazlar mavjudligini anglatadi. Shu sababli aerogellar gaz molekulalarini, ayniqsa CO_2 ni samarali ushlab qolish xususiyatiga ega.

Aerogellarning g‘ovak tuzilishi ham ularning adsorbsion samaradorligida muhim rol o‘ynaydi. G‘ovaklar mikrog‘ovak, mezog‘ovak va makrog‘ovak turlarga bo‘linadi. Mikrog‘ovaklar (<2 nm) gaz molekulalarini ushlab qolishda asosiy rol o‘ynaydi, mezog‘ovaklar (2–50 nm) esa diffuziya jarayonini tezlashtiradi. Makrog‘ovaklar (>50 nm) esa moddaning material ichiga kirishini osonlashtiradi. Ushbu uch turdagi g‘ovaklarning muvozanati aerogelning umumiy adsorbsion samaradorligini belgilaydi.

Aerogellarni olishning asosiy usuli sol-gel texnologiyasi hisoblanadi. Bu jarayonda avval prekursor eritmasi tayyorlanadi, so‘ng gidroliz va kondensatsiya reaksiyalari natijasida uch o‘lchamli gel struktura hosil bo‘ladi. Keyinchalik erituvchi almashtiriladi va quritish bosqichi amalga oshiriladi. Aynan quritish

ISSN 3030-3907

jarayoni aerogelning yakuniy fizik-kimyoviy xususiyatlarini belgilovchi eng muhim bosqich hisoblanadi.

Quritish usuli aerogel strukturasiga bevosita ta’sir qiladi. Superkritik quritish usulida suyuqlik gazga o‘tish chegarasisiz chiqarib yuboriladi, natijada kapillyar kuchlar hosil bo‘lmaydi va nanog‘ovakli tuzilma saqlanib qoladi. Muzlatib quritish (freeze-drying) usuli esa muz kristallari sublimatsiyasi orqali g‘ovak tuzilmani hosil qiladi, biroq bu usulda g‘ovaklarning notekisligi biroz yuqori bo‘lishi mumkin.

Aerogel sorbentlarning kimyoviy xossalari ularning sirt funksional guruhlariga bog‘liq. Silanol (-SiOH), amin (-NH_2), karboksil (-COOH) va gidrofob guruhlar aerogel sirtida turli adsorbsiya xususiyatlarini shakllantiradi. Ayniqsa amin modifikatsiyalangan aerogellar CO_2 bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib, karbamat birikmalarini hosil qiladi. Bu esa ularning adsorbsiya sig‘imini sezilarli darajada oshiradi.

Adsorbsiya jarayonining samaradorligi bir nechta omillarga bog‘liq. Harorat, bosim, gaz konsentratsiyasi, namlik va sorbentning fizik tuzilishi asosiy omillar hisoblanadi. Past haroratda adsorbsiya kuchayadi, yuqori bosimda esa gaz molekulalarining sorbent yuzasiga to‘qnashish ehtimoli ortadi. Namlik esa ayrim hollarda faol markazlarni bloklab, CO_2 adsorbsiyasini kamaytirishi mumkin.

Aerogellarning adsorbsion samaradorligi ularning regeneratsiya qobiliyati bilan ham bog‘liq. Yaxshi sorbent bir necha sikl davomida o‘z xususiyatlarini saqlab qolishi kerak. Biroq yuqori haroratli regeneratsiya jarayonlari ba’zan material strukturasini yemirishi mumkin. Shu sababli past energiya sarfi bilan regeneratsiya qilinadigan aerogellarni yaratish dolzarb vazifa hisoblanadi.So‘nggi yillarda uglerod asosidagi aerogellar va nanokompozit materiallarga qiziqish ortib bormoqda. Grafen, uglerod nanotrubkalari va polimer matritsalari bilan mustahkamlangan aerogellar yuqori mexanik chidamlilik, elektr o‘tkazuvchanlik va yaxshilangan adsorbsion xususiyatlarga ega. Bu ularning sanoat miqyosida qo‘llanilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Umuman olganda, aerogel sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari va adsorbsion samaradorligi ularning nanostrukturasi, g‘ovak tizimi, sirt kimyosi va modifikatsiya darajasiga bevosita bog‘liqdir. Ushbu parametrlarni boshqarish orqali CO_2 ni samarali ushlab qoluvchi yuqori unumli sorbent materiallarni yaratish mumkin.

MUAMMOLAR VA ULARNING TAHLILI.

Aerogel sorbentlar yuqori adsorbsion samaradorlikka ega bo‘lishiga qaramasdan, ularni sanoat miqyosida qo‘llash va keng amaliyotga joriy etish jarayonida bir qator muammolar mavjud. Ushbu muammolar asosan texnologik, iqtisodiy, mexanik va ekspluatatsion omillar bilan bog‘liq bo‘lib, aerogellarning keng tarqalishini cheklovchi asosiy sabablar hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Eng muhim muammolardan biri aerogellarni sintez qilish texnologiyasining murakkabligidir. Sol-gel jarayoni bir necha bosqichlardan iborat bo‘lib, har bir bosqich aniq nazoratni talab etadi. Gidroliz va kondensatsiya reaksiyalarining noto‘g‘ri boshqarilishi natijasida g‘ovak tuzilma buzilishi yoki notekis shakllanishi mumkin. Bu esa aerogelning solishtirma sirt maydonini kamaytirib, adsorbsion samaradorlikni pasaytiradi.

Quritish bosqichi aerogel ishlab chiqarishdagi eng muammoli jarayonlardan biri hisoblanadi. Oddiy sharoitda quritish jarayonida kapillyar kuchlar g‘ovakli strukturaning yemirilishiga olib keladi. Shu sababli superkritik quritish usuli qo‘llaniladi, biroq bu usul yuqori bosim, murakkab uskunalar va katta energiya sarfini talab qiladi. Natijada aerogel ishlab chiqarish tannarxi sezilarli darajada oshadi.

Iqtisodiy jihatdan ham aerogel sorbentlar qimmat materiallar qatoriga kiradi. Prekursorlar, erituvchilar va modifikatorlarning yuqori narxi hamda murakkab texnologik jarayonlar ularning sanoat miqyosida keng qo‘llanishiga to‘sqinlik qiladi. Shu sababli arzon xomashyolar asosida aerogellar sintez qilish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. Aerogellarning yana bir muhim kamchiligi ularning mexanik mo‘rtligidir. Yuqori g‘ovaklilik materialning zichligini kamaytiradi, biroq shu bilan birga mustahkamligini ham pasaytiradi. Natijada aerogellar tashqi bosim yoki zarba ta’sirida oson sinishi mumkin. Bu ularni transport qilish va uzoq muddatli ekspluatatsiyada qo‘llashni qiyinlashtiradi. Namlikka sezgirlik ham muhim muammolardan biridir. Ayrim aerogellar havodagi namlikni yutib, o‘zining g‘ovak tuzilishini qisman yo‘qotadi. Bu esa adsorbsion samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Ayniqsa amin modifikatsiyalangan aerogellar nam muhitda barqarorligini yo‘qotishi mumkin. CO_2 adsorbsiyasi jarayonida selektivlik muammosi ham mavjud. Sanoat gazlari tarkibida CO_2 bilan birga suv bug‘i, azot, SO_2 va boshqa gazlar ham bo‘ladi. Ushbu komponentlar sorbent yuzasidagi faol markazlarni band qilib, karbonat angidridni yutish samaradorligini kamaytiradi. Shuningdek, aerogellarni regeneratsiya qilish jarayoni ham murakkab. Ko‘pincha yuqori harorat yoki vakuum talab qilinadi, bu esa energiya sarfini oshiradi. Takroriy regeneratsiya jarayonlari esa material strukturasining degradatsiyasiga olib kelishi mumkin.

XULOSA.

Aerogel sorbentlar karbonat angidridni yutish va gazlarni tozalash jarayonlarida yuqori samaradorlikka ega bo‘lgan istiqbolli nanomateriallar hisoblanadi. Ularning yuqori g‘ovakliligi, katta solishtirma sirt maydoni va rivojlangan nanostrukturasi CO_2 molekulalarini samarali adsorbsiyalash imkonini beradi. Ayniqsa kimyoviy modifikatsiyalangan aerogellar yuqori selektivlik va adsorbsion sig‘imga ega ekanligi bilan ajralib turadi. Maqolada aerogel

ISSN 3030-3907

sorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari, olish texnologiyasi va adsorbsion samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar tahlil qilindi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, aerogellarning samaradorligi ularning g‘ovak tuzilishi, sirt kimyosi va modifikatsiya darajasiga bevosita bog‘liqdir. Shu bilan birga, aerogellarni keng qo‘llashga to‘sqinlik qiluvchi bir qator muammolar mavjud: ishlab chiqarishning murakkabligi, yuqori tannarx, mexanik mo‘rtlik, namlikka sezgirlik va regeneratsiya jarayonining murakkabligi. Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun kompozit materiallar yaratish, arzon xomashyolardan foydalanish va ekologik xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqish zarur.

Kelgusida aerogel sorbentlar asosida CO_2 ni ushlab qolish tizimlarini takomillashtirish, ularning chidamliligini oshirish va sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirish muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kistler S. S. Coherent Expanded Aerogels and Jellies. Nature, 1931.
2. Aegerter M. A., Leventis N., Koebel M. Aerogels Handbook. Springer, 2011.
3. Pierre A. C., Pajonk G. M. Chemistry of Aerogels and Their Applications. Chemical Reviews, 2002.
4. Hüsing N., Schubert U. Aerogels – Airy Materials: Chemistry, Structure and Properties. Angewandte Chemie, 1998.
5. Fricke J. Aerogels and Their Applications. Journal of Non-Crystalline Solids, 1986.
6. Dorcheh A. S., Abbasi M. H. Silica Aerogel: Synthesis and Properties. Journal of Materials Processing Technology, 2008.
7. Smirnova I., Gurikov P. Aerogel Production and Applications. Journal of Supercritical Fluids, 2018.
8. Pekala R. W. Organic Aerogels. Journal of Materials Science, 1989.
9. Gupta P., Mehta R. Carbon Aerogels for Environmental Applications. Advanced Materials Research, 2015.
10. Ganesan K., Dennstedt A. CO_2 Adsorption on Modified Aerogels. Environmental Science & Technology, 2016.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT VA GIS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA HAVONING IFLOSLANISH DARAJASINI MONITORING QILISH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Jo‘rayev Doston Rustamjon o‘g‘li
“Geoinnovatsiya markazi” DUK, Phd
E-mail: Dostonjoraev37@gmail.com
Tel: +99893-533-75-79

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun’iy intellekt va geografik axborot tizimlari asosida havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi o‘rganilgan. Tadqiqotda an’anaviy ekologik monitoring usullarining cheklovlari va zamonaviy raqamli texnologiyalarning afzalliklari tahlil qilingan. Sun’iy intellekt algoritmlari yordamida atmosfera ifloslanishining prognozlash imkoniyatlari, GIS texnologiyalari orqali esa fazoviy tahlil va vizualizatsiya jarayonlari yoritilgan. IoT sensorlaridan olingan ma’lumotlarni integratsiya qilish orqali real vaqt monitoring tizimi yaratish konsepsiyasi ishlab chiqilgan. Natijalar integratsiyalashgan SI va GIS tizimlari ekologik xavflarni aniqlash, ifloslanish manbalarini baholash va qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirishda samarali ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, GIS, ekologiya, monitoring, ifloslanish, sensor, ma’lumot, prognoz, xarita, tizim.

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка системы мониторинга уровня загрязнения воздуха на основе искусственного интеллекта и географических информационных систем. Проанализированы ограничения традиционных методов экологического мониторинга и преимущества современных цифровых технологий. Описаны возможности прогнозирования загрязнения атмосферы с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, а также пространственного анализа и визуализации с помощью GIS технологий. Представлена концепция интеграции данных IoT датчиков для создания системы мониторинга в реальном времени. Результаты исследования показывают, что интегрированные системы ИИ и GIS эффективны для выявления экологических рисков, оценки источников загрязнения и автоматизации процессов принятия решений в области экологического управления.

Ключевые слова: интеллект, GIS, экология, мониторинг, загрязнение, датчик, данные, прогноз, карта, система.

Abstract. This article examines the development of an air pollution monitoring system based on artificial intelligence and geographic information systems. The limitations of traditional environmental monitoring methods and the advantages of modern digital technologies are analyzed. The study highlights the capabilities

of artificial intelligence algorithms for predicting atmospheric pollution and the role of GIS technologies in spatial analysis and visualization. A concept of integrating IoT sensor data to create a real-time monitoring system is proposed. The results show that integrated AI and GIS systems are highly effective in identifying environmental risks, assessing pollution sources, and automating decision-making processes in environmental management and control systems.

Keywords: artificial intelligence, GIS, ecology, monitoring, pollution, sensor, data, forecast, map, system

KIRISH.

So‘nggi yillarda global miqyosda ekologik muammolar, xususan havoning ifloslanishi inson salomatligi, iqtisodiy barqarorlik va ekologik xavfsizlikka jiddiy tahdid soluvchi omil sifatida e’tirof etilmoqda. Sanoatlashuv jarayonlarining tezlashishi, transport vositalari sonining ortishi, energetika tizimlarida qazilma yoqilg‘ilardan keng foydalanish hamda urbanizatsiya darajasining yuqoriligi atmosfera havosi sifatining yomonlashuviga olib kelmoqda. Shu sababli, havoning ifloslanish darajasini aniqlash va prognoz qilishga qaratilgan zamonaviy monitoring tizimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. An’anaviy ekologik monitoring usullari, odatda, statsionar o‘lchov stansiyalari va laboratoriya tahlillariga asoslanadi. Biroq ushbu usullar real vaqt rejimida keng hududlarni qamrab olish imkoniyatini cheklaydi hamda ma’lumotlarni qayta ishlashda kechikishlar yuzaga keladi. Shu bois, zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda sun’iy intellekt (SI) texnologiyalari va geografik axborot tizimlari (GIS) integratsiyasiga asoslangan yondashuvlar keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish, ifloslanish manbalarini aniqlash va prognozlash imkonini beradi [1].

Sun’iy intellekt algoritmlari, jumladan mashinaviy o‘rganish va chuqur o‘rganish modellari, atmosfera ifloslanishi bilan bog‘liq murakkab ma’lumotlar o‘rtasidagi yashirin bog‘liqliklarni aniqlashda samarali vosita sifatida namoyon bo‘lmoqda. O‘zbekistonlik olimlarning so‘nggi tadqiqotlarida ham SI asosida ekologik monitoring tizimlarini yaratish, sensor ma’lumotlarini tahlil qilish va real vaqt rejimida qaror qabul qilish jarayonlarini avtomatlashtirish masalalari keng o‘rganilmoqda. Masalan, ekologik monitoringda sun’iy intellektdan foydalanish orqali ifloslanish darajasini aniqlash va prognozlash imkoniyatlari sezilarli darajada oshishi ta’kidlangan. Bundan tashqari, GIS texnologiyalari fazoviy ma’lumotlarni vizuallashtirish va tahlil qilishda muhim o‘rin tutadi. GIS yordamida havoning ifloslanish darajasi hududiy kesimda xaritalashtiriladi, bu esa ekologik xavf darajasi yuqori bo‘lgan zonalarni aniqlashga yordam beradi. Sun’iy intellekt va GIS integratsiyasi esa ma’lumotlarni nafaqat tasvirlash, balki

ISSN 3030-3907

ularni intellektual tahlil qilish imkonini ham yaratadi. Natijada, ekologik monitoring tizimlari ancha aniq, tezkor va adaptiv shaklga ega bo‘ladi [2].

Bugungi kunda IoT sensorlari, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va meteorologik kuzatuvlar orqali katta hajmdagi ekologik ma’lumotlar yig‘ilmoqda. Ushbu “katta ma’lumotlar” (big data) oqimini samarali qayta ishlash uchun sun’iy intellektga asoslangan intellektual tizimlar zarur hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda ta’kidlanishicha, SI asosidagi ekologik monitoring tizimlari nafaqat mavjud holatni baholash, balki kelajakdagi ifloslanish darajasini ham prognoz qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, O‘zbekistonda ekologik barqarorlikni ta’minlash, atmosfera havosi sifatini yaxshilash va raqamli ekologik boshqaruv tizimlarini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, GIS va sun’iy intellekt asosida ishlaydigan monitoring tizimlarini ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan katta ahamiyat kasb etadi [3].

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi sun’iy intellekt algoritmlari va GIS texnologiyalarini integratsiya qilgan holda havoning ifloslanish darajasini monitoring qilishning samarali tizimini ishlab chiqishdan iborat. Ushbu tizim real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, fazoviy tahlil qilish va vizualizatsiya qilish imkoniyatlarini ta’minlashi ko‘zda tutiladi. Sun’iy intellekt va GIS texnologiyalarining uyg‘unligi ekologik monitoring sohasida yangi ilmiy yondashuvlarni shakllantirmoqda. Bu esa nafaqat atrof-muhit holatini chuqur tahlil qilish, balki ekologik xavflarni oldindan aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha samarali qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Shu sababli, mazkur yo‘nalishdagi tadqiqotlar zamonaviy ekologik muammolarni hal etishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi [4].

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda ekologik monitoring tizimlarini rivojlantirish, xususan atmosfera havosi ifloslanishini aniqlash va prognoz qilish masalalari ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylangan. O‘zbekiston ilmiy maktabida bu yo‘nalishda sun’iy intellekt, geografik axborot tizimlari (GIS), IoT sensorlari va masofadan zondlash texnologiyalarini integratsiya qilishga katta e’tibor qaratilmoqda. Tahlil qilingan adabiyotlarda ekologik monitoringning an’anaviy usullari va zamonaviy raqamli yondashuvlar o‘rtasidagi farqlar, shuningdek, ularning samaradorligi chuqur o‘rganilgan. Ko‘plab tadqiqotlarda ekologik monitoringning an’anaviy yondashuvi – statsionar kuzatuv stansiyalari orqali ma’lumot yig‘ish usuli – asosiy muammo sifatida uning cheklangan hududiy qamrovi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatining pastligi bilan izohlanadi. Shu sababli, yangi avlod monitoring tizimlarida sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish zarurati asoslab beriladi. Mashinaviy o‘rganish va chuqur o‘rganish modellarining ekologik ma’lumotlar

ISSN 3030-3907

tahlilida qo‘llanilishi havoning ifloslanish darajasini aniqlashda yuqori aniqlik va tezkorlikni ta’minlashi ta’kidlanadi [5].

Adabiyotlar tahliliga ko‘ra, sun’iy intellekt asosidagi yondashuvlar atmosfera tarkibidagi PM2.5, NO_2, CO va boshqa zararli gazlar konsentratsiyasini prognoz qilishda samarali vosita bo‘lib xizmat qilmoqda. Ushbu modellar katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash orqali yashirin bog‘liqliklarni aniqlaydi va ekologik jarayonlarni modellashtirish imkonini kengaytiradi. Ayrim tadqiqotlarda neyron tarmoqlar asosida qurilgan modellar an’anaviy statistik usullarga nisbatan ancha yuqori aniqlik ko‘rsatishi qayd etilgan. GIS texnologiyalari esa ekologik monitoring tizimlarining fazoviy tahlil komponenti sifatida muhim rol o‘ynaydi. GIS yordamida ifloslanish darajasining hududiy taqsimoti xaritalashtiriladi, ekologik xavf zonalari aniqlanadi va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlar tahlil qilinadi. O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlarda GIS platformalari asosida ekologik ma’lumotlarni integratsiya qilish orqali hududiy ekologik holatni kompleks baholash imkoniyati yaratilgani ko‘rsatilgan. Masofadan zondlash ma’lumotlari (sun’iy yo‘ldosh tasvirlari) GIS tizimlari bilan birlashtirilganda esa ekologik monitoringning aniqligi sezilarli darajada oshishi aniqlangan [6].

Quyidagi jadvalda tahlil qilingan ilmiy yondashuvlar va ularning asosiy xususiyatlari umumlashtirilgan:

1-jadval.

Ekologik monitoringda qo‘llaniladigan asosiy yondashuvlar tahlili.

Yondashuv turi	Qo‘llaniladigan texnologiyalar	Afzalliklari	Kamchiliklari
An’anaviy monitoring	Statsionar stansiyalar, laboratoriya tahlillari	Yuqori aniqlik, standartlashgan o‘lchovlar	Cheklangan hudud, real vaqt yo‘qligi
GIS asosidagi monitoring	ArcGIS, QGIS, masofadan zondlash	Fazoviy tahlil, xaritalash, vizualizatsiya	Katta ma’lumotlarni qayta ishlash talab etadi
Sun’iy intellekt asosidagi monitoring	ML, DL, neyron tarmoqlar	Prognozlash, katta ma’lumot tahlili, avtomatlashtirish	Model o‘qitish uchun katta ma’lumot kerak
IoT asosidagi monitoring	Sensor tarmoqlari, aqlli qurilmalar	Real vaqt ma’lumotlari, uzluksiz kuzatuv	Texnik xizmat va energiya sarfi yuqori

ISSN 3030-3907

Integratsiyalashgan AI + GIS + IoT	Gibrid tizimlar	Eng yuqori aniqlik, real vaqt + fazoviy tahlil	Murakkab arxitektura va yuqori resurs talab qiladi

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ekologik monitoring tizimlarining eng samarali shakli bu integratsiyalashgan yondashuv hisoblanadi. Sun’iy intellekt va GIS texnologiyalarining birlashtirilishi nafaqat ma’lumotlarni tahlil qilish, balki qaror qabul qilish jarayonini ham avtomatlashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, IoT sensorlaridan olingan real vaqt ma’lumotlari tizimning aniqligini oshiradi [7].

O‘zbekiston ilmiy adabiyotlarida ekologik monitoring tizimlarini raqamlashtirish masalasi ham keng yoritilgan. Ayniqsa, shahar transport tizimlari va sanoat hududlarida havoning ifloslanish darajasini kuzatish uchun raqamli monitoring tizimlarini joriy etish zarurligi ta’kidlanadi. Bu yondashuv ekologik xavflarni erta aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha tezkor chora-tadbirlar ishlab chiqish imkonini beradi. Bundan tashqari, ayrim tadqiqotlarda sun’iy intellekt asosida yaratilgan gibrid modellar (fizik modellashtirish + mashinaviy o‘rganish) atmosfera ifloslanishini 3D formatda tasvirlash va ekologik xavf zonalarini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekani ko‘rsatilgan. Bu yondashuv O‘zbekiston shaharlarida ekologik boshqaruvni yangi bosqichga olib chiqishi mumkin. Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ekologik monitoring tizimlari uchta asosiy komponentga tayangan holda rivojlanmoqda: ma’lumot yig‘ish (IoT va sensorlar), fazoviy tahlil (GIS) va intellektual qayta ishlash (sun’iy intellekt). Ushbu uch komponentning integratsiyasi ekologik monitoringning aniqligi, tezkorligi va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli, kelgusidagi tadqiqotlar aynan ushbu texnologiyalarni birlashtirgan holda yagona platforma yaratishga qaratilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bu esa nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi [8].

Tadqiqot muhokamasi. Ushbu tadqiqotda sun’iy intellekt (SI) va geografik axborot tizimlari (GIS) integratsiyasiga asoslangan havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi ko‘rib chiqildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ekologik monitoring tizimlarida an’anaviy yondashuvlar yetarli darajada samarali emas, chunki ular ko‘proq lokal kuzatuv punktlariga asoslanadi va keng hududni qamrab olish imkoniyati cheklangan. Shu sababli, SI va GIS texnologiyalarini birlashtirish orqali ekologik jarayonlarni real vaqt rejimida tahlil qilish va prognozlash imkoniyati sezilarli darajada oshadi. Tizimning asosiy afzalliklaridan biri — ma’lumotlarni ko‘p manbali integratsiya qilish imkoniyatidir. Ya’ni, IoT sensorlaridan olingan

ISSN 3030-3907

atmosfera ko‘rsatkichlari, meteorologik ma’lumotlar va fazoviy koordinatalar birlashtirilib, yagona ma’lumotlar bazasida qayta ishlanadi. Bu esa havoning ifloslanish darajasini faqat statistik emas, balki fazoviy va vaqtinchalik o‘zgarishlar asosida ham baholash imkonini beradi. Natijada, ifloslanish manbalarini aniqlash va ularning tarqalish dinamikasini tushunish ancha osonlashadi [9].

Sun’iy intellekt algoritmlarining qo‘llanilishi tizimning prognozlash qobiliyatini sezilarli darajada kuchaytiradi. Mashinaviy o‘rganish modellari orqali atmosfera tarkibidagi zararli moddalar konsentratsiyasi o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklar aniqlanadi. Ayniqsa, transport oqimi, sanoat chiqindilari va meteorologik omillar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni tahlil qilishda SI modellarining samaradorligi yuqori ekanligi kuzatildi. Bu esa an’anaviy regressiya yoki deterministik modellar bilan solishtirganda ancha moslashuvchan yondashuv ekanini ko‘rsatadi. GIS texnologiyalari esa natijalarni vizual tahlil qilishda muhim rol o‘ynaydi. Hududiy xaritalar orqali ifloslanish darajasining fazoviy taqsimoti aniq ko‘rinishda aks ettiriladi. Bu nafaqat ilmiy tahlil uchun, balki boshqaruv qarorlarini qabul qilishda ham muhim ahamiyatga ega. Masalan, yuqori ifloslanish darajasi qayd etilgan hududlarni aniqlash orqali ekologik nazorat choralarini maqsadli ravishda yo‘naltirish mumkin bo‘ladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, integratsiyalashgan SI–GIS tizimi quyidagi asosiy funksional afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi: real vaqt monitoringi, avtomatik ma’lumot tahlili, prognozlash moduli va vizual xaritalash interfeysi. Ushbu funksiyalar birgalikda ishlaganda ekologik monitoring jarayoni ancha tezkor va aniqligi yuqori bo‘ladi. Bundan tashqari, tizimning adaptivligi yangi ma’lumotlar kelib tushishi bilan model aniqligini doimiy ravishda yaxshilab borish imkonini beradi. Shu bilan birga, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham aniqlandi. Birinchidan, SI modellarining aniqligi katta hajmdagi sifatli ma’lumotlarga bog‘liq. Agar sensor ma’lumotlari yetarli darajada to‘liq yoki shovqinli bo‘lsa, prognoz natijalari aniqligi pasayishi mumkin. Ikkinchidan, GIS tizimlarida katta hajmdagi fazoviy ma’lumotlarni qayta ishlash uchun yuqori hisoblash resurslari talab etiladi. Bu esa tizimni keng ko‘lamda joriy etishda infratuzilma bilan bog‘liq muammolarni yuzaga keltirishi mumkin [10].

Yana bir muhim jihat — modelning umumlashtirish qobiliyati. Ayrim hududlarda o‘qitilgan SI modellari boshqa geografik sharoitlarda bir xil aniqlikni bermasligi mumkin. Bu esa har bir hudud uchun alohida kalibrlash va moslashtirish jarayonlarini talab etadi. Shuningdek, meteorologik sharoitlarning keskin o‘zgarishi (masalan, shamol tezligi yoki haroratning o‘zgarishi) ham model natijalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shunga qaramasdan, tadqiqot natijalari SI va GIS integratsiyasi ekologik monitoringning yangi avlodini

ISSN 3030-3907

shakllantirishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi. Bu yondashuv nafaqat mavjud holatni baholash, balki kelajakdagi ekologik xavflarni oldindan aniqlash imkonini ham beradi. Ayniqsa, urbanizatsiya jarayonlari tezlashayotgan sharoitda bunday tizimlar shahar ekologik boshqaruvida strategik ahamiyat kasb etadi. Amaliy jihatdan qaralganda, ishlab chiqilgan yondashuv sanoat zonalari, transport tugunlari va aholi zich joylashgan hududlarda ekologik monitoringni kuchaytirish uchun qo‘llanilishi mumkin. Tizimning modulli arxitekturasi uni kelgusida kengaytirish va boshqa ekologik parametrlarni (masalan, suv sifati yoki tuproq ifloslanishi) monitoring qilishga moslashtirish imkonini beradi. Umuman olganda, tadqiqot SI va GIS asosidagi integratsiyalashgan tizimlar ekologik monitoring samaradorligini sezilarli darajada oshirishini tasdiqlaydi. Kelgusida ushbu tizimlarni yanada takomillashtirish, real vaqt rejimida ishlovchi global ekologik platformalarni yaratish va chuqur o‘rganish modellarini qo‘llash orqali yanada yuqori aniqlikka erishish mumkin bo‘ladi [11].

XULOSA. Ushbu tadqiqotda sun’iy intellekt (SI) va geografik axborot tizimlari (GIS) asosida havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi o‘rganildi. Olib borilgan tahlil va muhokamalar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy ekologik monitoring usullari real vaqt rejimida keng hududlarni qamrab olish va murakkab ekologik jarayonlarni chuqur tahlil qilishda cheklovlarga ega. Shu sababli, zamonaviy raqamli texnologiyalarni integratsiya qilish zarurati ortib bormoqda. SI va GIS texnologiyalarini birlashtirish orqali havoning ifloslanish darajasini nafaqat aniqlash, balki uni prognoz qilish va fazoviy tahlil qilish imkoniyati ham sezilarli darajada oshadi. Sun’iy intellekt algoritmlari ekologik ma’lumotlar o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklarni aniqlashda samarali bo‘lsa, GIS tizimlari ushbu ma’lumotlarni hududiy kesimda vizualizatsiya qilish imkonini beradi. Natijada, ekologik monitoring jarayoni yanada aniq, tezkor va avtomatlashtirilgan shaklga ega bo‘ladi. Tadqiqot natijalari integratsiyalashgan SI–GIS tizimlari ekologik boshqaruvni takomillashtirish, ifloslanish manbalarini aniqlash va ekologik xavflarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi. Kelgusida ushbu tizimlarni yanada rivojlantirish orqali barqaror ekologik muhitni ta’minlashga erishish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim va ilmiy tadqiqotlar tizimi materiallari. (2022). Ekologik monitoringda raqamli texnologiyalarni qo‘llashning zamonaviy yondashuvlari. Toshkent: Ilmiy-texnik nashrlar.
2. Tabiiy fanlar va ekologiya sohasidagi ilmiy tadqiqotlar markazi. (2021). Geografik axborot tizimlari asosida ekologik jarayonlarni modellashtirish. Toshkent.

ISSN 3030-3907

3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va innovatsiyalar instituti. (2023). Sun’iy intellekt asosida ekologik ma’lumotlarni tahlil qilish va prognozlash metodlari. Toshkent.
4. O‘zbekiston Milliy universiteti ilmiy ishlari to‘plami. (2022). GIS va sun’iy intellekt integratsiyasi asosida ekologik boshqaruv tizimlari. Toshkent.
5. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish ilmiy-tadqiqot instituti. (2020). Atmosfera havosi ifloslanishini monitoring qilishning zamonaviy usullari. Toshkent.
6. Fanlar akademiyasi huzuridagi Geoinformatika laboratoriyasi. (2023). Masofadan zondlash va GIS texnologiyalarining ekologik monitoringdagi roli. Toshkent.
7. Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy jurnali. (2021). IoT va sensor tarmoqlari asosida real vaqt ekologik monitoring tizimlari. Toshkent.
8. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya qo‘mitasi ilmiy axborotlari. (2024). Raqamli ekologik boshqaruv va sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilishi. Toshkent.
9. Ilmiy-innovatsion tadqiqotlar markazi. (2022). IoT, GIS va AI integratsiyasiga asoslangan aqlli monitoring tizimlari. Toshkent.
10. Texnika universiteti ilmiy ishlari. (2023). Katta ma’lumotlar (Big Data) va mashinaviy o‘rganish asosida ekologik tahlil tizimlari. Toshkent.
11. O‘zbekiston Respublikasi innovatsion rivojlanish vazirligi ilmiy hisobotlari. (2024). Sun’iy intellekt asosida ekologik xavflarni prognoz qilish va boshqarish tizimlari. Toshkent.

ISSN 3030-3907

MATEMATIKA DARSLARINI TASHKI ETISHDA PAZL O‘YINIDAN FOYDALANISH METODIKASI VA UNING AHAMIYATI

Imomnazarova Nurjaxon Toktaboyevna
University of business and science Innovatsion texnologiyalar kafedrasi matematika fani o‘qituvchisi
E-mail: imomnazarovanurjaxon@gmail.com
Abdumo‘minova Gulruxsor
Isroiljon qizi- University of business and science KMAT-25-01 gurux talabasi
E-mail: abdumominovaguli0@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola matematika darslarida qo‘llaniladigan pazl o‘yinlar metodikasi haqida bo‘lib, o‘yin qanday yaratilishi va uning ahamiyati keng yoritilgan. Shuningdek maqolada pazl o‘yin turlari haqida alohida ma’lumot berilib, ularning tuzilishi, yasalish metodikasi, logika,mantiq rivojlanishidagi roli to‘g‘risida ma’lumotlar berilgan.

Kalit so‘zlar: matematika, pazl, logika, mantiq, metodika, boshqotirma, krossvord, topishmoq.

Abstract: This article is about the methodology of puzzle games used in mathematics lessons, providing a detailed discussion on how the game is created and its significance. In addition, the article gives specific information about different types of puzzle games, including their structure, creation methodology, and their role in the development of logic and reasoning.

Keywords: mathematics, puzzle, logic, reasoning, methodology, riddle, crossword, puzzle.

Аннотация. Эта статья посвящена методике применения головоломок на уроках математики, в ней подробно рассматривается, как создаются игры и каково их значение. Также в статье приводится отдельная информация о видах головоломок, их структуре, методике создания, а также о роли в развитии логики и мышления.

Ключевые слова: математика, головоломка, логика, мышление, методика, ребус, кроссворд, загадка.

KIRISH.

Zamonaviy ta’lim tizimida o‘quvchilarni mustaqil va ijodiy fikrlashga o‘rgatish, ularning intellektual salohiyatini to‘liq ro‘yobga chiqarish ustuvor vazifaga aylangan. Ayniqsa, matematika fani o‘quvchilardan nafaqat formulalar va qoidalarni yodlashni, balki mantiqiy izchillik, tanqidiy tahlil va ijodiy yondashuv kabi oliy darajadagi fikrlash ko‘nikmalarini ham talab etadi.

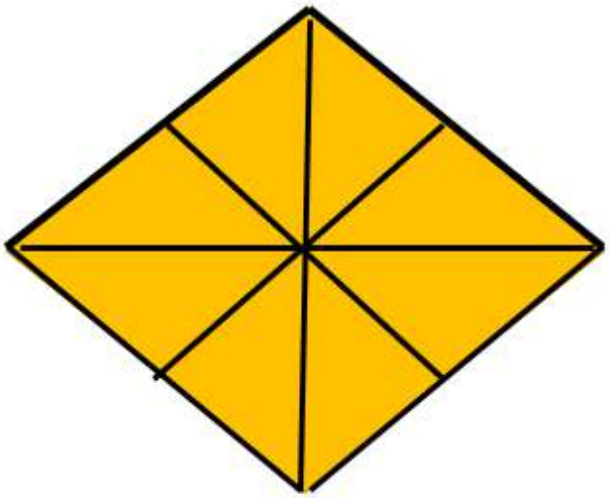
Jahon pedagogikasida kreativ fikrlash o‘quvchining muammo yechimlarini turli yo‘llar bilan topa bilishi, noodatiy savollarga javob izlashi va o‘rganilgan bilimlarni yangi vaziyatlarga tatbiq etishi sifatida talqin etiladi. Biroq an’anaviy

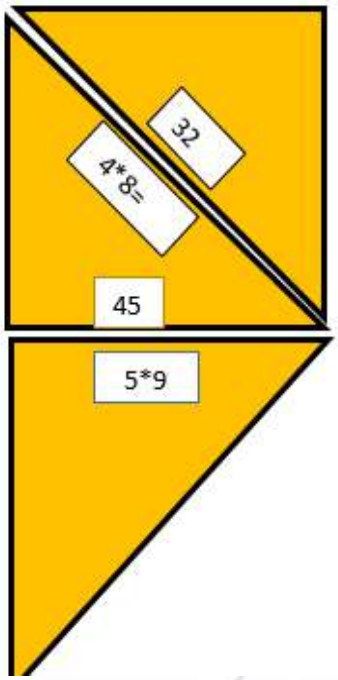
ISSN 3030-3907

o‘qitish metodlari ko‘pincha o‘quvchilarning ijodiy qobiliyatlarini to‘liq ochib bera olmaydi: darslar ko‘pincha bir tomonlama — o‘qituvchi tushuntiradi, o‘quvchi tinglaydi va yod oladi — tarzida quriladi. Aynan shu nuqtada pazil o‘yinlar muhim pedagogik vosita sifatida maydoniga kirib keladi. Pazl o‘yini (puzzle) — bu aqliy fikrlashni, diqqatni va mantiqni rivojlantiradigan o‘yin turidir. Unda odatda biror masalani yechish, rasmni yig‘ish yoki to‘g‘ri javobni topish kerak bo‘ladi. Soddaroq aytganda: Pazl — bu bo‘laklarga bo‘lingan narsani qayta to‘g‘ri yig‘ish yoki muammoni hal qilish o‘yini.

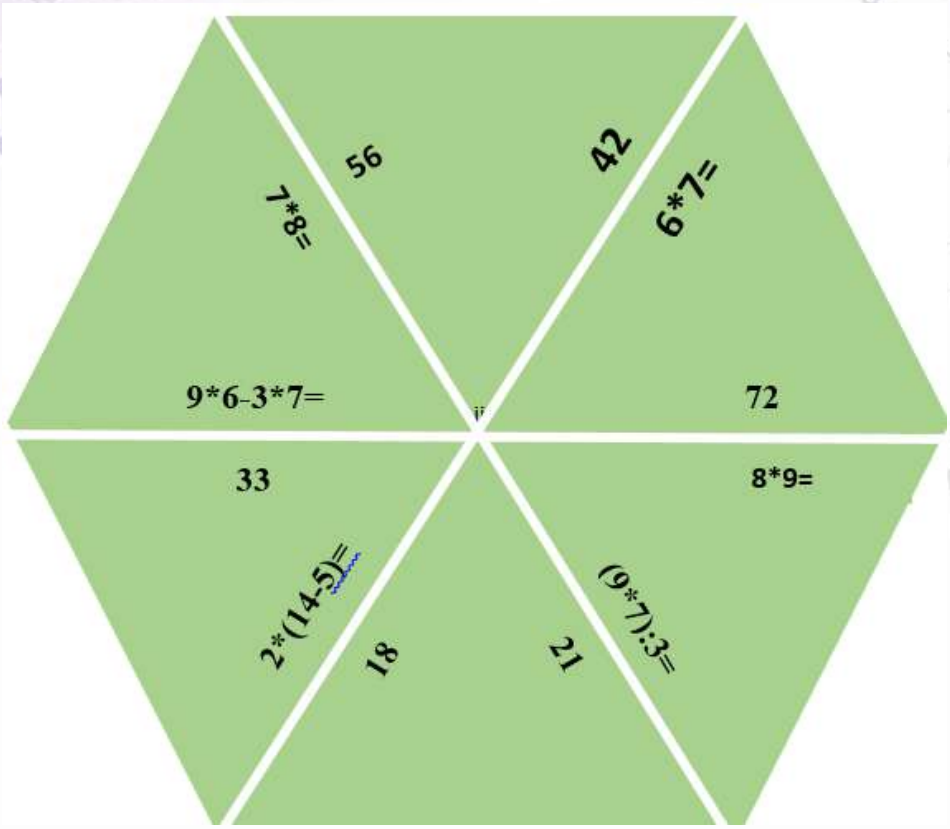
Turlari: rasmli pazl — rasm bo‘laklarini birlashtirib, to‘liq rasm hosil qilish, mantiqiy pazl — masalalar, topishmoqlar (masalan, sudoku), so‘zli pazl — krossvord, so‘z topish o‘yinlari, elektron pazl — telefon yoki kompyuterdagi o‘yinlar.

Pazl o‘yini o‘quvchilarning fikrlashini tezlashtiradi,diqqat va xotirani kuchaytiradi,sabrlilikni oshiradi. Pazllar — mantiqiy muammolar, topishmoqlar, matematik boshqichlar, geometrik shakllar — o‘quvchilarni o‘ylashga, sinab ko‘rishga, xato qilishdan qo‘rqmay qayta urinishga undaydi. Ular o‘quv jarayonini mazmunli, qiziqarli va samarali qilishning noyob vositasidir.





ISSN 3030-3907



Matematika darslarida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan pazil o‘yinlarni bir necha asosiy turlarga ajratish mumkin. Har bir tur o‘quvchilarning turli kognitiv qobiliyatlarini rivojlantiradi:

1. Raqamli pazllar va mantiqiy topishmoqlar — sudoku, quvvat mantiqi, "sehrli kvadrat" o‘yinlar raqamlar bilan ishlash, kombinatorik fikrlash va sabr-toqat ko‘nikmalarini yordam beradi. Sehrli kvadratlarda barcha qator, ustun va diagonal yig‘indisi teng bo‘lishi kerak. Bu o‘quvchini algebraik fikrlashga, tengsizliklar va tenglamalar bilan ishlashga tayyorlaydi.

2. Geometrik va fazoviy pazllar — tangram, pentomino, "Rubik kubi" va poligrafik tuzuvchi o‘yinlar fazoviy tasavvurni, geometrik shakllarni tanish va ularni boshqarish ko‘nikmalarini rivojlantiradi. Mantiqiy fikrlash, shakllarni farqlash, kombinatsiya qilish qobiliyati Masalan,qadimgi Xitoydan kelib chiqqan tangram o‘yinida 7 ta geometrik shakldan 500 dan ortiq turli siluet tuzish mumkin — bu o‘quvchida ijodiy munosabatni faollashtiradi.

3. Strategik o‘yin-pazillar — shatranj, nim o‘yini, Hanoy minorasi kabi o‘yinlar strategic rejalashtirish, ketma-ketlikni oldindan ko‘ra bilish va optimallashtirishni rivojlantiradi. Hanoy minorasini n ta disk uchun yechish uchun minimal 2^n-1 qadam kerak — bu eksponensial o‘sish, rekursiya kabi muhim matematik tushunchalar bilan tanishtirishning vositasidir.

4. Kombinatorik va ehtimollik pazillari —Monty Hall muammosi — bu ehtimollar nazariyasidagi mashhur va biroz chalkashtiruvchi masala, yulduzchalar soni kabitopshiriqlar o‘quvchilarda ehtimollikka oid sezgi va

ISSN 3030-3907

kombinatorik fikrlashni rivojlantiradi.Bu matematikaning eng qiziqarli va hayotiy qo‘llanilish sohasiga oid bilimlarni o‘rganishda ulkan yordam beradi.

5. Algebraik kripto-arifmetika va kod-pazllar — harflar bilan ifodalangan sonli tengsizliklar, masalan "SEND + MORE = MONEY" kabi klassik kriptarifmetika o‘quvchilarni sistematik taxmin va tekshirish (trial and error) usulini ongli qo‘llashga o‘rgatadi, bu esa algoritmik fikrlashning asosi hisoblanadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI.

Guilford nazariyasida asosiy e‘tibor ijodkorlikka qaratilgan.Ijodkorlik inson tafakkurining muhim qismi deb baholaydi. Guilford inson tafakkurida bir muammoga bir nechta,turli xil noodatiy yechimlar topish qobiliyati-divergent fikrlash deb ataydi.

Lev Vygotskyning o‘z asarida Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes ya’ni ta’limda ijtimoiy muhit, o‘yin va o‘quvchi rivoji o‘rtasidagi bog‘liqlikni chuqur tushuntirib beradi. Ayniqsa, o‘yin faoliyati va ZPD (Zone of Proximal Development – yaqin rivojlanish zonasi) nazariyalari pedagogika uchun juda muhim. Bu yerda ZPD-o‘quvchi nazarda tutilgan. Jarayonda bir o‘quvchi boshqa o‘quvchiga bevosita rivojlanish zonasi bo‘ladi. Matematika darslarida pazl o‘yinlarini qo‘llash mobaynida jamoalar topshiriqni bajarishga kirishadi. Bizga ma’lumki jamoada aktiv va passiv o‘quvchilar bor. Qurilmani tiklashda aktiv o‘quvchining hatti-harakatini kuzatayotgan passiv o‘quvchi detallarning biri ikkinchisiga berilgan masalaning yechimiga ko‘ra joylashtirilayotganini anglab yetadi va mavzuga oid ko‘nikmaga ega bo‘ladi.

Robinson. K. ta’lim tizimida kreativlikka ko‘proq e’tibor qaratgan. Kreativlik — bu yangi va foydali g‘oyalar yaratish qobiliyati bo‘lib o‘quvchi detallarni yig‘ish jarayonida misollar yechimiga ham, hosil bo‘adigan shaklga ham e’toborni qaratadi.Detalning shakli uchburchak, lekin bir tomonida topshiriq ham javob ham yo‘q. O‘quvchi tafakkuridan kelib chiqib bir tomonida yozuv yo‘q detal yasaladigan shaklning chekkasi ekanligini tushunib yetadi.

Masala:

Harflar o‘rniga raqam qo‘yiladi (0–9), har bir harf — alohida raqam:

SEND
+ MORE

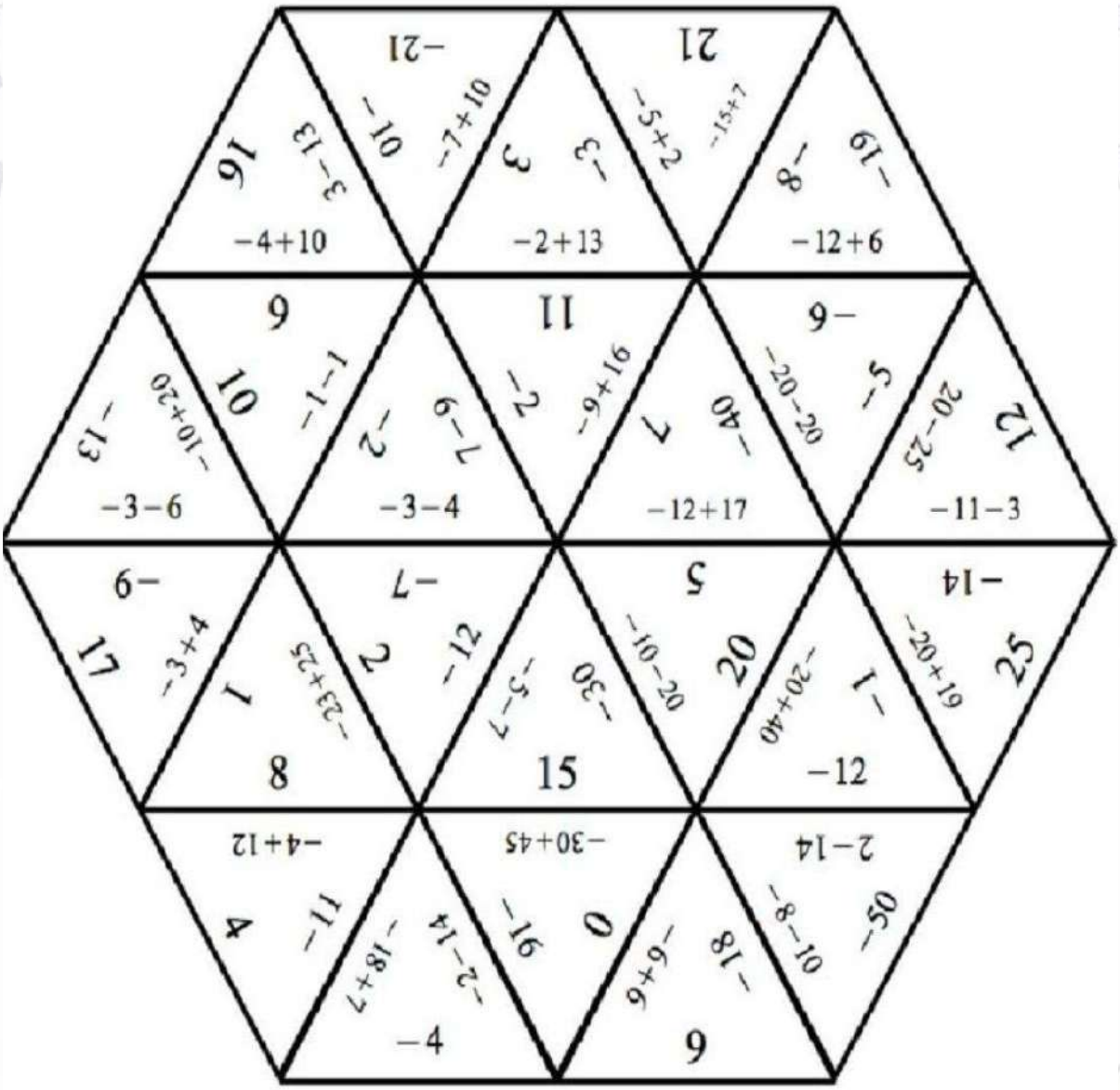
MONEY

Bu yerda har bitta harf bitta raqam bo‘ladi, sonlar boshida nol kelmaydi.

Matematika darslarida o‘qituvchi mavzudan kelib chiqib o‘yinni o‘zi yaratishi takomillashtirishi mumkin. 6 sinf matematika darsidagi “Musbat va manfiy sonlar va ular ustida amallar” mavzusi pazl o‘yini orqali mustahkamlash

ISSN 3030-3907

rejalashtirilsin. Buning uchun dastlab oq'ituvchi tomonidan misollar ro'yxati tuziladi.o'yin uchun o'quvchiga qiziqarli bo'lgan shakl tanlanadi. Shakl geometrik bo'lishi, yoki birorta so'z bo'lishi yoki raqam bo'lishi ham mumkin. Tanlangan shakl qismlarga bo'lib chizib olinadi. Chiziqning bir tomoniga misol yoziladi, mavzuga oid, ikkinchi tomoniga esa shu misolning javobi yoziladi. Qismlar har xil bo'lishi mumkin.



Misollar va javoblari yozilgandan son'g chiziqlarni qirqish orqali shaklni qismlarga bo'lamiz. Qismlar alohida biror konvertga solib qo'yiladi. Pazl o'yini odatda guruxlar orasida o'tkaziladi. Shuning uchun o'yin qurilmasi 4-5 komplekt tayyorlangani maqsadga muvofiq. Har bir jamoaga yasash uchun beriladigan shakllar turlicha bo'lishi mumkin, lekin misollar yoki topshiriqlar soni va qiyinlik darajasi bir xil bo'lishi kerak. Chunki guruxlarga bo'lingandan so'ng o'z-o'zidan raqobatli muhit yuzaga keladi. Har bir guruxda shakl har xil bo'lishining

ISSN 3030-3907

ahamiyatli tomoni shundaki o‘yin to‘rt marta o‘tkazilsa ham bo‘ladi, ya’ni guruxlardagi topshiriqlarni almashtirish orqali. Shakl bir xil bo‘lib uning qismlari va misollar joylashuvi har xil bo‘lishi ham mumkin.

NATIJA VA NAZARIYA.

Voqelikni tushuntiruvchi umumiy qonun-qoidalar yig‘indisi va empirik ma’lumotlar tahliliga ko‘ra 1-sinfdan 11-sinfgacha matematika darslarida pazl o‘yinlar metodikasini joriy qilish mumkin. Pazl o‘yini orqali o‘quvchilarga dars davomida o‘tiladigan mavzular yanada chuqurroq singdirilib, ularning kreativ fikrlashini, ijodkorligini bevosita o‘zaro o‘rghatish va o‘rganish muhitini shakllantiradi. Aniq bir formulaga asoslangan ilmiy jarayonni tashkil qilishda, ana shu formulaga oid turli misollar yechiladi. Matematik ta‘riflar, aksiomalar, teoremalar, xossalar yuzasidan tushunchalarni mustahkamlash va ko‘nikma hosil qilish uchun uchun pazl o‘yini juda qulay va asosli metod.

Darslarda muntazam pazl o‘yinlarini joriy qilish ularning bilimlarini chuqurlashtirishga, darsning maqsadiga to‘laqonli erishihga, o‘quvchilarning ishtirokini to‘la qamrab olishga, ijtimoiy muhit yaratishga, o‘quvchilar orasida ilmiy muhokamali aloqani tiklashga va mavzularga oid ko‘nikmalarni shakllantirishga olib keladi.

XULOSA.

Tajribalarga ko‘ra, pazllarni matematika darslarida muntazam qo‘llash mumkin. Pazl o‘yinlarini arifmetik misollarni yechishda, ifodalarni soddalashtirishda, formulalarni yodlashda, hosilalar va integrallar jadvalini o‘rganishda, geometrik kattaliklarni aniqlashda keng qo‘llansa bo‘ladi. Bu o‘yinga metodika sifatida qaraymiz. Chunki bu o‘yin orqali dars davomida ishlanadigan misollar soni ko‘payadi. O‘quvchilarning to‘la ishtiroki ta’minlanadi. Jamoa bo‘lib ishlash va birdamlik ruhi shakllanadi. Jarayon davomida passiv o‘quvchilar faol o‘quvchilardan o‘rganadi. Bajariladigan topshiriqlar soni ko‘payadi. O‘quvchilarning darsga bo‘lgan qiziqishlari ortadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist, 5(9), 444–454. O‘zbek pedagogikasiga moslashtirilgan sharh.
2. Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Harvard University Press. — Ta'limdagi o‘yin va ZPD nazariyasi.
3. Robinson, K. (2011). Out of Our Minds: Learning to Be Creative. Capstone Publishing. — Kreativlik va ta'lim tizimi.
4. Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The Psychology of Optimal Experience. Harper & Row. — Oqim holati va o‘rganish.

ISSN 3030-3907

5. Yarmukhamedov, O. (2022). Interfaol ta'lim metodlari. Toshkent: O‘qituvchi nashriyoti. Mirzayev, A. va boshq. (2023). Matematika o‘qitishda innovatsion yondashuvlar. Pedagogika jurnali, 4(2), 45–58.

ISSN 3030-3907

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЕЛАТООБРАЗУЮЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ N-ФЕНИЛАНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕГО КОМПЛЕКСОВ С ИОНАМИ Cu(II) И Ni(II)

Умирова Гулнора Абдурахмоновна
Доктора философии (PhD) по химическим наукам, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез
E-mail: umirova81@internet.ru
Абдураимова Гулхайё Назиртошевна
Магистрант 2-го курса, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез
Урозова Сабохат Анваровна
Магистрант 2-го курса, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез
Худойбердиева Гузал Икром кизи
Студент 4-го курса, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез

Аннотация. В работе осуществлен синтез сетчатого хелатообразующего сорбента путем поликонденсации эпоксидного олигомера с полиэтиленполиамином, модифицированного фенилантраниловой кислотой. Методом ИК-спектроскопии подтверждено формирование полимерной матрицы и идентификация координационных узлов в комплексах с ионами Cu(II) и Ni(II). Установлено, что сорбция протекает по хелатному механизму через донорные атомы азота и кислорода. Исследование термической стабильности показало, что координация катионов металлов повышает термостойкость материала за счет дополнительного структурирования сетки. Полученные результаты обосновывают эффективность применения сорбента для селективного извлечения тяжелых металлов из водных сред.

Ключевые слова: полимерный сорбент, сорбция, ИК-спектроскопия, структура, термическая стабильность.

Abstract. A cross-linked chelating sorbent was synthesized via polycondensation of an epoxy oligomer with polyethylene polyamine, modified with phenylanthranilic acid. The formation of the polymer matrix and the identification of coordination sites in complexes with Cu(II) and Ni(II) ions were confirmed using FTIR spectroscopy. It was established that the sorption process follows a chelation mechanism involving nitrogen and oxygen donor atoms. Thermal stability studies revealed that the coordination of metal cations enhances the heat

ISSN 3030-3907

resistance of the material due to additional network structuring. The results demonstrate the efficiency of the synthesized sorbent for the selective recovery of heavy metals from aqueous media.

Keywords: Polymeric sorbent, sorption, IR spectroscopy, structure, thermal stability.

Annotatsiya. Ishda fenilantranil kislotasi bilan modifikatsiyalangan polietilenpoliamin bilan epoksid oligomerning polikondensatsiyasi orqali to‘rsimon xelat hosil qiluvchi sorbent sintezi amalga oshirildi. IQ-spektroskopiya usuli yordamida polimer matritsaning hosil bo‘lishi va Cu(II) va Ni(II) ionlari bilan komplekslardagi koordinatsion tugunlarning aniqlanishi tasdiqlandi. Sorbsiya azot va kislorodning donor atomlari orqali xelat mexanizmi bo‘yicha borishi aniqlandi. Termik barqarorlikni o‘rganish shuni ko‘rsatdiki, metall kationlarining muvofiqlashuvi to‘rni qo‘shimcha tuzilishga keltirish orqali materialning issiqlikka chidamliligini oshiradi. Olingan natijalar og‘ir metallarni suv muhitidan tanlab ajratib olish uchun sorbentdan foydalanish samaradorligini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: polimer sorbent, sorbsiya, IQ-spektroskopiya, tuzilma, termik barqarorlik.

ВВЕДЕНИЕ.

Изучены сорбционные свойства полиамфолита по отношению к d-ионам элементов. Рассмотрено влияние температуры синтеза на удельный объем и статическую обменную емкость полиамфолита. Подробно оценено и проанализировано влияние pH окружающей среды на сорбцию ионов меди (II) полиамфолитом [1]. В данной статье рассматривается синтез азотсодержащих полимерных сорбентов для удаления железа из рассола, используемого в электролитическом производстве каустической соды и хлора. Испытания этих сорбентов показали высокую сорбционную способность по отношению к железу и более высокую эффективность сорбции, чем у метилцеллюлозы [2]. В данной работе показано, что ионы тяжелых металлов, таких как никель, кобальт, цинк, хром, медь, свинец и кадмий, из-за своей высокой токсичности создают серьезные экологические проблемы для животных, растений и человека [3]. В данной статье исследуется синтез хелатирующего сорбента на основе пара-аминобензойной кислоты, эпоксидной смолы и полиэтиленполиамина. Изучено влияние температуры и молярного соотношения исходных материалов на свойства получаемого хелатирующего сорбента. [4]. В качестве сорбентов уже широко применяются полиамфолиты с функциональными группами, в которых возможно координирование металла по атому азота или кислорода [5]. Полиамфолиты представляют

ISSN 3030-3907

собой полимерные вещества, которые одновременно содержат в своем составе как анионные, так и катионные группы, которые в зависимости от pH среды могут сорбировать катионы и анионы [6]. Гидрометаллургический способ разделения металлов широко используется в металлургической промышленности. Технологические растворы, образующиеся при извлечении металлов гидрометаллургическим методом, содержат ионы цветных и тяжелых металлов, такие как медь, никель, свинец и ртуть [7]. Использование хелатообразующих ионитов, обладающих высокой селективностью по отношению к ионам цветных металлов, является одним из перспективных направлений в практике очистки сточных вод [8].

ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Целью исследования является синтез азотсодержащего комплексообразующего полифункционального полимерного сорбента, а также получение на его основе комплексных соединений ионов Cu(II) и Ni(II) сорбционным методом и определение состава, структуры и физико-химических свойств полученных соединений.

Для установления трёхмерной структуры полученного ионообменного полимера наряду с методами химического анализа были использованы физико-химические методы исследования. С целью изучения структуры полимера применяли ИК-спектроскопию. ИК-спектроскопические исследования проводили на инфракрасном Фурье-спектрометре IRTracer-100 SHIMADZU (Япония) в диапазоне 400–4000 $см^{-1}$ с погрешностью ±4 $см^{-1}$ на образцах сорбента в порошкообразном состоянии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. Синтез комплексообразующего сорбента на основе эпоксидной смолы, модифицированной N-фенилантраниловой кислотой, осуществляли с использованием реактивов марки «химически чистый». Растворы реагентов для проведения эксперимента готовили путем растворения в растворителях с точно заданным объемом. Для синтеза азотсодержащего полимерного сорбента в стакане растворяли N-фенилантраниловую кислоту (0,0047 моль) в 8 мл 96%-ного этанола при перемешивании в течение 5–10 минут до полного растворения. Затем полученный раствор добавляли к эпоксидной смоле ЭД-20 (0,02 моль) и перемешивали до образования однородной смеси. В качестве отвердителя вводили полиэтиленполиамин (ПЭПА) (0,028 моль) и интенсивно перемешивали в течение 20 минут. Полученную массу переносили в фарфоровую чашку и сушили при комнатной температуре в течение 24 часов. Полученный продукт представлял собой пористое полимерное вещество светло-жёлтого цвета. Выход реакции составил 90%.

ISSN 3030-3907

Для установления структуры полученного сорбента была использована ИК-спектроскопия. В его ИК-спектрах наблюдаются следующие полосы поглощения: ν(NH) — 3340 см⁻¹, ν_as(CH_3) — 2960 см⁻¹, ν_s(CH_2) — 2924 см⁻¹, ν_s(O–CH_3) — 2852 см⁻¹, δ(CH) — 1456 см⁻¹, δ(NH) + ν(CN) — 1292 см⁻¹, а также полоса при 1180 см⁻¹, характерная для 1,2-замещённого бензольного кольца (C_6H_4). Полоса при 1577 см⁻¹ преимущественно проявляется в области пара-замещённых ароматических соединений, таких как $CH_3COC_6H_4OCH_3$.

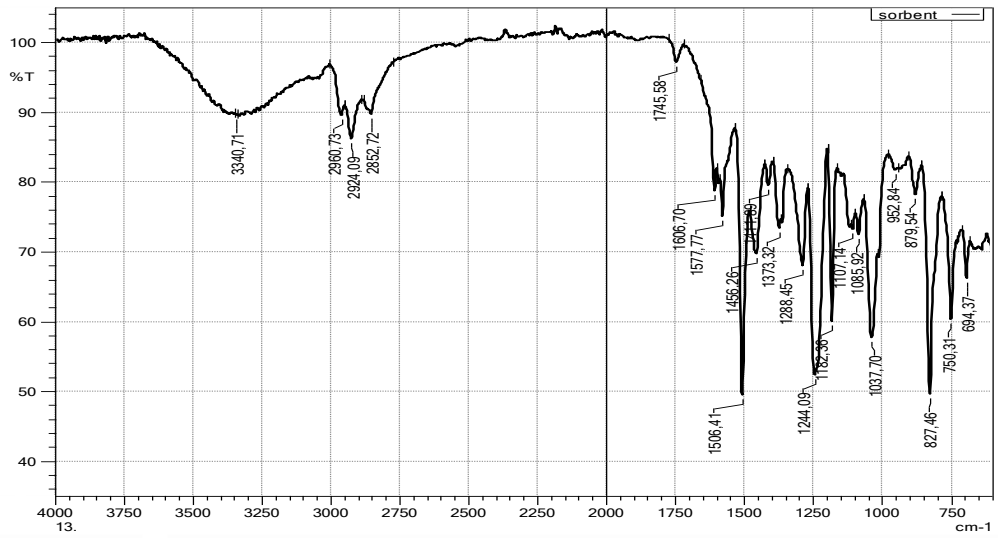


Рисунок 1. ИК-спектр полученного полимерного сорбента.

В синтезированном сорбенте отсутствуют характерные для эпоксидных групп полосы поглощения (810–950, 1250, 3000–3050 см⁻¹), что свидетельствует об их химическом превращении. В то же время наблюдаются деформационные колебания аминогрупп δ(N–H) при 1456 см⁻¹ и валентные колебания связи C–N при 1292 см⁻¹. Полоса поглощения в области 1606 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям бензольного кольца, что подтверждает ароматический характер соединения (рис. 1).

На основании результатов проведённого исследования и данных, представленных в литературе, реакцию синтеза полимерного сорбента можно представить в следующем виде:

ISSN 3030-3907

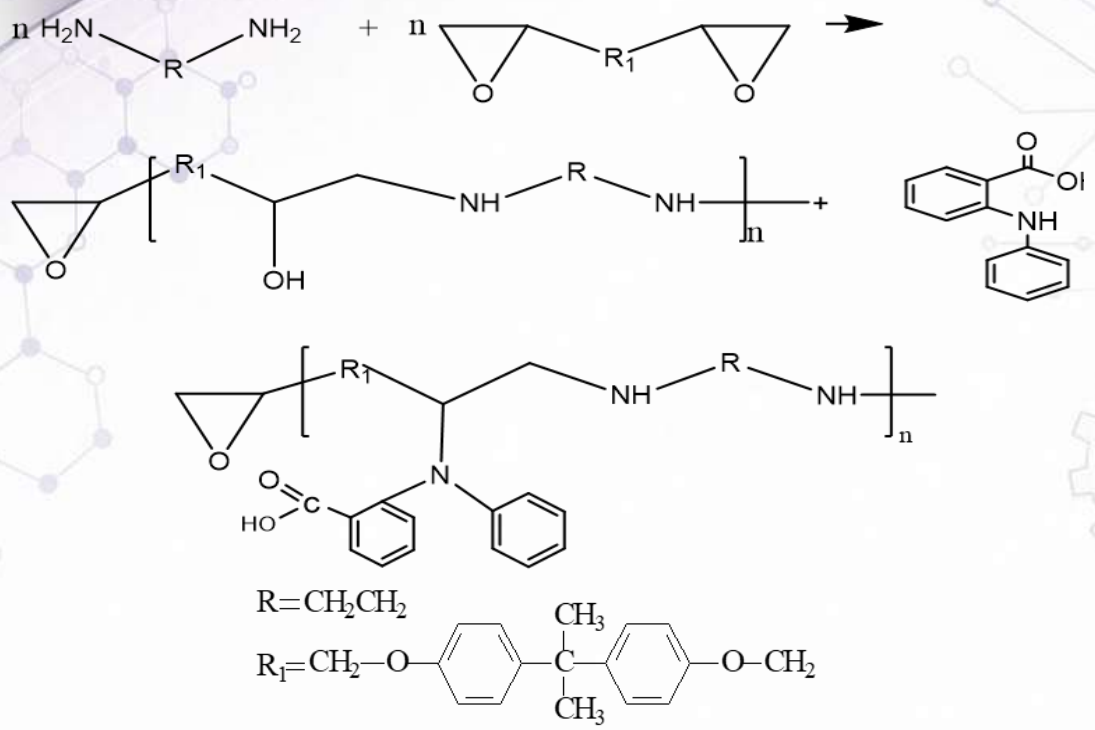


Рисунок 2. Реакция синтеза сорбента ФАК-ЭП.

В результате проведённых исследований с использованием сорбента ФАК-ЭП была изучена сорбция некоторых ионов d-металлов (Cu^{2+}, Ni^{2+}), а также с помощью ИК-спектроскопического метода исследована структура координационных соединений, образующихся в процессе сорбции.

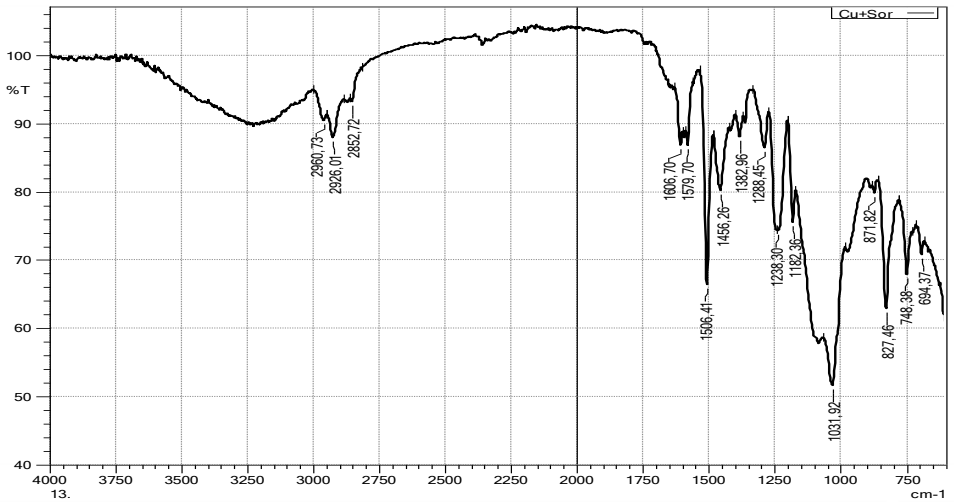


Рисунок 3. ИК-спектр комплекса ФАК-ЭП с ионом Cu(II).

ISSN 3030-3907

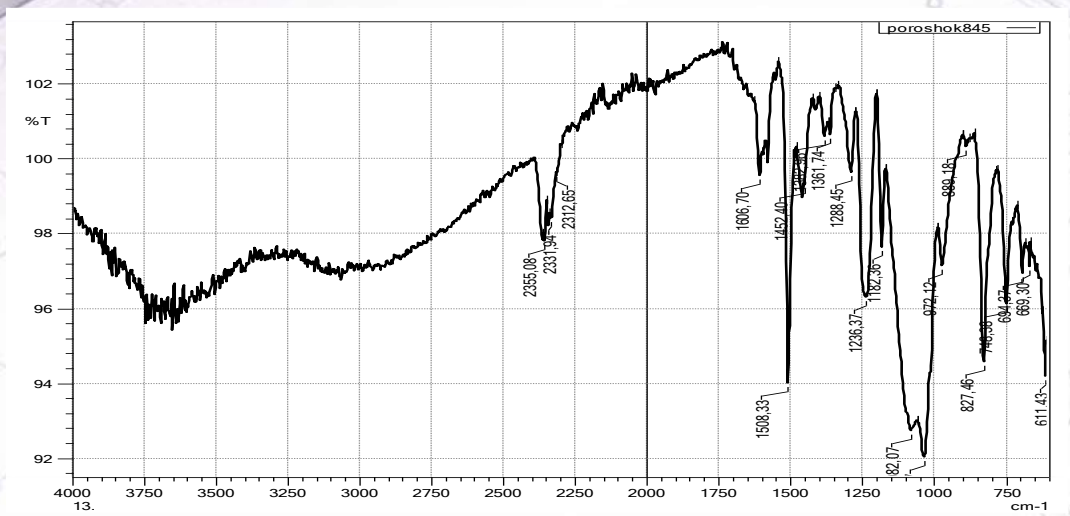


Рисунок 4. ИК-спектр комплекса с ионом Ni(II).

Термическая стабильность и особенности разложения полимерного сорбента, синтезированного на основе ФАК-ЭП, были исследованы методом дериватографического анализа (TGA/DTA). Анализ полученных термограмм показал, что при нагревании материал претерпевает многостадийные изменения.

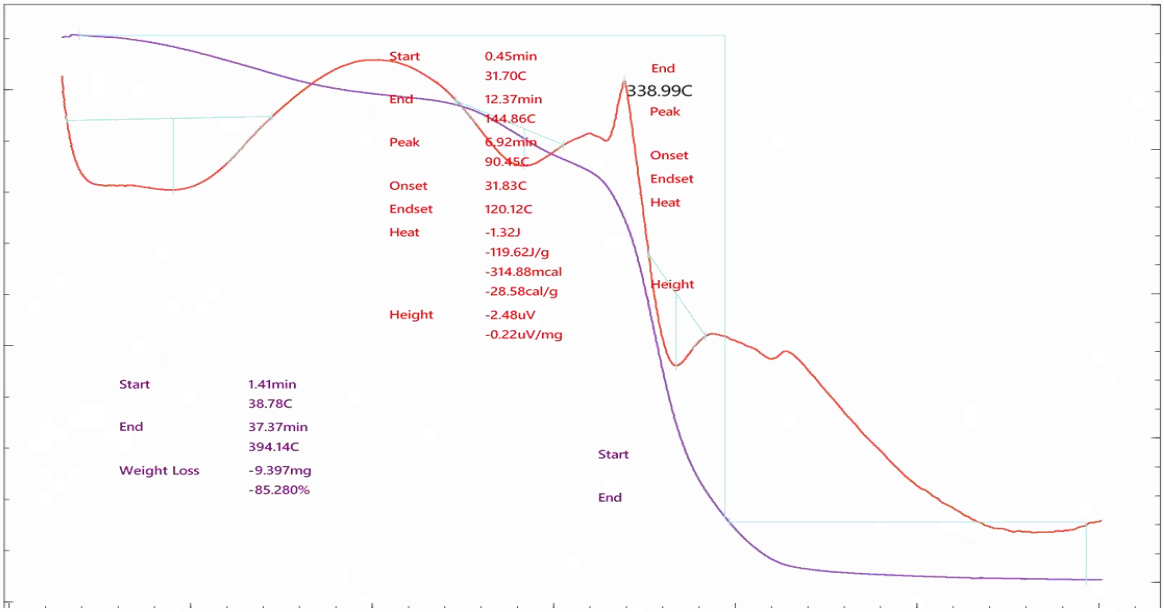


Рисунок 5. Дериватограмма сорбента ФАК-ЭП.

ISSN 3030-3907

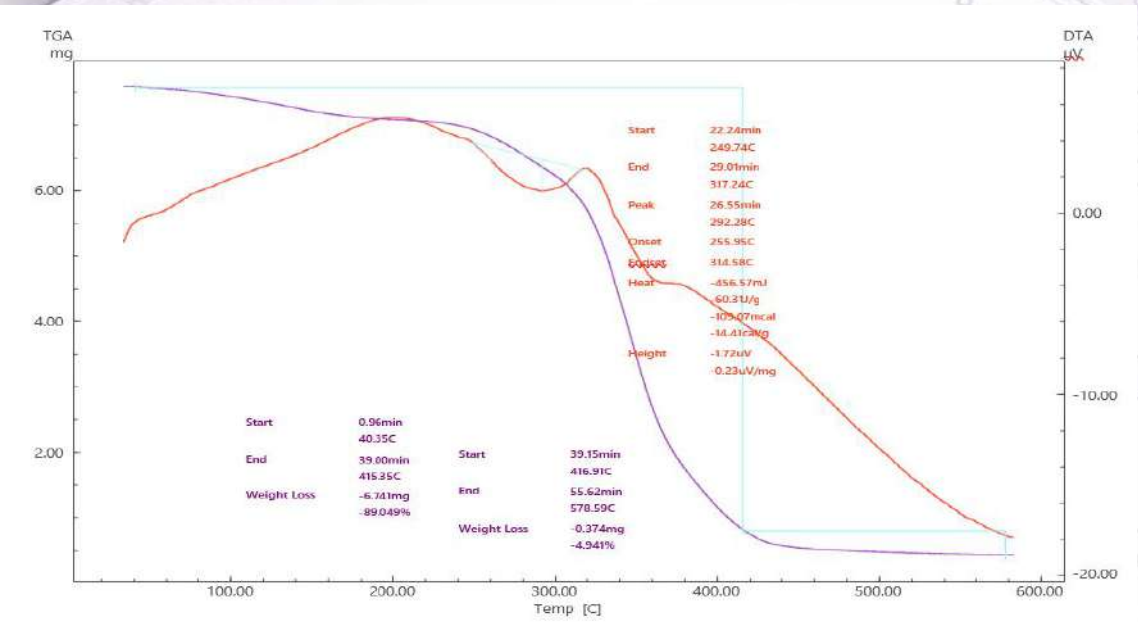


Рисунок 6. Дериватограмма комплексного соединения сорбента ФАК-ЭП, образованного с ионами Cu^{2+}.

Дериватограмма полимерного сорбента ФАК-ЭП демонстрирует три эндотермических эффекта при температурах 90, 283 и 367 °C, сопровождающихся поглощением тепла. Экзотермический эффект, наблюдаемый при температуре 339 °C, а также основная потеря массы в интервале 38–394 °C (85,28 %) обусловлены интенсивной деструкцией полимерного сорбента; при этом величина утраченной основной массы составляет 9,397 мг. В температурном диапазоне 396–593 °C наблюдается дальнейшая потеря массы, составляющая 1,123 мг (10,191 %). Таким образом, основной интервал термического разложения приходится на диапазон температур 300–600 °C. Можно заключить, что снижение массы происходит вследствие деструкции сорбента, сопровождающейся разложением различных функциональных групп (Рис.5). Дериватограмма комплексного соединения сорбента ФАК-ЭП с ионом Cu(II), представленная на рисунке 6, характеризуется наличием одного эндотермического эффекта при температуре 292 °C. Основная потеря массы наблюдается в интервале температур 40–415 °C и составляет 6,741 мг (89,04 %). Последующее снижение массы происходит в диапазоне 416–578 °C и составляет 0,374 мг (4,941 %).

ВЫВОД. В данной работе был синтезирован полимерный сорбент ФАК-ЭП на основе N-фенилантраниловой кислоты, эпоксидной смолы и полиэтиленполиамина. Результаты ИК-спектроскопии подтвердили успешное формирование структуры сорбента. Исследования показали способность сорбента образовывать комплексные соединения с ионами Cu(II) и Ni(II), а также его многостадийное термическое разложение по

ISSN 3030-3907

данным TGA/DTA. Установлено, что при высоких температурах образуется термически устойчивый углеродистый остаток, а комплексообразование с Cu(II) повышает термическую стабильность сорбента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ermuratova N. Turaev K. Kornilov K et al, Adsorption Ability of Nitrogen-Containing Polymer Sorbents Based on Urea-Formaldehyde Resin and Aminoacetic Acid Towards Heavy Metal Ions // Polymer Letters, Volume 65, Issue 6, 2023, Pages 666-671.

2. Zagidullin R , Nitrogen-containing polymer sorbents for extracting iron from salt solutions // Khimicheskaya Promyshlennost' Volume 10, Issue 1987, Pages *588-590.*

3. Умирова Г.А., Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Джалилов А.Т., Шориева Н.Б, Синтез сорбента на основе глутаминовой кислоты и исследование сорбции металлов на нем , «Химия и технология редких и нередких металлов: современное состояние, проблемы и перспективы» // Республиканская научно-практическая конференция, 28-29 апреля 2023 г., Термез, 178-179

4. Умирова Г.А., Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Джалилов А.Т., сорбция ионов cu(ii) и zn (ii) полиамфолиты, полученные на основе аминокислот // Universum: химия и биология электрон. научн. журн. Умирова Г.А. [и др.]. 2021.10(88).

5. Umirova G.A., Kasimov Sh.A., Turaev Kh.Kh., Dzhalilov A.T. IR spectroscopic and thermal characteristics of a nitro gen-containing ligand and its coordination compounds with copper (II) // ISJTAS. 2021. V. 101. N 09. P. 49-51.

6. Umirova G.A., Kasimov Sh.A., Turaev Kh.Kh., Dzhalilov A.T. Sorption of Cu (II) and Zn (II) ions on polyampholytes obtained from amino acids // Universum: Khim. Biol.: El ektron. Nauchn. Zhurn. 2021. N 10(88). P. 19-22 (in Rus sian).

7. Касимов Ш.А., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Исследование процесса комплексообразования ионов некоторых двухвалентных 3d-металлов с хелатообразующим сорбентом // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. -2018. -№3 (45).

8. Wołowicz A., Hubicki Z. Adsorption characteristics of noble metals on the strongly basic anion exchanger Purolite A-400TL // J. Mater Sci. -2014. -V.49, -P.6191–6202

ISSN 3030-3907

УДК: 546.541.49.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ И КОНСТАНТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОРТО-АМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ

Умирова Гулнора Абдурахмоновна
Доктора философии (PhD) по химическим наукам, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез
E-mail: umirova81@internet.ru
Урозова Сабохат Анваровна
Магистрант 2-го курса, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез
Абдураимова Гулхайё Назиртошевна
Магистрант 2-го курса, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез
Нормаматова Сафина Асрор кизи
Магистрант 1-го курса, Термезский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Термез

Аннотация. Работа посвящена целенаправленному синтезу высокоэффективного хелатообразующего сорбента, полученного путем поликонденсации антраниловой (о-аминобензойной) кислоты с эпоксидными олигомерами в присутствии полиэтиленполиамина. В ходе исследования установлены основные закономерности влияния температурного режима и мольных соотношений исходных компонентов на физико-химические и сорбционные свойства полимерной матрицы (ОАБК-ЭП). Кроме того, проведен кинетический анализ сорбции ионов d-металлов, в результате которого выявлена зависимость процесса массопереноса от времени. На основании полученных данных рассчитаны константы устойчивости образующихся внутренних комплексных (координационных) соединений, что подтверждает высокую селективность синтезированного материала. Значений константы устойчивости (lgK) показывает для Cd(II) lgK составляет 7,2, для Zn(II) (lgK = 6,13). Экспериментальные результаты показали, что при оптимальных условиях синтеза полученный сорбент обладает высокой сорбционной активностью. В частности, в кислой среде (pH = 3) статическая обменная емкость по ионам Zn^{2+} составила 6,5 мг-экв/г, а для ионов Cd^{2+} в условиях, близких к слабокислой среде (pH = 4), также достигала 6,5 мг-экв/г. Полученные данные свидетельствуют о способности сорбента эффективно связывать и извлекать ионы металлов в широком диапазоне значений pH.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: полимерный сорбент, ёмкость статического обмена, концентрационная устойчивость, сорбция, насыпная плотность.

Abstract. The study is devoted to the targeted synthesis of a highly efficient chelating sorbent obtained through the polycondensation of anthranilic (o-aminobenzoic) acid with epoxy oligomers in the presence of polyethylene polyamine. During the research, the main regularities of the influence of temperature conditions and molar ratios of the initial components on the physicochemical and sorption properties of the polymer matrix (OABK-EP) were established. In addition, a kinetic analysis of the sorption of d-metal ions was carried out, revealing the time dependence of the mass transfer process. Based on the obtained data, stability constants of the formed inner complex (coordination) compounds were calculated, confirming the high selectivity of the synthesized material. Experimental results showed that under optimal synthesis conditions, the obtained sorbent exhibits high sorption activity. In particular, in an acidic medium (pH = 3), the static exchange capacity for Zn^{2+} ions reached 6.5 mg-eq/g, while for Cd^{2+} ions under slightly acidic conditions (pH = 4), it also amounted to 6.5 mg-eq/g. These results demonstrate the ability of the sorbent to effectively bind and extract metal ions over a wide range of pH values.

Keywords: polymer sorbent, static exchange capacity, concentration stability, sorption, bulk density.

Annotatsiya. Ish antranil (o-aminobenzoy) kislotasining polietilenpoliamin ishtirokida epoksid oligomerlar bilan polikondensatsiyalanishi natijasida olingan yuqori samarali xelat hosil qiluvchi sorbentni maqsadli sintez qilishga bag‘ishlangan. Tadqiqot davomida harorat rejimi va dastlabki komponentlarning molyar nisbatlarining polimer matritsaning (OABK-EP) fizik-kimyoviy va sorbsion xususiyatlariga ta’sirining asosiy qonuniyatlari aniqlandi. Bundan tashqari, d-metall ionlarining sorbsiyasiga kinetik tahlil o‘tkazildi, buning natijasida massa almashinuvi jarayonining vaqtga bog‘liqligi aniqlandi. Olingan ma’lumotlar asosida hosil bo‘lgan ichki kompleks (koordinatsion) birikmalarning barqarorlik konstantalari hisoblab chiqildi, bu esa sintez qilingan materialning yuqori selektivligini tasdiqlaydi. Barqarorlik konstantasi (lgK) qiymatlari Cd(II) uchun lgK 7,2, Zn(II) uchun (lgK = 6,13) ekanligini ko‘rsatadi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, optimal sintez sharoitida olingan sorbent yuqori sorbsion faollikka ega. Xususan, kislotali muhitda (pH = 3) Zn2 + ionlarining statik almashinuv sig‘imi 6,5 mg-ekv/g ni tashkil etdi, Cd2+ ionlari uchun esa ozgina kislotali muhitga yaqin sharoitlarda (pH = 4) ham 6,5 mg-ekv/g ga yetdi. Olingan ma’lumotlar sorbentning pH qiymatlarining keng diapazonida metall ionlarini samarali bog‘lash va ajratib olish qobiliyatidan dalolat beradi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: polimer sorbent, statik almashinish sig‘imi, konsentratsion barqarorlik, sorbsiya, quyma zichlik.

ВВЕДЕНИЕ.

Методы сорбции представляют собой перспективную технологию очистки тяжелых металлов в гидрометаллургии. В последние годы значительное увеличение использования тяжелых металлов привело к росту их концентрации в водной среде. Среди тяжелых металлов ион меди (II) является одним из наиболее токсичных и распространенных загрязнителей окружающей среды. Чрезмерное содержание ионов Cu^{2+} может вызывать разнообразные заболевания у человека. В связи с этим использование сорбентов для удаления металлов рассматривается как экономически и технологически эффективный метод [1]. В работе [2] исследован синтез хелатирующего сорбента на основе пара-аминобензойной кислоты, эпоксидной смолы и полиэтиленполиамина. Установлено влияние температуры и молярного соотношения исходных компонентов на свойства полученного сорбента. Структура хелатирующего сорбента была изучена методом ИК-спектроскопии, а также рассчитана его статическая обменная ёмкость по ионам Cu(II) и Zn(II).

В настоящем исследовании был синтезирован новый лиганд [N-(4-хлорбензоил)тиоксиметиланрановая кислота (СВА)] и изучены его металлокомплексы с различными d-металлическими ионами [3]. Далее [4] были синтезированы новые металлокомплексы N-фенилантраниловой кислоты с ионами меди, никеля и кобальта, а также изучено их биологическое действие против различных видов бактерий. Аналоги антраниловой кислоты и их производные обладают значительным терапевтическим потенциалом: они применяются для создания целенаправленных соединений, регулирующих онкогенные сигнальные пути, для коррекции метаболических нарушений при диабете и для разработки противовирусных средств [5]. В данном исследовании [6] были успешно синтезированы металлокомплексы наномасштабной антраниловой кислоты. Были изучены их состав и свойства, а также получены комплексы с ионами Zn(II), Bi(III), Fe(II), Co(II), Cu(II), Mn(II), Al(III), Ni(II) и Cr(III), исследована их биологическая активность. В работе [7] показано, что антраниловая кислота (2-аминобензойная кислота) является перспективным модификатором в системах сополимеров. Она сохраняет хорошую растворимость и электроактивность в нейтральной и щелочной среде. Наличие карбоксильной группы придает полимеру дополнительную функциональность и облегчает последующую модификацию. Это соединение эффективно применяется в таких областях, как защита от

ISSN 3030-3907

коррозии, запоминающие устройства, фотоэлектрические системы, биосенсоры и очистка воды. Таким образом, антраниловая кислота изучена как важный и многофункциональный мономер и полимер для создания современных «умных» материалов. Комплексы производных антраниловой кислоты с переходными металлами представляют собой перспективные соединения для лечения сахарного диабета и ожирения за счет регулирования активности α-глюкозидазы. Данные направления демонстрируют высокий потенциал соединений на основе антраниловой кислоты в фармацевтических исследованиях [8]. В работе [9] осуществлён синтез хелатирующего ионита на основе гуанидина, эпоксидной смолы и полиэтиленполиамина. Изучено влияние температуры на свойства полученного ионита. По результатам анализа установлено, что ионит сохраняет термическую стабильность до 271,98 °C. Данный материал рекомендован для сорбции ионов меди из высокотемпературных растворов. В данной статье исследованы ИК-спектроскопические и термические характеристики лиганда, синтезированного на основе полиэтиленполиамина, эпоксидной смолы и аргинина, а также изучено строение его координационного соединения с медью.

ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Целью исследования является установление влияния температуры на свойства полимерного сорбента, содержащего карбоксильные и аминные группы и синтезированного на основе орто-аминобензойной кислоты, а также изучение влияния соотношения исходных компонентов на выход реакции и физико-химические характеристики, и определение констант концентрационной устойчивости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. Синтез полимерного сорбента аминокислотной природы осуществлялся путём взаимодействия 2-аминобензойной кислоты, эпоксидной смолы ЭД-20 и полиэтиленполиамина (ПЭПА) по механизму поликонденсации, что обеспечило формирование сшитой полимерной матрицы с функциональными группами, способными к комплексообразованию. Исходные компоненты были использованы в стехиометрически обоснованных соотношениях, близких к 1:3:3–4 (ОАБК:ЭД-20:ПЕПА), что способствовало образованию пространственно-сшитой трёхмерной структуры. Для обеспечения гомогенности реакционной среды применялась водно-спиртовая смесь, после чего проводилось последовательное введение эпоксидной смолы и отвердителя с последующим перемешиванием при умеренной температуре. Полученный реакционный продукт подвергался термообработке при повышенной температуре с целью завершения

ISSN 3030-3907

процессов структурообразования. Для удаления низкомолекулярных примесей и повышения пористости материал дополнительно обрабатывался щелочным и кислотным растворами с последующей промывкой водой. В результате синтеза был получен мелкодисперсный пористый полимерный сорбент светло-жёлтого цвета с высоким выходом (около 90%), обладающий развитой структурой и перспективными сорбционными свойствами.

Таблица 1.

Влияние температуры на свойства сорбента, полученного в результате поликонденсации 2-аминобензойной кислоты с эпоксидной смолой

№	Температура реакции, t,°C	Продолжительность реакции, τ, ч	Удельный объём набухшего в воде сорбента в H^+-форме, мл/г	Статическая обменная ёмкость (СОЕ) по 0,1 н раствору NaOH, мг-экв/г
1	25	3,2	4,5	5,3
2	35	2,8	3,7	5,8
3	55	2,1-2,4	2,3	5,5

Наличие в структуре сорбента аминных, карбоксильных и гидроксильных функциональных групп обуславливает его выраженные комплексообразующие свойства и способность эффективно связывать ионы различных металлов. С целью оптимизации процесса синтеза полимерного сорбента были исследованы основные факторы, влияющие на протекание реакции поликонденсации, включая температуру, соотношение исходных компонентов и продолжительность реакции. Экспериментально установлено, что при низких температурах (например, при 25 °C) реакция протекает замедленно: продолжительность процесса достигает 3,2 часа, при этом обменная ёмкость сорбента составляет 5,3 мг-экв/г (таблица 1).

Таким образом, общая полученные результаты, можно заключить, что соотношение исходных компонентов оказывает определяющее влияние на выход реакции и эксплуатационные характеристики синтезируемого полимерного сорбента. Установлено, что при синтезе с участием орто-аминобензойной кислоты и эпоксидной смолы оптимальным является мольное соотношение, близкое к 1:1, при котором достигается наилучший баланс между степенью сшивки полимерной матрицы и доступностью функциональных групп.

ISSN 3030-3907

Таблица 2.

Влияние соотношения исходных компонентов на выход реакции синтеза полимерного сорбента

Мольное соотношение орто-аминобензойная кислота:эпоксидная смола:полиэтилен полиамин	Выход реакции, %	Насыпная плотность, г/мл	Удельный объём, мл/г	Статическая обменная ёмкость, мг-экв/г	
				$ZnSO_4$, pH=3	$CdSO_4$, pH=4
0,6:0,9:0,4	80	0,21	4,85	4,5	5,2
0,7:0,9:0,5	88	0,19	5,21	5,1	6,1
0,7:0,7:0,6	90	0,18	5,5	6,5	6,5

Показано, что при увеличении доли компонентов до оптимальных значений существенно возрастает выход реакции (до 90%), снижается насыпная плотность, что свидетельствует о формировании более развитой пористой структуры, а также увеличиваются удельный объём и обменная ёмкость по отношению к ионам металлов, включая $ZnSO_4$ и $CdSO_4$ (таблица 2). Приведённые данные демонстрируют сорбционные свойства полимерного сорбента на основе ОАВК–ЕР по отношению к ионам Zn(II) и Cd(II). Анализ показывает, что оптимальные значения pH для данных ионов существенно различаются: для Zn(II) оптимальная среда находится в интервале 6,4–7, то есть близка к нейтральной, тогда как для Cd(II) наиболее благоприятным является кислый диапазон pH 2–3,2. Это свидетельствует о различиях в механизме взаимодействия функциональных групп сорбента с ионами металлов, обусловленных степенью их протонирования. Сравнение значений константы устойчивости (lgK) также показывает значимые различия. Для Cd(II) значение lgK составляет 7,2, что выше, чем для Zn(II) (lgK = 6,13). Это указывает на образование более прочных и термодинамически стабильных комплексов с ионами кадмия.

Таблица 3.

Результаты определения констант концентрационной устойчивости синтезированных координационных соединений

Полимерный сорбент		Ионы металлов	
		Zn(II)	Cd(II)
ОАБК-ЭП	$pH_{опт}$	6,4-7	2-3,2
	$lgK_{уств.}$	6,13	7,2

ISSN 3030-3907

В целом полученные данные подтверждают pH-зависимый характер стабильности синтезированных координационных систем и наличие оптимальных условий их устойчивого существования (таблица 3).

Таким образом, проведённые исследования показали, что на основе 2-аминобензойной кислоты, эпоксидной смолы ЭД-20 и полиэтиленполиамина (ПЭПА) успешно синтезирован пространственно сшитый полимерный сорбент, обогащённый функциональными группами. Установлено, что оптимальное мольное соотношение исходных компонентов обеспечивает баланс между степенью сшивки полимерной матрицы и наличием активных центров. Оптимизация условий синтеза позволила достичь высокого выхода продукта формирования развитой пористой структуры, а также высокой сорбционной способности по отношению к ионам металлов. Кроме того, показано, что устойчивость комплексов зависит от pH среды, при этом наибольшие значения наблюдаются в области слабокислой и нейтральной среды. Полученные результаты подтверждают, что синтезированный материал является эффективным комплексообразующим и перспективным сорбентом.

REFRENCES

1. Mammadova S. M., Rajabli A. R., Rahimli N. T., Aslanova H. F., Seyidova C. M., Guliyeva C. E., et.al. [Study of sorbsion properties of copper (II) ion with chitosan based sorbent] // Azerbaijan Chemical Journal. – 2023. – № 2. – 6–12 p. DOI.Org/10.32737/0005-2531-2023-2-6-12

2. Umirova G. A., Kasimov Sh.A., Turayev X.X., Djalilov A.T. [Sorbsiya ionov Cu(II) i Zn(II) poliamfolitami, poluchennimi na osnove aminokislot] // Universum: ximiya i biologiya: elektronniy nauchniy jurnal. – 2021. – № 10 (88). (in Russ.) DOI: 10.32743/UniChem.2021.88.

3. Basima, M.S., Murtadha, A.F. [Synthesis and Characterization of Some New Metals Complexes of [N-(4-chlorobenzoyl amino)-thioxomethyl] Anthranilic Acid (CBA)]. AL-Qadisiyha J. Sci. 2014, 19, 150–165 p. (in Russ.)

4. Rajalakshmi, R.T., Bheeter, S.R., Vasanth, N. [Synthesis and Characterisaion of Biologically Active Metal Complexes of N-Phenyl Anthranilic Acid]. ReTeLL Res. Teach. Learn. Lett. Inter-Discip. Ref. Res. J. 2015, 15, 30–37 p. DOI: 10.3390/app13169426

5. Wang Y. et al. [Synthesis of anthranilic diamide derivatives containing moieties of trifluoromethylpyridine and hydrazone as potential anti-viral agents for plants] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2019. – Vol. 67. – 13344–13352 p. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b05441

6. Nawaz M. et al. [Synthesis of metal anthranilate complexes: Catalytic and antipathogenic studies] // BMC Chemistry. – 2022. – Vol. 16–21 p. DOI: 10.1186/s13065-022-00817-x
7. McCormick R. et al. [Anthranilic Acid: A Versatile Monomer for the Design of Functional Conducting Polymer Composites] // Journal of Composites Science. – 2024. – Vol. 8, No. 6. – Art. 208. DOI.Org/10.3390/Jcs8060208
8. Prasher, P., Sharma, M. [Medicinal chemistry of anthranilic acid derivatives: A mini review]. Drug Development Research. 2021- 82(7), 945–958 p. DOI: 10.1002/ddr.21842.
9. Umirova G.A. i dr. [Izucheniye fiziko-ximicheskix svoystv sintezirovannogo kompleksoobrazuyushyego anionita] //Academic research in educational sciences. – 2021. – T. 2. – №. 12. 1372-1379 p. (in Russ.) DOI: 10.24412/2181-1385 2021-12.
10. Umirova G. A., Kasimov S. A., Turaev H. K., Jalilov A. T. [IR spectroscopic and thermal characteristics of nitrogen-containing ligand and its coordination compounds with copper (II)] // ISJ Theoretical & Applied Science. – 2021. – No. 09 (101). – 480–484 p. DOI: 10.15863/TAS.2021.09.101.55.

YO‘LOVCHI VAGON O‘RINDIQLARIDA TEBRANISHNI KAMAYTIRISHNING BIOMEKANIK TA’SIRLARINI O‘RGANISH HAMDA NAZARIY MODELLASH

Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, PhD, dotsent v.b.
Email: hayotbek6868@mail.ru
G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, mustaqil izlanuvchisi
Email: farruxbekganiyev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada temir yo‘l transportida yo‘lovchi vagon o‘rindiqlarida yuzaga keladigan tebranishlarning fizik mohiyati, ularning inson organizmiga ko‘rsatadigan biomekanik va psixofiziologik ta’siri hamda ushbu tebranishlarni kamaytirishning nazariy va konstruktiv usullari kompleks tarzda tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida yo‘lovchi vagonlarida kuzatiladigan tebranish jarayonlari o‘rindiq konstruktsiyasining massa–elastiklik–damping modeli asosida baholangan. Shuningdek, yo‘lovchilar bilan o‘tkazilgan kuzatuv va suhbat natijalari asosida tebranishning komfort, charchoq, bel va umurtqa sohasidagi noqulayliklarga ta’siri aniqlangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘rindiq konstruktsiyasini taklif etilgan tizim asosida modernizatsiya qilish orqali vibratsiya uzatilishini nazariy jihatdan 40–60 % gacha kamaytirish, yo‘lovchi komfortini oshirish hamda o‘rindiq tayanch elementlariga tushadigan dinamik yuklamalarni pasaytirish mumkinligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlari: tebranish, vibratsiya, temir yo‘l transporti, yo‘lovchi vagon o‘rindig‘i, o‘rindiq konstruktsiyasi, elastik ajratish, rezina silentblok, gidravlik amortizator, damping, vibratsiyani so‘ndirish, ergonomik komfort, biomekanika.

Abstract. This paper presents a comprehensive analysis of vibration phenomena occurring in passenger railway seat systems, their physical nature, biomechanical and psychophysiological effects on the human body, and theoretical as well as structural approaches to reducing these effects. In the study, the vibration behavior of a passenger seat is evaluated using a mass–elasticity–damping model. In addition, field observations and passenger interviews were conducted to assess the influence of vibration on comfort, fatigue, and discomfort in the lower back and spine during travel. The results indicate that modernization of the seat structure using the proposed system can theoretically reduce transmitted vibration by 40–60 %, improve passenger comfort, and decrease dynamic loads acting on the seat support elements.

Keywords: oscillation, vibration, railway transport, passenger railway seat, seat structure, elastic isolatio.

Аннотация. В данной статье комплексно анализируется физическая сущность вибраций, возникающих в сиденьях пассажирских вагонов на железнодорожном транспорте, их биомеханическое и психофизиологическое воздействие на организм человека, а также теоретические и конструктивные методы снижения этих вибраций. В рамках исследования вибрационные процессы, наблюдаемые в пассажирских вагонах, оценивались на основе модели масса-упругость-демпфирование конструкции сиденья. Также по результатам наблюдений и бесед с пассажирами определено влияние вибрации на комфорт, усталость, дискомфорт в области спины и позвоночника. По результатам исследования обосновано, что путем модернизации конструкции сиденья на основе предложенной системы теоретически можно снизить передачу вибрации до 40–60%, повысить комфорт пассажира и снизить динамические нагрузки на опорные элементы сиденья.

Ключевые слова: вибрация, вибрация, железнодорожный транспорт, сиденье пассажирского вагона, конструкция сиденья, эластичное разделение, резиновый силентблок, гидравлический амортизатор, демпинг, гашение вибрации, эргономический комфорт, биомеханика.

KIRISH.

Transport tizimlarining rivojlanishi bilan bir qatorda yo‘lovchilar uchun qulaylik masalasi tobora muhim ahamiyat kasb etib bormoqda. Zamonaviy temir yo‘l transportida yuqori tezlik, xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik bilan bir qatorda yo‘lovchilarga qulay sharoit yaratish ham asosiy talablar qatoriga kiradi. Yo‘lovchilar uchun qulaylikni belgilovchi omillar ichida vibratsiya darajasi alohida o‘rin tutadi. Vagon harakati davomida relslar notekisligi, g‘ildirak juftliklari dinamikasi, telejka elastik elementlari va aerodinamik omillar natijasida murakkab tebranish jarayonlari yuzaga keladi. Ushbu tebranishlar vagon yurish qismidan vagon kuzovi orqali o‘rindiqlarga uzatiladi va oxir-oqibat yo‘lovchi tanasiga yetib boradi. Amaldagi yo‘lovchi vagonlarining aksariyatida o‘rindiqlar konstruksiyasi soddalashtirilgan bo‘lib, ular asosan mustahkamlik va arzonlik nuqtai nazaridan loyihalashtirilgan. Bunday yondashuv esa vibratsiyani kamaytirish talablarini yetarli darajada hisobga olmaydi. Natijada o‘rindiq vagon kuzovidagi tebranishlarni deyarli filtrlashsiz yo‘lovchilarga uzatadi. Mazkur ish aynan o‘rindiq darajasida vibratsiyani kamaytirish masalasini ko‘rib chiqadi va uni alohida dinamik tizim sifatida tahlil qiladi.

MAVZUNING DOLZARBLIGI. Bugungi kunda transport ergonomikasi va inson-mashina o‘zaro ta’siri sohalarida olib borilayotgan tadqiqotlar vibratsiyaning inson organizmiga uzoq muddatli ta’sirini jiddiy muammo sifatida ko‘rsatmoqda. Ayniqsa, past chastotali (1–10 Hz oralig‘idagi) tebranishlar inson

ISSN 3030-3907

tanasining tabiiy rezonans chastotalariga yaqin bo‘lib, ular organizmga kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi. Temir yo‘l transportida aynan shu diapazondagi tebranishlar keng tarqalgan. Bu esa yo‘lovchilar uchun uzoq safarlar davomida noqulaylikni sezilarli darajada oshiradi [1]. Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, yo‘lovchilar ko‘pincha quyidagi holatlardan shikoyat qiladilar:

- uzoq o‘tirishda bel va umurtqa og‘rig‘i;
- umumiy charchoq va lohaslik;
- bosh aylanishi va ko‘ngil aynishi;
- diqqatning pasayishi.

Shu bilan birga, temir yo‘l transportida modernizatsiya ishlari asosan harakat qismiga qaratilgan bo‘lib, o‘rindiq konstruksiyasi yetarli darajada ilmiy asosda takomillashtirilmagan. Shu sababli o‘rindiq darajasida vibratsiyani kamaytirish muammosi nafaqat ilmiy, balki katta amaliy ahamiyatga ega dolzarb masala hisoblanadi.

TADQIQOT USULLARI. Vibratsiya jarayonlari va ularning inson organizmiga ta’siri mexanika, ergonomika va biotibbiyot sohalarida keng o‘rganilgan. Klassik mexanika nuqtai nazaridan har qanday vibratsion tizim massa, elastik va damping elementlar kombinatsiyasi sifatida qaraladi. Avtomobil va aviatsiya sanoatida o‘rindiq amortizatsiyasi bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud bo‘lib, ularda passiv, yarim-faol va faol amortizatsiya tizimlari ishlab chiqilgan. Bu tizimlar tebranish amplitudasini kamaytirish, rezonans hodisasini bartaraf etish va yo‘lovchi komfortini oshirishga qaratilgan. Biroq temir yo‘l transportida o‘rindiq konstruksiyasi ko‘proq statik element sifatida qaralib, uning dinamik xatti-harakati yetarli darajada o‘rganilmagan. Ayniqsa, mavjud yo‘lovchi vagonlarida o‘rindiq va pol orasidagi bog‘lanish rigid xarakterga ega bo‘lib, bu vibratsiya uzatilishini kuchaytiradi. Shu sababli o‘rindiqni alohida vibratsion tizim sifatida ko‘rib chiqish va uni optimallashtirish ilmiy yangilik sifatida qaraladi [2]. Tadqiqot Andijon–Toshkent yo‘nalishidagi yo‘lovchi poyezdida o‘tkazildi. Tadqiqotda 25 nafar yo‘lovchi ishtirok etdi. Respondentlar turli yosh va kasb vakillaridan tanlab olindi (18–60 yosh oralig‘i).

Tadqiqot usuli og‘zaki suhbat, qisqa anketalash, kuzatuv (harakat vaqtida). Yo‘lovchilarga quyidagi savollar berildi:

1. Siz safar davomida o‘rindiqda tebranishni sezdingizmi?
2. Tebranish sizga noqulaylik tug‘dirdimi?
3. Qaysi turdagi tebranish ko‘proq sezildi? (vertikal / yonlama / aralash)
4. Uzoq o‘tirishda bel yoki orqa sohada og‘riq bo‘ldimi?
5. Safar davomida charchoq sezildimi?
6. Siz o‘rindiqning yumshoqroq yoki barqarorroq bo‘lishini xohlaysizmi?

ISSN 3030-3907

7. Agar o‘rindiq tebranishni kamaytirsa, safar sifati yaxshilanadimi?
8. Siz boshqa transport (avto, avtobus) bilan solishtirganda farq sezdingizmi?

TADQIQOT NATIJALARI. *1-savol* bo‘yicha tebranishni sezishda 25 ta yo‘lovchidan 21 tasi (84%) sezgan. Xulosa qilinsa vibratsiya bu umumiy muammo. *2-savol* bo‘yicha noqulaylik tug‘dirilgani 25 ta yo‘lovchidan 18 tasi (72%) haqida shikoyat qilgan. Bu shuni ko‘rsatadiki, tebranish faqat mavjud emas, balki sezilarli darajada bezovta qiladi. *3-savol* bo‘yicha tebranish turi vertikal → 60%, yonlama → 20%, aralash → 20%. Xulosa qilinsa asosiy zarba vertikal yo‘nalishdaligi aniqlandi. *4-savol* bo‘yicha bel og‘rig‘i 25 ta yo‘lovchidan 16 tasi (64%) haqida shikoyat qilgan. Bu biomekanik muammo mavjudligini tasdiqlaydi. *5-savol* bo‘yicha charchoq 25 ta yo‘lovchidan 19 tasi (76%) vibratsiya energiya sarfini oshirisi haqida shikoyat qilgan. *6-savol* o‘rindiqni yaxshilash talabi bo‘yicha 25 ta yo‘lovchidan 23 tasi (92%) juda kuchli talab mavjud ekanligi aniqlandi. *7-savol* modernizatsiya foydasi bo‘yicha 25 ta yo‘lovchidan 24 tasi (98%) loyiha amaliy ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. *8-savol* boshqa transport bilan solishtirish bo‘yicha 25 ta yo‘lovchidan 17 tasi (70%) avtomobilni qulayroq deb baholagan [3,4].

MUHOKAMA. Umumiy tahlillar ya’ni suhbat natijalari shuni ko‘rsatadiki vibratsiya sistematik muammo, o‘rindiq konstruktsiyasi asosiy sabab, modernizatsiya talab darajasi juda yuqori. Tebranish inson organizmiga kompleks ta’sir ko‘rsatadi va bu ta’sir bir nechta tizimlar orqali namoyon bo‘ladi. *Mushak-skelet tizimi.* Past chastotali tebranishlar umurtqa pog‘onasida mikrodeformatsiyalarni keltirib chiqaradi. Uzoq muddatli ta’sir esa degenerativ o‘zgarishlarga olib kelishi mumkin. *Asab tizimi.* Doimiy tebranish markaziy asab tizimining zo‘riqishiga olib keladi, bu esa charchoq, asabiylik va diqqat pasayishiga sabab bo‘ladi. *Vestibulyar tizim.* Tebranish muvozanatni saqlash tizimiga ta’sir qilib, bosh aylanishi va ko‘ngil aynishini keltirib chiqaradi. *Qon aylanish tizimi.* Uzoq o‘tirish va vibratsiya kombinatsiyasi periferik qon aylanishni sekinlashtiradi [5].

NAZARIY MODEL. Yo‘lovchi vagon o‘rindig‘iga uzatiladigan tebranishlarni nazariy jihatdan baholash uchun o‘rindiq konstruktsiyasi massa–elastiklik–damping tizimi sifatida qaraladi. Bunday yondashuv o‘rindiqqa ta’sir qiluvchi dinamik kuchlar, pol tebranishlari, elastik tayanchlar va gidravlik so‘ndirgichlarning umumiy ta’sirini matematik ifodalash imkonini beradi. Soddalashtirilgan holatda o‘rindiqning vertikal yo‘nalishdagi tebranishi quyidagi differensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t)$$

Bu yerda x(t) — o‘rindiqning muvozanat holatiga nisbatan siljishi, $\dot{x}(t)$ — tebranish tezligi, $\ddot{x}(t)$ — tebranish tezlanishi hisoblanadi. Tenglamaning chap

ISSN 3030-3907

tomonidagi har bir had o‘rindiq tizimida yuzaga keladigan alohida fizik jarayonni ifodalaydi. mẍ hadi inertsiya kuchini bildiradi. Bu yerda m — o‘rindiq, yo‘lovchi tanasi va tayanch qismlarining umumiy ekvivalent massasidir. Massa qanchalik katta bo‘lsa, tizim tashqi tebranishga shunchalik sust javob beradi, biroq noto‘g‘ri tanlangan massa–qattiqlik nisbatida rezonans xavfi ortishi mumkin. cẋ hadi damping, ya’ni tebranishni so‘ndirish kuchini bildiradi. Taklif etilayotgan konstruktsiyada bu vazifani asosan 4 ta kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichi bajaradi. Gidravlik amortizator ichida porshen harakatlanganda ishchi suyuqlik tor kanallar va klapanlar orqali oqib o‘tadi. Shu jarayonda mexanik tebranish energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi va tizimdagi qayta tebranishlar kamayadi. Shuning uchun **c** koeffitsiyenti qanchalik optimal tanlansa, zarba ta’siri va o‘rindiqning ortiqcha tebranishi shunchalik samarali pasayadi. kx hadi elastik tiklovchi kuchni ifodalaydi. Ushbu tadqiqotda k prujina qattiqligi emas, balki o‘rindiq tayanch tizimining ekvivalent elastik qattiqlik koeffitsiyenti sifatida qaraladi. Bu koeffitsiyent rezina silentbloklar, elastik mahkamlash qatlamlari, porolon asos va o‘rindiq ichki yumshoq qismining umumiy elastik xususiyatlari bilan belgilanadi [6,7]. Demak, k qiymati o‘rindiq konstruktsiyasining tebranishga nisbatan qanchalik “yumshoq” yoki “qattiq” javob berishini ko‘rsatadi. F(t) esa vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi tashqi dinamik ta’sirni bildiradi. Yo‘lovchi vagonida bu kuch rels notekisliklari, g‘ildirak–rels kontaktdagi zarbalar, vagon aravachasi orqali uzatiladigan vertikal tebranishlar va pol konstruktsiyasining dinamik harakati natijasida hosil bo‘ladi.

Modelning fizik mazmuni. Mazkur tenglama o‘rindiqning tashqi tebranishga qanday javob berishini ko‘rsatadi. Agar tizimda damping bo‘lmasa, ya’ni c = 0 bo‘lsa, o‘rindiq tashqi ta’sirdan keyin uzoq vaqt davomida tebranishda davom etadi. Agar damping yetarli bo‘lsa, gidravlik amortizatorlar tebranish energiyasini yutadi va o‘rindiq qisqa vaqt ichida barqaror holatga qaytadi. Shu nuqtai nazardan, taklif etilayotgan 4 ta gidravlik amortizatorli tizimning asosiy vazifasi c damping koeffitsiyentini optimal qiymatga keltirishdan iborat. Juda kichik damping tebranishni yetarli darajada kamaytirmaydi, juda katta damping esa o‘rindiqni haddan tashqari “qattiq” qilib, yo‘lovchi komfortini pasaytirishi mumkin. Shuning uchun konstruktiv yechimda damping qiymati elastik silentbloklar va o‘rindiq yumshoq qatlamlari bilan muvozanatlashgan bo‘lishi kerak [2,8]. Tabiiy chastota va rezonans xavfi. O‘rindiq tizimining eng muhim dinamik ko‘rsatkichlaridan biri uning tabiiy chastotasidir. U quyidagicha aniqlanadi:

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda f_n — tizimning tabiiy chastotasi, m — ekvivalent massa, k — ekvivalent elastik qattiqlik. Agar vagon poli orqali kelayotgan tebranish chastotasi o‘rindiqning tabiiy chastotasiga yaqinlashsa, rezonans hodisasi yuzaga kelishi mumkin. Rezonans holatida tebranish amplitudasi keskin ortadi va yo‘lovchi sezadigan vibratsiya kuchayadi [4,9]. Taklif etilayotgan tizimda rezonans xavfi uchta yo‘l bilan kamaytiriladi: birinchidan, silentbloklar pol tebranishining o‘rindiqqa to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘tishini cheklaydi; ikkinchidan, gidravlik amortizatorlar rezonans zonasida tebranish amplitudasining ortib ketishini so‘ndiradi; uchinchidan, o‘rindiqning ko‘p qatlamli ichki tuzilmasi yo‘lovchi tanasiga yetib boradigan qoldiq mikro-vibratsiyalarni yutadi. ***Damping nisbati.*** Tizimning tebranishni so‘ndirish qobiliyatini baholash uchun damping nisbati qo‘llaniladi:

$$\tau = \frac{c}{2\sqrt{mk}}$$

Bu yerda τ — damping nisbati, c — gidravlik amortizatorlar orqali hosil qilinadigan damping koeffitsiyenti, m — ekvivalent massa, k — ekvivalent qattiqlik. Damping nisbati qanchalik to‘g‘ri tanlansa, o‘rindiqning tebranishga javobi shunchalik barqaror bo‘ladi. Amaliy jihatdan, taklif etilayotgan konstruktsiyada 4 ta gidravlik amortizatorning qo‘llanilishi dampingni bitta markaziy element orqali emas, balki tayanchning to‘rtta nuqtasi bo‘yicha taqsimlash imkonini beradi. Bu esa o‘rindiqning faqat vertikal emas, balki qisman burilish va ko‘ndalang tebranishlarga nisbatan ham barqarorligini oshiradi.

Konstruktiv yechim. Mavjud yo‘lovchi o‘rindig‘i konstruktsiyasining asosiy kamchiliklari amaldagi yo‘lovchi vagonlarida qo‘llanilayotgan o‘rindiq konstruktsiyasi qator muhim texnik kamchiliklarga ega bo‘lib, ular yo‘lovchilar uchun qulaylik va ekspluatatsion samaradorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. *Birinchidan,* o‘rindiqning polga rigid (qattiq) tarzda ulanib o‘rnatilishi dinamik yuklamalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatishga olib keladi. Bunday konstruktiv yechimda tashqi zarbalar va tebranishlar hech qanday filtratsiyasiz o‘rindiq orqali yo‘lovchiga yetib boradi. *Ikkinchidan,* tizimda damping (so‘nish) mexanizmining mavjud emasligi tebranish energiyasining kamaymasdan saqlanib qolishiga sabab bo‘ladi [5,10]. Natijada yo‘l notekisligi va rels birikmalaridan kelib chiqadigan zarbalar kuchaygan holda seziladi. *Uchinchidan,* konstruktsiyada elastik qatlam (rezina, prujina yoki amortizator elementlar) qo‘llanilmagan. Bu esa o‘rindiq va pol o‘rtasida tebranishni yutuvchi muhit yo‘qligini anglatadi va vibratsiyaning to‘liq uzatilishiga olib keladi. *To ‘rtinchidan,* yuqoridagi omillar natijasida tizimda rezonans hodisasi yuzaga kelish xavfi yuqori. Ma’lum chastotalarda tebranishlarning kuchayishi konstruksiyaga ortiqcha dinamik yuklama berib, nafaqat yo‘lovchi komfortini pasaytiradi, balki uzoq muddatda o‘rindiq va vagon

ISSN 3030-3907

elementlarining tezroq eskirishiga ham sabab bo‘ladi. Natijada, mavjud o‘rindiq dizayni vibratsion jihatdan yetarli darajada optimallashtirilmagan bo‘lib, uni zamonaviy amortizatsiya va elastik elementlar bilan takomillashtirish zarur hisoblanadi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida yo‘lovchi vagonlaridagi o‘rindiq konstruktsiyalarining vibratsion holati, uning inson organizmiga ta’siri hamda mavjud tizimlarni modernizatsiya qilish imkoniyatlari ilmiy va amaliy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, amaldagi yo‘lovchi o‘rindiqlari konstruktsiyasi vibratsiyani samarali kamaytirish talablariga to‘liq javob bermaydi va bu holat yo‘lovchilar komforti hamda sanitariya-gigiyena ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Tahlillar davomida vibratsiyaning inson organizmiga kompleks ta’sir qilishi aniqlandi. Xususan, past chastotali tebranishlarning mushak-skelet tizimiga uzoq muddatli ta’siri umurtqa pog‘onasida degenerativ o‘zgarishlarni yuzaga keltirishi, markaziy asab tizimida charchoq va diqqat susayishiga olib kelishi, vestibulyar tizim faoliyatini buzishi hamda periferik qon aylanishini sekinlashtirishi asoslandi. Bu esa yo‘lovchi tashish tizimlarida vibratsiyani kamaytirish masalasining nafaqat texnik, balki tibbiy va ergonomik jihatdan ham muhim ekanligini ko‘rsatadi.

Nazariy tahlil asosida yo‘lovchi o‘rindig‘i massa–elastiklik–damping tizimi sifatida modellashtirildi. Dinamik model yordamida o‘rindiqning tashqi vibratsion yuklamalarga javobi, inertsiya kuchlari, elastik tiklovchi kuch hamda damping mexanizmlarining o‘zaro bog‘liqligi matematik jihatdan asoslab berildi. Tadqiqot davomida tizimning tabiiy chastotasi va damping nisbati kabi asosiy dinamik parametrlar vibratsiyani kamaytirishda muhim omil ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, rezonans hodisasining yuzaga kelishi yo‘lovchi sezadigan vibratsiya amplitudasini keskin oshirishi mumkinligi ilmiy jihatdan ko‘rsatildi.

Tadqiqot doirasida taklif etilgan konstruktiv yechim — 4 ta gidravlik amortizator, elastik silentbloklar hamda ko‘p qatlamli yumshoq tayanch tizimidan iborat modernizatsiyalashgan o‘rindiq konstruktsiyasi — vibratsiyani kamaytirishning samarali usuli sifatida asoslandi. Gidravlik amortizatorlarning qo‘llanilishi tebranish energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish orqali qayta tebranishlarni kamaytiradi, silentbloklar esa vibratsiyaning pol orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatilishini cheklaydi. Ko‘p qatlamli yumshoq konstruksiya esa qoldiq mikro-vibratsiyalarni yutib, yo‘lovchi komfortini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, damping kuchining to‘rtta tayanch nuqtasi bo‘yicha taqsimlanishi o‘rindiqning faqat vertikal emas, balki ko‘ndalang va burilish tebranishlariga nisbatan ham barqarorligini oshirishi aniqlandi. Bu esa taklif etilgan konstruktsiyaning dinamik samaradorligini va ekspluatatsion ishonchliligini

ISSN 3030-3907

sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari yo‘lovchi vagonlari o‘rindiqlarini zamonaviy vibratsiya so‘ndiruvchi texnologiyalar asosida modernizatsiya qilish zarurligini ko‘rsatdi. Taklif etilgan texnik yechim vibratsiya amplitudasini kamaytirish, rezonans xavfini pasaytirish, yo‘lovchi komfortini oshirish hamda o‘rindiq konstruktsiyasining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi. Mazkur ishlanma temir yo‘l transportida ergonomik xavfsizlikni ta’minlash, yo‘lovchilarga qulay sharoit yaratish va transport xizmatlari sifatini oshirishda amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. International Organization for Standardization.
2. ISO 2631-5:2018. Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.
3. Rao, S. S. (2017). Mechanical Vibrations (6th ed.). Pearson Education. Vibratsiya nazariyasining asosiy kitobi.
4. Inman, D. J. (2014). Engineering Vibration (4th ed.). Pearson. Massa–prujina–damper tizimlari uchun.
5. Den Hartog, J. P. (1985). Mechanical Vibrations. Dover Publications.
6. Griffin, M. J. (1990). Handbook of Human Vibration. Academic Press. Inson organizmiga vibratsiya ta’siri bo‘yicha eng kuchli manba.
7. Mansfield, N. J. (2005). Human Response to Vibration. CRC Press. Biomekanik va fiziologik ta’sir.
8. Iwnicki, S. (2006). Handbook of Railway Vehicle Dynamics. CRC Press. Vagon tebranishlari, telejka dinamikasi.
9. Knothe, K., & Grassie, S. L. (1993). Modelling of railway track and vehicle/track interaction. Vehicle System Dynamics Journal.
10. Qiu, Y., Griffin, M. J. (2004). Transmission of vibration through seats. Journal of Sound and Vibration.

ISSN 3030-3907

УДК 681.586

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

Матякубова Парогат Майлиевна
ТГТУ имени Ислама Каримова, профессор кафедры «МТРСС»
E-mail:tgtu_mss@rambler.ru
Саидарипов Лазизбек Фуркатович
Исполняющий обязанности директора Государственного учреждения «Национальный институт метрологии Узбекистана» Агентства технического регулирования
E-mail: saidoripov@standart.uz
Шеина Наталия Евгеньевна
ТГТУ имени Ислама Каримова, доцент кафедры «МТРСС»
E-mail:meer.nata@bk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования и анализа чувствительных элементов оптоэлектронных средств измерения уровня жидких и сыпучих сред. Проведён обзор современных конструкций оптоэлектронных уровнемеров, основанных на использовании источников и приёмников оптического излучения. Исследованы особенности функционирования чувствительных элементов, определяющих точность, чувствительность и надёжность измерений в различных условиях эксплуатации. Разработана обобщённая структурная модель оптоэлектронного измерительного канала, позволяющая учитывать влияние геометрических параметров, характеристик оптической среды и внешних факторов на результаты измерения уровня.

Ключевые слова: оптоэлектронный уровнемер, измерение уровня, чувствительный элемент, оптоэлектронный датчик, математическое моделирование, анализ сигналов, измерительный преобразователь, метрологические характеристики, автоматизация измерений, промышленный мониторинг, оптические сенсоры, интеллектуальные измерительные системы.

Annotatsiya. Ushbu maqolada suyuq va sochiluvchan muhitlar sathini o‘lchash uchun mo‘ljallangan optoelektron o‘lchash vositalarining sezgir elementlarini modellashtirish va tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Optik nurlanish manbalari va qabul qilgichlaridan foydalanishga asoslangan zamonaviy optoelektron sath o‘lchagichlar konstruksiyalarining tahliliy sharhi amalga oshirilgan. Turli ekspluatatsiya sharoitlarida o‘lchashlarning aniqligi, sezgirligi va ishonchliligini belgilovchi sezgir elementlarning ishlash xususiyatlari tadqiq

ISSN 3030-3907

etilgan. Sathni o‘lchash natijalariga geometrik parametrlar, optik muhit tavsiflari hamda tashqi omillarning ta’sirini hisobga olish imkonini beruvchi optoelektron o‘lchash kanalining umumlashtirilgan strukturaviy modeli ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: optoelektron sath o‘lchagich, sathni o‘lchash, sezgir element, optoelektron datchik, matematik modellashtirish, signal tahlili, o‘lchash o‘zgartirgichi, metrologik tavsiflar, o‘lchashlarni avtomatlashtirish, sanoat monitoringi, optik sensorlar, intellektual o‘lchash tizimlari.

Abstract. This article addresses the issues of modeling and analysis of sensing elements used in optoelectronic instruments for measuring the level of liquid and bulk media. A review of modern optoelectronic level meter designs based on optical radiation sources and receivers is presented. The operating characteristics of sensing elements that determine the accuracy, sensitivity, and reliability of measurements under various operating conditions are investigated. A generalized structural model of an optoelectronic measurement channel has been developed, making it possible to take into account the influence of geometric parameters, optical medium characteristics, and external factors on level measurement results.

Keywords: optoelectronic level meter, level measurement, sensing element, optoelectronic sensor, mathematical modeling, signal analysis, measurement transducer, metrological characteristics, measurement automation, industrial monitoring, optical sensors, intelligent measurement systems.

ВВЕДЕНИЕ.

Контроль и измерение уровня жидких, сыпучих и вязких сред являются важнейшими задачами современной промышленной автоматизации. Достоверная информация о текущем уровне технологической среды необходима для обеспечения безопасности производственных процессов, повышения эффективности использования ресурсов, предотвращения аварийных ситуаций и поддержания требуемых режимов работы оборудования. Средства измерения уровня широко применяются в нефтегазовой, химической, пищевой, энергетической и водохозяйственной отраслях промышленности, где к точности и надёжности измерений предъявляются повышенные требования. В настоящее время для измерения уровня используются различные методы, основанные на механических, гидростатических, ультразвуковых, радиоволновых, ёмкостных и оптических принципах действия. Среди них особый интерес представляют оптоэлектронные средства измерения уровня, которые отличаются высокой чувствительностью, быстродействием, устойчивостью к электромагнитным помехам, возможностью бесконтактного контроля и сравнительно простой интеграцией в автоматизированные системы управления технологическими процессами.

ISSN 3030-3907

Основным элементом оптоэлектронных уровнемеров является чувствительный элемент, обеспечивающий преобразование изменения уровня контролируемой среды в электрический сигнал, пригодный для дальнейшей обработки. Метрологические характеристики измерительного устройства в значительной степени определяются конструкцией чувствительного элемента, параметрами источников и приёмников оптического излучения, характеристиками измеряемой среды и условиями эксплуатации. Поэтому исследование процессов взаимодействия оптического излучения с контролируемой средой и анализ характеристик чувствительных элементов являются актуальными задачами при разработке современных измерительных систем. Развитие вычислительной техники и методов математического моделирования создаёт широкие возможности для исследования оптоэлектронных измерительных систем на этапе проектирования. Использование моделей позволяет оценить влияние различных факторов на точность измерений, оптимизировать конструктивные параметры чувствительных элементов, снизить затраты на проведение экспериментальных исследований и повысить эффективность разработки новых приборов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для исследования характеристик оптоэлектронных средств измерения уровня использовались методы системного анализа, математического моделирования и теории измерительных преобразователей. Объектом исследования являлись чувствительные элементы оптоэлектронных уровнемеров, предназначенные для контроля уровня жидких и сыпучих сред в промышленных технологических процессах.

В качестве основы исследования была разработана обобщённая структурная схема оптоэлектронного измерительного канала, включающая источник оптического излучения, чувствительный элемент, контролируемую среду, фотоприёмник, блок обработки сигналов и устройство отображения результатов измерения. Работа чувствительного элемента рассматривалась как процесс преобразования изменения уровня контролируемой среды в изменение параметров оптического сигнала, регистрируемого фотоприёмником.

Для анализа процессов распространения оптического излучения использовались положения геометрической и физической оптики, учитывающие отражение, преломление, рассеяние и поглощение света в контролируемой среде. В ходе моделирования принималось, что интенсивность оптического сигнала зависит от расстояния распространения излучения, коэффициента поглощения среды, её прозрачности и

ISSN 3030-3907

геометрических параметров измерительной системы. На рисунке 1 представлена обобщённая структурная схема оптоэлектронного устройства, предназначенного для лазерно-оптического приёма телевизионного сигнала. Наличие в его составе системы температурного контроля, а также средств измерения уровня сигнала свидетельствует о компактности конструкции и её технологической реализуемости.

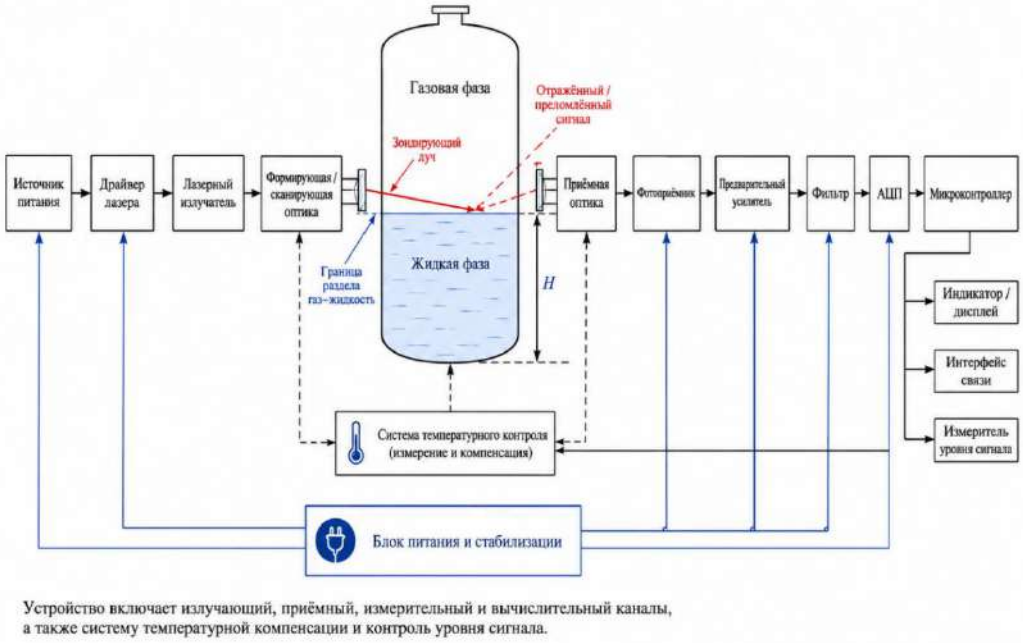


Рис. 1. Обобщённая структурная схема оптоэлектронного уровнемера жидких сред

Неполяризованная система включает лазерный дальномер, телевизионную (или фотокамеру) камеру и блок лазерной подсветки, оснащённый диафрагмой. Управление работой всех элементов осуществляет контроллер. Контроллер соединён с компьютером, который принимает информацию о координатах от дальномера и камеры. Формируемые измерительными преобразователями сигналы далее передаются в компьютер для последующей обработки.

При применении фотодетекторов в типовых измерительных системах, работающих совместно с ЭВМ, необходимо учитывать их метрологические параметры. Одним из основных требований при выборе лазерных датчиков является обеспечение стабильного и надёжного обмена данными между измерительными преобразователями и вычислительным блоком.

Лазерные дальномеры появились почти одновременно с созданием лазеров. Возможность бесконтактно измерять расстояние в широком диапазоне оказалась полезной для решения множества задач. Изначально подобные устройства нашли применение в военной технике — в системах наведения танков, вертолётов, самолётов и пехотных подразделений. В

ISSN 3030-3907

дальнейшем лазерные дальномеры были адаптированы для гражданских применений, включая геодезические работы, промышленные измерения и системы мониторинга уровня жидкостей в резервуарах.

Передача результатов измерений на компьютер осуществляется по каналу Bluetooth или через интерфейс USB, что обеспечивает оперативный обмен данными и их оперативную обработку.

В таблице 1 приведены основные характеристики лазерных дальномеров, используемых в составе оптоэлектронных уровнемеров. Помимо высокой точности и надёжности, датчики уровня должны обладать компактными размерами, поэтому предпочтение следует отдавать устройствам с минимальной массой и небольшими габаритами.

Таблица1.

Основные технические характеристики лазерных дальномеров

Технические характеристики	Agatec AGATA PE	EcoDist Plus	Stabila LD 300	Stabila LE 20	EcoDist	Leica DISTO D3	Leica DISTO A6
Точность, мм	±1,5	±2	±2	±5	±5	±1	±1,5
Дальность без отражателя, м	0,05–60	30	30	30	30	80	70
Дальность с отражателем, м	0,05–60	0,1–30	0,1–30	0,20–30	0,2–30	0,05–100	0,05–200
Время одиночного измерения, с	0,5–4	0,5–4	0,5–4	0,5–4	0,5–4	0,5–4	0,5–4
Ячеек памяти, шт.	10	—	—	—	—	20	20
Диаметр лазерного пятна, мм/м	6/10, 30/50	6/10	6/10	6/10	6/10	6/10, 30/50	6/10, 30/50
Интерфейс передачи данных	—	—	—	—	—	—	Bluetooth

ISSN 3030-3907

Технические характеристики	Agatec AGATA PE	EcoDist Plus	Stabila LD 300	Stabila LE 20	EcoDist	Leica DISTO D3	Leica DISTO A6
Единицы измерения	м, дюймы	м, дюймы	м, дюймы	м, дюймы	м	м, дюймы	м, дюймы
Диапазон рабочих температур, °C	0 до +40	0 до +40	0 до +40	+5 до +40	+5 до +40	−10 до +50	−10 до +50
Длина волны, нм	635	635	635	635	635	635	635
Вес с батареями, г	100	100	110	155	155	110	270
Защита от дождя/пыли (IP)	IP54	IP40	—	IP40	IP40	IP54	IP54

Анализ данных таблицы 1 показывает, что наилучшим сочетанием точности (±1 мм), дальности измерения (до 100 м) и функциональных возможностей обладают приборы серии Leica DISTO. Наличие встроенного угломера с точностью ±0,15° и интерфейса Bluetooth в моделях старшей линейки позволяет использовать их в автоматизированных системах контроля уровня без дополнительной коммутационной аппаратуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

В конкретном образце уровнемера для жидкостей использован дальномер DISTO D3, который излучает луч, определяющий границы жидкости. Плотность измеряемой жидкости может варьироваться. Для проведения измерений могут использоваться различные методы — импульсный, фазовый и частотный. Выбор метода определяется требуемой точностью, дальностью действия и физическими свойствами контролируемой среды.

Конструкция лазерной рулетки иногда включает небольшой температурный датчик. Наличие такого элемента становится существенным для оценки погрешности измерений в условиях эксплуатации на открытом воздухе при изменяющихся температурных условиях.

Ключевыми составляющими современных уровнемеров выступают телекамеры, чьи технические параметры в последние годы активно

ISSN 3030-3907

развиваются. В основном в этих камерах используются ПЗС-матрицы с разностной оптической схемой (лазерные датчики с зарядовой связью). Они состоят из множества чувствительных к свету кремниевых фотодиодов, обеспечивающих высокое пространственное разрешение и чувствительность в широком спектральном диапазоне.

Обычно показатели этих средств определяются следующими значениями: длина волны около 650 нм и мощность 1 мВт соответственно. Продолжительность таких импульсов обычно составляет около 10–20 наносекунд. Энергия одного импульса, как правило, не превышает 1 Дж и чаще всего находится на уровне сотен миллиджоулей.

При отсутствии специальных технологических решений длительность формируемых импульсов может составлять порядка 2 нс, однако в этом случае энергия каждого импульса, как правило, ограничивается значением около 10–20 мДж. Эти характеристики определяют разрешающую способность системы по дальности и точность определения границы раздела фаз при измерении уровня жидкостей.

В таблице 2 показаны изменения параметров некоторых моделей видеокамер при разном коэффициенте увеличения. Самые важные характеристики видеокамер — это разрешение, светочувствительность и изменение фокусного расстояния .

Таблица 2.

Технические характеристики цифровых видеокамер, применяемых в оптоэлектронных уровнемерах

Параметр	Canon Powershot G1	Minolta Dimage 7	Nikon Coolpix 995	Olympus E-10
Тип	Цифровая фотокамера	Цифровая фотокамера	Цифровая фотокамера	Цифровой зеркальный фотоаппарат
Видео	PAL/NTSC	PAL/NTSC	NTSC или PAL (по выбору)	PAL, разъём для внешнего микрофона
Максимальное разрешение	2048×1536; 640×480	2560×1920	2048×1536; 1600×1200; 640×480	2240×1680; 1600×1200; 1024×768

ISSN 3030-3907

Параметр	Canon Powershot G1	Minolta Dimage 7	Nikon Coolpix 995	Olympus E-10
Память в комплекте	CompactFlash 16 МБ	CF Type II	CompactFlash 16 МБ	CompactFlash 16 МБ
Связь с компьютером	USB, RS-232C	USB	USB	USB
Объектив	f = 7–21 мм (34–102 мм экв.), F/2–2,5	f = 28–196 мм	4× Zoom Nikkor f = 8–32 мм, F/2,6–5,1	f = 9–36 мм (35–140 мм экв.), F/2,0–2,4
Светочувствительность	ISO 50, 100, 200, 400, авто	до ISO 800	ISO 100, 200, 400, 800	ISO 50, 100, 200
Вес, г	420	595	390	575
Размеры, мм	119,7×76,8×63,8	117×91×113	138×82×40	120×86×152

Приведённые в таблице 2 характеристики свидетельствуют о том, что для задач контроля уровня жидкости наиболее предпочтительными являются камеры с разрешением не менее 1600×1200 пикселей и светочувствительностью до ISO 400. Компактные размеры и небольшой вес обеспечивают интеграцию камеры непосредственно в корпус измерительного прибора.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Проведённый анализ показал, что оптоэлектронные уровнемеры на основе лазерных дальномеров обеспечивают высокую точность и оперативность измерения уровня жидкостей. Установлено, что выбор метода измерения (импульсного, фазового или частотного) определяется требованиями к точности, диапазону измерений и характеристиками контролируемой среды. Показано, что наличие встроенных температурных датчиков позволяет учитывать влияние внешних условий и снижать погрешность измерений. Определено, что применение современных телекамер на основе ПЗС-матриц способствует повышению чувствительности и пространственного разрешения измерительной системы. Использование лазерного излучения с оптимальными параметрами обеспечивает надёжное функционирование уровнемеров в широком диапазоне эксплуатационных условий.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.595-2004 Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений. - М.: Стандартинформ, 2006. - 18 с.
2. Джексон, Р.Г. Новейшие датчики / Р.Г. Джексон. - М.: Техносфера, 2007.- 384 с.
3. P. Mohindru, "Development of liquid level measurement technology: A review," Flow Measurement and Instrumentation, vol. 89, Mar. 2023, Art. no. 102295, https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2022.102295.
4. Study on level sensor with magnetic liquid August 2006 Gongneng Cailiao/Journal of Functional Materials 37(8):1220-1222
5. EMERSON Process Management [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.metran.ru (дата обращения 15.07.2014).
6. Yin, L.; Qin, Y.; Liu, X.-W. A new interface weak-capacitance detection ASIC of capacitive liquid level sensor in the rocket. Mod. Phys. Lett. B 2017.
7. Pal A.; Kalyan, U.P.; Harika, C.M.; Vasuki, B. Capacitive Sensor for Level Measurement in Hopper/Silos—Experimental Evaluation. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT), Kannur, India, 5–6 July 2019.
8. Hao, H.-H.; Xiong, J.-Q. A method of liquid level measurement based on ultrasonic echo characteristics. In Proceedings of the 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010), Taiyuan, China, 22–24 October 2010; Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE): Piscataway, NJ, USA, 2010; Volume 11, pp. V11–V682.

ISSN 3030-3907

CREATION OF NEW NUMERICAL SIMULATION ALGORITHMS FOR SOLVING INITIAL-BOUNDARY-VALUE PROBLEMS FOR DIFFUSION EQUATIONS

Tokhir Tozhiev
Fergana State University, Fergana, Uzbekistan
E-mail: T.Tozhiey@gmail.com
Shakhboz Abdullaev
Fergana State University, Fergana, Uzbekistan
E-mail: shaxboz.abdullayev@inbox.ru

Abstract. This article uses the Monte Carlo method to solve initial-boundary value problems in the diffusion equation. A Markov chain with absorption on the trajectory of this chain is constructed, an unbiased estimate for solving problems is constructed. Examples of estimates of solution functionals are given and the behavior of their variances is discussed. The resulting integral equation is solved using branched Markov chains with absorption.

Keywords: monte Carlo method, statistical modeling, diffusion equation, set-boundary problem, Markov chain, absorbing Markov chain, branching Markov chain, integral equation, dynamic solution generation, variance estimation, Brownian motion, transition function, parabolic equation, ultraparabolic equation, mathematical modeling, numerical mechanisms, e. conductivity, mathematics, investment portfolio, risk management, biological models, ecological processes, process algorithms, critical processes, boundary problems, diffusion processes, statistical control, computer modeling.

Аннотация. В данной статье для решения начально-краевых задач уравнения диффузии используется метод Монте-Карло. Построена цепь Маркова с поглощением на траектории этой цепи, получена несмещенная оценка для решения задач. Приведены примеры оценок функционалов решений и обсуждено поведение их дисперсий. Полученное интегральное уравнение решается с использованием разветвленных цепей Маркова с поглощением.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, статистическое моделирование, уравнение диффузии, граничная задача, цепь Маркова, поглощающая цепь Маркова, разветвляющаяся цепь Маркова, интегральное уравнение, динамическое генерирование решений, оценка дисперсии, броуновское движение, функция перехода, параболическое уравнение, ультрапараболическое уравнение, математическое моделирование, численные механизмы, например, проводимость, математика, инвестиционный портфель, управление рисками, биологические модели, экологические процессы, алгоритмы процессов, критические процессы,

краевые задачи, диффузионные процессы, статистический контроль, компьютерное моделирование.

Annotatsiya. Ushbu maqola diffuziya tenglamasi uchun boshlang‘ich-chegaraviy masalalarni yechish uchun Monte-Karlo usulidan foydalanadi. Markov zanjiri uning traektoriyasi bo‘ylab yutilishi bilan tuziladi va muammolarni hal qilish uchun xolis baho olinadi. Yechim funktsiyalari uchun baholarga misollar keltirilgan va ularning dispersiyalarining xatti-harakati muhokama qilinadi. Olingan integral tenglama yutilishli tarvaqaylab ketgan Markov zanjirlari yordamida yechiladi.

Kalit so‘zlar: monte-Karlo usuli, statistik modellashtirish, diffuziya tenglamasi, chegaraviy masala, Markov zanjiri, yutuvchi Markov zanjiri, tarmoqlanuvchi Markov zanjiri, integral tenglama, dinamik yechim hosil qilish, dispersiyani baholash, Broun harakati, o‘tish funksiyasi, parabolik tenglama, ultraparabolik o‘tkazuvchanlik mexanizmi, nufuzli parabolik o‘tkazuvchanlik tenglamasi, mana shunday. matematika, investitsiya portfeli, risklarni boshqarish, biologik modellar, ekologik jarayonlar, jarayon algoritmlari, muhim jarayonlar, chegaraviy muammolar, diffuziya jarayonlari, statistik nazorat, kompyuter modellashtirish.

INTRODUCTION.

Diffusion equations (parabolic and ultraparabolic) are the object of research in such areas as mathematical physics, theory of dynamical systems, biology, ecology, economics, finance, management and mathematical modeling. Diffusion equations are the basis for solving a wide range of problems: thermal conductivity, nuclear physics, dynamic systems, gas dynamics, biological population dynamics and genetics, dynamics of changes in the securities market, management of investment and financial portfolios, financial risk management and analysis of environmental processes. Therefore, the study of mathematical models and the solution of diffusion equations remains an important task in the areas of applied mathematics, finance and management [1–5].

A.N. Kolmogorov [6] showed in 1931 that the transition function $P(x,t,\Gamma)$ is the probability that a Brownian particle leaving the point x, after time t, entering the set Γ, satisfies a certain diffusion parabolic differential equation. In the course of its development, the apparatus of the theory of probability began to be successfully applied in the study of boundary value problems. Therefore, the study of mathematical models and the solution of diffusion equations remains an important task in the areas of applied mathematics, finance and management, etc. Many scientific and applied research carried out at the world level lead to the problems of creating mathematical models of initial-boundary value problems for diffusion equations, therefore, the

ISSN 3030-3907

numerical solution of such problems by the method of statistical modeling (Monte Carlo method) is of great importance [7–10].

Algorithms of the Monte Carlo method for problems with initial conditions have been little studied even in the case of ordinary differential equations. The only study with examples of Monte Carlo solutions for systems of ordinary differential equations was considered in [10]. In these cases, Monte Carlo methods can be more efficient than classical computational methods. If we bear in mind that the application of the Monte Carlo method, which has shown its effectiveness in multidimensional problems, then the development of methods of numerical integration in a system with many noises is highly relevant.

Formulation of the problem

Consider in $(n+1)$-dimensional space of $\mathbb{R}^{n+1}$ points (y,z,t), $y \in \mathbb{R}^k$, $z \in \mathbb{R}^l$, $t \in \mathbb{R}^1$, $k+l=n$ equation

$$Lu = \frac{\partial u(y,z,t)}{\partial t} - \sum_{i,j=1}^{k} a_{ij} \frac{\partial^2 u(y,z,t)}{\partial y_i \, \partial y_j} + \sum_{j=1}^{k} \sum_{m=1}^{l} \beta_j^m \, y_j \frac{\partial u(y,z,t)}{\partial z_m} = f(y,z,t)$$

with constant coefficients α_{ij} and β_j^m $(i = 1,2,\dots,k, j = 1,2,\dots,k, m = 1,2,\dots,l)$.

Let $\alpha = (\alpha_{ij})$ be a $k \times k$ matrix, $\beta = (\beta_j^m)$ be an $l \times k$ matrix.

We assume:

• Matrix $\alpha = (\alpha_{ij})$ symmetric and positive definite.

• Matrix $\beta = (\beta_j^m)$, such that $l \times l$ the Gram matrix $\omega = (\beta\alpha\beta^T)^{-1}$ is positive definite (non-degenerate).

Let $D \subset \mathbb{R}^n$ – bounded area with border ∂D. Let's combine the variables (y,z) into one space variable - column $x = (y^T, z^T)^T \in \mathbb{R}^n$ (T – transpose operation).

Consider in space $\mathbb{R}^{n+1}$ variables $(x,t) = (x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ cylinder $\Omega = D \times [0,T]$.

For functions $\psi(x,t) \in C(\partial D \times [0,T])$ and $\varphi(x) \in C(\overline{D})$ the following initial and creative problem is posed: find the function $u(x,t) \in C(\overline{\Omega}) \cap C^{2,1}(\Omega)$ satisfying in the cylinder Ω equation

$$(Lu)(x,t) = f(x,t) \qquad (1)$$

with a condition

$$u(x,t) = \psi(x,t), \quad x \in \partial D, \quad t \in [0,T] \qquad (2)$$

and the initial condition

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad x \in D. \qquad (3)$$

ISSN 3030-3907

Function $f(x,t)$ will be considered continuous in $\overline{\Omega}$. Agreement condition $\varphi(x) = \psi(x,0)$ for $x \in \partial D$, necessary for the solvability of the problem, we will assume that it is satisfied.

Assuming that there is a solution to problem (1) - (3), we construct an algorithm for its numerical implementation.

Representation of probabilistic problem solving and construction of a Markov chain

The most common Monte Carlo algorithm is based on modeling Markov chains.

Using a fundamental solution to the equation (1) with a singularity at the point (y,τ) in space $\mathbb{R}^{n+1}$ we define domains (spheres) as follows.

$$B_r(x,t) = \left\{(y,\tau): (y-Cx)^T d\left(\frac{1}{t-\tau}\right) ad\left(\frac{1}{t-\tau}\right)(y-Cx) \le \gamma^2 \ln\frac{r^2}{t-\tau},\ t > \tau\right\}. \qquad (4)$$

From (4) it can be seen that satisfies the following conditions: $\tau < t$, $\tau > t - r^2$. Each section of a spherical plane by a horizontal plane $\tau = \text{const}$, $t - r^2 < \text{const} < t$, is an n-dimensional ellipsoid centered at the point $\left(e^{-(t-\tau)\beta}x, \tau\right)$. If $\rho < r$, then $B_\rho(x,t) \subset B_r(x,t)$. At $r \to 0$, $B_r(x,t)$ and $\partial B_r(x,t)$ monotonically shrink to the center (x,t). Therefore, there is such $r > 0$ what with $(x,t) \in \Omega$, $B_r(x,t) \subset \Omega$.

Let $r > 0$ such that $B_r(x,t) \subset \Omega$. Then the solution to problem (1) - (3) satisfies the following relation

$$u(x,t) = (E_r u)(x,t) + f(x,t). \qquad (5)$$

where

$$(E_r u)(x,t)$$

$$= \left(\frac{\gamma}{\pi}\right)^{\frac{n}{2}} \int_0^1 \lambda^{\gamma-1}\left(\ln\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{n}{2}} \int_{S_1(0)} u\left(y(\lambda,\theta),\tau(\lambda)\right) T(\theta) 4b\alpha b^T(\theta)\, ds\, d\lambda,$$

$$f(x,t) = \iint_{B_r(x,t)} \left(Z(x,t;y,\tau) - \pi^{-\frac{n}{2}} a^{\frac{1}{2}} r^{-\gamma}\right) f(y,\tau)\, dy\, d\tau$$

$$y(\lambda,\theta) = e^{-r^2\lambda^2\beta}x + \left(\gamma \ln\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{1}{2}} d\left(\frac{r}{2\lambda^2}\right) b^{-1} H(\theta)$$

$$\tau(\lambda) = t - r^2\lambda^2. \qquad (6)$$

It follows from (6) that if $r(x,t) \le t^{\frac{1}{2}}$, then at $(x,t) \in \Omega$ we have $B_r(x,t) \subset \Omega$. We define in Ω Markov chain $\left\{\left(x^j, t^j\right)\right\}_{j=0}^{\infty}$ by the following recurrence relations:

ISSN 3030-3907

$$x^0 = x, \quad t^0 = t, \quad t^j = t^{j-1} - r_{j-1}^2 \exp\left(-\frac{2\xi_j}{\gamma}\right),$$

$$x_i^j = x_i^{j-1} + r_{j-1}^2 \exp\left(-\frac{\xi_j}{\gamma}\right) \xi_j^{\frac{1}{2}} \sum b_{im} \omega_i^j, \qquad (7)$$

$$x_{k+p}^j = x_{k+p}^{j-1} - r_{j-1}^2 \exp\left(-\frac{2\xi_j}{\gamma}\right) \sum_{o=1}^{k} \beta_{po}\, x_o^j$$

$$+ r_{j-1}^3 \exp\left(-\frac{3\xi_j}{\gamma}\right) \xi^{\frac{1}{2}} \sum_{\nu=1}^{n} b_{k+p,\nu}\, \omega_i^j.$$

where $i = 1,2,\dots,k$, $p = 1,2,\dots,l$, $j = 1,2,\dots, r_{j-1} = r\left(x^{j-1}, t^{j-1}\right)$.

Relations (7) are derived from formula (6). Now we can write formula (5) in the following form

$$u\left(x^{j-1}, t^{j-1}\right) = E_{\left(x^{j-1}, t^{j-1}\right)} u\left(x^j, t^j\right) + f\left(x^{j-1}, t^{j-1}\right)$$

We define a sequence of random variables $\{\eta_l\}_{l=0}^{\infty}$ by the following equality,

$$\eta_l = \sum_{j=1}^{l-1} h\left(x^j, t^j\right) f\left(y^j, \tau^j\right) + u(x^l, t^l), \qquad (8)$$

where $\left(y^j, \tau^j\right)$ is a random point of the spheroid $B_r(x,t)$ with fixed $\left(x^j, t^j\right)$, having a distribution density of

$$\frac{Z\left(x^j, t^j; y, \tau\right) - \pi^{-\frac{n}{2}} a^{\frac{1}{2}} r^{-\gamma}}{h(x^j, t^j)}$$

where

$$h(x,t) = \iint_{B_r(x,t)} \left(Z(x,t;y,\tau) - \pi^{-\frac{n}{2}} a^{\frac{1}{2}} r^{-\gamma}\right) dy\, d\tau.$$

Let $\{\Im_l\}_{l=0}^{\infty}$ - sequence σ-algebras generated by random variables $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l$, sequence of vectors $\omega^0, \omega^1, \dots, \omega^l$ and random points $(y^0, \tau^0), (y^1, \tau^1), \dots, (y^{l-1}, \tau^{l-1})$, $u_{f,\psi,\varphi}(x,t)$.

The solution to problem (1) - (3) corresponding to the data f, ψ, φ.

Theorem [10]

a) The sequence $\{\eta_l\}_{l=0}^{\infty}$ forms a martingale with respect to the sequence σ-algebras $\{\Im_l\}_{l=0}^{\infty}$.

b) If $\| u_f \|_{2,0,0}\ (x,t) < +\infty$, then η_l is square integrable.

Let $N_\varepsilon = \min\{l: (x^l, t^l) \in (\partial\Omega)_\varepsilon\}$ - moment of the first hit of the process (x^l, t^l) in $(\partial\Omega)_\varepsilon$, i.e. N_ε is the moment of stopping the process (Markov moment).

Lemma [5]

The inequality

ISSN 3030-3907

$$E_{(x,t)}N_\varepsilon \le \frac{\gamma-2}{\gamma}\left(1+\frac{n}{2}\right)\frac{t}{\varepsilon}$$

holds.

NUMERICAL EXPERIMENT AND CONCLUSION.

As is typical for the numerical calculation of diffusion problems, the choice of a random spherical radius for the algorithm of wandering spheres creating trajectories of the Markov chain is essential, which characteristically preserves the properties of a finite propagation velocity, spatial localization, boundedness and destruction.

Solutions, which guarantees convergence with a given accuracy to the solution of the problem with the minimum number of trajectories. Note that due to the ambiguity of solutions in the numerical study, problem (1) - (3). Therefore, the question arises about the choice of the optimal radius of the approximation of the ball, which preserves the properties of convergent boundary value problems. Comparison of the statistical modeling method for solving boundary value problems by known grid methods suggests the following advantages of the first:

- simplicity and physical clarity;
- the ability to solve problems without significant simplifications (problems with complex multidimensional geometry and taking into account physical effects that have to be neglected when using other methods can be solved);
- the possibility of evaluating individual functionals without memorizing decision tables as a whole;
- the possibility of an empirical assessment of the error of the results under sufficiently broad assumptions;
- the possibility of parallel tracking of independent trajectories on multiprocessor computers, the algorithm is naturally parallelized.

As the area D we choose the unit cube with

$$f(x,y,z,t) = e^t\left(5\sin(x+y+z) + (x+y)\cos(x+y+z)\right)$$

$$\varphi(x,y,z) = \sin(x+y+z)$$

at $\alpha = \begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}$, $\beta = \begin{pmatrix}1\\ 1\end{pmatrix}$.

Exact solution $u(x,y,z,t) = e^t\sin(x+y+z)$.

Table I.

Results of a numerical experiment

Number of trajectories	Point (x, y, z, t)	ε	Exact solution	Selective assessment	3-sigma
100	0.7, 0.7, 0.7, 0.7	0.005	1.738	1.732	0.017

ISSN 3030-3907

500	0.6, 0.6, 0.6, 0.6	0.005	1.774	1.647	0.005
100	0.6, 0.6, 0.6, 0.3	0.005	1.315	1.317	0.005
100	0.8, 0.8, 0.8, 0.8	0.005	1.503	1.513	0.020
100	0.5, 0.5, 0.5, 0.3	0.005	1.349	1.358	0.0058

REFERENCES

1. J. Doob, *Bull. Amer. Math. Soc* 12, 177 (1984).
2. S. Ermakov, “Selected algorithms of the Monte Carlo method,” (University, Tashkent, 1992) p. 132.
3. G. Mikhailov and A. Voitishek, Akademia, Moscow (2006).
4. M. N. Akhtar, M. H. Durad, and A. Ahmed, *Proc. IAM* 4, 149 (2015).
5. T.Kh. Tozhiev and S. Ibragimov, eds., *Fundamental and applied scientific research: topical issues, achievements and innovations*, collection of articles of the XVI International Scientific and Practical Conference (Science and Education, Penza, Russia, 2018).
6. A. Kolmogoroff, *Mathematische Annalen* 104, 415 (1931).
7. T.Kh. Tozhiev and Sh. Ulikov, *Modern research and development* 3, 141 (2018).
8. T.Kh. Tozhiev and A. Otakhonov, *Modern research and development* 3, 138 (2018).
9. S. Ermakov and T. Tovstik, *Vestnik St. Petersburg University, Mathematics* 52, 272 (2019).
10. T.Kh. Tozhiev and Sh.M. Ibragimov, *Scientific Bulletin of NamSU*, 33 (2019).

ISSN 3030-3907

UDK 622.765:534-8:681.5

ULTRATOVUSH YORDAMIDA MIS RUDASI FLOTATSIYASINI AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARISH TIZIMINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Asqar Artikov
Toshkent kimyo-texnologiya instituti professori
ORCID: 0009-0007-3874-7096
E-mail: a.artikov@tkti.uz
Abror Isakov
O‘zbekiston Respublikasi IIV Akademiyasi, Raqamli texnologiyalar va axborot xavfsizligi kafedrasi dotsenti, kafedra mudiri o‘rinbosari, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4768-406X
Davron Panjiyev
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Avtomatlashtirish va raqamli boshqaruv kafedrasi magistranti
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-8067-9050
E-mail: d.panjiyev@tkti.uz
Shaira Nasirova
Navoiy davlat universiteti professori
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6899-1205
E-mail: nosirova_61@mail.ru

Annotatsiya. Mis rudalarini flotatsiya usulida boyitish jarayonida texnologik parametrlarning o‘zgaruvchanligi hamda jarayonning murakkabligi boshqaruv tizimlariga yuqori talab qo‘yadi. Flotatsiya davomida havo pufakchalari dispersiyasining buzilishi, reagentlarning notekis taqsimlanishi va pulpa tarkibining o‘zgarishi misni ajratib olish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan holda boshqarish va texnologik parametrlarni optimal qiymatlarda ushlab turish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini matematik modellashtirish masalalari tahlil qilingan. Tizim tarkibiga flotatsiya apparati, ultratovush generatori, datchiklar, boshqaruvchi qurilma va ijro mexanizmlari kiritilgan. Jarayonni boshqarishda havo sarfi, pulpa sathi, pH muhiti, ultratovush intensivligi hamda mis konsentratsiyasi asosiy parametrlar sifatida qaralgan. Tadqiqot davomida ultratovushning pufakchalar hosil bo‘lishi, zarracha yuzasining tozalanishi va massa almashinish jarayonlariga ta’siri o‘rganilgan. Shuningdek, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimining ishlash algoritmi hamda texnologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi matematik jihatdan ifodalangan. Model

asosida jarayon parametrlarini boshqarish orqali flotatsiya samaradorligini oshirish va texnologik jarayonning barqaror ishlashini ta’minlash imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: flotatsiya, mis rudasi, ultratovush, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi, matematik modellashtirish, pulpa, havo pufakchalari, massa almashinish, texnologik parametrlar.

Abstract. The variability of technological parameters and the complexity of the process in copper ore beneficiation by flotation impose high requirements on control systems. During flotation, disturbances in air bubble dispersion, non-uniform distribution of reagents, and changes in pulp composition negatively affect copper recovery efficiency. Therefore, automated control of the flotation process and maintaining technological parameters at optimal values remain among the most important challenges. This paper analyzes the issues of mathematical modeling of an automated control system for copper ore flotation using ultrasound. The system includes a flotation unit, an ultrasonic generator, sensors, a control device, and actuating mechanisms. Air flow rate, pulp level, pH environment, ultrasonic intensity, and copper concentration were considered as the main process parameters. The study investigated the effects of ultrasound on bubble formation, particle surface cleaning, and mass transfer processes. In addition, the operating algorithm of the automated control system and the interrelationships between technological parameters were mathematically described. Based on the developed model, the possibilities of improving flotation efficiency and ensuring stable operation of the technological process through effective control of process parameters were demonstrated.

Keywords: Flotation; Copper Ore; Ultrasound; Automated Control System; Mathematical Modeling; Mineral Pulp; Air Bubbles; Mass Transfer; Process Parameters.

Аннотация. Изменчивость технологических параметров и сложность процесса обогащения медных руд методом флотации предъявляют высокие требования к системам управления. В процессе флотации нарушение дисперсности воздушных пузырьков, неравномерное распределение реагентов и изменение состава пульпы оказывают отрицательное влияние на эффективность извлечения меди. В связи с этим автоматизированное управление процессом флотации и поддержание технологических параметров на оптимальном уровне являются одними из наиболее актуальных задач. В данной статье рассмотрены вопросы математического моделирования автоматизированной системы управления флотацией медной руды с использованием ультразвука. В состав системы входят флотационный аппарат, ультразвуковой генератор, датчики, управляющее

устройство и исполнительные механизмы. В качестве основных параметров процесса рассматривались расход воздуха, уровень пульпы, кислотность среды (pH), интенсивность ультразвука и концентрация меди. В ходе исследования изучено влияние ультразвука на образование пузырьков, очистку поверхности частиц и процессы массопереноса. Кроме того, математически описаны алгоритм функционирования автоматизированной системы управления и взаимосвязи между технологическими параметрами. На основе разработанной модели показаны возможности повышения эффективности флотации и обеспечения стабильной работы технологического процесса путем управления его параметрами.

Ключевые слова: Флотация; Медная руда; Ультразвук; Автоматизированная система управления; Математическое моделирование; Минеральная пульпа; Воздушные пузырьки; Массоперенос; Технологические параметры.

1. KIRISH.

Mis metalliga bo‘lgan talabning ortib borishi mis rudalarini samarali boyitish texnologiyalarini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Hozirgi vaqtda flotatsiya usuli mis rudalarini boyitishda eng keng qo‘llaniladigan texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Ushbu usul foydali mineral zarrachalarini havo pufakchalari yordamida ajratib olishga asoslanadi. Flotatsiya jarayonining samaradorligi ko‘plab texnologik omillarga bog‘liq bo‘lib, ularga pulpa tarkibi, havo sarfi, reagentlar miqdori, pH muhiti va pufakchalar dispersiyasi kiradi. Jarayon davomida texnologik parametrlarning o‘zgarishi foydali komponentlarning ajralib chiqish darajasiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

So‘nggi yillarda flotatsiya jarayonini intensivlashtirishda ultratovush texnologiyalaridan foydalanishga qiziqish ortib bormoqda. Ultratovush ta’sirida mayda havo pufakchalari hosil bo‘lishi tezlashadi, zarracha yuzalarining tozalanishi yaxshilanadi hamda massa almashinish jarayoni faollashadi. Bu esa flotatsiya samaradorligini oshirish imkonini beradi. Flotatsiya jarayonini real vaqt rejimida boshqarish va texnologik parametrlarni optimal qiymatlarda ushlab turish avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llashni talab etadi. Shu sababli flotatsiya jarayonlarini matematik modellashtirish va boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Ushbu maqolada ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining matematik modeli ishlab chiqilgan hamda texnologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilingan.

2. Flotatsiya jarayonining avtomatlashtirilgan tizim strukturasi

ISSN 3030-3907

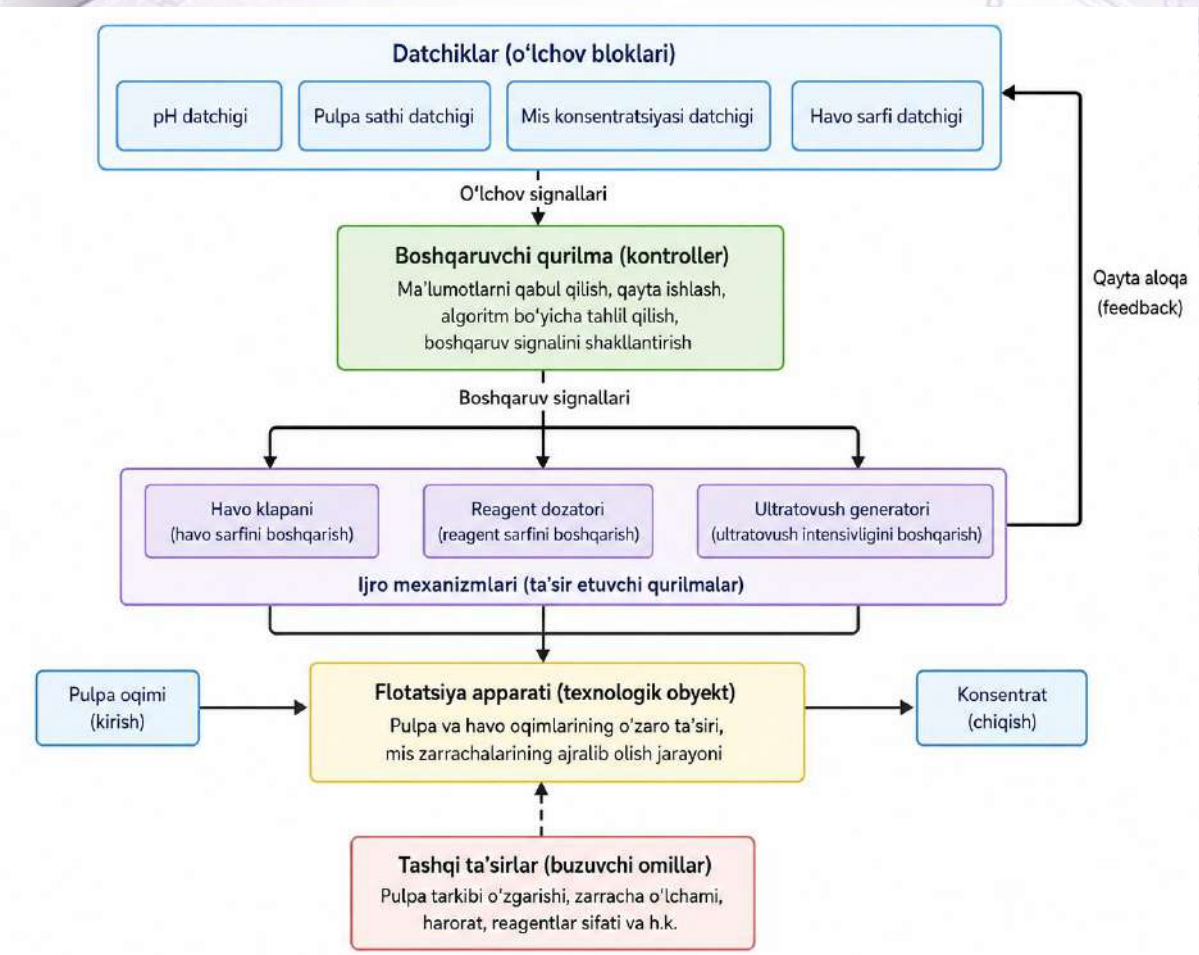
Mis rudalarini flotatsiya usulida boyitish jarayonida texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash va foydali komponentlarni samarali ajratib olish avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llashni talab etadi. Flotatsiya jarayonida pulpa tarkibi, havo sarfi, reagentlar miqdori va ultratovush intensivligining o‘zgarishi texnologik ko‘rsatkichlarga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli jarayon parametrlarini real vaqt rejimida nazorat qilish va boshqarish muhim hisoblanadi.

Taklif etilayotgan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi flotatsiya apparati, ultratovush generatori, datchiklar, boshqaruvchi qurilma hamda ijro mexanizmlaridan tashkil topgan. Flotatsiya apparati boshqaruv obyekti sifatida qaraladi va unda pulpa hamda havo oqimlarining o‘zaro ta’siri natijasida mis zarrachalarini ajratib olish jarayoni amalga oshadi.

Tizimda mis konsentratsiyasi, pulpa sarfi, havo sarfi, pulpa sathi hamda pH muhiti asosiy nazorat qilinuvchi parametrlar sifatida qabul qilingan. Mazkur parametrlarni aniqlash uchun texnologik datchiklardan foydalaniladi. O‘lchangan ma’lumotlar boshqaruvchi qurilmaga uzatiladi va dasturiy algoritmlar asosida qayta ishlanadi.

Boshqaruvchi qurilma texnologik parametrlarning joriy holatini tahlil qilib, flotatsiya jarayonining optimal ish rejimini aniqlaydi. Natijaga asosan havo sarfi, reagentlar miqdori, pulpa sathi va ultratovush intensivligini o‘zgartirish bo‘yicha boshqaruv signallari shakllantiriladi. Ushbu signallar ijro mexanizmlariga uzatilishi natijasida texnologik jarayonning avtomatik boshqarilishi ta’minlanadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining strukturaviy sxemasi

Ultratovush generatori flotatsiya jarayonini intensivlashtiruvchi qo‘shimcha manba sifatida ishlaydi. Ultratovush ta’sirida pulpa tarkibida mayda havo pufakchalari hosil bo‘lishi tezlashadi, zarracha yuzalarining tozalanishi yaxshilanadi hamda massa almashinish jarayonining faollashuvi kuzatiladi. Natijada mis zarrachalarining havo pufakchalari bilan birikish ehtimoli ortadi va flotatsiya samaradorligi oshadi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimidan foydalanish texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash, reagentlar sarfini kamaytirish hamda misni ajratib olish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

3. Flotatsiya jarayonining matematik modeli

Flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarishda texnologik parametrlar orasidagi bog‘lanishlarni matematik jihatdan ifodalash muhim ahamiyatga ega. Jarayonning matematik modeli yordamida texnologik ko‘rsatkichlarning o‘zgarishini tahlil qilish, boshqaruv parametrlarini optimallashtirish hamda flotatsiya samaradorligini baholash mumkin bo‘ladi. Flotatsiya jarayonida misni ajratib olish darajasi pulpa tarkibi, havo sarfi, ultratovush intensivligi va reagentlar miqdoriga bog‘liq holda o‘zgaradi.

ISSN 3030-3907

Jarayonning soddalashtirilgan matematik modeli quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\tau \frac{d\varepsilon}{dt} = -\varepsilon + K_1 Q_h + K_2 I_u + K_3 C_m$$

bu yerda: ε-misni ajratib olish darajasi, Q_h-havo sarfi, I_u- ultratovush intensivligi, C_m-pulpada mis konsentratsiyasi, K_1, K_2, K_3-tajribaviy koeffitsiyentlar, τ-jarayonning vaqt doimiysi.

Mazkur model flotatsiya jarayonining dinamik holatini ifodalaydi va texnologik parametrlarning o‘zgarishi misni ajratib olish samaradorligiga qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlash imkonini beradi. Flotatsiya apparatidagi pulpa sathining o‘zgarishi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$A \frac{dH}{dt} = Q_p - Q_x$$

bu yerda: H- pulpa sathi, Q_p- apparatga kiruvchi pulpa sarfi, Q_x- chiqayotgan pulpa sarfi, A-apparatning ishchi kesim yuzasi.

Ultratovush ta’sirida havo pufakchalari dispersiyasi yaxshilanadi va pufakchalar o‘lchami kamayadi. Bu holat massa almashinish yuzasining ortishiga olib keladi. Jarayonda havo pufakchalari radiusining o‘zgarishi quyidagi ifoda orqali baholanadi:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{r}\right) = \alpha I_u - \beta r$$

bu yerda: r-havo pufakchalarining o‘rtacha radiusi, α, β- tajribaviy koeffitsiyentlar, I_u- ultratovush intensivligi.

Keltirilgan matematik model asosida flotatsiya jarayonining asosiy parametrlarini tahlil qilish, boshqaruv tizimi ishlashini modellashtirish hamda texnologik jarayonning optimal ish rejimlarini aniqlash mumkin bo‘ladi.

4. Flotatsiya jarayonini modellashtirish va tahlil qilish

Flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarishda matematik model asosida texnologik parametrlarning o‘zgarishini tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Modellashtirish jarayonida havo sarfi, pulpa sathi, ultratovush intensivligi va mis konsentratsiyasining flotatsiya samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Jarayon parametrlarini tahlil qilish matematik model asosida amalga oshirildi.

Modellashtirish davomida ultratovush intensivligining ortishi bilan havo pufakchalari dispersiyasining yaxshilanishi va pufakchalar o‘lchamining kamayishi kuzatiladi. Natijada zarrachalar bilan havo pufakchalari orasidagi kontakt yuzasi ortadi hamda mis zarrachalarining flotatsiya jarayonida ajralib chiqish ehtimoli oshadi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, ultratovush ta’sirida massa almashinish jarayonining faollashuvi kuzatiladi. Bu esa flotatsiya jarayonining barqaror

ISSN 3030-3907

ishlashini ta’minlash bilan birga reagentlar sarfini kamaytirish imkonini beradi. Jarayonda ultratovush intensivligining haddan tashqari ortib ketishi esa energiya sarfining oshishiga va texnologik parametrlarning beqarorlashishiga olib kelishi mumkin.

Modellashtirish asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi texnologik parametrlarning optimal qiymatlarini aniqlash imkonini beradi. Bunda boshqaruvchi qurilma datchiklardan kelayotgan ma’lumotlarni qayta ishlab, havo sarfi, pulpa sathi va ultratovush intensivligini avtomatik ravishda boshqaradi.

Jarayonni modellashtirish natijalari ultratovush yordamida flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarish misni ajratib olish samaradorligini oshirish, reagentlar sarfini kamaytirish va texnologik jarayonning barqarorligini ta’minlash imkonini ko‘rsatadi.

5. Tadqiqot natijalari va ularning tahlili

Olib borilgan tahlillar va matematik modellashtirish natijalari ultratovush yordamida flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarish texnologik jarayon samaradorligini oshirish imkonini ko‘rsatdi. Jarayon parametrlarini real vaqt rejimida nazorat qilish va boshqarish flotatsiya apparatining barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Modellashtirish natijalariga ko‘ra, ultratovush ta’sirida havo pufakchalari dispersiyasi yaxshilanadi hamda ularning o‘rtacha o‘lchami kamayadi. Natijada pufakchalar bilan mis zarrachalari orasidagi kontakt yuzasi ortadi va foydali komponentlarning ajralib chiqish samaradorligi oshadi. Shu bilan birga zarracha yuzalarining qisman tozalanishi reagentlarning ta’sirini kuchaytiradi.

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi yordamida havo sarfi, pulpa sathi va ultratovush intensivligini optimal qiymatlarda ushlab turish imkoniyati yuzaga keladi. Bu esa texnologik parametrlarning keskin o‘zgarishlarini kamaytiradi va flotatsiya jarayonining barqarorligini oshiradi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, ultratovushdan foydalanish natijasida misni ajratib olish darajasini oshirish hamda reagentlar sarfini kamaytirish mumkin. Bundan tashqari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi operator ishtirokini kamaytiradi va texnologik jarayonni nazorat qilish aniqligini oshiradi. Matematik model asosida olingan natijalar ultratovush yordamida flotatsiya jarayonini boshqarish sanoat korxonalarida energiya va reagent sarfini kamaytirish bilan birga ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini berishini ko‘rsatadi.

XULOSA.

Ushbu maqolada ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini matematik modellashtirish masalalari ko‘rib chiqildi. Flotatsiya jarayonining asosiy texnologik parametrlarini nazorat qilish va boshqarish uchun avtomatlashtirilgan tizim strukturasi taklif etildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot davomida flotatsiya apparati, ultratovush generatori, datchiklar va boshqaruvchi qurilmalar o‘rtasidagi funksional bog‘lanishlar tahlil qilindi. Jarayonning matematik modeli ishlab chiqilib, havo sarfi, pulpa sathi, mis konsentratsiyasi va ultratovush intensivligining flotatsiya samaradorligiga ta’siri baholandi. Modellashtirish natijalari ultratovush ta’sirida havo pufakchalari dispersiyasining yaxshilanishi, massa almashinish jarayonining faollashuvi hamda mis zarrachalarining ajralib chiqish samaradorligi ortishini ko‘rsatdi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimidan foydalanish texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash, reagentlar sarfini kamaytirish va texnologik jarayon samaradorligini oshirish imkonini beradi. Ishlab chiqilgan matematik model va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi flotatsiya jarayonlarini tahlil qilish, optimallashtirish hamda sanoat sharoitlarida qo‘llash uchun asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Artikov A.A. Muhandislik texnologiyalarini yaratish va boshqarish jarayonida tizimli fikrlash. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2023. – 216 b.
2. Abramov A.A. Flotatsion boyitish usullari. – Moskva: Nedra, 2019. – 456 b.
3. Kienko L.A., Sazonov A.A. Intensifikatsiya flotatsii ultrazvukom // Obogashcheniye rud. – 2015. – №4. – S. 22–27.
4. Petrov I.V., Sidorov V.N. Avtomatizatsiya protsessov flotatsii // Gornyy jurnal. – 2018. – №7. – S. 64–69.
5. Samylin V.N., Kondratev S.A. Vliyaniye ultrazvukovoy obrabotki na flotatsionnyye svoystva mednykh mineralov // Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh. – 2018. – №2. – S. 115–121.
6. Chen G., Zhao Y., Li H. Ultrasonic-assisted flotation of copper sulfide ore // Minerals Engineering. – 2019.
7. A Review of Ultrasonic Treatment in Mineral Flotation: Mechanism and Recent Development. – 2024.
8. Flotation equipment automation and intelligent froth feature extraction in flotation process: a review. – 2025.

ISSN 3030-3907

UDK 378.147:620.22

KIMYO-TEXNOLOGIYA OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA «SINTEZ GAZ KIMVOSI VA TEXNOLOGIYASI» FANINI O‘QITISHDA DUAL TA'LIM TIZIMINI JORIY ETISH METODIKASI

Xudoyberdiyev Fazlidin Isroilovich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Annotatsiya. Maqolada kimyo-texnologiya yo‘nalishi talabalarining kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishda dual ta'lim tizimining ahamiyati « Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fani misolida yoritilgan. Oliy ta'lim muassasasi va kimyo ishlab chiqarish korxonalari (jumladan, «Navoiyazot» AJ) o‘rtasidagi integratsiyani ta'minlovchi pedagogik model taklif etilgan. Nazariy bilimlarni korxona laboratoriyalaridagi amaliy jarayonlar bilan bog‘lab o‘qitish, kvaziprofessional topshiriqlar (keys-stadi) va ikki tomonlama ustozlik (mentorlik) tizimini joriy etish metodikasi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: Dual ta'lim, Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi, kimyo-texnologiya, ishlab chiqarish integratsiyasi, kasbiy kompetensiya, keys-stadi, mentorlik, «Navoiyazot» AJ, virtual laboratoriya.

Abstract. The article highlights the importance of the dual education system in developing the professional competencies of chemical technology students, using the discipline "Chemistry and Technology of Synthesis Gas" as an example. A pedagogical model that ensures integration between higher education institutions and chemical manufacturing enterprises (including JSC "Navoiyazot") is proposed. The methodology of linking theoretical knowledge with practical processes in enterprise laboratories, alongside the implementation of quasi-professional tasks (case studies) and a dual mentoring system, is substantiated.

Keywords: Dual education, synthesis gas chemistry and technology, chemical technology, industrial integration, professional competence, case study, mentoring, JSC "Navoiyazot", virtual laboratory.

Аннотация. В статье рассматривается значение дуальной системы образования в развитии профессиональных компетенций студентов химико-технологических направлений на примере дисциплины «Химия и технология синтез газа». Предложена педагогическая модель, обеспечивающая интеграцию между высшим учебным заведением и химическими производственными предприятиями (в том числе АО «Навоиазот»). Обоснована методика связи теоретических знаний с практическими процессами в заводских лабораториях, внедрения квазипрофессиональных заданий (кейс-стади) и системы двустороннего наставничества (менторства).

Ключевые слова: Дуальное образование, химическая технология, интеграция производства, профессиональная компетенция, кейс-стади, менторство, АО «Навоиазот», виртуальная лаборатория.

1. KIRISH.

Bugungi kunda jahon miqyosida kimyo sanoati va mahsulotlar ishlab chiqarish texnologiyalarining jadal rivojlanishi oliy ta'lim tizimi oldiga yuqori kasbiy kompetensiyaga ega bo‘lgan muhandis-texnolog kadrlarni tayyorlash vazifasini qo‘ymoqda. Ayniqsa, kimyoviy ishlab chiqarish korxonalarida texnologik jarayonlarning barqarorligi va uskunalarning xizmat qilish muddatini ta'minlashda «Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fanining o‘rni beqiyosdir. Sanoat agregatlarining mahsuldorligi bevosita ularda qo‘llaniladigan zamonaviy organik, noorganik va kompozitsion materiallarning xossalarini to‘g‘ri baholay olishga bog‘liq.

Zamonaviy kimyo va gaz-kimyo sanoatida sintez-gaz (uglerod oksidi va vodorod aralashmasi) ishlab chiqarish hamda uni qayta ishlash texnologiyalari (metanol, ammiak, sintetik suyuq yoqilg‘ilar – GTL texnologiyasi) respublikamiz iqtisodiyotining drayveri hisoblanadi. O‘zbekistonning yirik korxonalari, xususan, «Navoiyazot» AJ, «Sho‘rtan gaz-kimyo majmuasi» va «UzGTL» zavodlarida sintez-gaz asosida mahsulot olish jarayonlari to‘liq avtomatlashtirilgan bo‘lib, yuqori bosim va katalitik reaksiyalar dinamikasi bilan xarakterlanadi.

Biroq, kimyo-texnologiya oliy ta’lim muassasalarida «Sintez-gaz kimyosi va texnologiyasi» fanini o‘qitish uslubiyotida jiddiy didaktik muammolar ko‘zga tashlanmoqda. Fanning nazariy qismi (masalan, metanning konversiyalanishi, Fisher-Tropsh sintezi kinetikasi va mexanizmlari) darsliklarda asosan statik formulalar orqali tushuntiriladi. Talabalar yirik sanoat reaktorlaridagi muvozanatning siljishi, katalizatorlarning termik destruksiyasi va texnologik xavflarni auditoriya sharoitida to‘liq tasavvur qila olmaydilar. Nazariy modellar va zavod ekotizimining real amaliyoti o‘rtasidagi ushbu uzilishni faqatgina dual ta’lim tizimini (Dual education) joriy etish hamda talabalarni bevosita ishlab chiqarish korxonasi laboratoriyalariga integratsiya qilish orqali bartaraf etish didaktik zaruriyatdir [5; 6].

Biroq, an'anaviy o‘qitish tizimida bo‘lajak muhandislarga ushbu fanni o‘qitish asosan nazariy mazmun bilan cheklanib qolmoqda. Buning natijasida oliy ta'lim muassasasini (OTM) tamomlagan yosh mutaxassislar real ishlab chiqarish muhitiga, zamonaviy zavod laboratoriyalaridagi yuqori texnologik uskunalar bilan ishlash jarayonlariga moslashishda qator qiyinchiliklarga duch kelmoqdalar. Nazariy bilimlar va amaliy ishlab chiqarish o‘rtasidagi mavjud uzilishni bartaraf

ISSN 3030-3907

etishning eng samarali pedagogik yechimlaridan biri - ta'lim tizimiga dual ta'lim (Dual education) modelini tizimli joriy etish hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasida oliy ta'limni tizimli isloh qilish, jumladan, kadrlar tayyorlash sifatini yangi bosqichga olib chiqish va ta'limni ishlab chiqarish bilan integratsiyalash davlat siyosati darajasiga ko‘tarilgan. Shu nuqtai nazardan, kimyo-texnologiya oliy ta'lim muassasalarida dual ta'lim muhitini yaratish orqali talabalarning «Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fani bo‘ycha kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning pedagogik modeli va amaliy metodikasini ishlab chiqish mazkur tadqiqotning maqsadi etib belgilandi.

2. TADQIQOT METODLARI.

Tadqiqot davomida kimyo-texnologiya yo‘nalishi talabalariga «Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fanini dual tizim asosida o‘qitishning blok-modul modeli ishlab chiqildi. Ushbu modelga ko‘ra, an'anaviy haftalik dars jadvali o‘rniga 50/50 nisbatidagi integratsiya tashkil etildi: talabalar 2 hafta davomida OTM bazasida sintez gaz kimyosi bo‘yicha nazariy bilimlarni egallaydilar, keyingi 2 hafta davomida esa bevosita «Navoiyazot» AJ korxonasining markaziy laboratoriyasi va sexlarida amaliy mashg‘ulotlarni bajaradilar.

Tadqiqotning metodologik asosini kasbiy ta'limda kompetensiyaviy va kvaziprofessional yondashuvlar tashkil etadi. Bunda an'anaviy laboratoriya ishlari o‘rniga zavodning real texnologik muammolariga asoslangan keys-stadi (Case-study) usuli qo‘llandi. Talabalar faoliyatini baholash ikki tomonlama mentorlik (ustoz-shogird) tizimi orqali amalga oshirildi, bunda akademik baholashni OTM professori, amaliy-texnologik ko‘nikmalarni esa korxonaning yetakchi muhandisi nazorat qildi.

"Tadqiqotimiz doirasida «Sintez-gaz kimyosi va texnologiyasi» fani mazmuni dual o‘qitish tizimining 50/50 block-modul modeliga muvofiq qayta loyihalashtirildi. Fanga ajratilgan jami dars soatlari teng ikki qismga ajratildi:

1.Akademik faza (OTM bazasida): Talabalar 2 hafta davomida konversiya jarayonlarining termodinamik qonuniyatlari, katalizatorlar klassifikatsiyasi va sintez-gaz tozalash usullarining fundamental nazariyasini o‘rganadilar.

2.Ishlab chiqarish fazasi («Navoiyazot» AJ bazasida): Keyingi 2 hafta davomida talabalar bevosita korxonaning sintez-gaz va ammiak ishlab chiqarish tsexlari markaziy laboratoriyasiga joylashtiriladi.

Metodologik yondashuv sifatida kvaziprofessional ta'lim texnologiyasi tanlab olindi. Bunda an’anaviy akademik laboratoriya ishlari o‘rniga zavod muhandislari (mentorlar) bilan birgalikda ishlab chiqilgan sanoat keyslari (Case-study) tizimi tatbiq etildi. Baholash jarayoni ikki tomonlama nazorat (akademik ustoz va sanoat muhandisi) prinsiplari asosida amalga oshirildi [7].

3. TADQIQOT NATIJALARI.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot doirasida « Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fanidan dual ta'lim muhitini yaratish va talabalarning mustaqil hamda amaliy faoliyatini tashkil etish uchun «Tabiiy gaz tarkibidagi oltingugurt sintez jarayonidagi nikel katalizatorlarini zaharlashini oldini olish» mavzusida maxsus pedagogik keys ishlab chiqildi va amaliyotga tatbiq etildi.

Keysning mazmuni: «Navoiyazot» AJ sintez gaz ishlab chiqarish sexidagi tabiiy gaz tarkibidagi oltingugurt sintez jarayonidagi nikel katalizatorlarini zaharlashini oldini olish muammosi talabalar oldiga vazifa qilib qo‘yildi.

Talabalarning ushbu keysni bajarishdagi faoliyatini baholash uchun quyidagi mezonlar tizimi joriy etildi (1-jadval).

Talabalar tomonidan zavod laboratoriyasida mentor rahbarligida quyidagi bosqichli natijalarga erishildi:

1. **Membranali texnologiyalar:** Gaz hali tizimga kirmasdan turib, yuqori selektivlikka ega polimer membranalar yordamida H_2S va CO_2 ni dastlabki bosqichda ajratib olish..

2. **Eksperimental natija:** Adsorbentlarni yangilash: Tarkibida rux oksididan tashqari mis va marganes bo‘lgan ko‘p komponentli adsorbentlarni qo‘llash ular pastroq haroratda ham oltingugurtni samarali yutadi.

3. **Texnologik tavsiya:** Olingan natijalar asosisda korxona uchun ham iqtisodiy tejamkor texnologik tavsiyanoma loyihasi ishlab chiqildi.

«Sintez-gaz kimyosi va texnologiyasi» fanidan dual ta’lim sharoitida talabalarning kasbiy kompetensiyalarini shakllantirish maqsadida «Navoiyazot» AJ realligiga moslashtirilgan quyidagi kvaziprofessional o‘quv keysi ishlab chiqildi va tajriba guruhlari dars jarayoniga kiritildi:

1-jadval

Dual ta'limda talabalar kasbiy kompetensiyalarini baholash indikatorlari

	Baholanadigan ko‘nikma (Indikator)	**Baholovchi mas'ul**	**Baholash usuli**
1	Sintez gaz kimyosi bo‘yicha nazariy bilim	OTM professori	Keys himoyasi (prezentatsiya)
2	Zavod laboratoriya uskunalari bilan ishlash mahorati	Korxona muhandisi	Amaliy jarayonni kuzatish
3	Mehnat muhofazasi va xavfsizlik texnikasiga rioya qilish	Korxona muhandisi	Jurnal va tartibga amal qilish

ISSN 3030-3907

4	Olingan natijalarni matematik-statistik qayta ishlash	OTM professori	Hisobot va tahlil sifati

Sanoat keysining nomi: «Sintez-gaz olish reaktorida nikel asosli katalizatorlarning termik faolsizlanishi (karbonizatsiyasi) muammosini tahlil qilish ва optimal texnologik rejimni aniqlash»

- Zavod konteksti (Muammo): «Navoiyazot» AJ metanning bug‘li konversiyasi qurilmasida reaktor harorati me’yordan oshishi va vodorod/uglerod oksidi nisbatining buzilishi natijasida nikel katalizatori yuzasida koks (uglerod) qatlami hosil bo‘lmoqda. Bu esa katalizatorning faolligini pasaytirib, sintez-gaz unumdorligini keskin kamaytirmoqda va zavodga iqtisodiy zarar keltirmoqda.

- Talabalar oldiga qo‘yilgan pedagogik vazifa: Talabalar kichik muhandislik guruhlarida zavod laboratoriyasi ustozi (mentor) rahbarligida koksga chidamli modifikatsiyalangan katalizator namunalarining fizik-kimyoviy xossalarini tahlil qiladilar. Reaktorga berilayotgan suv bug‘i va metan nisbatini (H2O/CH4) optimallashtirish orqali koks hosil bo‘lishini to‘xtatuvchi texnologik parametrlarni hisoblaydilar.

- Kompetensiyaviy natija: Talabalar zavod laboratoriyasidagi avtomatlashtirilgan gaz-xromatografiya qurilmalarida olingan sintez-gaz tarkibini GOST standartlari bo‘yicha mustaqil tahlil qilib, korxona texnologlari uchun koks hosil bo‘lishini minimallashtiruvchi tavsiyanoma loyihasini himoya qildilar.

Ushbu keysning bajarilishi talabalarning faqatgina passiv tinglovchi emas, balki real ishlab chiqarish muammolariga muhandislik yechimini topa oladigan faol subyektga aylanishini ta’minladi.

4. MUHOKAMA.

Ushbu ishlab chiqilgan ishlab chiqarish keysi va dual o‘qitish modeli an'anaviy laboratoriya mashg‘ulotlaridan sezilarli darajada farq qiladi. An'anaviy tizimda talaba faqat tayyor ko‘rsatma bo‘yicha tajriba o‘tkazgan bo‘lsa, dual ta'lim sharoitida real zavod muammosiga pedagogik va muhandislik yondashuvi birlashtirildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, nazariyaning zavod laboratoriyasidagi real qurilmalar (xromatograflar, spektrometrlar) bilan integratsiyalanishi talabalarda vizual va amaliy xotirani kuchaytiradi. Korxona muhandisining bevosita jarayonga jalb etilishi esa talabalarda sohaviy mas'uliyat, jamoada ishlash va mehnat muhofazasi madaniyatini rivojlantirishga xizmat qildi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, «Sintez-gaz kimyosi va texnologiyasi» fanini dual tizim doirasida o‘qitish an’anaviy ta’lim uslubiyotiga qaraganda yuqori didaktik samaradorlikka ega. Sintez-gaz ishlab chiqarish jarayonlari (metan konversiyasi, sintez-gazni CO2 dan tozalash) yuqori harorat (800-900°C)

ISSN 3030-3907

va bosim ostida sodir bo‘lganligi sababli, ularni oddiy OTM auditoriyasida o‘rganish talabalarda vizual mantiqiy xotirani shakllantira olmas edi [1, 3].

Dual ta’lim sharoitida talaba zavod laboratoriyasidagi real xromatograflar, avtomatlashtirilgan datchiklar va boshqaruv pultlari bilan bevosita ishlash orqali jarayonning kinetikasini amaliy his qiladi. Muhandis-mentorning jarayonga jalb etilishi talabalarda sanoat mas’uliyati, guruhda ishlash qobiliyati va eng muhimi — yuqori zaharli gazlar (uglerod monoksidi) bilan ishlashda kimyoviy xavfsizlik madaniyatini rivojlantirishga xizmat qildi.

5. XULOSA.

Oliy ta'lim muassasalarida « Sintez gaz kimvosi va texnologiyasi» fanini o‘qitish jarayoniga dual ta'lim tizimining joriy etilishi quyidagi yakuniy xulosalarni chiqarish imkonini beradi:

1. «OTM - Kimyoviy ishlab chiqarish korxonasi» integratsiyalashgan modeli talabalarning nazariy bilimlarini bevosita zavod muhiti bilan bog‘lab, oliy ta'lim va mehnat bozori o‘rtasidagi uzilishni bartaraf etadi.

2. Ishlab chiqilgan kvaziprofessional topshiriqlar (keys-stadi) talabalarda mustaqil fikrlash, muammoli vaziyatlarda tezkor qaror qabul qilish va materiallar xossalarini standartlar asosida tahlil qilish kasbiy kompetensiyalarini shakllantiradi.

3. OTM professori va korxona muhandisi (ustoz-mentor) tomonidan amalga oshirilgan hamkorlikdagi baholash tizimi talabaning real amaliy ko‘nikmalarini xolis baholash imkonini beradi.

Mazkur dual o‘qitish metodikasini kimyo-texnologiya sohasidagi boshqa turdosh maxsus fanlarni o‘qitishda ham tayanch model sifatida tavsiya etish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Muslimov N.A. va boshq. (2015). Kasb ta'limi o‘qituvchilarining kasbiy kompetensiyasini shakllantirish texnologiyasi. Toshkent: Fan va texnologiyalar.
2. Olimov Q.T. (2006). Maxsus fanlardan o‘quv adabiyotlari yangi avlodini yaratishning nazariy-uslubiy asoslari. Toshkent: Fan.
3. Zaytsev Yu.V. (2018). Metodika prepodavaniya materialovedeniya v visshix texnicheskix uchebnix zavedeniyax. Moskva: Visshaya shkola.
4. Deissinger, T. (2015). The German dual system of vocational education and training and its international reputation. Journal of Vocational Education & Training, 67(2), 205-220.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 29-martdagi «Professional ta'lim tizimida dual ta'limni tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi 163-son Qarori.

ISSN 3030-3907

6. Sharipov J.T., Turobjonov S.M. (2020). Kimyoviy texnologiya yo‘nalishi talabalarining ishlab chiqarish amaliyotlarini tashkil etish tizimini takomillashtirish. Kimyo va kimyo texnologiyasi, №2, 78-83-b.

ISSN 3030-3907

ПРИМЕНЕНИЕ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИИ САРДОБ

Коробков А. Ю.
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте
E-mail: magnumtemu3@mail.ru
Дю В. В.
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте
E-mail: duvladislav930@gmail.com
Илёсов Х. Н.
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте
E-mail: husanilyosov7@gmail.com
Олимжанов С.Р.
Старший преподаватель отделения «Разработка нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений»,
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте
E-mail: sardor_s_15@mail.ru
Рапиков Т. К.
Заместитель главного инженера проекта отдела «Проектирование и технологическое сопровождение бурения скважин»,
АО «O‘ZLITINEFTGAZ»
E-mail: mr.timskiyy@mail.ru
Каримов У. А.
Преподаватель отделения «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте
E-mail: karimov.ulugbek.17@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы, которые возникают при строительстве наклонно-направленных скважин с большими зенитными углами. Эти проблемы связаны с существенным увеличением сил трения бурильной колонны о стенки скважины, что приводит к подвисанию компоновки низа бурильной колонны, снижению эффективности передачи осевой нагрузки на долото, повышению риска дифференциальных прихватов и преждевременному выходу забойного оборудования из строя. В качестве технического решения предложено использование скважинных осцилляторов — устройств, которые генерируют низкочастотные осевые колебания. Проведен технико-экономический анализ, который подтвердил экономическую эффективность технологии в горно-геологических условиях месторождения Сардоб.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: осциллятор, наклонно-направленное бурение, трение, прихват, компоновка низа бурильной колонны, механическая скорость проходки.

Abstract. The paper discusses the problems that arise when drilling directional wells with high inclination angles. These problems are associated with a significant increase in friction forces between the drill string and the borehole wall, which leads to hanging of the bottom hole assembly (BHA), reduced efficiency of axial load transfer to the bit, an increased risk of differential sticking, and premature failure of downhole equipment. As a technical solution, the use of downhole oscillators — devices that generate low-frequency axial vibrations — is proposed. A technical and economic analysis has been carried out, which confirmed the cost-effectiveness of the technology in the geological and mining conditions of the Sardob field**.**

Key words: drilling oscillator, directional operations, dragging, seize, assembly of drilling string bottom, rate of penetration.

Annotatsiya. Ishda katta zenit burchakli yo‘naltirilgan quduqlarni qurishda yuzaga keladigan muammolar ko‘rib chiqiladi. Bu muammolar burg‘ilash kolonnasining quduq devorlariga ishqalanish kuchlarining sezilarli darajada oshishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu burg‘ilash kolonnasining pastki qismining osilib qolishiga, o‘q yukining dolotga samarali uzatilishining pasayishiga, differensial prixvatlar xavfining oshishiga va quduqusti jihozlarining muddatidan oldin ishdan chiqishiga olib keladi. Texnik yechim sifatida quduq oswillyatorlari — past chastotali o‘q tebranishlarini hosil qiluvchi qurilmalardan foydalanish taklif etiladi. Sardob konining tog‘-geologik sharoitida texnologiyaning iqtisodiy samaradorligini tasdiqlagan texnik-iqtisodiy tahlil o‘tkazildi.

Kalit so‘zlar: ossillyator, yo‘naltirilgan burg‘ilash, ishqalanish, differensial prixvat, burg‘ilash kolonnasining pastki qismi komponovkasi, mexanik o‘tish tezligi.

ВВЕДЕНИЕ.

Современное развитие нефтегазовой отрасли характеризуется устойчивым ростом объёмов строительства наклонно-направленных скважин с большими зенитными углами и протяжёнными наклонными участками. Такая траектория позволяет оптимизировать сетку скважин и увеличить зону дренирования, однако сопровождается рядом технических трудностей. Одна из главных проблем – значительное увеличение сил трения между бурильной колонной и стенками скважины на участках с высокими зенитными углами. Это приводит к подвисаниям компоновки низа бурильной колонны, её внезапным срывам и последующим ударам о забой. Ударные нагрузки, в свою очередь, резко снижают ресурс

ISSN 3030-3907

дорогостоящего забойного оборудования – долот, забойных двигателей и телесистем. Традиционным способом уменьшения трения служит химический метод – введение в буровой раствор смазывающих добавок на основе нефтепродуктов либо применение растворов на углеводородной основе, однако этот подход не справляется с поставленными задачами. В связи с этим актуальной задачей является поиск альтернативных или дополняющих методов борьбы с подвисаниями при наклонно-направленном бурении. Одним из наиболее перспективных технических решений признано использование в составе бурильной колонны осцилляторов.

Скважинный осциллятор представляет собой техническое устройство, предназначенное для генерации управляемых колебательных воздействий в составе бурильной колонны. Данное оборудование применяется при строительстве нефтяных и газовых скважин, преимущественно в условиях бурения наклонно-направленных участков ствола. Основной функцией осциллятора является снижение контактных сил трения между элементами бурильной колонны и стенками скважины за счёт создания периодических осевых колебаний, что способствует повышению эффективности передачи нагрузки на долото, улучшению условий проходки и снижению вероятности возникновения прихватов [1].

Устройство для осцилляции низкочастотных колебаний состоит из корпуса 1, калиброванной втулки 2, установленной в корпусе, клапана 3, оси 4, диффузора верхнего 5, диффузора нижнего 6 (рисунок 1). Технологическая жидкость нагнетается с устья скважины поверхностным насосным оборудованием и транспортируется по внутритрубному пространству бурильной колонны к забойному осциллятору. Проходя через внутренний канал устройства, гидродинамический поток воздействует на клапанный узел. Энергия потока инициирует автоколебательный режим работы клапана: рабочий элемент совершает попеременные маятниковые отклонения, циклически перекрывая проходное сечение. Периодическое дросселирование потока приводит к генерации низкочастотных гидравлических пульсаций давления в промывочной жидкости. Данные гидродинамические импульсы распространяются до забоя скважины и трансформируются в осевую динамическую (вибрационную) нагрузку на породоразрушающий инструмент. Это обеспечивает интенсификацию процесса разрушения горной породы, а также способствует преодолению сил статического трения, существенно минимизируя риски возникновения дифференциальных прихватов бурильной колонны [2].

ISSN 3030-3907

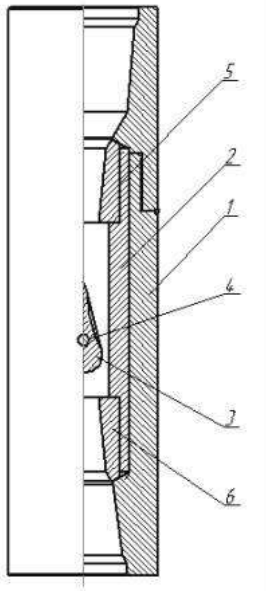


Рисунок 1. Схема скважинного осциллятора 1 – корпус, 2 – калиброванная втулка, 3 – клапан, 4 – ось. 5, 6 – верхний и нижний диффузоры [2]



Рисунок 2. Осциллятор SDT-VS675HE [3]

Результатом применения таких устройств является увеличение проходки на долото и повышение механической скорости проходки. Кроме того, применение скважинного осциллятора позволяет:

- снизить вероятность прихвата колонны бурильных труб;
- уменьшить показатель зависания колонны бурильных труб;
- довести осевую нагрузку (посредством уменьшения сил трения);

Опираясь на данные бурения скважин №415 и №442 Восточно-Мессояхского месторождения, можно провести сравнительную оценку эффективности применения скважинного осциллятора. В скважине №415, пробурённой без использования осциллятора в интервале 562–1394 метров при зенитном угле 25,88–84,58 градусов, средняя механическая скорость проходки составила 32,60 метров/час, скорость с винтовым забойным двигателем — 25,4 метров/час. В скважине №442, пробурённой с применением скважинного осциллятора в интервале 683,7–1438,6 метров при зенитном угле 42,9–88,34 градусов, аналогичные показатели составили 48,70 и 39,7 метров/час соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение скважинного осциллятора обеспечило прирост средней механической скорости проходки на 49,4%, а скорости с винтовым забойным двигателем — на 56,3%. Принимая во внимание, что геолого-технические условия Восточно-Мессояхского

ISSN 3030-3907

месторождения сопоставимы с условиями месторождения Сардоб — в частности, наличие песчаных коллекторов и выраженная литологическая неоднородность разреза, — представляется обоснованным предположить целесообразность применения данного инструмента на наклонно-направленных скважинах месторождения Сардоб, преимущественно в интервалах набора зенитного угла и его стабилизации.



Рисунок 3. Традиционная компоновка низа бурильной колонны без осциллятора



Рисунок 4. Новая компоновка низа бурильной колонны с осциллятором

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.

Для обоснования целесообразности применения скважинного осциллятора в качестве исходных данных были применены показатели бурения двух скважин (таблица 1), а результатами расчетов является стоимости метра проходки и экономического эффекта при использовании осциллятора, формулы (1) – (3) [4]:

$$C_Э = \frac{C_{КНБК} + C_{бу} \cdot (t_б + t_{спо} + t_{всп}) + (C_{взд} + C_{осц}) \cdot t_б}{H} \quad (1)$$

$$C_{КНБК} = N_д \cdot C_д + N_{оцэ} \cdot C_{оцэ} \quad (2)$$

$$Э = (C_{Э1} - C_{Э2}) \cdot H \quad (3)$$

$$V_м = \frac{H}{t_б} \quad (4)$$

$$V_р = \frac{H}{t_б + t_{спо} + t_{всп}} \quad (5)$$

где

- стоимость метра проходки ($C_{Э1}$-без осциллятора, $C_{Э2}$-с осциллятором), доллар США за метр (С);
- стоимость элементов компоновки низа бурильной колонны в долларах США ($C_{КНБК}$);
- количество использованных долот и опорно-центрирующих элементов в компоновке низа бурильной колонны ($N_д$, $N_{оцэ}$);

ISSN 3030-3907

- стоимость долота и опорно-центрирующих элементов применяемых в компоновке низа бурильной колонны в долларах США ($С_д$, $С_{оцэ}$);
- стоимость часа работы осциллятора в долларах США ($С_{осц}$);
- стоимость часа работы буровой установки в долларах США ($С_{бу}$);
- стоимость часа работы винтового забойного двигателя в долларах США ($С_{взд}$);
- время, затраченное на разрушение породы заданного интервала в часах ($t_б$);
- время, потраченное на проведение спуско-подъемных операций в часах ($t_{спо}$);
- время, потраченное на проведение вспомогательных работ при спуско-подъемных операциях в часах ($t_{всп}$);
- интервал бурения в метрах (Н);
- экономический эффект при внедрении осциллятора в долларах США (Э).

Таблица-1.

Показатели бурения скважин без осциллятора и с осциллятором

Параметры	**Обозна-чения**	**Единица измерений**	**Без осциллятора**	**С осциллятором**
Интервал бурения по стволу, от – до		м	1233-1308	
Частота вращения долота	$n_{общ}$	об/мин	160	
Осевая нагрузка на долото	G	кН	40	
Расход бурового раствора	Q	л/с	32	
Среднее время, затраченное на спуско-подъемные операции	$t_{спо}$	ч	3	3
Среднее время, затраченное на проведение вспомогательных работ при спуско-подъемных операциях	$t_{всп}$	ч	3,5	3,5

ISSN 3030-3907

Общее время бурения	$t_б$	ч	6,82	4,41
Общая проходка в интервале	H	м	75	
Количество используемых долот	$N_д$	шт	1	1
Количество используемых ОЦЭ	$N_{оцэ}$	шт	1	1
Стоимость 1-го долота	$C_д$	долл	35 000	35 000
Стоимость 1-го ОЦЭ	$C_{оцэ}$	долл	33 000	33 000
Стоимость элементов КНБК	$C_{КНБК}$	долл	68 000	68 000
Стоимость часа работы ВЗД	$C_{взд}$	долл/ч	200	200
Стоимость часа работы буровой установки	$C_{бу}$	долл/ч	1000	1000
Стоимость часа работы осциллятора	$C_{осц}$	долл/ч	-	500
Механическая скорость бурения	$V_м$	м/ч	11	17
Рейсовая скорость бурения	$V_р$	м/ч	5,6	6,9
Стоимость метра проходки	Сэ	долл/м	1102,5	1093,3
Экономический эффект	Э	долл	690	

Стоимость элементов компоновки низа бурильной колонны составляет по формуле (2):

$$C_{КНБК} = N_д \cdot C_д + N_{оцэ} \cdot C_{оцэ} = 1 \cdot 35000 + 1 \cdot 33000 = 68000 \text{ долл.}$$

Стоимость одного метра проходки без осциллятора составит по формуле (1):

$$C_{Э1} = \frac{68000 + 1000 \cdot (6{,}82 + 3 + 3{,}5) + (200 + 0) \cdot 6{,}82}{75} = 1102{,}5 \text{ долл/м.}$$

ISSN 3030-3907

Стоимость одного метра проходки с осциллятором составит по формуле (1):

$$C_{Э2}=\frac{68000+1000\cdot(4,41+3+3,5)+(200+500)\cdot 4,41}{75}=1093,3 \text{ долл/м.}$$

Экономический эффект при использовании осциллятора составит по формуле (3):

$$Э=(1102,5-1093,3)\cdot 75=690 \text{ долл.}$$

Механическая скорость проходки и рейсовая скорость при бурении скважины традиционной компоновкой низа бурильной колонны без осциллятора рассчитываются по формулам (4) - (5):

$$V_м=\frac{75}{6,82}=11 \text{ м/ч}$$

$$V_р=\frac{75}{6,82+3+3,5}=5,6 \text{ м/ч}$$

Механическая скорость проходки и рейсовая скорость при бурении скважины новой компоновкой низа бурильной колонны с осциллятором рассчитываются по формулам (4) - (5):

$$V_м=\frac{75}{4,41}=17 \text{ м/ч}$$

$$V_р=\frac{75}{4,41+3+3,5}=6,9 \text{ м/ч}$$

Выполненные вычисления показывают, что применение осциллятора обеспечивает прирост как механической, так и рейсовой скорости проходки по сравнению с традиционным способом бурения. При этом, несмотря на значительные затраты на аренду указанного оборудования, достигается снижение общих экономических расходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выполненный анализ показывает, что использование скважинных осцилляторов представляет собой действенное техническое решение для устранения негативных последствий повышенного трения в наклонно-направленных скважинах. Низкочастотные осевые колебания, создаваемые устройством, позволяют заметно уменьшить коэффициент трения покоя, обеспечить устойчивую передачу осевой нагрузки на долото и снизить вероятность прихватов бурильной колонны.

Сопоставление показателей бурения скважин на Восточно-Мессояхском месторождении, условия которого сопоставимы с месторождением Сардоб, выявило значительное улучшение технико-экономических результатов при применении осциллятора: средняя механическая скорость проходки может вырасти на 54,5%, а рейсовая скорость на 23,2%. Технико-экономические расчёты подтвердили

ISSN 3030-3907

уменьшение стоимости одного метра проходки и получение положительного экономического результата в размере 690 долларов США на анализируемом интервале.

Следовательно, внедрение осцилляторов в состав компоновок низа бурильной колонны целесообразно прежде всего на участках набора зенитного угла и при стабилизации ствола. Применение этой технологии позволит увеличить эффективность бурения, сократить потери производительного времени и улучшить технико-экономические показатели строительства скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РОССИЙСКОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ БУРЕНИЕ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://rosprombur.ru/skvazhinnyj-oscillyator.html.
2. Хузина Л.Б., Шайхутдинова А.Ф. Применение новых элементов в КНБК при бурении наклонно-направленных скважин // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института: Альметьевск. – 2013. – С.69.
3. SMART DRILLING TOOLS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.smartdt.ru/.
4. Леонов Е. Г., Симонянц С. Л. Совершенствование технологического процесса углубления скважины //М.: Изд. центр РГУ нефти и газа им. ИМ Губкина. – 2014.

ISSN 3030-3907

УДК 543.062:635.1/.8

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ И ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ЯГОД И ОВОЩЕЙ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Рустамова Ч.И.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, кафедра органического синтеза и прикладной химии, Ташкент, Узбекистан
Хаитбаев А.Х.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, кафедра органического синтеза и прикладной химии, Ташкент, Узбекистан
E-mail: polyphenol-10@yandex.ru
Абдуллажанова Н.Г.
Институт биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова АН РУз, Ташкент, Узбекистан
Акбаров А.Х.
Ташкентский государственный медицинский университет, кафедра медицинской и биологической химии №1, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Провести сравнительную спектрофотометрическую оценку антиоксидантной активности (АОА) водных и 70%-этанольных экстрактов ягодного и овощного сырья и выявить влияние природы растворителя и механизма теста на величину аналитического ответа. Материалы и методы. Объектами исследования служили ягоды смородины (Ribes nigrum L.), облепихи (Hippophae rhamnoides L.), калины (Viburnum opulus L.) и черники (Vaccinium myrtillus L.), а также пять видов капусты (белокочанная — Brassica oleracea var. capitata; цветная — var. botrytis; брокколи — var. italica; корейская — B. rapa subsp. pekinensis; фиолетовая — B. oleracea var. capitata f. rubra). Экстракцию проводили по унифицированной схеме: навеска 10,0 г, объём растворителя 100 мл, соотношение 1:10 м/об, измельчение 1–2 мм, кипячение 2 ч с обратным холодильником. АОА определяли методом H_2O_2-скавенджинга (230 нм) и FRAP-модификацией / reducing power assay (700 нм); дополнительно применяли OH-FRSA и NO-FRSA. Результаты выражали как среднее ± SD при n = 5; статистику рассчитывали методом ANOVA. Среди ягодных объектов наибольшую АОА показали водные экстракты смородины, облепихи и калины, что объясняется высоким содержанием аскорбиновой кислоты, антоцианов и фенольных соединений. Сравнение видов капусты выявило существенную методзависимость: по H_2O_2-тесту лидировала белокочанная капуста (68,7 ± 1,0%), тогда как по

ISSN 3030-3907

FRAP-модификации — брокколи (44,2 ± 0,7%), фиолетовая (34,0 ± 0,8%) и корейская (29,4 ± 0,7%) капуста. Расхождение объясняется различными доминирующими механизмами: аскорбат-опосредованный H_2O_2-скавенджинг и полифенол-опосредованный электронный перенос в FRAP-модификации. Установлено, что АОА ягодных и овощных экстрактов является методзависимым показателем. Для корректной характеристики рекомендуется комбинированная схема: H_2O_2 + FRAP-модификация + DPPH. Водные экстракты смородины, облепихи и калины, а также брокколи и фиолетовая капуста выделены как перспективные объекты для дальнейшего углублённого фитохимического анализа.

Ключевые слова: антиоксидантная активность; ягоды; капуста; водные экстракты; спектрофотометрия; H_2O_2; FRAP-модификация; методзависимость; природные антиоксиданты.

Annotatsiya. Rezavor mevalar va sabzavot xomashyolarining suvli hamda 70% etanolli ekstraktlarida antioksidant faollikni (AOF) spektrofotometrik usulda qiyosiy baholash va erituvchi tabiati hamda test mexanizmining analitik javob kattaligiga ta’sirini aniqlash. Tadqiqot obyektlari sifatida qora smorodina (Ribes nigrum L.), chakanda (Hippophae rhamnoides L.), kalina (Viburnum opulus L.) va qora mersini (Vaccinium myrtillus L.) rezavorlari, shuningdek karamning besh turi — oq boshli karam (Brassica oleracea var. capitata), gulkaram (var. botrytis), brokkoli (var. italica), koreys karami (B. rapa subsp. pekinensis) va binafsha karam (B. oleracea var. capitata f. rubra) ishlatilgan. Ekstraksiya yagona sxema asosida amalga oshirildi: 10,0 g namuna, 100 ml erituvchi, 1:10 massa/hajm nisbatida, 1–2 mm gacha maydalash, qaytarma sovutgich ostida 2 soat qaynatish. AOF H_2O_2-skavenging usuli (230 nm) va FRAP-modifikatsiyasi / reducing power assay (700 nm) yordamida aniqlangan; qo‘shimcha ravishda OH-FRSA va NO-FRSA usullari qo‘llanilgan. Natijalar n = 5 holatda o‘rtacha qiymat ± SD ko‘rinishida ifodalangan, statistik tahlil esa ANOVA usuli orqali bajarilgan. Rezavor mevalar orasida qora smorodina, chakanda va kalinaning suvli ekstraktlari eng yuqori AOF ko‘rsatkichlarini namoyon etdi, bu askorbin kislotasi, antotsianlar va fenol birikmalarining yuqori miqdori bilan izohlanadi. Karam turlarini taqqoslash sezilarli metodga bog‘liqlikni ko‘rsatdi: H_2O_2-test bo‘yicha oq boshli karam yetakchi bo‘ldi (68,7 ± 1,0%), FRAP-modifikatsiyasi bo‘yicha esa brokkoli (44,2 ± 0,7%), binafsha karam (34,0 ± 0,8%) va koreys karami (29,4 ± 0,7%) yuqori natija ko‘rsatdi. Ushbu farq turli dominant mexanizmlar — askorbat vositasidagi H_2O_2-skavenging va FRAP-modifikatsiyasidagi polifenollar vositasidagi elektron uzatilishi bilan izohlanadi. Rezavor va sabzavot ekstraktlarining AOF ko‘rsatkichi metodga bog‘liq ekani aniqlandi. To‘g‘ri tavsiflash uchun kombinatsiyalangan sxema — H_2O_2 + FRAP-modifikatsiyasi +

ISSN 3030-3907

DPPH — tavsiya etiladi. Qora smorodina, chakanda va kalinaning suvli ekstraktlari, shuningdek brokkoli va binafsha karam keyingi chuqurlashtirilgan fitokimyoviy tahlil uchun istiqbolli obyektlar sifatida ajratib ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: antioksidant faollik; rezavor mevalar; karam; suvli ekstraktlar; spektrofotometriya; H_2O_2; FRAP-modifikatsiyasi; metodga bog‘liqlik; tabiiy antioksidantlar.

Abstract. To perform a comparative spectrophotometric evaluation of the antioxidant activity (AOA) of aqueous and 70% ethanolic extracts of berry and vegetable raw materials and to assess the influence of solvent polarity and assay mechanism on the analytical response. Test objects included berries of black currant (Ribes nigrum L.), sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.), viburnum (Viburnum opulus L.) and bilberry (Vaccinium myrtillus L.), and five cabbage types (white cabbage — Brassica oleracea var. capitata; cauliflower — var. botrytis; broccoli — var. italica; Korean cabbage — B. rapa subsp. pekinensis; purple cabbage — B. oleracea var. capitata f. rubra). Extracts were prepared by a unified method (10.0 g / 100 mL, 1:10 w/v, 1–2 mm particle size, 2 h reflux). AOA was determined by H_2O_2 scavenging (230 nm) and a FRAP-modified reducing power assay (700 nm); OH-FRSA and NO-FRSA were applied as supplementary tests. Results are expressed as mean ± SD, n = 5; one-way ANOVA was used for statistical analysis. Among berry samples, aqueous extracts of black currant, sea buckthorn and viburnum showed the highest AOA, consistent with their high content of ascorbic acid, anthocyanins and phenolic compounds. Comparison of cabbage types revealed pronounced assay dependence: in the H_2O_2 assay, white cabbage ranked first (68.7 ± 1.0%), whereas in the FRAP-modified reducing power assay broccoli (44.2 ± 0.7%), purple cabbage (34.0 ± 0.8%) and Korean cabbage (29.4 ± 0.7%) ranked higher. The divergence reflects different dominant mechanisms: ascorbate-mediated H_2O_2 scavenging and polyphenol-mediated electron transfer. AOA of berry and vegetable extracts is an assay-dependent parameter. A combined scheme (H_2O_2 + FRAP-modified assay + DPPH) is recommended for reliable characterization. Aqueous extracts of black currant, sea buckthorn and viburnum, as well as broccoli and purple cabbage, are identified as priority objects for further phytochemical and nutritional analysis.

Keywords: antioxidant activity; berries; cabbage; aqueous extracts; spectrophotometry; H_2O_2; FRAP-modified assay; assay dependence; natural antioxidants.

1. ВВЕДЕНИЕ.

Ягоды и овощи являются важнейшими пищевыми источниками биологически активных соединений, включая фенольные кислоты, флавоноиды, антоцианы, аскорбиновую кислоту, каротиноиды и

ISSN 3030-3907

глюкозинолаты [1, 2]. Систематическое потребление этих продуктов ассоциировано со снижением риска сердечно-сосудистых заболеваний, диабета 2-го типа, нейродегенеративных расстройств и ряда онкологических патологий — эффекты, в значительной мере объясняемые антиоксидантным и противовоспалительным действием фитохимических компонентов [3, 4].

Для аналитической и прикладной химии задача состоит не только в установлении факта антиоксидантной активности (АОА), но и в корректном выборе метода её определения. В литературе широко применяются DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC, ORAC и H_2O_2-скавенджинг [5–7]; каждый метод регистрирует *отдельный* химический аспект антиоксидантного поведения. Поэтому результаты разных тестов для одного образца могут существенно различаться, и это различие является информативным, а не ошибочным [6, 7].

Принципиально значим выбор растворителя. Вода преимущественно извлекает гидрофильные компоненты — аскорбиновую кислоту, водорастворимые антоцианы и часть фенольных соединений. 70% этанол расширяет спектр извлекаемых соединений за счёт веществ средней полярности: агликонов флавоноидов, фенольных кислот, некоторых гликозидов. Сравнение водных и этанольных экстрактов, таким образом, несёт самостоятельную аналитическую ценность [8].

Растительное сырьё Узбекистана — ягоды и капустные овощи — отличается доступностью, пищевой значимостью и разнообразием биохимического состава. Тем не менее систематических спектрофотометрических исследований АОА местных сортов с применением нескольких параллельных методов в литературе практически нет. Данная работа восполняет этот пробел.

Цель исследования — провести сравнительную спектрофотометрическую оценку АОА водных и 70%-этанольных экстрактов ягод смородины, облепихи, калины и черники, а также пяти видов капусты с применением H_2O_2-скавенджинга и FRAP-модификации, определить влияние растворителя и механизма метода на аналитический ответ и выявить наиболее перспективные объекты для дальнейшего фитохимического анализа.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

2.1. Объекты исследования

В исследование включены четыре вида ягодного сырья и пять видов капусты (таблица 1). Все образцы приобретались на рынках г. Ташкент в период плодоношения/урожая, сортировались вручную (удаление

ISSN 3030-3907

повреждённых плодов и посторонних примесей), промывались дистиллированной водой, высушивались при 40 °C до постоянной массы и хранились в тёмном месте при 4–8 °C до анализа. Латинские названия видов: смородина — Ribes nigrum L.; облепиха — Hippophae rhamnoides L.; калина — Viburnum opulus L.; черника — Vaccinium myrtillus L.; белокочанная капуста — Brassica oleracea var. capitata; цветная капуста — var. botrytis; брокколи — var. italica; корейская капуста — Brassica rapa subsp. pekinensis; фиолетовая капуста — Brassica oleracea var. capitata f. rubra.

Таблица 1.

Объекты исследования, семейство и основные антиоксидантные компоненты

Объект	**Семейство/вид**	**Доминирующие антиоксидантные компоненты**	**Литература**
Смородина чёрная (Ribes nigrum L.)	*Grossulariaceae*	Антоцианы (цианидин-3-рутинозид, дельфинидин-3-рутинозид), аскорбиновая кислота, кверцетин, хлорогеновая кислота	[9, 10]
Облепиха (*Hippophae Rhamnoides L.*)	*Elaeagnaceae*	Аскорбиновая кислота, рутин, изорамнетин, каротиноиды (β-каротин, ликопин), токоферолы	[11]
Калина (*Viburnum Opulus L.*)	*Adoxaceae*	Хлорогеновые кислоты, процианидины, антоцианы, аскорбиновая кислота	[9]
Черника (*Vaccinium Myrtillus L.*)	*Ericaceae*	Антоцианы (цианидин, дельфинидин, мальвидин-гликозиды), птеростильбен, хлорогеновая кислота	[9, 10]
Белокочанная капуста (*B. Oleracea Var. Capitata*)	*Brassicaceae*	Аскорбиновая кислота, глюкозинолаты, синапиновая кислота	[12]

ISSN 3030-3907

Цветная капуста (*Var. Botrytis*)	*Brassicaceae*	Аскорбиновая кислота, глюкозинолаты, каемпферол-гликозиды	[12]
Брокколи (*Var. Italica*)	*Brassicaceae*	Фенольные кислоты (кофейная, феруловая), кверцетин, каемпферол, сульфорафан, аскорбиновая кислота	[12, 13]
Корейская капуста (*B. Rapa Subsp. Pekinensis*)	*Brassicaceae*	Аскорбиновая кислота, индол-3-карбинол, гидроксикоричные кислоты	[12]
Фиолетовая капуста (*Var. Capitata F. Rubra*)	*Brassicaceae*	Антоцианы (цианидин-3-дигликозиды), аскорбиновая кислота, синапиновая кислота	[12, 14]

2.2. Приготовление экстрактов

Экстракты готовили по унифицированному протоколу. Навеска воздушно-сухого сырья — 10,0 г; объём растворителя (дистиллированная вода или 70%-ный этиловый спирт) — 100 мл; соотношение сырьё : экстрагент = 1 : 10 (м/об). Степень измельчения сырья — 1–2 мм. Экстракцию проводили при температуре кипения соответствующего растворителя в течение 2 ч с обратным холодильником. После охлаждения экстракты фильтровали через складчатый бумажный фильтр (диаметр пор ≈ 10 мкм); при наличии взвеси проводили повторную фильтрацию через мембранный фильтр (0,45 мкм). Фильтраты хранили при 4–8 °C в тёмной посуде и использовали в течение 48 ч. Рабочая концентрация во всех аналитических процедурах — 0,1% (м/об) по исходному сырью.

2.3. Методы определения АОА

H_2O_2-скавенджинг. К 3,4 мл исследуемого раствора (фосфатный буфер, 0,1 М, pH 7,4) добавляли 0,6 мл раствора H_2O_2 (40 мМ). Через 10 мин регистрировали оптическую плотность при 230 нм относительно холостой пробы (без H_2O_2). Метод выполняли по протоколу Ruch et al. [15].

FRAP-модификация. Восстановительную активность определяли в модифицированном варианте теста восстановительной способности с регистрацией оптической плотности при 700 нм. В тексте далее этот подход обозначен как FRAP-модификация, поскольку он отражает электрон-трансферный восстановительный потенциал образцов, но отличается от классического TPTZ-FRAP по длине волны регистрации (адаптировано из

ISSN 3030-3907

Benzie & Strain [16]). К 3,0 мл рабочего реагента добавляли 0,1 мл исследуемого экстракта; смесь инкубировали 10 мин при 37 °C, после чего измеряли оптическую плотность при 700 нм относительно контрольной системы.

OH-FRSA и NO-FRSA применяли как дополнительные методы для оценки способности экстрактов взаимодействовать с гидроксильными радикалами (система Фентона, $FeSO_4/H_2O_2$, салицилат натрия, 562 нм) и радикалами оксида азота (нитропруссид натрия, реагент Грисса, 517 нм) [17, 18].

2.4. Расчёт АОА и статистика

АОА рассчитывали по формуле: АОА, % = $[(D_1 - D_2) / D_1] \times 100$, где D_1 — оптическая плотность контрольного раствора, D_2 — оптическая плотность системы с добавлением образца.

Все определения выполнялись в пяти параллельных повторностях (n = 5). Результаты представлены как M ± SD. Статистическую значимость различий оценивали однофакторным ANOVA с последующим тестом Тьюки; $p < 0,05$ считали статистически значимым. Обработку проводили в Microsoft Excel 2019 и STATISTICA 12.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ.

3.1. АОА ягодных экстрактов

Среди ягодных объектов наиболее высокую АОА по H_2O_2-тесту показали водные экстракты смородины, облепихи и калины (таблица 2). Этот результат согласуется с литературными данными о высоком содержании в указанных ягодах гидрофильных антиоксидантов: аскорбиновой кислоты, антоцианов и фенольных кислот [9–11]. Особо значим именно высокий ответ водных (а не этанольных) экстрактов — это подтверждает доминирующий вклад водорастворимых компонентов в АОА данных объектов и повышает их практическую ценность для пищевых и нутрицевтических применений без использования органических растворителей.

Таблица 2.

Сравнительная АОА ягодных экстрактов по H_2O_2-тесту (M ± SD, n = 5)

Объект	Водный экстракт, %	Этанольный экстракт, %	Вероятные ключевые компоненты	p вод. vs этан.
Смородина чёрная	72,4 ± 1,1	66,8 ± 1,0	Аскорбиновая кислота, антоцианы, кверцетин [9, 10]	< 0,05

ISSN 3030-3907

Облепиха	70,1 ± 0,9	63,5 ± 1,2	Аскорбиновая кислота, рутин, изорамнетин [11]	< 0,05
Калина	67,3 ± 1,3	54,6 ± 1,0	Хлорогеновые кислоты, процианидины, антоцианы [9]	< 0,05
Черника	56,2 ± 0,8	69,4 ± 1,1	Антоцианы, хлорогеновая кислота [10]	< 0,05

Среди ягодных объектов максимальная антиоксидантная активность в H_2O_2-тесте установлена для водного экстракта чёрной смородины — 72,4 ± 1,1%, что, вероятно, связано с высоким содержанием аскорбиновой кислоты, антоцианов и флавоноидов. Близкие значения показал водный экстракт облепихи — 70,1 ± 0,9%, что согласуется с наличием аскорбиновой кислоты, рутина и изорамнетина. Водный экстракт калины также проявил высокую активность — 67,3 ± 1,3%, тогда как её этанольный экстракт был ниже — 54,6 ± 1,0%. Для черники наблюдалась обратная закономерность: этанольный экстракт обладал более высокой активностью — 69,4 ± 1,1%, чем водный — 56,2 ± 0,8%, что может быть связано с лучшим извлечением антоцианов и фенольных кислот в 70%-ном этаноле.

Черника показала более высокую активность в этанольном экстракте, что объясняется лучшим извлечением антоцианов и фенольных кислот в среде 70% этанола. Это согласуется с данными Moyer et al. [9]: плоды рода *Vaccinium* характеризуются высоким уровнем антоцианов (в Ribes — более 200 мг/100 г), которые при экстракции водой могут извлекаться неполностью из-за их частичной связи с клеточными матриксными компонентами.

3.2. АОА видов капусты по H_2O_2-методу

При анализе пяти видов капусты методом H_2O_2 все объекты показали значения выше 50%, а белокочанная капуста лидировала с показателем 68,7 ± 1,0% (таблица 3). Это объясняется высоким содержанием аскорбиновой кислоты в белокочанной капусте: аскорбат является высокоэффективным H_2O_2-скавенджером в водных фосфатно-буферных условиях. Согласно Podsędek [12], содержание аскорбиновой кислоты в белокочанной капусте составляет 36–50 мг/100 г сырой массы, что обеспечивает значительный аналитический ответ именно в данном тесте.

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

АОА видов капусты по H_2O_2-тесту (M ± SD, n = 5)

Вид капусты	АОА, %	Ранг	Вероятный ключевой компонент
Белокочанная (*B. Oleracea Var. Capitata*)	68,7 ± 1,0	1	Аскорбиновая кислота
Брокколи (*Var. Italica*)	64,3 ± 0,9	2	Аскорбиновая кислота, фенольные кислоты
Фиолетовая (*Var. Capitata F. Rubra*)	61,8 ± 1,1	3	Антоцианы, аскорбиновая кислота
Корейская (*B. Rapa Subsp. Pekinensis*)	57,4 ± 0,8	4	Аскорбиновая кислота, гидроксикоричные кислоты
Цветная (*Var. Botrytis*)	53,6 ± 0,9	5	Аскорбиновая кислота, глюкозинолаты

По данным H_2O_2-теста все исследованные виды капусты проявили выраженную антиоксидантную активность выше 50%. Максимальное значение установлено для белокочанной капусты — 68,7 ± 1,0%, что, вероятно, связано с высоким вкладом аскорбиновой кислоты в нейтрализацию перекиси водорода. Брокколи и фиолетовая капуста также показали высокие значения АОА, что может быть обусловлено сочетанным действием аскорбиновой кислоты, фенольных кислот, флавоноидов и антоцианов. Более низкие, но статистически значимые показатели корейской и цветной капусты подтверждают наличие антиоксидантного потенциала у всех представителей исследованной группы.

3.3. АОА видов капусты по FRAP-модификации

FRAP-модификация дала принципиально иную картину распределения активности (таблица 4). Лидером стала брокколи (44,2 ± 0,7%), далее — фиолетовая (34,0 ± 0,8%), корейская (29,4 ± 0,7%) и цветная (18,6 ± 0,6%) капуста. Белокочанная капуста, демонстрировавшая максимальный ответ по H_2O_2, заняла последнее место по FRAP-модификации (8,61 ± 0,4%). Различия между образцами статистически значимы (ANOVA, $p < 0,001$).

ISSN 3030-3907

Таблица 4.

АОА видов капусты по FRAP-модификации (M ± SD, n = 5)

Вид капусты	D_1 (контроль)	D_2 (образец)	АОА, %	Ранг	p
Брокколи (*Var. Italica*)	1,461 ± 0,012	0,815 ± 0,009	44,2 ± 0,7	1	< 0,001
Фиолетовая (*Var. Capitata F. Rubra*)	1,461 ± 0,012	0,964 ± 0,011	34,0 ± 0,8	2	< 0,001
Корейская (*B. Rapa Subsp. Pekinensis*)	1,461 ± 0,012	1,032 ± 0,010	29,4 ± 0,7	3	< 0,001
Цветная (*Var. Botrytis*)	1,461 ± 0,012	1,189 ± 0,010	18,6 ± 0,6	4	< 0,01
Белокочанная (*Var. Capitata*)	1,461 ± 0,012	1,335 ± 0,008	8,61 ± 0,4	5	< 0,05

Показатель FRAP-модификации у брокколи был наиболее высоким, что связано с богатым фенольным составом: согласно Podsędek [12], содержание суммарных фенолов в брокколи достигает 34,5–337 мг ГКЭ/100 г. Фенольные кислоты (кофейная, феруловая) и флавоноиды (кверцетин, каемпферол) легко отдают электроны в условиях FRAP-модификации (pH 3,6, ET-механизм). Высокое значение для фиолетовой капусты согласуется с данными Gao et al. [14]: антоцианы на основе цианидина являются активными восстановителями в ET-тестах. Напротив, низкий показатель FRAP-модификации у белокочанной капусты указывает на то, что аскорбат — её доминирующий антиоксидант — менее эффективен в условиях данной восстановительной системы по сравнению с катехольными полифенолами, поскольку его редокс-ответ в кислой среде ниже.

3.4. Сопоставление методов H_2O_2 и FRAP-модификации

Таблица 5.

Сравнение H_2O_2- и FRAP-модифицированных ответов для видов капусты

Вид капусты	H_2O_2, %	FRAP-модификация, %	Соотношение H_2O_2:FRAP-мод.	Интерпретация
Белокочанная	68,7	8,61	7,98	Аскорбат-доминируемый H_2O_2-скавенджинг;

ISSN 3030-3907

				слабый ответ в ET-системе FRAP-модификации
Брокколи	64,3	44,2	1,45	Наиболее сбалансированный профиль: аскорбиновая кислота + фенольные кислоты активны в обоих тестах
Фиолетовая	61,8	34,0	1,82	Антоцианы и фенольные соединения хорошо проявляются в FRAP-модификации; H_2O_2-ответ также высокий
Корейская	57,4	29,4	1,95	Смешанный профиль; заметный вклад аскорбиновой кислоты и гидроксикоричных кислот
Цветная	53,6	18,6	2,88	Умеренный антиоксидантный профиль; вероятный вклад аскорбиновой кислоты, глюкозинолатов и флавонол-гликозидов

Сравнение H_2O_2- и FRAP-модифицированных ответов показало выраженную методзависимость антиоксидантной активности видов

ISSN 3030-3907

капусты. Максимальное соотношение H_2O_2:FRAP-мод. установлено для белокочанной капусты — 7,98, что указывает на преобладание аскорбат-опосредованного скавенджинга перекиси водорода при относительно слабом ответе в системе электронного переноса. Напротив, брокколи характеризовалась наиболее сбалансированным профилем с соотношением 1,45, что отражает совместный вклад аскорбиновой кислоты, фенольных кислот и флавоноидов. Фиолетовая и корейская капуста занимали промежуточное положение, тогда как цветная капуста демонстрировала умеренный антиоксидантный профиль.

3.5. Графическая визуализация результатов

Для наглядного сопоставления результатов построены графики, отражающие влияние растворителя на АОА ягодных экстрактов, распределение активности видов капусты по H_2O_2- и FRAP-модификации, а также соотношение между двумя методами.

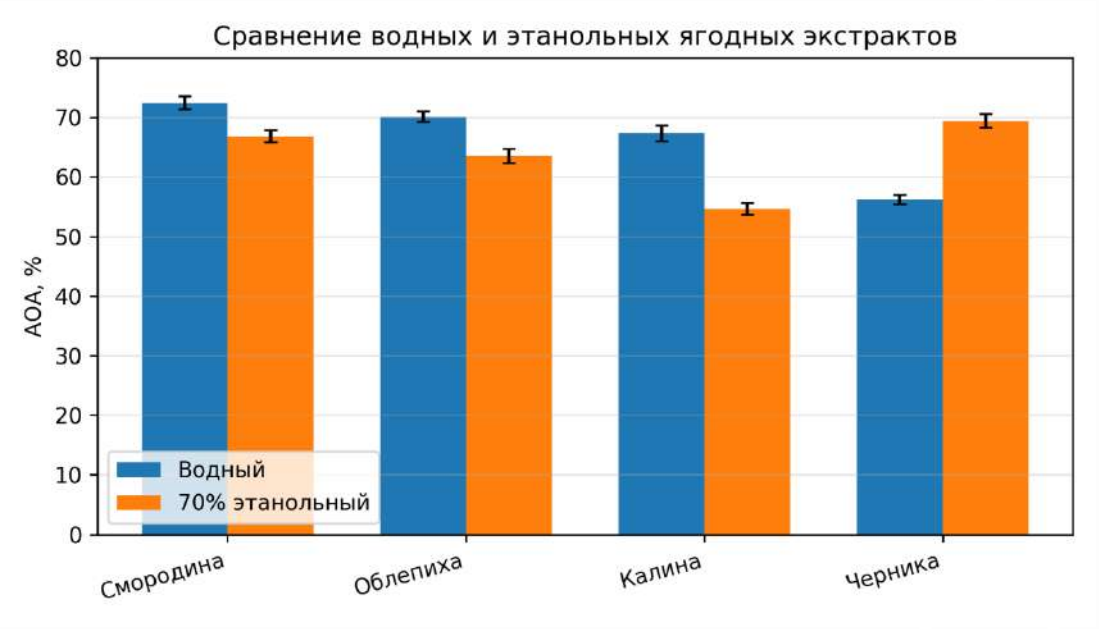


Рисунок 1. Сравнение АОА водных и 70%-этанольных экстрактов ягод по H_2O_2-тесту.

ISSN 3030-3907

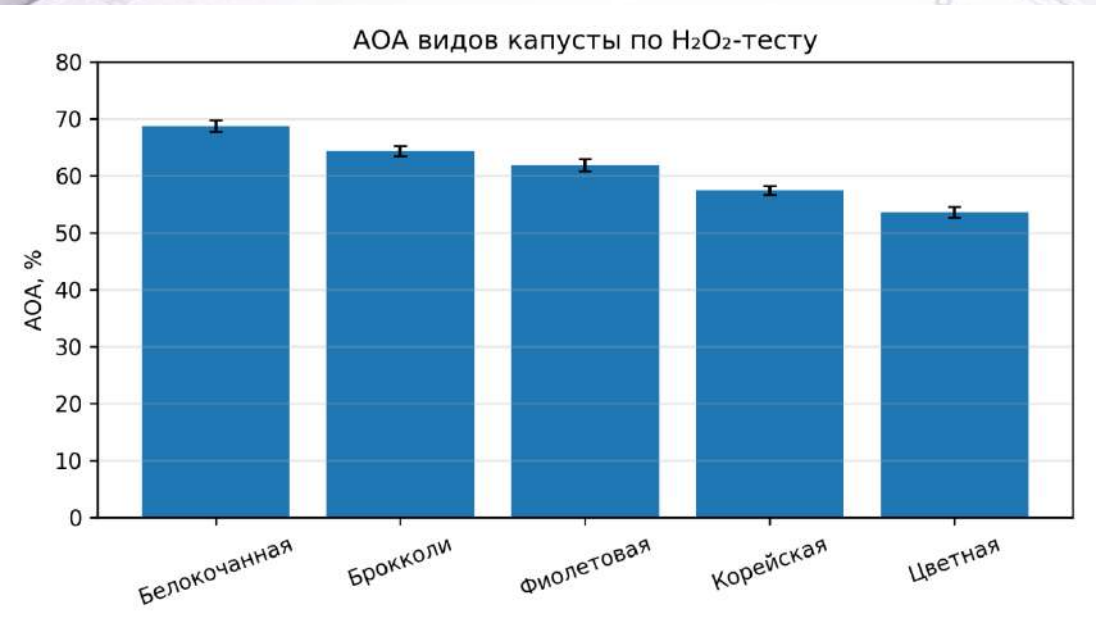


Рисунок 2. Антиоксидантная активность видов капусты по H_2O_2-тесту.

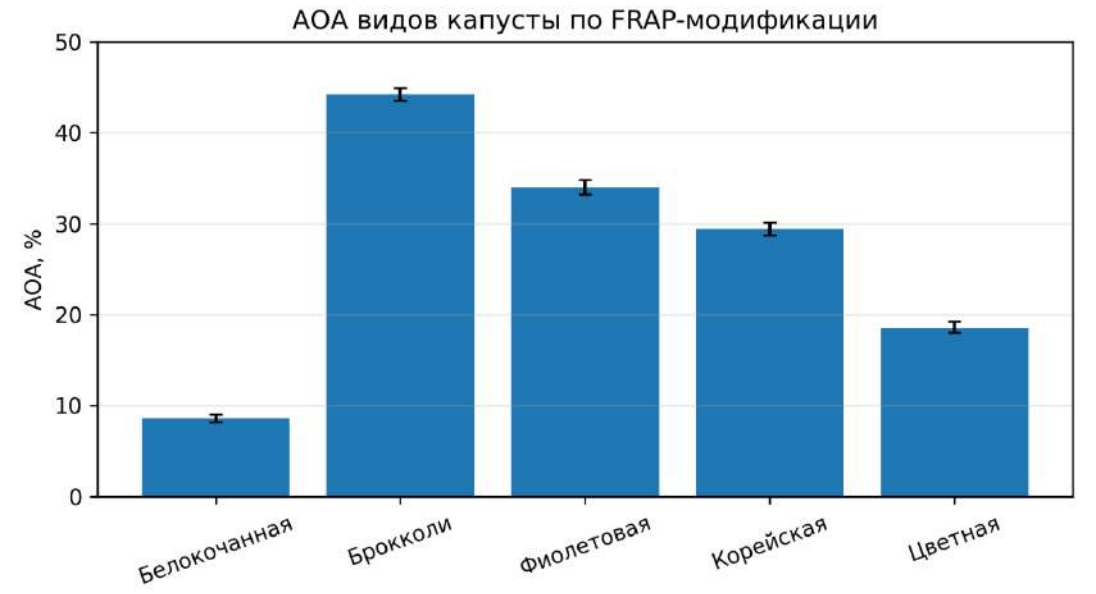


Рисунок 3. Антиоксидантная активность видов капусты по FRAP-модификации.

ISSN 3030-3907

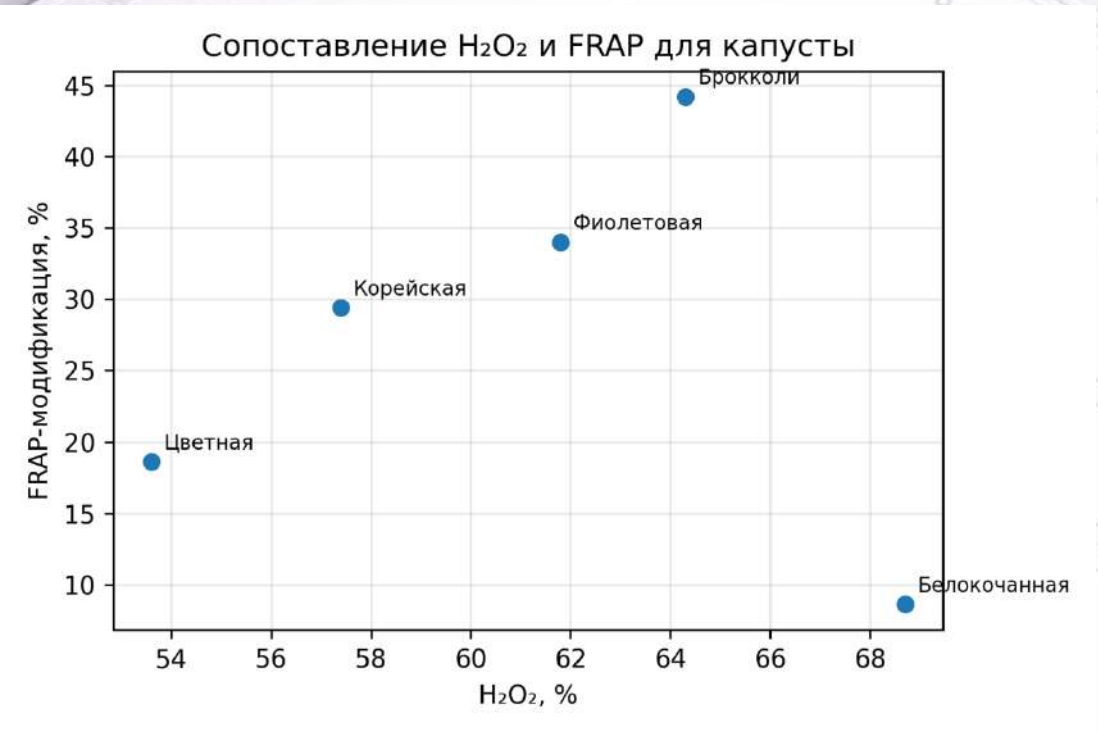


Рисунок 4. Сопоставление H_2O_2- и FRAP-ответов для видов капусты.

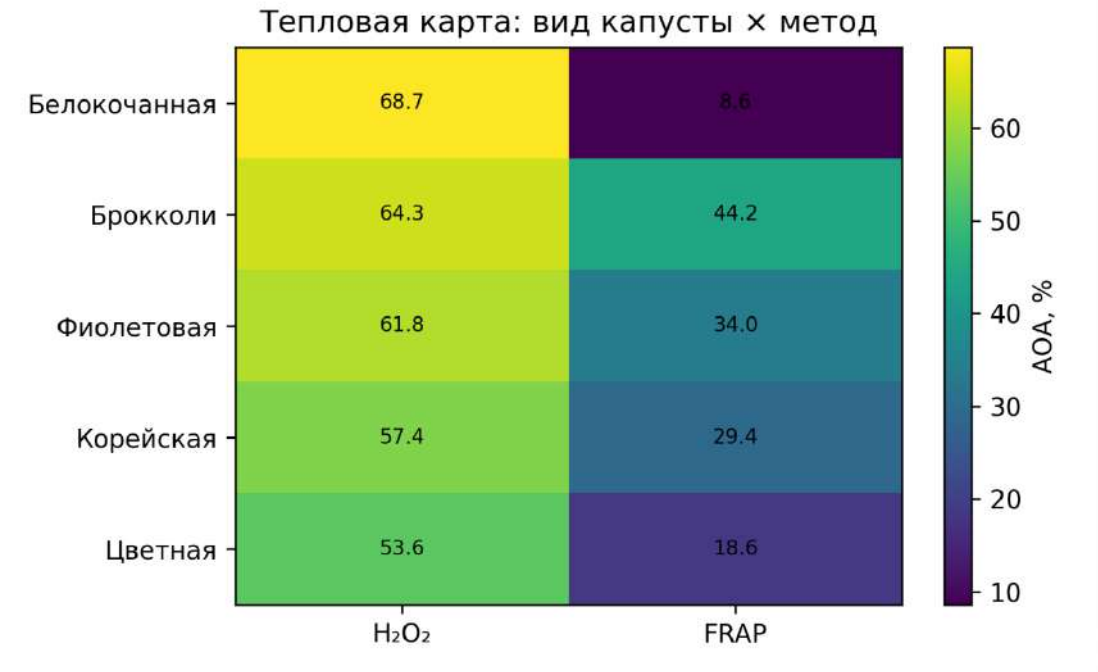


Рисунок 5. Тепловая карта «вид капусты × метод».

4. ОБСУЖДЕНИЕ.

Ключевой вывод из полученных данных состоит в следующем: антиоксидантная активность ягодных и овощных экстрактов является принципиально методзависимым показателем. Расхождение между H_2O_2-тестом и FRAP-модификацией для видов капусты — частный случай универсального феномена, описанного Huang et al. [5] и Thaipong et al. [6]: методы, основанные на электронном переносе (FRAP, CUPRAC), и методы,

ISSN 3030-3907

моделирующие взаимодействие с конкретными окислителями (H_2O_2, OH-FRSA), отражают разные фрагменты антиоксидантного потенциала образца.

Высокий H_2O_2-результат белокочанной капусты (68,7%) при низком ответе во FRAP-модификации (8,61%) объясняется разницей в редокс-химии доминирующего антиоксиданта. Аскорбиновая кислота обладает высокой реакционной способностью по отношению к H_2O_2 в нейтральной среде (pH 7,4), однако в кислой электрон-трансферной системе её аналитический ответ может уступать полифенолам с ортодиоловыми группами — кофейной кислоте, эпикатехину, цианидин-гликозидам. Это согласуется с наблюдениями Isabelle et al. [13] и данными по составу Brassica у Podsędek [12].

Высокая активность водных экстрактов смородины, облепихи и калины по H_2O_2-тесту подтверждает их потенциал как источников гидрофильных антиоксидантов для пищевых технологий. Для смородины это согласуется с работой Moyer et al. [9]: *Ribes nigrum* характеризуется одним из наиболее высоких значений FRAP и ORAC среди изученных ягод родов *Vaccinium, Rubus* и *Ribes*. Облепиха содержит уникальный комплекс гидрофильных (аскорбиновая кислота до 200–400 мг/100 г, рутин, изорамнетин) и липофильных (β-каротин, токоферолы) антиоксидантов [11], причём высокий ответ именно водного экстракта указывает на доминирующий вклад гидрофильной фракции в условиях данного исследования.

Черника показала нестандартную картину — более высокую активность этанольного экстракта, что согласуется с биохимией рода *Vaccinium*: антоцианы (мальвидин-, дельфинидин-, цианидин-гликозиды) лучше экстрагируются в среде этанола, и именно они определяют высокий антирадикальный потенциал черники [9, 10].

Брокколи сформировала наиболее сбалансированный профиль: высокие значения в обоих тестах. Это объясняется тем, что в брокколи сочетаются как аскорбат (эффективный в H_2O_2-тесте), так и фенольные соединения — кофейная и феруловая кислоты, флавоноиды с катехольными группами (эффективные в FRAP) [12, 13]. Аналогичный паттерн обнаружен Isabelle et al. [13] для сингапурских сортов брокколи. Фиолетовая капуста занимает промежуточное положение: антоцианы цианидинового ряда обладают как ET-, так и HAT-активностью, что обусловливает сопоставимые ответы по обоим методам [14].

С практической точки зрения рекомендуется следующая стратегия анализа природных экстрактов: (1) H_2O_2-тест — первичный скрининг, оценка гидрофильных восстановителей; (2) FRAP-модификация —

ISSN 3030-3907

подтверждение редокс-потенциала, оценка фенольного комплекса; (3) DPPH/ABTS — международно сопоставимый радикал-связывающий тест; (4) TPC по Folin–Ciocalteu [19] и TFC по $AlCl_3$-методу [20] — химическое обоснование наблюдаемых различий. Только совокупность этих данных позволяет строго утверждать о механизме антиоксидантного действия.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Проведена сравнительная спектрофотометрическая оценка АОА водных и 70%-этанольных экстрактов четырёх видов ягод и пяти видов капусты с применением H_2O_2-скавенджинга и FRAP-модификации.

2. Среди ягодных объектов наибольшая АОА в H_2O_2-тесте установлена для водных экстрактов смородины, облепихи и калины, что обусловлено высоким содержанием гидрофильных антиоксидантов — аскорбиновой кислоты, антоцианов и фенольных кислот.

3. Сравнение видов капусты показало выраженную методзависимость: белокочанная капуста лидирует по H_2O_2-тесту (68,7 ± 1,0%), тогда как по FRAP-модификации наибольшие значения получены для брокколи (44,2 ± 0,7%), фиолетовой (34,0 ± 0,8%) и корейской (29,4 ± 0,7%) капусты.

4. Расхождение между методами объясняется различием доминирующих антиоксидантных компонентов: аскорбат-опосредованный H_2O_2-скавенджинг и полифенол/антоциан-опосредованный перенос электрона в FRAP-модификации. Это подтверждает, что низкий показатель FRAP-модификации не означает низкой общей АОА образца.

5. Брокколи характеризуется наиболее сбалансированным антиоксидантным профилем — высокими значениями в обоих тестах, что делает её приоритетным объектом для дальнейшего фитохимического анализа.

6. Для достоверной характеристики АОА природных экстрактов рекомендуется комбинированная схема: H_2O_2 + FRAP-модификация + DPPH с определением TPC и TFC. Только многометодовый подход позволяет корректно интерпретировать профиль активности и избежать ошибочных выводов о «лучшем» или «худшем» антиоксиданте.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА.

Впервые проведено систематическое сопоставление H_2O_2- и FRAP-модифицированных профилей для пяти видов капусты в единых условиях экстракции и дана механистическая интерпретация расхождения результатов. Показано, что соотношение H_2O_2:FRAP-мод. является диагностическим параметром: значение > 5 (как у белокочанной капусты) указывает на аскорбат-доминируемый профиль; значение 1–2 (как у

ISSN 3030-3907

брокколи и фиолетовой капусты) — на более сбалансированный полифенольно-аскорбатный профиль.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine. — 5th ed. — Oxford : Oxford University Press, 2015. — 944 p. doi: 10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001

2. Nile S.H., Park S.W. Edible berries: bioactive components and their effect on human health // Nutrition. — 2014. — Vol. 30, No. 2. — P. 134–144. doi: 10.1016/j.nut.2013.04.007

3. Pisoschi A.M., Pop A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: a review // European Journal of Medicinal Chemistry. — 2015. — Vol. 97. — P. 55–74. doi: 10.1016/j.ejmech.2015.04.040

4. Shahidi F., Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects — a review // Journal of Functional Foods. — 2015. — Vol. 18. — P. 820–897. doi: 10.1016/j.jff.2015.06.018

5. Huang D., Ou B., Prior R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2005. — Vol. 53, No. 6. — P. 1841–1856. doi: 10.1021/jf030723c

6. Thaipong K., Boonprakob U., Crosby K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts // Journal of Food Composition and Analysis. — 2006. — Vol. 19, No. 6–7. — P. 669–675. doi: 10.1016/j.jfca.2006.01.003

7. Prior R.L., Wu X., Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2005. — Vol. 53, No. 10. — P. 4290–4302. doi: 10.1021/jf0502698

8. Naczk M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food // Journal of Chromatography A. — 2004. — Vol. 1054, No. 1–2. — P. 95–111. doi: 10.1016/j.chroma.2004.08.059

9. Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E. et al. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2002. — Vol. 50, No. 3. — P. 519–525. doi: 10.1021/jf011062r

10. Mikulic-Petkovsek M., Schmitzer V., Slatnar A. et al. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species // Journal

ISSN 3030-3907

of Food Science. — 2012. — Vol. 77, No. 10. — P. C1064–C1070. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02896.x
11. Zeb A. Important therapeutic uses of sea buckthorn (Hippophae): a review // Journal of Biological Sciences. — 2004. — Vol. 4, No. 5. — P. 687–693. doi: 10.3923/jbs.2004.687.693
12. Podsędek A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review // LWT — Food Science and Technology. — 2007. — Vol. 40, No. 1. — P. 1–11. doi: 10.1016/j.lwt.2005.07.023
13. Isabelle M., Lee B.L., Lim M.T. et al. Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore // Food Chemistry. — 2010. — Vol. 120, No. 4. — P. 993–1003. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.11.038
14. Gao Q., Li Y., Li Y. et al. Profile of anthocyanins in purple vegetables commonly consumed in China and their relationship with antioxidant abilities // Journal of Food Measurement and Characterization. — 2022. — Vol. 16. — P. 1659–1673. doi: 10.1007/s11694-021-01267-0
15. Ruch R.J., Cheng S.J., Klaunig J.E. Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea // Carcinogenesis. — 1989. — Vol. 10, No. 6. — P. 1003–1008. doi: 10.1093/carcin/10.6.1003
16. Benzie I.F.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay // Analytical Biochemistry. — 1996. — Vol. 239, No. 1. — P. 70–76. doi: 10.1006/abio.1996.0292
17. Smirnoff N., Cumbes Q.J. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes // Phytochemistry. — 1989. — Vol. 28, No. 4. — P. 1057–1060. doi: 10.1016/0031-9422(89)80182-7
18. Marcocci L., Maguire J.J., Droy-Lefaix M.T., Packer L. The nitric oxide-scavenging properties of Ginkgo biloba extract EGb 761 // Biochemical and Biophysical Research Communications. — 1994. — Vol. 201, No. 2. — P. 748–755. doi: 10.1006/bbrc.1994.1764
19. Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents // American Journal of Enology and Viticulture. — 1965. — Vol. 16, No. 3. — P. 144–158.
20. Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chern J.C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods // Journal of Food and Drug Analysis. — 2002. — Vol. 10, No. 3. — P. 178–182. doi: 10.38212/2224-6614.2748
21. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity // LWT — Food Science and Technology. — 1995. — Vol. 28, No. 1. — P. 25–30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5

ISSN 3030-3907

22. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids // Free Radical Biology and Medicine. — 1996. — Vol. 20, No. 7. — P. 933–956. doi: 10.1016/0891-5849(95)02227-9
23. Heim K.E., Tagliaferro A.R., Bobilya D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships // Journal of Nutritional Biochemistry. — 2002. — Vol. 13, No. 10. — P. 572–584. doi: 10.1016/S0955-2863(02)00208-5
24. Apak R., Güçlü K., Demirata B. et al. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay // Molecules. — 2007. — Vol. 12, No. 7. — P. 1496–1547. doi: 10.3390/12071496

УДК 553.632:551.7 (575.1)

МОНИТОРИНГ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Д.Р. Курбанов

Каршинский государственный технический университет

Аннотация. В статье приведены по результатам гидрогеологических исследований выполнявшихся на всех стадиях геологоразведочных работ, был выделен ряд крупных водоносных и водоупорных комплексов, а также единиц более мелкого порядка, которые имеют неравномерное распространение как в разрезе, так и по площади изучаемой территории

Ключевые слова: блоково - пластовых вод, четвертичный водоносный комплекс (Q), альбский водоносный горизонт (K_1al_2), альбский водоупорный горизонт (K_1al_1), аптский водоносный (слабоводоносный) горизонт (K_1klg), барремский-аптский водоупорный горизонт (K_1okz), готеривский водоносный (слабоводоносный) горизонт (K_1kzt), валанжинский водоносный горизонт (K_1alm-K_1krb_2), Титонский водоупорный комплекс (J3gd2), Кимериджский водоносный комплекс (J3gd1), Келловейский-оксфордский водоносный комплекс (J3gs).

Annotatsiya. Maqolada geologik qidiruv ishlarining barcha bosqichlarida amalga oshirilgan gidrogeologik tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, o‘rganilayotgan hududning ham kesimida, ham maydoni bo‘ylab notekis tarqalgan bir qator yirik suvli va suv o‘tkazmaydigan komplekslar, shuningdek, kichikroq tartibdagi birliklar aniqlangan.

Kalit so‘zlar: blok-qatlam suvlari, to‘rtlamchi suvli kompleks (*Q*), alb suvli gorizonti (K_1al_2), alb suvli gorizonti (K_1al_1), apt suvli (kuchsiz suvli) gorizonti (K_1k_lg), barrem-apt suvli gorizonti (K_1okz), goteriv suvli (kuchsiz suvli) gorizonti (K_1kzt), valanjin suvli gorizonti (K_1alm-K_1krb_2), titon suvli kompleksi (J_3gd_2), kimeridj suvli kompleksi (J_3gd_1), kellovey-oksford suvli kompleksi (J_3gs).

Abstract. This article presents The results of hydrogeological studies conducted at all stages of geological exploration revealed a number of large water-bearing and water-resistant complexes, as well as smaller-order units that are unevenly distributed both in the section and across the area of the studied territory.

Keywords: block-layer waters, Quaternary water-bearing complex (*Q*), Albyan water-bearing horizon (K_1al_2), Albyan water-resistant horizon (K_1al_1), Aptyan water-bearing (weak-water-resistant) horizon (K_1klg), Barrem-Aptyan water-resistant horizon (K_1okz), Gotherbian water-resistant (weak-water-resistant) horizon (K_1kzt), Valanja water-resistant horizon (K_1alm-K_1krb_2), Titonian water-

resistant complex (J_3gd_2), Kimmeridge water-resistant complex (J_3gd_1), Kellovey-Oxford water-resistant complex (J_3gs).

ВВЕДЕНИЕ.

По классификации ВСЕГИНГЕО (1988) территория Тюбегатанского месторождения относится к Западно-Гиссарской группе бассейнов блоково - пластовых вод [1…6]. По результатам гидрогеологических исследований выполнявшихся на всех стадиях геологоразведочных работ, был выделен ряд крупных водоносных и водоупорных комплексов, а также единиц более мелкого порядка, которые имеют неравномерное распространение как в разрезе, так и по площади изучаемой территории (рис. 1).

В гидрогеологическом отношении на площади Тюбегатанского месторождения выделяются сверху вниз (рис. 2):

- четвертичный водоносный комплекс (Q);
- нижнемеловой водоносный комплекс:
- альбский водоносный горизонт (K_1al_2);
- альбский водоупорный горизонт (K_1al_1);
- аптский водоносный (слабоводоносный) горизонт (K_1klg);
- барремский-аптский водоупорный горизонт (K_1okz);
- готеривский водоносный (слабоводоносный) горизонт (K_1kzt);
- валанжинский водоносный горизонт (K_1alm-K_1krb_2);
- Титонский водоупорный комплекс (J3gd2);
- Кимериджский водоносный комплекс (J3gd1);
-Келловейский-оксфордский водоносный комплекс (J3gs).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Четвертичный водоносный комплекс (Q) представлен аллювиальными, аллювиально-пролювиальными, делювиальными отложениями и развит на значительных площадях в районе месторождения.

ISSN 3030-3907

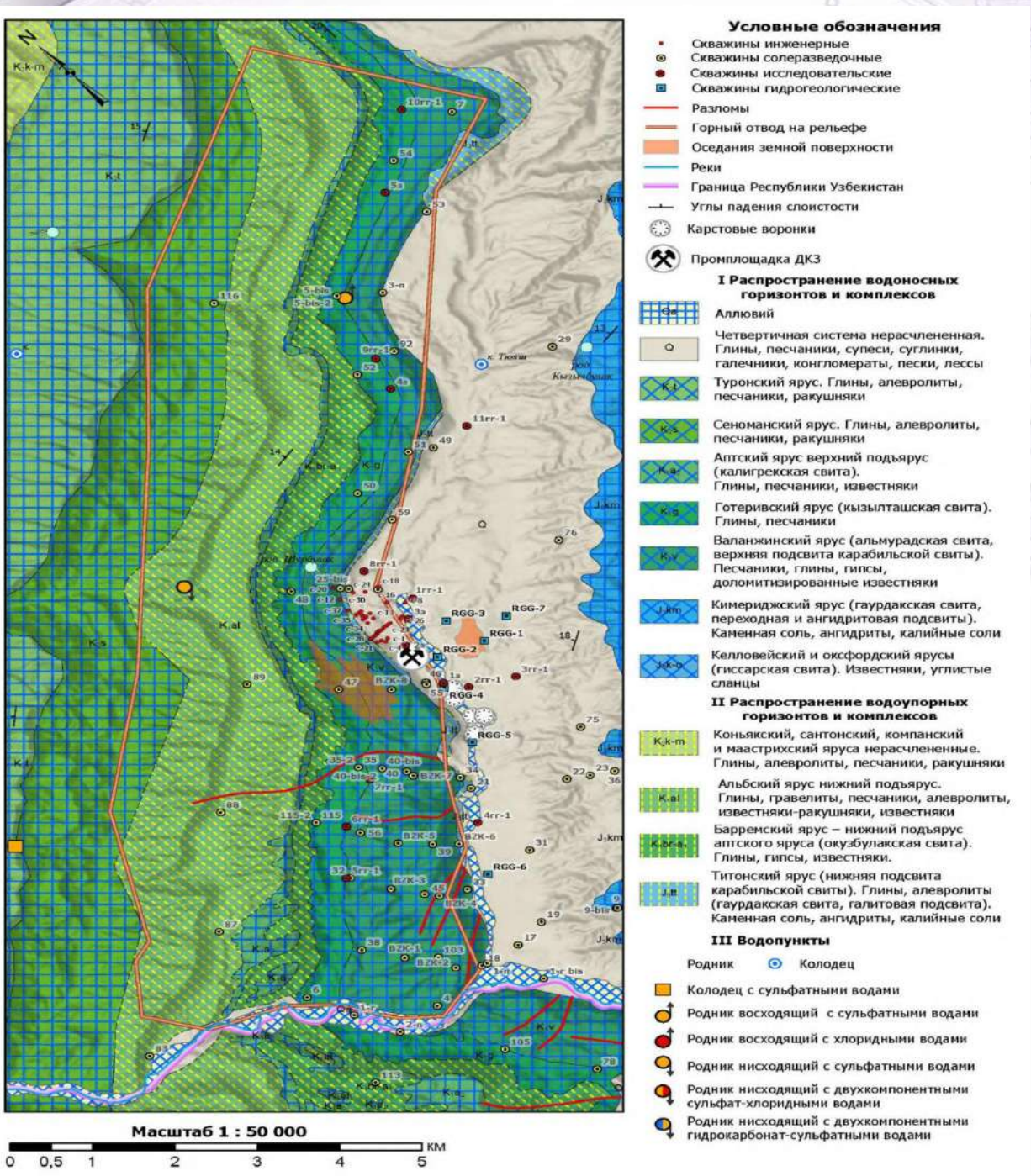


Рис. 1. Схематическая гидрогеологическая карта Тюбегатанского месторождения

ISSN 3030-3907

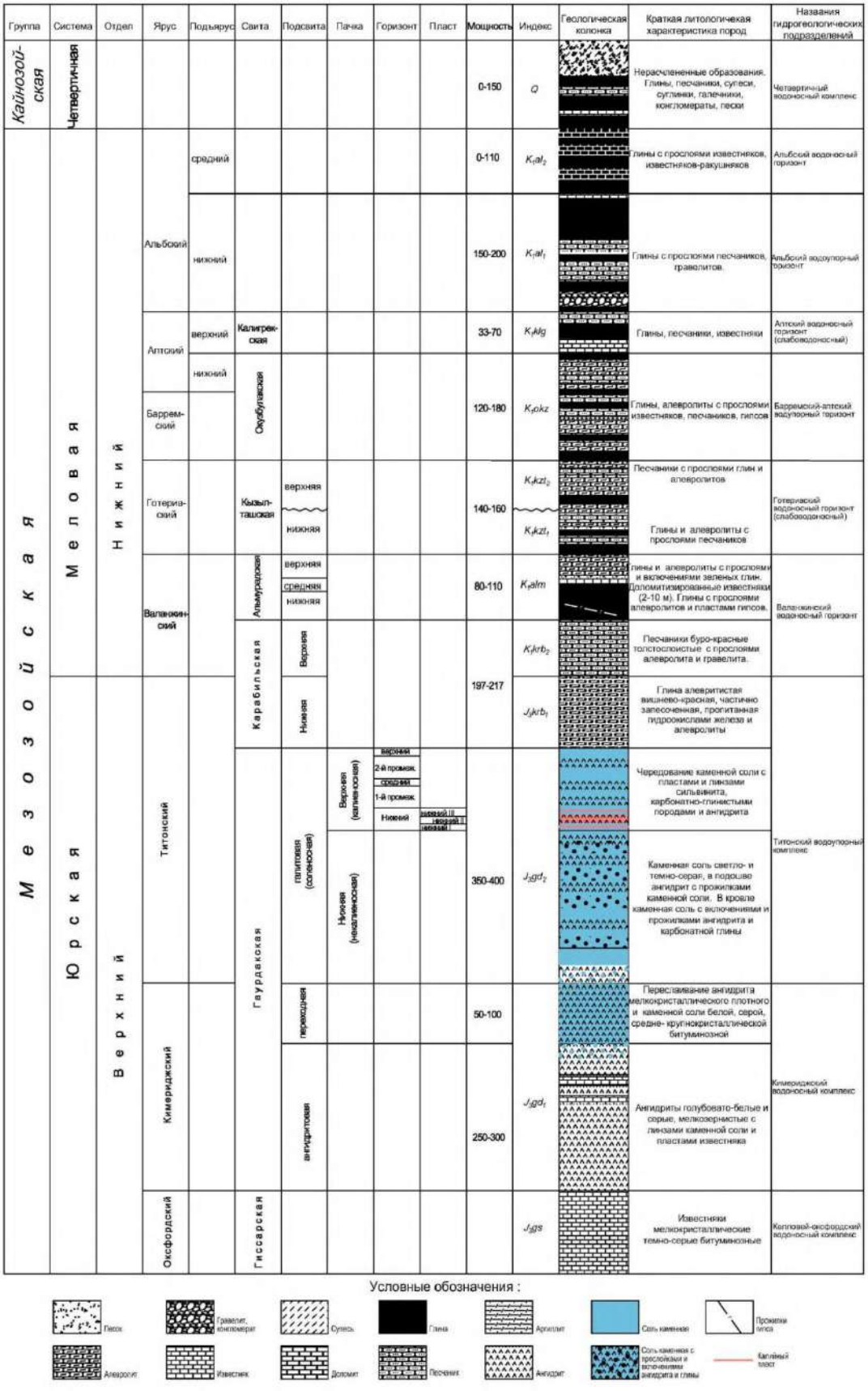


Рис. 2. Сводная геолого-гидрогеологическая колонка Тюбегатанского месторождения

ISSN 3030-3907

Водовмещающими породами являются пески и гравийно-галечные отложения в долине реки Шордарья (граница Узбекистан - Туркменистан), мощность которых достигает 25 м.

По данным опытно-фильтрационных работ в долине р. Шордарья дебит скважины № 1-Г составил 4,4 л/с при понижении уровня на 7,3 м (q= 0,6 л/с на м) [1…6]. Химический состав подземных вод комплекса - хлоридно-сульфатный натриевый, сульфатно-хлоридный кальциевый.

В пределах северной части Тюбегатанского месторождения четвертичные отложения распространены не повсеместно. Мощность отложений изменяется от 2 до 17 м при средней 7,0 м. Здесь четвертичные отложения на протяжении большей части года безводны, что подтверждается исследованиями выполненными в 2022-2023 г. [1…6]. В ходе бурения специальных скважин по проницаемым интервалам четвертичного разреза (песчано-галечные и гравийные отложения) водопритоки в стволах скважин отсутствовали, наоборот отмечалось интенсивное поглощение промывочной жидкости. Выполнить ОФР методами налива не удалось ввиду высокой поглощающей способности проницаемых интервалов [1…6], поэтому фильтрационные параметры для отложений комплекса не приведены.

Питание комплекса осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка вод происходит в нижележащие комплексы в направлении по падению пластов. Отмечено, что емкость проницаемых пород гораздо больше, чем суммарное количество осадков, выпадающих на данную территорию [1…6].

Результаты и обсуждение. Нижнемеловой водоносный комплекс. Водоносные горизонты комплекса приурочены к проницаемым пластам известняков (3% объема разреза) и песчаников (21% объема разреза), которые разделены мощными водоупорными пачками глинистых пород (до 76% объема разреза) [1…6]. Областями питания водоносных горизонтов являются выходы водоносных пород на поверхность. Водосборные площади невелики и, учитывая условия аридного климата, запасы подземных вод нижнемелового комплекса незначительны. Разгрузка вод происходит преимущественно в местную гидрографическую сеть представленную многочисленными глубокими саями и долиной р. Шордарья.

Альбский водоносный горизонт (K_1al_2). Водовмещающие отложения представлены тремя слоями органогенных известняков-ракушняков мощностью 6,0-7,8 м. Известняки плотные, крепкие, массивные. Выходов подземных вод на закартированных участках не отмечено. Глубина залегания горизонта в северной части месторождения

ISSN 3030-3907

составляет 3 -7 м. Опытно-фильтрационными работами не исследован, поэтому фильтрационные параметры не приводятся. Характеристика химического состава воды приведена по результатам опробования в колодце №5 расположенного за пределами участка.

Питание комплекса осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка вод происходит в нижележащие комплексы и в гидрографическую сеть за пределами исследуемого участка.

Альбский водоупорный горизонт (K_1al_1) представлен толщей глин с прослоями алевролитов и песчаников. Мощность водоупорной толщи альбского возраста на северной части месторождения изменяется от 0 до 158,25 м (скв. DDH-008-3).

Аптский водоносный (слабоводоносный) горизонт (калигрекская свита – K_1klg) приурочен к известнякам с прослоями глин и песчаников. По данным бурения на северной части месторождения мощность горизонта изменяется от 30 до 105 м. Проницаемые породы горизонта выходят на дневную поверхность узкой полосой шириной всего 30-90 м (площадь питания составляет – 0,48 км^2), тянущейся по всему участку с юго-запада на северо-восток.

Горизонт слабоводоносный, безнапорный, на отдельных участках воды обладают местным напором. Дебит скважин при ОФР составляет 0,2-0,3 л/с [1…6]. Характеристика химического состава вод приведена в разделе 6.

Питание комплекса осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка вод происходит в нижележащие комплексы и в гидрографическую сеть за пределами исследуемого участка.

Барремский-аптский водоупорный горизонт (окузбулакская свита – K_1okz) представлен переслаиванием пестроцветных и голубовато-зеленовато-серых алевритистых глин с прослойками гипсов и песчаников. Породы горизонта выходят на дневную поверхность полосой шириной 300-600 м чуть севернее линии разведочных скважин № 48–52–5-бис–DDH-007 (рис. 1) и далее погружаются в северо-западном направлении. Вскрытая скважинами мощность пород окузбулакской свиты на северной части месторождения изменяется от 35 до 147 м.

Готеривский водоносный горизонт (кызылташская свита – K_1kzt). Водовмещающими породами горизонта являются разнозернистые трещиноватые песчаники суммарной мощностью 60-100 м, ограниченные сверху и снизу в разрезе мощными толщами водоупорных глин. На дневную поверхность песчаники выходят на крыльях Тюбегатанской и Лялимканской антиклиналей, образуя на поверхности крутые склоны,

ISSN 3030-3907

сильно изрезанные сетью саев. Вследствие этого водоносный горизонт имеет очень небольшую область питания, а динамические запасы его подземных вод незначительны [1…6].

Водообильность песчаников незначительная, на площади месторождения зафиксировано два родника с дебитом 0,22 и 0,2 л/с, воды которых используются местным населением для водопоя скота. Фильтрационные параметры горизонта по результатам ОФР в архивных материалах не приводятся.

Питание осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка происходит в нижележащие горизонты в направлении падения пластов. С точки зрения влияния на обводненность соленосной толщи месторождения, водоносный горизонт песчаников кызылташской свиты практического значения не имеет [1…6].

Валанжинский водоносный горизонт (альмурадская свита и верхняя подсвита карабильской свиты – K_1alm-K_1krb_2) условно можно разделить на два яруса:

-верхний, приуроченный к доломитизированным известнякам альмурадской свиты;

-нижний, приуроченный к песчаникам верхней подсвиты карабильской свиты.

Водовмещающие породы *альмурадской свиты* представлены доломитизированными трещиноватыми известняками, выходящими на дневную поверхность и образующими в рельефе небольшие обрывы и бронированные склоны (рис.3). Мощность известняков незначительна и колеблется от 1,0 до 6,0 м. Водообильность и состав вод горизонта не изучены, однако в связи со значительной трещиноватостью пород, можно предполагать наличие в горизонте некоторых запасов подземных вод. Непосредственно на месторождении естественных выходов подземных вод из этих отложений не наблюдается.

Водовмещающие породы карабильской свиты представлены сильнотрещиноватыми красноцветными мелкозернистыми песчаниками с пластом гравелитов в кровле. Эти отложения обнажаются на северном крыле Тюбегатанской антиклинали (рис. 4). Средняя мощность карабильских песчаников в пределах северной части месторождения составляет 90-100 м изменяясь по данным бурения от 20,9 м (скв. 3-п) до 290 м (скв. DDH-006).

В процессе бурения геологоразведочных скважин на Тюбегатанском месторождении в карабильских песчаниках практически всегда наблюдалось интенсивное поглощение промывочной жидкости с полной

ISSN 3030-3907

потерей циркуляции [45]. В ряде случаев отмечались провалы бурового инструмента, вероятно, из-за наличия карстовых полостей [1…6].

Работами 2022-2023 гг. выполнить ОФР (наливы, откачки) в северной части месторождения не удалось ввиду отсутствия притоков в стволы скважин и крайне высокой поглощающей способности проницаемых интервалов [50], поэтому фильтрационные параметры для отложений комплекса не приведены.

Более ранними гидрогеологическими работами [1…6] горизонт был опробован в скважине № 1-Г, расположенной в долине р. Шордарья (южная часть месторождения). В ходе откачки дебит скважины составил 3,4 л/с при понижении 20,63 м (q=0,16 л/с на м). В скв. №83, расположенной в 2,5 км к северо-востоку от скв. №1-Г был вскрыт напорный валанжинский водоносный горизонт с самоизливом (стат. ур. +4,7 м над поверхностью земли) и расходом у устья скважины 0,08 л/сек [1…6].



Рис. 3. Обнажение альмурадских трещиноватых известняков

ISSN 3030-3907



Рис.4. Обнажение карабильских красноцветных песчаников

Питание комплекса осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка вод происходит в нижележащие комплексы в направлении по падению пластов. Высокая трещиноватость песчаников предопределяет их значительную обводненность в период весеннего снеготаяния и выпадения атмосферных осадков, однако большую часть года они являются безводными, что подтверждается данными бурения. Отмечено, что емкость проницаемых пород гораздо больше, чем суммарное количество осадков, выпадающих на данную территорию [1…6].

Титонский водоупорный комплекс (гаурдакская свита, галитовая подсвита – J3gd2) представлен мощной толщей соленосных пород (каменная соль с прослоями ангидритов и пластами сильвинитов).

Кимериджский водоносный комплекс (гаурдакская свита, ангидритовая подсвита – J3gd1). Приурочен к гипсо-ангидритовым породам гаурдакской свиты верхней юры. Выходы пород кимериджского яруса в районе месторождения наблюдаются в осевой части антиклинального поднятия (южнее линии разведочных скважин № 23–75–76–29), где они слагают хребет Тюбегатан и горы Кара-Чагат. Площадь распространения гипсо-ангидритов на поверхности составляет 35 км^2, а общая их мощность достигает 350 м.

Водовмещающие породы: гипсо-ангидриты трещиноватые и закарстованные в районе их выхода на дневную поверхность, а также на участках, где они перекрыты незначительными по мощности отложениями обрушенного мела. Закарстованность связана с выщелачиванием мощных линз солей, в результате чего вышележащие ангидриты обрушиваются, что

ISSN 3030-3907

создает дополнительную трещиноватость массива.

Воды трещинно-карстовые, преимущественно безнапорные, на отдельных участках, где гипсо-ангидриты перекрываются чехлом обрушенных пород нижнего мела, воды обладают местным напором (скв. №42, 44 и др.). Статические уровни устанавливаются на отметках 890-1112 м. Амплитуда колебания уровней воды по данным режимных наблюдений изменяется от 0,19 м (скв. 44) до 1,90 м (скв. 31), что свидетельствует о быстром дренировании подземных вод рекой Шордарья [1…6].

Непосредственно на месторождении, а также на юго-восточных склонах Тюбегатанского хребта имеется только несколько подземных источников. Режим источников имеет резкие колебания в течение года. Летом дебиты их не превышают 0,12 л/сек, а в большинстве случаев они пересыхают. Питание осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка происходит в местную гидрографическую сеть (родники, саи, р. Шордарья).

Келловейский-оксфордский водоносный комплекс (гиссарская свита – J3gs). Приурочен к известнякам гиссарской свиты верхней юры и имеет довольно широкое распространение в юго-западных отрогах Гиссарского хребта. Выходы известняков на дневную поверхность вблизи месторождения наблюдаются в ядрах крупных антиклинальных структур (хребты Кугитангтау и Сусизтау) [45]. Непосредственно на месторождении выход известняков имеется только у юго- восточных отрогов горы Кара-Чагат, где они занимают площадь около 0,5 км^2, то есть на площади Северной части они отсутствуют. Благодаря своей исключительной трещиноватости и способности хорошо растворяться в богатой свободной углекислотой снеговой воде с образованием разного рода пустот карстового характера, эти известняки представляют очень благоприятную среду для проникновения и накопления в них подземных вод. Особенно большой трещиноватостью обладают нижние горизонты известняковой толщи. Данные условия способствуют образованию в верхнеюрских известняках богатейшего водоносного горизонта [1…6]. Нижним водоупором для горизонта подземных вод является песчано-глинистая толща среднеюрских отложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. На территории Тюбегатанского месторождения келловейско-оксфордский комплекс опытно-фильтрационными работами в скважинах не изучен, поэтому фильтрационные характеристики не приводятся.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Восстановление деградированных водно-земельных ресурсов (на примере юга Узбекистана) /Б.М.Холбаев, У.Р.Панжиев. МВ и ССО РУз., Каршинский инженерно-экономический институт. –Карши: издательства “Интеллект”, 2022.-316 с.
2. Д.Р.Курбанов, Р.И.Шахриев, Б.М.Холбаев, Ф.О.Жураев. Геолого-стратиграфические особенности Тюбегатанского месторождение калийных солей. Development of scence. Ilmiy jurnal, may 2026. Issue-5, volume-8. -B.425-432.
3. Д.Р.Курбанов, Б.М.Холбаев. Оценка и исследование газоносности пород на Тюбегатанском месторождение. Development of scence. Ilmiy jurnal, may 2026. Issue-5, volume-8. -B. 161-167.
4. Научно-теоретическое обоснования использования сточных вод в сельском хозяйстве и промышленности /Б.М.Холбаев. МВ и ССО РУз., Каршинский инженерно-экономический институт. –Карши: издательства “INTELLEKT”, 2022. -388 с.
5. 5.Toshmuxamedov B.T., Xolbayev B.M. Geologiya (konchilik ishi ta’lim yunalishi uchun mo‘ljallangan). Darslik. -Qarshi: “Intellekt” nashriyoti, 2024.-576 b.
6. Б.М.Холбаев и Раббимов Ж.Ш. Природные условия и водные ресурсы юга Узбекистана. Development of scence. Ilmiy jurnal, may 2026. Issue-5, volume-9. -B.36-42.

УДК 621.642.86

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛЯИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИИ УСТАНОВКИ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Каримов Ш.А.
Доц. ТашГТУ
Нормуродов Н.С.
Магистр ТашГТУ

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные показатели оценки эффективности применения установок рекуперации паров нефти и нефтепродуктов на объектах нефтегазовой отрасли. Проведен анализ технологических, экономических и экологических критериев, характеризующих результативность работы систем улавливания и возврата углеводородных паров. Особое внимание уделено снижению потерь легких фракций нефти, уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу и повышению уровня промышленной безопасности. Рассмотрены показатели степени улавливания паров, коэффициента рекуперации, экономической окупаемости оборудования, а также энергозатрат установки. Отмечено, что внедрение современных установок рекуперации способствует повышению экологической устойчивости предприятий, снижению негативного воздействия на окружающую среду и увеличению эффективности производственных процессов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании, модернизации и оценке эффективности систем рекуперации паров на нефтебазах, резервуарных парках и перерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: рекуперация паров, нефть, нефтепродукты, эффективность, выбросы углеводородов, экологическая безопасность, энергосбережение, коэффициент улавливания, нефтегазовая отрасль.

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft va neft mahsulotlari bug‘larini qayta tiklash qurilmalaridan neft-gaz tarmog‘i obyektlarida foydalanish samaradorligini baholashning asosiy ko‘rsatkichlari ko‘rib chiqilgan. Uglevodorod bug‘larini ushlash va qaytarish tizimlarining samaradorligini tavsiflovchi texnologik, iqtisodiy va ekologik mezonlar tahlil qilingan. Neftning yengil fraksiyalari yo‘qotilishini kamaytirish, atmosferaga zararli moddalar chiqishini qisqartirish va sanoat xavfsizligi darajasini oshirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Bug ' ushlash darajasi, tiklanish koeffitsienti, uskunaning iqtisodiy qaytarilishi, shuningdek o‘rnatishning energiya sarfi ko‘rsatkichlari ko‘rib chiqiladi. Ta'kidlanishicha, zamonaviy rekuperatsiya qurilmalarini joriy etish korxonalarning ekologik barqarorligini oshirishga, atrof-muhitga salbiy ta'sirini

ISSN 3030-3907

kamaytirishga va ishlab chiqarish jarayonlari samaradorligini oshirishga yordam beradi. Olingan natijalar neft bazalari, rezervuar parklari va qayta ishlash korxonalarida bug‘larni qayta tiklash tizimlarini loyihalash, modernizatsiya qilish va samaradorligini baholashda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: bug‘larni qayta tiklash, neft, neft mahsulotlari, samaradorlik, uglevodorod chiqindilari, ekologik xavfsizlik, energiya tejash, ushlash koeffitsiyenti, neft-gaz sanoati.

Annotation. This article discusses the main indicators for evaluating the effectiveness of the use of oil and petroleum vapor recovery units at oil and gas industry facilities. The analysis of technological, economic and environmental criteria characterizing the effectiveness of hydrocarbon vapor capture and recovery systems has been carried out. Special attention is paid to reducing the loss of light fractions of oil, reducing emissions of harmful substances into the atmosphere and increasing the level of industrial safety. The indicators of the degree of vapor capture, the recovery coefficient, the economic payback of the equipment, as well as the energy consumption of the installation are considered. It is noted that the introduction of modern recovery plants helps to increase the environmental sustainability of enterprises, reduce negative environmental impacts and increase the efficiency of production processes. The results obtained can be used in the design, modernization and evaluation of the effectiveness of steam recovery systems at oil depots, tank farms and processing plants.

Keywords: vapor recovery, oil, petroleum products, efficiency, hydrocarbon emissions, environmental safety, energy conservation, capture coefficient, oil and gas industry.

ВВЕДЕНИЕ.

Установки рекуперации паров (УРП) являются эффективным техническим средством для снижения потерь от испарения при технологических операциях и хранении углеводородных жидкостей и в настоящее время получают все большее распространение в условиях производства. В зависимости от технологии рекуперации, реализованной в УРП, их разделяют на адсорбционные, абсорбционные, конденсационные, мембранные и комбинированные [2, 3].

Критериями обоснования выбора наиболее рационального вида УРП является совокупность экономических показателей (капитальные и эксплуатационные затраты) и технологических параметров (степень улавливания и очистки, производительность, сложность конструкции, величина спектра и диапазон изменения гомологического ряда углеводородов, улавливаемого установкой данной конфигурации) [4].

ISSN 3030-3907

Абсорбционная установка рекуперации паров. Абсорбция (от лат. *absorptio* — поглощение) — это физический или химический процесс впитывания вещества из газовой или жидкой среды всем объемом другого вещества (абсорбента). Поглощаемое вещество равномерно распределяется внутри поглотителя, напоминая процесс впитывания воды губкой. Абсорбер представляет из себя вертикальную колонну, в которой обеспечивается большая площадь контакта жидкости с газом [6, 7].

В основе любой абсорбционной установки лежит задача по увеличению площади контакта между абсорбентом и абсорбатом. По способу интенсификации процесса массообмена в результате абсорбции выделяют два основных типа абсорберов – с диспергированием жидкой фазы и с диспергированием газовой фазы [8, 9].

В нефтяной промышленности используются абсорбционные установки с секционированной насадкой (кольца Палля) [6]. На рисунке 1 представлена конструкция абсорбера данного вида.

В качестве абсорбента чаще всего используются нефть и дизельное топливо. Жидкость поступает в верхнюю часть колонны. ПВС поступает в нижнюю часть колонны. Затем они двигаются навстречу друг другу по схеме противоток, что является наиболее эффективной схемой движения потоков при массообмене. Происходит улавливание путем поглощения жидкостью углеводородов. При проходе через кольца Палля в средней части жидкость диспергируется, тем самым увеличивается площадь контакта двух фаз – ПВС и абсорбента, в верхней части кольца выполняют роль каплеуловителя.

ISSN 3030-3907

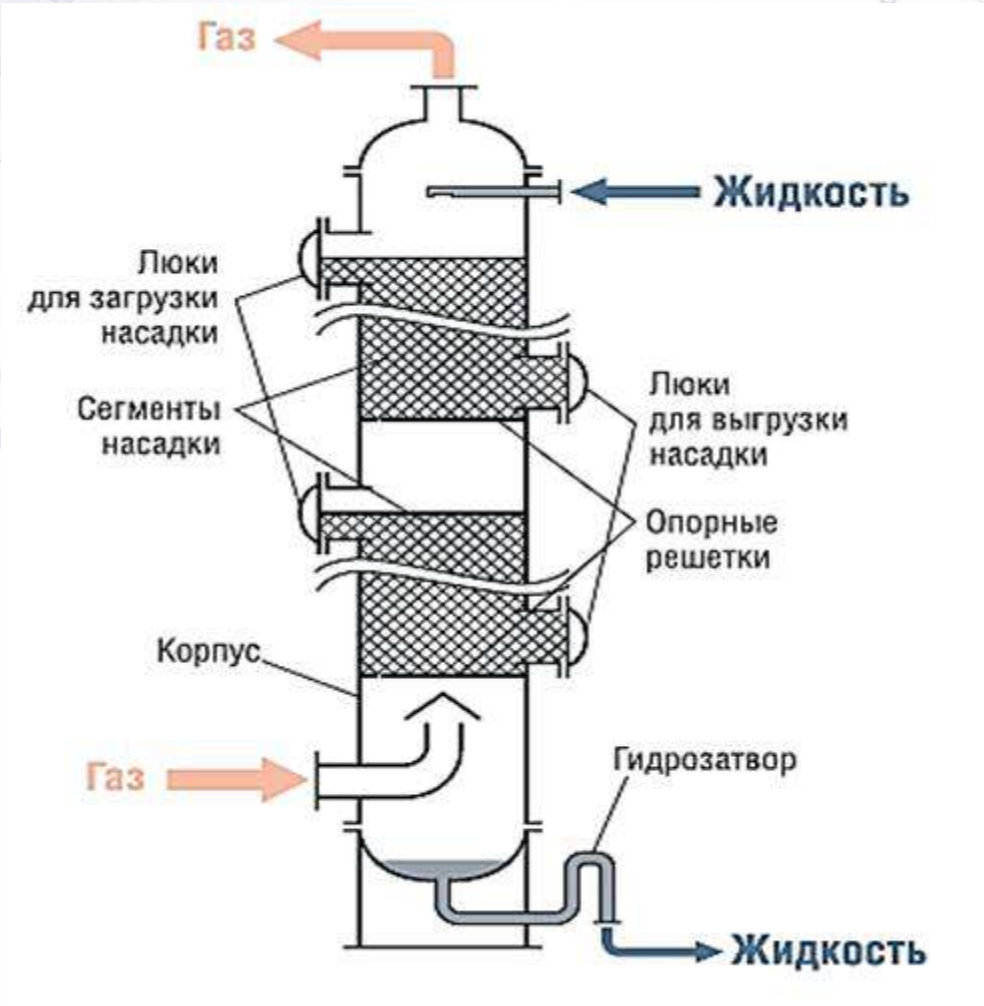


Рис. 1. Конструкция абсорбера с секционированной насадкой

Основными преимуществами установки данного вида являются:

- высокая пропускная способность: от 3000 до 100 000 м^3/ч [5];
- высокая степень очистки – 95–98 %. Диапазон улавливаемых углеводородов – C_3-C_4 [5];
- обеспечение высокой пожарной безопасности при работе установки [1];
- относительно невысокие капитальные затраты [1];
- непрерывность процесса очистки паровоздушной смеси.

К недостаткам установки данного вида относятся:

- большие габариты установки [5];
- необходимость дополнительной емкости для абсорбента;
- зависимость от погодных условий [9];
- большие затраты на электроэнергию (порядка 6300 евро в год) [1].

По данным из источников производителей данных установок [1], ориентировочные капитальные затраты определяются по следующей функции, описывающей зависимость капитальных затрат от производительности:

$$K = 0{,}0535 \cdot Q^2 + 79{,}13 \cdot Q + 1\,066\,000 \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

На рисунке 2 представлена зависимость изменения капитальных затрат от подачи на входе в УРП.



Рис.2. Зависимость капитальных затрат от подачи на выходе в абсорбционную УРП

Данный вид установок является универсальным для объектов нефтяной отрасли, однако высокие капитальные затраты, зависимость от условий окружающей среды (температуры воздуха), высокое энергопотребление накладывают ограничения на ее применение.

Адсорбция представляет процесс поглощения молекул газообразной среды поверхностным слоем твердого тела. Вещество, осуществляющее поглощение называется адсорбентом, улавливаемое же вещество – адсорбатом. Адсорбция разделяется на химическую и физическую. В сфере, связанной с улавливанием паров углеводородов, большее распространение получила физическая адсорбция, так как химическая адсорбция является необратимым процессом, в ходе которого изменяется химический состав адсорбата. Физическая адсорбция основана на силах межмолекулярного взаимодействия, именуемых Ван-дер-Вальсовыми силами и является обратимым процессом. В качестве адсорбента могут использоваться следующие вещества [10, 11]:

цеолит;

активированный уголь;

бурый железняк.

Наиболее часто в качестве адсорбента применяют уголь, так как он обладает большей доступностью и наименьшей ценой.

Установка данного типа состоит из пары адсорберов, так как в процессе эксплуатации происходит насыщение угля, ему необходимо время на восстановление. Данный процесс называется десорбцией. Десорбция

ISSN 3030-3907

осуществляется с помощью пропускания нагретого водяного пара через насыщенный адсорбент, тем самым происходит передача тепловой энергии адсорбату, находящемуся на поверхности угля, до тех пор, пока ее не будет достаточно для отделения от адсорбента. После окончания процесса десорбции поглощающие свойства адсорбента полностью восстанавливаются, температура проведения десорбции для активированного угля лежит в диапазоне 100–200 [10, 12].

На рисунке 3 представлена технологическая схема УРП адсорбционного типа.

ПВС поступает в адсорбер 1 через задвижку 1. После прохождения через активированный уголь очищенный воздух через задвижку 6 выбрасывается в атмосферу. Адсорбер 2 находится на восстановлении. Через задвижку 7 в адсорбер подается горячий водяной пар/воздух. Далее посредством вакуумного насоса смесь углеводородов подается в разделитель (сепаратор), где происходит разделение адсорбата от пара/воздуха.

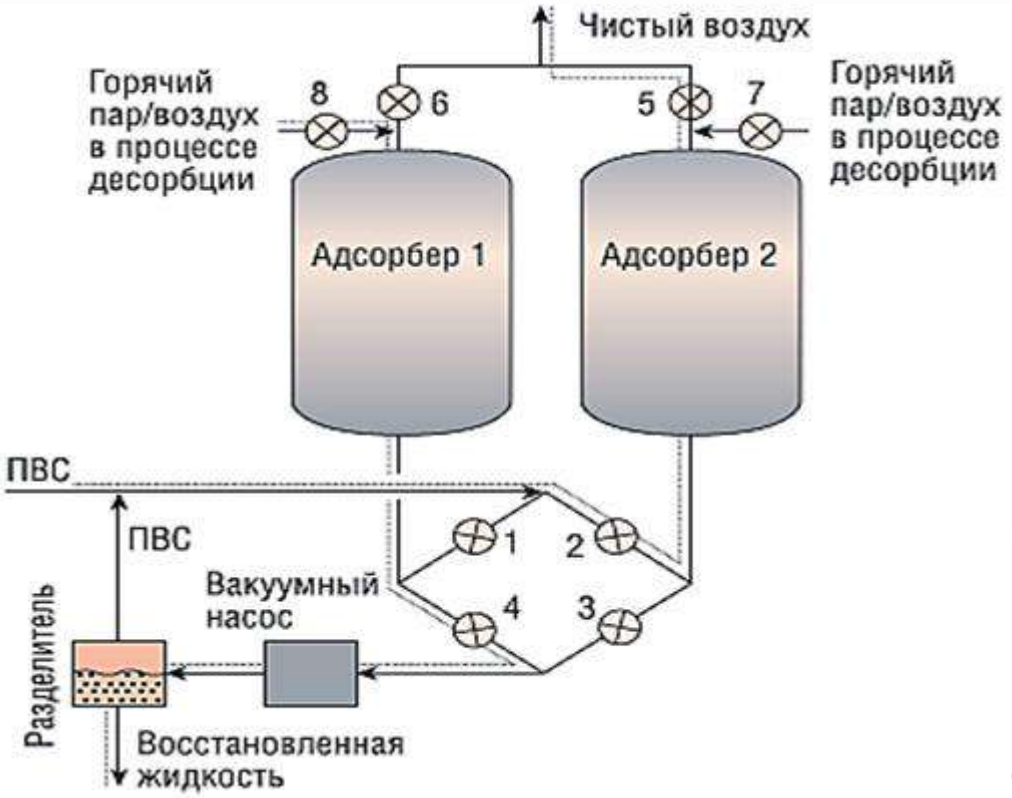


Рис.3. Технологическая схема адсорбционной УРП

Основными преимуществами установки данного вида являются:

- высокая пропускная способность: от 400 до 15 000 м^3/ч [13];
- высокая степень очистки – 95–98 %. Диапазон улавливаемых углеводородов – C_1-C_4 [5];
- независимость от погодных условий;

ISSN 3030-3907

- непрерывность процесса очистки паровоздушной смеси.

К недостаткам установки данного вида относятся:

- высокая чувствительность к составу ПВС [1];
- дополнительные затраты на регенерацию адсорберов [13];
- повышенные меры пожарной безопасности [1].

По данным из источников производителей данных установок [1], ориентировочные капитальные затраты можно определить по следующей функции, описывающей зависимость капитальных затрат от производительности:

$$K = 432{,}8 \cdot Q + 346\,000 \qquad (2)$$

На рисунке 4 представлена зависимость изменения капитальных затрат от подачи на входе в УРП.



Рис.4. Зависимость капитальных затрат от подачи на входе в адсорбционную УРП

Годовые эксплуатационные затраты варьируются в пределах от 24 600 до 41 000 евро [1].

Данный вид установок так же, как и абсорбционный вид УРП, является универсальным и может быть применим на любых объектах нефтяной отрасли (от мелких нефтебаз до крупных портов). Однако ряд недостатков, связанных с обеспечением оборудования для десорбции, включающего ТА для подогрева водяного пара/воздуха, а также с неоднородностью поступающей ПВС, ограничивает применение адсорберов.

Комбинированная установка рекуперации паров. Существуют различные конструкции комбинированных установок, сочетающие в себе плюсы нескольких видов установок:

ISSN 3030-3907

компрессионно-криогенная;
криогенно-адсорбционная;
адсорбционно-абсорбционная;
и др.

Наибольшее применение в нефтяной отрасли нашли адсорбционно-абсорбционные установки благодаря своей простоте в эксплуатации, надежности и безопасности по сравнению с другими.

Данный вид установки объединяет в себе два типа – абсорбционный и адсорбционный.

На рисунке 5 представлена технологическая схема адсорбционно-абсорбционной установки [13].

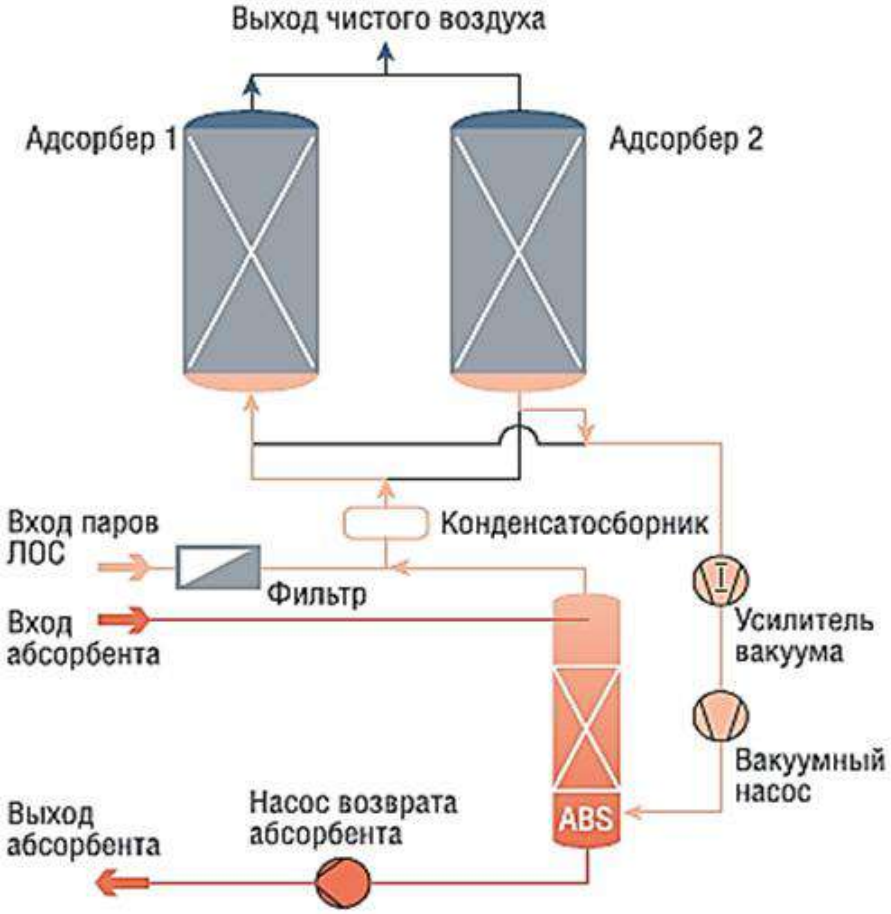


Рис.5. Технологическая схема адсорбционно-абсорбционной УРП

Паровоздушная смесь через огнепреградитель (на схеме не показан) по входной линии поступает на фильтр, где очищается от механических примесей и частиц-окислителей, осаждающихся на поверхности угля. Далее пары поступают в конденсатосборник, где происходит отделение капель конденсата. К конденсатосборнику подключен насос (на схеме не показан), обеспечивающий откачку собираемого конденсата в коллектор внутреннего возврата нефти. ПВС поступает к адсорберам, где происходит очистка и

ISSN 3030-3907

улавливание углеводородов. Затем очищенный воздух выбрасывается в атмосферу.

Процесс десорбции осуществляется вакуум-насосами, подающими пары адсорбированных углеводородов в абсорбер, в который одновременно сверху через распылитель подается абсорбент. Двигаясь в противотоке, абсорбент поглощает пары углеводородов. Использованный абсорбент насосом закачивается обратно в коллектор налива.

Данный тип установок объединяет в себе преимущества адсорбционной и абсорбционной установок.

Основными преимуществами установки данного вида являются:

- высокая пропускная способность: от 400 до 15 000 м^3/ч [13];
- высокая степень очистки – 95–98 %. Диапазон улавливаемых углеводородов – C_1-C_4 [5];
- замкнутый цикл очистки ПВС [1, 4];
- наличие фильтров для обеспечения однородности поступающей ПВС [13];
- непрерывность процесса очистки паровоздушной смеси.

К недостаткам установки данного вида относятся:

- повышенные меры пожарной безопасности [1];
- зависимость от погодных условий (обмерзание и разрушение насадок) [9];
- относительно высокие капитальные затраты.

Для расчета зависимости капитальных затрат на установку от подачи производится сложение функций (1) и (2):

$$K = 0{,}0535 \cdot Q^2 + 511{,}93 \cdot Q + 1\,412\,000 \qquad (3)$$

На рисунке 6 представлена зависимость изменения капитальных затрат от подачи на входе в УРП.



Рис.6. Зависимость капитальных затрат от подачи на входе в комбинированную УРП

ISSN 3030-3907

Данная установка имеет высокий уровень надежности и простоту в обслуживании, что создает высокую вероятность использования комбинированной УРП на объектах нефтяной промышленности.

Установка мембранного типа обладает технологически и конструкционно сложными элементами. Одним из этих элементов является мембрана, используемая для улавливания углеводородов. Она имеет высокую стоимость, т.к. изготовление мембраны – сложный и трудоемкий технологический процесс. Кроме того, необходимо подбирать пористость мембраны отдельно для каждого состава ПВС. Поэтому применение данного вида установок нецелесообразно в нефтяной отрасли.

Компрессионная установка ввиду возможности образования взрывоопасных концентраций из-за повышенного давления, создаваемого в компрессорах, имеет ограниченное время работы ввиду высоких требований пожарной безопасности на объектах нефтяной промышленности. Вследствие чего степень улавливания данных установок находится на очень низком уровне. Поэтому применение данного вида установок нецелесообразно на объектах нефтяной отрасли.

Для криогенной, адсорбционной, абсорбционной и комбинированной УРП строится совмещенный график зависимостей капитальных затрат от подачи ПВС на вход УРП.

На рисунке 7 приведен совмещенный график зависимостей капитальных затрат от подачи ПВС на вход УРП.

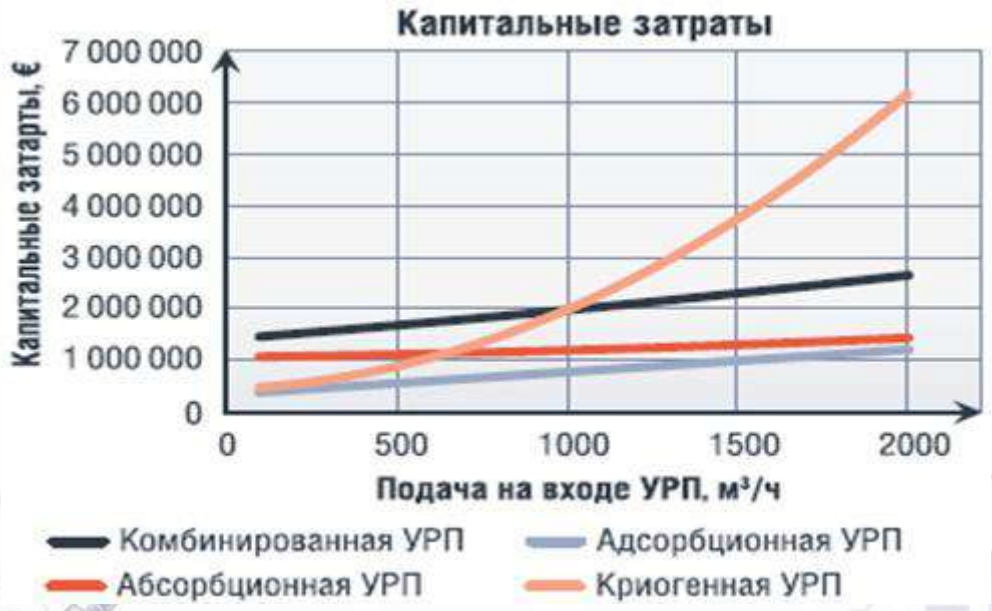


Рис.7. Совмещенный график зависимостей капитальных затрат от подачи ПВС на вход УРП

Таким образом, из графиках и приведенного на рисунках, определяется, что криогенный тип установок является капиталоемким и

ISSN 3030-3907

уступает по производительности другим видам. Его применение в нефтяной отрасли возможно только в случае, если объект является небольшим по размерам, т.е. необходима малая пропускная способность (капитальные затраты стремятся к минимуму), и рядом с объектом нефтяной отрасли (нефтебазой) находится предприятие по производству хладагентов.

Наиболее экономичными являются адсорбционная и абсорбционная установки. Однако адсорбционная установка является более устойчивой к переменным погодным условиям, чем абсорбционная. К тому же для абсорбционной установки необходим крупный источник абсорбента. Но абсорбционная установка имеет более широкий диапазон подач ПВС. Применимость абсорбционных установок возможна в южных регионах на крупных нефтебазах, портах, где есть источник абсорбента, в качестве которого будет выступать хранящийся продукт. Кроме того, диапазон улавливаемых углеводородов указывает на то, что данный вид установок наиболее применим к парам бензина. Применение адсорбционной установки возможно на малых объектах ввиду необходимого требования однородности продукта для обеспечения эффективного улавливания ПВС, но эти объекты могут иметь более суровые погодные и климатические условия, чем объекты, располагающие установками абсорбционного типа.

Установка комбинированного типа при относительно небольшой разнице в капитальных вложениях по сравнению с адсорбционной и абсорбционной установками обладает универсальностью. Ее применение возможно как на малых, так и на крупных объектах ввиду широкого диапазона подач ПВС. По сравнению с абсорбционным типом, диапазон улавливаемых углеводородов составляет C_1-C_4. Обеспечение данного диапазона достигается за счет включения фильтров тонкой очистки, а также применения замкнутого контура десорбции. По сравнению с адсорбционным типом, процесс улавливания паров имеет замкнутый цикл, нет необходимости в отдельной емкости для сбора конденсата.

Таким образом, результате проведенных нами экспериментов показывают, что установка рекуперации комбинированного типа является самой эффективной с точки зрения совокупности финансовых и технических показателей.

Основными показателями оценки эффективности применения УРП различных видов являлись капитальные и эксплуатационные расходы, пропускная способность, условия работы, степень очистки, группа улавливаемых углеводородов, а также простота и надежность конструкции.

В результате анализа и сравнения установок наиболее оптимальной по совокупности всех вышеприведенных показателей является УРП

ISSN 3030-3907

комбинированного (адсорбционно-абсорбционного) типа. Данный вид установок рекомендуется к применению на наиболее ответственных объектах с большим диапазоном величин пропускной способности и видов нефтепродуктов. Так, данный вид установок используется на одном из передовых по технологическому оснащению нефтяных перевалочных портов – Козьмино. Однако в ходе эксплуатации был выявлен ряд недостатков, которые могут быть устранены при помощи различных модификаций конструкции.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Архипова О.В., Иванова А.В., Безбородов Ю.Н. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо-наливных операциях на нефтебазах и АЗС. X Всероссийская конференция «Молодежь и наука»
2. Коршак А.А. Нефтебазы и автозаправочные станции: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. – 494 с.
3. Сунгатуллин Р.З., Коршак А.А., Зябкин Г.В. Современное состояние рекуперации паров при операциях с нефтью и нефтепродуктами // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. –2017. – Т. 7. – № 5. – С. 111–119.
4. Коршак А.А., Зябкин А.А., Захарченко А.В. Оценка области применения установок рекуперации паров нефтепродуктов по зарубежным данным // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2023. – Т. 13. – № 3. – С. 252–260.
5. Faisal I. Khan, Aloke Kr. Ghoshal removal of volatile organic compounds from polluted air // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2000. – № 13. – P. 527–545.
6. Броунштейн Б.И., Щеголев В.В. Гидродинамика, массо- и теплообмен в колнных аппаратах. – Л.: Химия, 1988. – 336 с.
7. Эксплуатация объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов: В 2-х томах / Ю.Д. Земенков, Р.Р. Исламов, Я.М. Курбанов [и др.]. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – 313 с.
8. Эксплуатация объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов: учебное пособие: в 2 томах / Ю.Д. Земенков, Р Р. Исламов, А.К. Николаев [и др.]. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – 315 с.
9. Методика прогнозирования степени улавливания паров углеводородов при абсорбции / А.А. Коршак, А.В. Николаева, А.С. Нагаткина [и др.] // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.

ISSN 3030-3907

– 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 202–209. – DOI 10.28999/2541-9595-2020-10-2-202-209.
10. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение / Пер. с нем. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
11. Слесаренко В.В., Лапшин В.Д., Соколова П.А. Совершенствование установок рекуперации паров нефти для снижения вредных выбросов в атмосферу // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 53. – С. 182–189.
12. Кривошея И.В., Солтанов С.Х., Юнусов Х.Б. Применение установки рекуперации нефтепродуктов, основанной на адсорбционных свойствах активированного угля // Актуальные проблемы биологической и химической экологии. Сборник материалов V международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 304–307.
13. Официальный сайт компании CarboVac

ISSN 3030-3907

THE ART OF SOLVING CRIME: THE EVOLUTION OF DETECTIVE METHODS IN THE WORKS OF ARTHUR CONAN DOYLE AND AGATHA CHRISTIE

Mamayusupov Davronbek Ilhomjon o‘g‘li
Second year master's studentInternational Nordic University
E-mail: dmamayusupov162@gmail.com

Abstract. This article examines the evolution of detective methods in the works of Arthur Conan Doyle and Agatha Christie. It explores how detective fiction reflects changing intellectual paradigms from nineteenth-century scientific rationalism to twentieth-century psychological interpretation. The study analyzes Sherlock Holmes’s reliance on observation, deduction, and forensic reasoning, and contrasts it with Hercule Poirot and Miss Marple’s emphasis on psychology, behavior, and social analysis. The research highlights how both authors contributed to the development of crime fiction by expanding the concept of evidence and reshaping narrative structures. The findings show that detective fiction evolves in response to broader cultural, scientific, and social transformations. The study concludes that the shift from empirical logic to psychological insight represents a key stage in the historical development of detective literature and its interpretative frameworks.

Keywords: detective, fiction, crime, investigation, deduction, psychology, evidence, narrative, literature, analysis.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Artur Konan Doyl va Agata Kristi asarlarida detektiv usullarning evolyutsiyasi ko‘rib chiqiladi. Unda detektiv fantastika XIX asr ilmiy ratsionalizmidan XX asr psixologik talqinigacha bo‘lgan o‘zgaruvchan intellektual paradigmalar qanday aks etishi o‘rganiladi. Tadqiqotda Sherlok Xolmsning kuzatish, deduksiya va sud-tibbiy fikrlashga tayanishiga e'tibor qaratiladi va uni Gerkules Puaro va Miss Marplning psixologiya, xulq-atvor va ijtimoiy tahlilga urg‘u berishlari bilan taqqoslanadi. Tadqiqot ikkala muallifning dalillar tushunchasini kengaytirish va hikoya tuzilmalarini o‘zgartirish orqali kriminal fantastika rivojlanishiga qanday hissa qo‘shganini ko‘rsatadi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, detektiv fantastika kengroq madaniy, ilmiy va ijtimoiy o‘zgarishlarga javoban rivojlanadi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, empirik mantiqdan psixologik tushunchaga o‘tish detektiv adabiyotning tarixiy rivojlanishi va uni talqin qilish asoslarining asosiy bosqichini ifodalaydi.

Kalit so‘zlar: detektiv, fantastika, jinoyat, tergov, deduksiya, psixologiya, dalillar, hikoya, adabiyot, tahlil.

Аннотация. В этой статье рассматривается эволюция детективных методов в произведениях Артура Конан Дойла и Агаты Кристи. В ней исследуется, как детективная литература отражает смену интеллектуальных парадигм от

научного рационализма девятнадцатого века к психологической интерпретации двадцатого века. В исследовании анализируется зависимость Шерлока Холмса от наблюдений, дедукции и криминалистических рассуждений и проводится сравнение с акцентом Эркюля Пуаро и мисс Марпл на психологию, поведение и социальный анализ. В исследовании подчеркивается, какой вклад оба автора внесли в развитие детективной литературы, расширив концепцию доказательств и изменив структуру повествования. Результаты исследования показывают, что детективная литература развивается в ответ на более широкие культурные, научные и социальные преобразования. В исследовании делается вывод о том, что переход от эмпирической логики к психологическому пониманию представляет собой ключевой этап в историческом развитии детективной литературы и ее интерпретационных систем.

Ключевые слова: детектив, художественная литература, преступление, расследование, дедукция, психология, доказательства, повествование, литература, анализ.

INTRODUCTION.

Detective fiction has long occupied a central position in world literature due to its unique combination of intellectual inquiry, social observation, and narrative suspense. The genre not only entertains readers through the presentation of mysterious crimes and their eventual resolution but also reflects changing perceptions of justice, rationality, and human behavior across different historical periods. Among the most influential authors in the development of detective fiction are Arthur Conan Doyle and Agatha Christie, whose works established many of the conventions that continue to shape modern crime narratives. Their literary contributions have attracted sustained scholarly attention because they transformed detective fiction from a popular entertainment form into a significant field of literary and cultural study. The evolution of detective methods in literary texts represents an important area of research within contemporary literary criticism. Detective characters often embody the dominant intellectual paradigms of their respective eras, demonstrating how societies understand evidence, truth, and criminal investigation. Through the careful examination of investigative techniques portrayed in fiction, scholars can identify broader cultural shifts in scientific thinking, legal practices, and social values. Consequently, the study of detective methods extends beyond literary analysis and contributes to interdisciplinary discussions involving criminology, psychology, sociology, and the history of science [1].

ISSN 3030-3907

Arthur Conan Doyle is widely recognized as one of the founding figures of modern detective fiction. Through the creation of Sherlock Holmes, Doyle introduced a model of investigation grounded in logical reasoning, observation, and deductive analysis. Holmes's methods reflected the growing prestige of scientific rationalism during the late nineteenth century, when advances in forensic science and empirical inquiry significantly influenced public understanding of criminal investigation. Doyle's narratives emphasize the importance of physical evidence, analytical thinking, and the systematic reconstruction of events. The detective's ability to interpret seemingly insignificant details transformed the investigative process into an intellectual exercise, establishing a new standard for fictional detectives. Agatha Christie, writing in the twentieth century, expanded and refined the detective tradition established by Doyle. While her detectives, particularly Hercule Poirot and Miss Marple, also rely on logical reasoning, their investigative approaches demonstrate a stronger emphasis on psychology, social interaction, and the complexities of human motivation. Christie's works reveal an evolution in detective methodology, shifting attention from purely physical clues toward the interpretation of character, behavior, and interpersonal relationships. Her narratives frequently explore the hidden dimensions of ordinary social environments, suggesting that successful investigation depends not only on observation but also on a deep understanding of human nature. This development reflects broader changes in twentieth-century thought, including increased interest in psychology and social dynamics [2].

Recent literary scholarship has increasingly emphasized the relationship between detective fiction and the cultural contexts in which it is produced. Researchers argue that detective narratives function as representations of contemporary knowledge systems, illustrating how societies construct and validate truth. Studies have highlighted the significance of forensic discourse, psychological profiling, and social observation in shaping literary investigations. Moreover, comparative analyses have demonstrated that detective methods are not static narrative devices but evolving mechanisms influenced by historical transformations in science, technology, and social organization. Such perspectives provide valuable frameworks for examining the works of Doyle and Christie as interconnected stages in the development of detective fiction. In Uzbek literary scholarship, interest in the study of English detective literature has grown considerably in recent years. Researchers have explored issues related to genre theory, narrative structure, characterization, and intercultural literary reception. Particular attention has been devoted to the translation, interpretation, and pedagogical significance of detective texts within the broader context of

ISSN 3030-3907

comparative literature. These studies emphasize the importance of analyzing detective fiction as a dynamic literary phenomenon that reflects both universal and culturally specific understandings of crime and justice. However, despite the increasing body of research, the comparative evolution of detective methods in the works of Arthur Conan Doyle and Agatha Christie remains insufficiently examined. Therefore, the present study aims to investigate the transformation of detective methods in the selected works of Arthur Conan Doyle and Agatha Christie. By comparing the investigative strategies employed by Sherlock Holmes, Hercule Poirot, and other prominent detective figures, this research seeks to identify the major developments in literary representations of crime detection. The study further explores how these evolving methods reflect broader intellectual and cultural changes, contributing to a deeper understanding of detective fiction as a significant literary and social discourse. Through this analysis, the article aims to demonstrate that the progression from Doyle's scientific deduction to Christie's psychological investigation represents a crucial stage in the historical evolution of detective literature [3].

LITERATURE REVIEW. Detective fiction has developed into one of the most extensively studied literary genres due to its ability to combine narrative complexity with social, philosophical, and cultural commentary. Contemporary literary scholarship approaches detective fiction not merely as a form of entertainment but as a reflection of intellectual paradigms, scientific developments, and social transformations. Researchers emphasize that the detective narrative functions as a mechanism through which societies negotiate concepts of truth, justice, rationality, and order. Within this scholarly framework, the works of Arthur Conan Doyle and Agatha Christie occupy a particularly significant position because they established and transformed many of the conventions that continue to define detective literature. Recent studies on Arthur Conan Doyle focus primarily on the relationship between scientific rationalism and literary investigation. Scholars argue that Sherlock Holmes represents the embodiment of empirical observation and analytical reasoning. The detective's investigative process is frequently interpreted as a literary adaptation of scientific methodology, where hypotheses are formulated, evidence is collected, and conclusions are reached through logical deduction. Researchers note that Doyle's narratives emerged during a period characterized by rapid advancements in science and technology, which significantly influenced public perceptions of crime detection. Consequently, Holmes's methods are often examined as representations of modern scientific thinking and the growing authority of forensic knowledge. Another important area of research concerns the role of observation in Doyle's detective fiction. Contemporary critics emphasize that

ISSN 3030-3907

Holmes's success depends not only on his intellectual abilities but also on his extraordinary capacity to perceive details overlooked by others. Scholars suggest that observation functions as both a narrative device and an epistemological principle. Through meticulous attention to physical evidence, Holmes transforms ordinary objects into sources of meaningful information. This approach establishes a model of detective work in which knowledge is produced through systematic examination and logical interpretation. Such findings have contributed to broader discussions regarding the relationship between literature and scientific discourse [4].

Recent literary analyses have also explored the social dimensions of Doyle's investigative methods. Researchers argue that Holmes's deductions frequently rely upon an understanding of Victorian social structures, professional identities, and class distinctions. Although the detective presents himself as an objective observer, his interpretations often depend upon cultural assumptions shared by his contemporary society. This perspective has encouraged scholars to reconsider the apparent neutrality of scientific reasoning within detective fiction and to examine the influence of social context on investigative processes. The scholarship devoted to Agatha Christie demonstrates a somewhat different emphasis. While Christie's detectives employ logic and deduction, researchers highlight the increasing importance of psychological analysis within her narratives. Contemporary studies suggest that Hercule Poirot's investigative success derives less from forensic examination than from his ability to understand human emotions, motivations, and behavioral patterns. Scholars frequently describe Christie's detective methodology as a synthesis of rational analysis and psychological insight. This approach reflects broader intellectual developments associated with the growing influence of psychology in twentieth-century culture [5].

Research on Christie's works also emphasizes the significance of social interaction as a source of evidence. Unlike Holmes, who often focuses on physical clues, Poirot and Miss Marple devote considerable attention to conversations, relationships, and personal histories. Scholars argue that Christie transformed detective fiction by expanding the concept of evidence beyond material traces. In her narratives, seemingly insignificant remarks, emotional reactions, and social behaviors become crucial components of the investigative process. This shift represents an important stage in the evolution of detective methods and demonstrates the genre's adaptability to changing cultural understandings of human behavior. A growing body of research examines Christie's treatment of deception and perception. Scholars note that her novels frequently challenge readers' assumptions regarding truth and appearance. Through carefully

ISSN 3030-3907

constructed misdirection, Christie encourages both detectives and readers to question initial interpretations of events. Such narrative strategies have been analyzed as reflections of modern concerns regarding subjectivity, uncertainty, and the limitations of human knowledge. Researchers argue that Christie's detective methods reveal a more complex understanding of reality than the relatively straightforward rationalism associated with earlier detective fiction. Comparative studies involving Doyle and Christie have become increasingly prominent in recent years. Researchers identify both continuity and transformation in the evolution of detective methodology. On one hand, both authors emphasize logical reasoning and the systematic pursuit of truth. On the other hand, they differ significantly in their understanding of evidence and investigative practice. Doyle's narratives privilege observable facts and scientific analysis, whereas Christie's works emphasize psychological interpretation and social observation. Comparative scholars suggest that these differences reflect broader historical transitions in intellectual culture, moving from confidence in empirical science toward greater recognition of human complexity. Recent interdisciplinary research has further enriched the study of detective fiction. Scholars working at the intersection of literary studies, criminology, and cultural history argue that fictional detectives often mirror contemporary developments in criminal investigation. Advances in forensic science, psychological profiling, and behavioral analysis have influenced both literary representation and public understanding of crime detection. As a result, detective fiction serves as an important cultural archive documenting evolving investigative practices and changing conceptions of justice [6].

Within Uzbek literary scholarship, interest in English detective fiction has expanded considerably. Researchers have examined the structural features of detective narratives, the artistic functions of suspense, and the cultural significance of detective characters. Comparative literary studies conducted by Uzbek scholars emphasize the educational and analytical value of detective fiction, particularly its capacity to develop critical thinking and interpretative skills. Several studies have explored the translation and reception of Sherlock Holmes and Hercule Poirot in Uzbek literary culture, highlighting their enduring popularity among readers. Scholars also emphasize the importance of investigating detective literature within broader frameworks of intercultural communication and literary influence. Despite the substantial body of existing research, several gaps remain evident. Many studies focus exclusively on individual authors without systematically comparing the evolution of detective methods across different historical periods. Furthermore, although scholars frequently discuss deduction, observation, and psychology, relatively little

ISSN 3030-3907

attention has been devoted to examining how these investigative elements interact within a broader developmental framework. Therefore, a comparative analysis of Doyle and Christie provides an opportunity to identify major transformations in detective methodology and to understand how literary representations of crime detection have evolved in response to changing intellectual and cultural conditions [7].

Table 1.

Comparative Overview of Detective Methods in Recent Scholarship.

Research Focus	Arthur Conan Doyle	Agatha Christie	Scholarly Interpretation
Primary investigative tool	Observation and deduction	Psychological analysis and deduction	Evolution from empirical to psychological investigation
Type of evidence emphasized	Physical clues, forensic traces	Behavior, motives, social relations	Expansion of the concept of evidence
Detective's role	Scientific analyst	Psychological interpreter	Change in detective identity
Intellectual foundation	Rationalism and empiricism	Psychology and social observation	Reflection of changing intellectual trends
Narrative structure	Evidence-driven investigation	Character-driven investigation	Increased narrative complexity
Reader participation	Following logical clues	Interpreting motives and deception	Higher cognitive engagement
Crime-solving approach	Reconstruction of events through facts	Reconstruction of motives through human behavior	Broader understanding of causality
Cultural significance	Confidence in scientific progress	Exploration of social and psychological realities	Representation of different historical contexts

Table 2.

Main Themes Identified in Contemporary and Uzbek Scholarship.

Theme	Key Findings

ISSN 3030-3907

Detective fiction as literature	Recognized as a serious literary genre with cultural significance
Scientific investigation	Strongly associated with Sherlock Holmes narratives
Psychological detection	Central characteristic of Christie's detective fiction
Narrative techniques	Use of suspense, clues, and misdirection
Social context	Crime reflects broader social structures and values
Reader engagement	Detective fiction promotes analytical and critical thinking
Comparative literary studies	Increasing interest in cross-cultural and historical comparisons
Uzbek scholarship	Focus on genre development, translation, and literary reception

The reviewed literature demonstrates that detective methods evolved significantly from the scientific and observational model represented by Arthur Conan Doyle to the psychologically oriented investigative strategies developed by Agatha Christie. Contemporary and Uzbek scholarship collectively indicate that this transformation reflects broader cultural, intellectual, and literary developments, making comparative analysis an essential approach for understanding the historical evolution of detective fiction [8].

RESEARCH DISCUSSION. The comparative analysis of detective methods in the works of Arthur Conan Doyle and Agatha Christie reveals a significant transformation in the conceptualization of crime investigation within detective fiction. This transformation is not merely stylistic but reflects deeper intellectual, cultural, and methodological shifts in how truth, evidence, and human behavior are understood in literature. The findings of the present study demonstrate that detective fiction evolves in parallel with broader epistemological changes in society, moving from a primarily scientific-rational framework toward a more psychologically and socially complex model of interpretation. One of the most important outcomes of this research is the confirmation that Arthur Conan Doyle's detective methodology is fundamentally grounded in empirical observation and logical deduction. Sherlock Holmes represents a model of reasoning that prioritizes visible evidence, material traces, and structured analytical thinking. His investigative approach reflects the intellectual climate of the late nineteenth century, when scientific progress strongly influenced literary production. The discussion of Holmes's methods shows that crime-solving in Doyle's works is constructed as a rational reconstruction of events, where truth is assumed to be discoverable through careful analysis of physical clues. This

ISSN 3030-3907

reinforces the idea that early detective fiction is closely aligned with the ideals of positivism and scientific certainty [9].

In contrast, Agatha Christie's detective methods demonstrate a shift toward psychological interpretation and social contextualization. Hercule Poirot and Miss Marple rely less on physical evidence and more on understanding human motivation, emotional responses, and interpersonal relationships. The analysis indicates that Christie expands the concept of evidence beyond material objects to include speech patterns, behavioral inconsistencies, and social interactions. This development suggests that twentieth-century detective fiction reflects a growing awareness of the complexity and unpredictability of human nature. The discussion confirms that Christie's approach introduces a more nuanced and interpretative form of reasoning, where truth is not simply discovered but reconstructed through psychological insight. Another important aspect revealed in this study is the transformation of the detective's role. In Doyle's narratives, the detective functions primarily as a scientific analyst who deciphers hidden truths through objective reasoning. Holmes is portrayed as intellectually superior, emotionally detached, and methodologically precise. However, in Christie's works, the detective becomes more of a social interpreter who navigates complex human relationships and uncovers hidden motives. This shift indicates a broader change in literary representation, where detective figures are no longer purely rational machines but also observers of human psychology and social behavior. The evolution of the detective's role reflects the increasing importance of interdisciplinary thinking in literature, combining logic with empathy and psychological awareness [10].

The findings also highlight changes in narrative structure and reader engagement. Doyle's detective stories typically guide the reader through a linear process of deduction, where clues are gradually revealed and logically connected. In contrast, Christie's narratives often employ misdirection, unreliable information, and complex character interactions that require readers to reassess their assumptions. This structural difference suggests that detective fiction has evolved from a puzzle-solving model based on clear logical progression to a more interactive and interpretative reading experience. The reader in Christie's works becomes an active participant in the investigative process, which increases the cognitive complexity of the genre. Furthermore, the discussion emphasizes the cultural and historical context influencing both authors. Doyle's emphasis on scientific reasoning corresponds to a period of growing trust in empirical knowledge and technological advancement. Christie's focus on psychology and social behavior reflects the twentieth century's interest in human consciousness, motivation, and social dynamics. This historical progression demonstrates that

ISSN 3030-3907

detective fiction is deeply embedded in its cultural environment and serves as a literary reflection of changing intellectual paradigms. From a comparative perspective, the study confirms that both authors contribute to the development of detective fiction but in different directions. Doyle establishes the foundation of logical deduction and scientific investigation, while Christie expands the genre by integrating psychological depth and social complexity. Together, their works represent two stages in the evolution of detective methodology: the rational-empirical stage and the psychological-interpretative stage. This dual development highlights the adaptability of detective fiction as a genre capable of incorporating new intellectual trends while maintaining its core structure of mystery and resolution. The discussion also aligns with broader scholarly perspectives that emphasize the interdisciplinary nature of detective fiction. Modern research increasingly views detective narratives as intersections of literature, criminology, psychology, and cultural studies. The present analysis supports this view by demonstrating that detective methods in fiction are not isolated literary devices but reflections of real-world investigative practices and theoretical frameworks. In this sense, Doyle and Christie not only shaped literary traditions but also contributed to the cultural understanding of crime investigation. The findings of this study suggest that the evolution of detective methods from Doyle to Christie represents a significant shift in literary epistemology. This shift moves from certainty and empirical logic toward interpretative flexibility and psychological complexity. Such a transformation illustrates the dynamic nature of detective fiction and its ability to adapt to changing intellectual and cultural environments [11].

CONCLUSION. The comparative study of detective methods in the works of Arthur Conan Doyle and Agatha Christie demonstrates a clear evolution in the narrative and intellectual foundations of detective fiction. Doyle's detective model, represented by Sherlock Holmes, is primarily based on logical deduction, empirical observation, and scientific reasoning. In contrast, Christie's approach introduces psychological analysis, social interpretation, and a deeper focus on human motivation, as seen in characters such as Hercule Poirot and Miss Marple. The research confirms that this transformation reflects broader historical and cultural changes in society, particularly the shift from nineteenth-century scientific rationalism to twentieth-century psychological and social awareness. While Doyle establishes the foundations of modern detective methodology, Christie expands its scope by incorporating complex human behavior and interpretative reasoning. Overall, the evolution of detective methods highlights the adaptability of detective fiction as a literary genre. It shows that crime-solving in literature is not static but continuously shaped by intellectual trends and cultural

ISSN 3030-3907

contexts. The findings of this study contribute to a deeper understanding of detective fiction as both a literary and cultural phenomenon.

REFERENCES

1. Gregoriou, C. (2017). Crime fiction: The new critical idiom. Routledge.
2. Pykett, L. (2016). Wilkie Collins and the detective narrative tradition. Palgrave Macmillan.
3. Pepper, A. (2019). Detecting women: Gender and the crime fiction industry. Cambridge University Press.
4. Walton, P., & Jones, G. (2018). Crime unscene: Contemporary crime fiction and forensic realism. University of Wales Press.
5. Horsley, L. (2017). Twentieth-century crime fiction. Oxford University Press.
6. Makinen, M. (2020). Agatha Christie and the modern detective imagination. Journal of Modern Literature Studies.
7. Thompson, B. (2021). Narrative strategies in detective fiction: From Holmes to postmodern crime novels. Literary Analysis Review.
8. Edwards, J. (2022). Psychology and detection in contemporary crime fiction. Crime, Media, Culture Journal.
9. Wilson, D. (2023). The evolution of forensic logic in detective literature. International Journal of Literary Studies.
10. Roberts, M. (2019). Reading detective fiction: Cognition, clues, and interpretation. Cambridge Scholars Publishing.
11. Uzbek Academic Research Group. (2022–2024). Comparative literature studies in Uzbekistan: English detective fiction and translation studies. Tashkent State University Press.

ISSN 3030-3907

OLIY TA’LIMDA TYUTORLIK FAOLIYATINI SAMARALI TASHKIL ETISH VA TAKOMILLASHTIRISHNING PEDAGOGIK MEXANIZMLARI

Izzatullayeva Dilnoza Dilmurodovna
Xalqaro Nordik Universiteti Pedagogika yo‘nalishi 2-kurs magistranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada oliy ta’lim muassasalarida tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirishning pedagogik mexanizmlari tahlil qilingan. Tyutorlik faoliyatining talabalarning akademik muvaffaqiyati, ijtimoiy moslashuvi va kasbiy rivojlanishiga ta’siri ilmiy manbalar asosida o‘rganilgan. Tadqiqotda tyutorlik faoliyatining nazariy asoslari, tashkiliy shakllari, pedagogik yondashuvlari hamda zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiyalash imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, tyutorlarning kasbiy kompetensiyalari, talabalarga individual yondashuvni ta’minlash mexanizmlari va faoliyat samaradorligini baholash mezonlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari tyutorlik faoliyatini rivojlantirish ta’lim sifatini oshirish, talabalarni qo‘llab-quvvatlash tizimini takomillashtirish va talaba markazlashgan ta’lim muhitini shakllantirishga xizmat qilishini ko‘rsatdi. Olingan xulosalar oliy ta’lim muassasalarida tyutorlik tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: tyutorlik, pedagogika, talaba, kompetensiya, monitoring, motivatsiya, diagnostika, integratsiya, raqamlashtirish, samaradorlik.

Аннотация. В данной статье рассматриваются педагогические механизмы эффективной организации и совершенствования тьюторской деятельности в учреждениях высшего образования. На основе научных источников изучено влияние тьюторства на академическую успеваемость, социальную адаптацию и профессиональное развитие студентов. Освещены теоретические основы тьюторской деятельности, организационные формы, педагогические подходы и возможности интеграции современных цифровых технологий. Особое внимание уделено профессиональным компетенциям тьюторов, механизмам обеспечения индивидуального подхода к студентам и критериям оценки эффективности деятельности. Результаты исследования показывают, что развитие тьюторской системы способствует повышению качества образования, совершенствованию поддержки студентов и формированию студентоориентированной образовательной среды. Полученные выводы могут быть использованы при разработке практических рекомендаций по дальнейшему совершенствованию тьюторской деятельности в системе высшего образования.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: тьюторство, педагогика, студент, компетенция, мониторинг, мотивация, диагностика, интеграция, цифровизация, эффективность.

Abstract. This article examines the pedagogical mechanisms for the effective organization and improvement of tutoring activities in higher education institutions. Based on scientific literature, the study analyzes the impact of tutoring on students' academic achievement, social adaptation, and professional development. The theoretical foundations of tutoring, organizational forms, pedagogical approaches, and opportunities for integrating modern digital technologies are discussed. Particular attention is paid to tutors' professional competencies, mechanisms for ensuring an individualized approach, and criteria for evaluating effectiveness. The findings indicate that the development of tutoring systems contributes to improving educational quality, strengthening student support, and creating a student-centered learning environment. The conclusions obtained can serve as a basis for developing practical recommendations aimed at further improving tutoring activities within higher education institutions.

Keywords: tutoring, pedagogy, student, competence, monitoring, motivation, diagnostics, integration, digitalization, effectiveness.

KIRISH.

So‘nggi yillarda oliy ta’lim tizimida talabalarning akademik, ijtimoiy va shaxsiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan mexanizmlarni takomillashtirish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Globallashuv, raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi, mehnat bozori talablarining o‘zgarishi hamda kompetensiyaga asoslangan ta’lim modelining keng joriy etilishi oliy ta’lim muassasalari faoliyatiga yangi vazifalarni yuklamoqda. Bunday sharoitda talabaning ta’lim jarayoniga moslashuvi, individual ta’lim trayektoriyasini shakllantirishi, akademik muvaffaqiyatga erishishi va kasbiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlashda tyutorlik faoliyati muhim pedagogik institut sifatida namoyon bo‘lmoqda. Dunyoning rivojlangan ta’lim tizimlarida tyutorlik faoliyati talabalarga individual yondashuvni ta’minlash, ularning ehtiyojlarini aniqlash, ta’lim jarayonidagi muammolarni bartaraf etish va mustaqil ta’lim olish ko‘nikmalarini rivojlantirishning samarali vositasi sifatida qaraladi. Zamonaviy pedagogik tadqiqotlarda tyutorlik faoliyati nafaqat akademik maslahat berish, balki talabaning shaxsiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlash, motivatsiyasini oshirish, refleksiv fikrlashni shakllantirish va kasbiy identifikatsiyasini rivojlantirishga xizmat qiluvchi kompleks pedagogik faoliyat sifatida talqin etilmoqda. Shu bois tyutorlik faoliyatini tashkil etishning ilmiy asoslangan

ISSN 3030-3907

mexanizmlarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish oliy ta’lim sifatini oshirishning muhim omillaridan biri hisoblanadi [1].

Oliy ta’limda tyutorlik institutining rivojlanishi talaba markazlashgan ta’lim konsepsiyasining keng tatbiq etilishi bilan chambarchas bog‘liqdir. Mazkur konsepsiya talabaning individual ehtiyojlari, qobiliyatlari va qiziqishlarini hisobga olgan holda ta’lim jarayonini tashkil etishni nazarda tutadi. Tyutor esa ushbu jarayonda talabaning ta’lim faoliyatini muvofiqlashtiruvchi, unga pedagogik va psixologik yordam ko‘rsatuvchi hamda o‘z-o‘zini rivojlantirishga yo‘naltiruvchi mutaxassis sifatida faoliyat yuritadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, samarali tashkil etilgan tyutorlik tizimi talabalarning akademik ko‘rsatkichlarini yaxshilash, oliy ta’lim muassasasiga moslashuv darajasini oshirish, o‘qishni tashlab ketish holatlarini kamaytirish va ta’lim sifati monitoringini kuchaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, tyutorlik faoliyatini tashkil etish jarayonida qator muammolar ham mavjud. Xususan, tyutorlarning kasbiy kompetensiyalarini shakllantirish, ularning vazifalari va funksiyalarini aniq belgilash, faoliyat samaradorligini baholash mezonlarini ishlab chiqish hamda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish masalalari ilmiy va amaliy jihatdan yetarlicha tadqiq etilmagan. Ayrim hollarda tyutorlik faoliyati faqat ma’muriy yoki nazorat funksiyalari bilan cheklanib qolmoqda. Bu esa tyutorlikning asl pedagogik mohiyatini to‘liq namoyon etishga to‘sqinlik qilmoqda. Shuning uchun tyutorlik faoliyatini pedagogik jarayonning ajralmas qismi sifatida ko‘rib chiqish va uning samaradorligini ta’minlovchi mexanizmlarni aniqlash muhim ilmiy vazifa hisoblanadi [2].

Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda tyutorlik faoliyatining samaradorligi ko‘p jihatdan individual yondashuv, refleksiv hamkorlik, mentorlik elementlari, pedagogik diagnostika, raqamli ta’lim vositalari va talaba ehtiyojlariga moslashtirilgan qo‘llab-quvvatlash tizimi bilan bog‘liqligi ta’kidlanadi. Ayniqsa, raqamli transformatsiya sharoitida elektron platformalar, ta’lim analitikasi, sun’iy intellekt asosidagi maslahat tizimlari va masofaviy kommunikatsiya vositalaridan foydalanish tyutorlik faoliyatining yangi imkoniyatlarini yaratmoqda. Natijada tyutor va talaba o‘rtasidagi hamkorlik yanada interaktiv va samarali tus olmoqda. Shu sababli tyutorlik faoliyatini tashkil etishning pedagogik mexanizmlarini zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiyalash masalasi alohida ilmiy ahamiyatga ega. O‘zbekiston oliy ta’lim tizimida ham so‘nggi yillarda talabalarga xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish, ularning muammolarini o‘z vaqtida aniqlash va hal etish, akademik faoliyatini qo‘llab-quvvatlash maqsadida tyutorlik instituti joriy etildi. Ushbu tizim talaba va oliy ta’lim muassasasi o‘rtasidagi samarali aloqani ta’minlash, talabalarning ijtimoiy moslashuvini kuchaytirish hamda ta’lim jarayonidagi ishtirokini faollashtirishga xizmat qilmoqda. Biroq amaliyot

ISSN 3030-3907

tahlili tyutorlik faoliyatining mazmuni, shakl va metodlari, tashkiliy-pedagogik shart-sharoitlari hamda samaradorlik ko‘rsatkichlarini yanada takomillashtirish zarurligini ko‘rsatmoqda [3].

Pedagogik mexanizm tushunchasi ma’lum bir pedagogik maqsadga erishishni ta’minlaydigan usullar, vositalar, tamoyillar, tashkiliy shakllar va boshqaruv elementlarining o‘zaro bog‘liq tizimini anglatadi. Tyutorlik faoliyatiga nisbatan pedagogik mexanizmlar talabalarning ehtiyojlarini aniqlash, individual rivojlanish rejasini shakllantirish, muntazam monitoring olib borish, pedagogik qo‘llab-quvvatlashni amalga oshirish va natijalarni baholash kabi komponentlarni qamrab oladi. Mazkur mexanizmlarning ilmiy asosda ishlab chiqilishi tyutorlik faoliyatining samaradorligini oshirish, ta’lim sifatini yaxshilash va talabalarning kasbiy hamda shaxsiy rivojlanishiga ko‘maklashadi. Shunday qilib, oliy ta’limda tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirishning pedagogik mexanizmlarini tadqiq etish zamonaviy ta’lim tizimi oldida turgan muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu masalaning chuqur o‘rganilishi tyutorlik faoliyatining nazariy asoslarini boyitish, uning tashkiliy va metodik ta’minotini takomillashtirish hamda talaba markazlashgan ta’lim muhitini rivojlantirishga xizmat qiladi. Natijada oliy ta’lim muassasalarida ta’lim sifati, talabalar faolligi va akademik muvaffaqiyat ko‘rsatkichlarini yanada oshirish imkoniyati yaratiladi [4].

Adabiyotlar tahlili. Oliy ta’lim tizimida tyutorlik faoliyatini tashkil etish va uning samaradorligini oshirish masalalari so‘nggi yillarda pedagogika, ta’lim menejmenti va oliy ta’limni rivojlantirish yo‘nalishlarida olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlarning muhim obyektiga aylangan. Zamonaviy ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, tyutorlik faoliyati talabalarni akademik, ijtimoiy va kasbiy jihatdan qo‘llab-quvvatlashning samarali mexanizmlaridan biri sifatida e’tirof etilmoqda. Ayniqsa, talaba markazlashgan ta’lim konsepsiyasining rivojlanishi tyutorlik institutining nazariy va amaliy ahamiyatini yanada oshirmoqda. Ilmiy manbalarda tyutorlik tushunchasi turlicha talqin qilinadi. Ba’zi tadqiqotchilar tyutorlikni talabaning individual ta’lim trayektoriyasini boshqarishga yo‘naltirilgan pedagogik faoliyat deb baholasa, boshqalari uni mentorlik, akademik maslahat va psixologik qo‘llab-quvvatlash elementlarini o‘zida mujassamlashtirgan kompleks tizim sifatida izohlaydi. Mazkur yondashuvlar orasidagi umumiy jihat shundaki, tyutor faoliyatining asosiy maqsadi talabaning mustaqil rivojlanishi uchun qulay pedagogik sharoit yaratishdan iborat [5].

Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda tyutorlik faoliyatining samaradorligi ko‘pincha konstruktivizm nazariyasi bilan bog‘lanadi. Ushbu nazariyaga ko‘ra, bilimlar tayyor holda uzatilmaydi, balki talabaning faol ishtiroki natijasida shakllanadi. Tyutor esa talabaning bilim olish jarayonini yo‘naltiruvchi va

ISSN 3030-3907

qo‘llab-quvvatlovchi subyekt sifatida namoyon bo‘ladi. Tadqiqotlar natijalari tyutorlik faoliyati talabalarning mustaqil fikrlash, muammolarni hal qilish, refleksiya yuritish va o‘z faoliyatini rejalashtirish kompetensiyalarini rivojlantirishga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Adabiyotlarda tyutorlik faoliyatining tashkiliy modellari ham keng o‘rganilgan. Xususan, individual tyutorlik, guruhli tyutorlik, elektron tyutorlik va aralash tyutorlik modellari eng ko‘p uchraydigan shakllar sifatida tavsiflanadi. Individual modelda har bir talaba bilan alohida ishlash orqali uning ehtiyojlari va muammolarini chuqur o‘rganish imkoniyati yaratiladi. Guruhli model esa bir vaqtning o‘zida bir nechta talabalar bilan ishlashga asoslanib, resurslardan samarali foydalanishni ta’minlaydi. Elektron tyutorlik modeli masofaviy ta’lim sharoitida keng qo‘llanilib, raqamli platformalar yordamida talabalar bilan uzluksiz muloqotni tashkil etishga xizmat qiladi [6].

Ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda tyutorlik faoliyatining talabalarning akademik natijalariga ta’siri tahlil qilingan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, tyutorlar tomonidan muntazam pedagogik kuzatuv va maslahat berilishi talabalarning fanlarni o‘zlashtirish darajasini oshiradi, o‘quv motivatsiyasini kuchaytiradi hamda akademik qarzdorliklarning kamayishiga olib keladi. Bundan tashqari, birinchi kurs talabalarining oliy ta’lim muassasasiga moslashuv jarayonida tyutorlarning roli alohida ahamiyatga ega ekanligi qayd etilgan. Tyutorlar tomonidan amalga oshiriladigan maslahat va yo‘naltirish ishlari talabalarning yangi ta’lim muhiti bilan bog‘liq qiyinchiliklarini kamaytirishga yordam beradi. Ilmiy manbalarda tyutorlik faoliyatining psixologik jihatlariga ham katta e’tibor qaratilgan. Tadqiqotchilar talaba va tyutor o‘rtasidagi ishonchli munosabatlar ta’lim jarayonining samaradorligini oshirishda muhim omil ekanligini ta’kidlaydilar. Psixologik qo‘llab-quvvatlashning mavjudligi talabalarning stress holatini kamaytiradi, o‘ziga bo‘lgan ishonchini oshiradi va ta’lim jarayonidagi faolligini kuchaytiradi. Shu sababli zamonaviy tyutor nafaqat akademik maslahatchi, balki kommunikativ va psixologik kompetensiyalarga ega mutaxassis sifatida qaralmoqda [7].

So‘nggi yillardagi ilmiy ishlarda raqamli texnologiyalarning tyutorlik faoliyatiga integratsiyalashuvi masalasi alohida o‘rin egallaydi. Elektron ta’lim platformalari, virtual konsultatsiyalar, mobil ilovalar va sun’iy intellekt asosidagi analitik tizimlardan foydalanish tyutorlik faoliyatining samaradorligini oshirish imkonini bermoqda. Tadqiqotlar natijalari ko‘rsatishicha, raqamli vositalar yordamida talabalarning o‘quv faolligi, davomati va o‘zlashtirish ko‘rsatkichlari haqida tezkor ma’lumot olish hamda individual tavsiyalar ishlab chiqish mumkin. Tyutorlik faoliyatining samaradorligini baholash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda bir qator mezonlar taklif etilgan. Ular orasida talabaning akademik

ISSN 3030-3907

natijalari, ta’lim jarayonidagi faolligi, mustaqil ta’lim ko‘nikmalarining rivojlanishi, qoniqish darajasi va kasbiy kompetensiyalarining shakllanishi asosiy indikatorlar sifatida ko‘rsatiladi. Ayrim tadqiqotchilar tyutor faoliyatining samaradorligini baholashda ko‘p omilli monitoring tizimidan foydalanishni tavsiya etadilar. Bunday yondashuv tyutorlik faoliyatining natijadorligini har tomonlama tahlil qilish imkonini beradi. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, tyutorlarning kasbiy kompetensiyasi faoliyat samaradorligining muhim omili hisoblanadi. Zamonaviy tadqiqotlarda tyutor uchun zarur kompetensiyalar qatoriga pedagogik, kommunikativ, axborot-kommunikatsion, diagnostik, tashkiliy va refleksiv kompetensiyalar kiritiladi. Ushbu kompetensiyalarni rivojlantirish maqsadida tyutorlar uchun maxsus malaka oshirish dasturlarini ishlab chiqish zarurligi ta’kidlanadi [8].

Tahlil qilingan ilmiy manbalarda tyutorlik faoliyatining muvaffaqiyatli amalga oshirilishi uchun zarur bo‘lgan pedagogik shart-sharoitlar ham ko‘rsatib o‘tilgan. Ular qatoriga normativ-huquqiy ta’minotning mavjudligi, faoliyatni metodik qo‘llab-quvvatlash, raqamli infratuzilmaning rivojlanganligi, tyutorlarning kasbiy tayyorgarligi va samarali monitoring tizimining mavjudligi kiradi. Mazkur omillar tyutorlik tizimining barqaror faoliyat yuritishini ta’minlaydi. Shuningdek, ilmiy adabiyotlarda tyutorlik faoliyatini takomillashtirish bo‘yicha qator tavsiyalar ilgari surilgan. Jumladan, individual ta’lim trajektoriyalarini ishlab chiqish, talabalar ehtiyojlarini muntazam diagnostika qilish, raqamli texnologiyalarni keng qo‘llash, tyutorlarning kasbiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlash hamda faoliyat samaradorligini muntazam baholab borish zarurligi ta’kidlanadi. Ushbu tavsiyalar oliy ta’lim muassasalarida tyutorlik tizimini yanada samarali tashkil etish imkonini beradi. Umuman olganda, ilmiy adabiyotlar tahlili tyutorlik faoliyati talabalarning akademik muvaffaqiyati, shaxsiy rivojlanishi va kasbiy shakllanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadigan muhim pedagogik institut ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirish uchun uning pedagogik mexanizmlarini chuqur o‘rganish, zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiyalash va ilmiy asoslangan metodik tavsiyalar ishlab chiqish zarurati saqlanib qolmoqda [9].

1-Jadval.

Tyutorlik faoliyati bo‘yicha ilmiy adabiyotlarda uchraydigan asosiy yondashuvlar.

Yondashuv	Asosiy mazmuni	Kutilayotgan natija

ISSN 3030-3907

Talaba markazlashgan yondashuv	Talabaning individual ehtiyoj va qiziqishlarini hisobga olish	Ta’lim sifatining oshishi
Kompetensiyaviy yondashuv	Kasbiy va universal kompetensiyalarni rivojlantirish	Raqobatbardosh mutaxassis tayyorlash
Konstruktivistik yondashuv	Bilimlarni mustaqil shakllantirishga yo‘naltirish	Tanqidiy fikrlash rivojlanishi
Refleksiv yondashuv	O‘z faoliyatini tahlil qilish va baholash	Mustaqil rivojlanish
Raqamli yondashuv	Elektron platformalar va axborot texnologiyalaridan foydalanish	Samarali monitoring va muloqot

2-Jadval.

Tyutorning asosiy kompetensiyalari.

Kompetensiya turi	Mazmuni
Pedagogik	Ta’lim jarayonini tashkil etish va boshqarish
Kommunikativ	Samarali muloqotni yo‘lga qo‘yish
Diagnostik	Talaba ehtiyojlarini aniqlash
Axborot-kommunikatsion	Raqamli texnologiyalardan foydalanish
Tashkiliy	Faoliyatni rejalashtirish va muvofiqlashtirish
Refleksiv	Faoliyat natijalarini tahlil qilish

3-Jadval.

Tyutorlik faoliyatining samaradorligini baholash mezonlari

Mezon	Baholash ko‘rsatkichi
Akademik natijalar	O‘zlashtirish darajasi
Talaba faolligi	Mashg‘ulot va loyihalardagi ishtirok
Moslashuv darajasi	Oliy ta’lim muhitiga integratsiyalashuv
Qoniqish darajasi	Talabalar fikri va so‘rovlari
Mustaqil ta’lim ko‘nikmalari	O‘zini o‘zi boshqarish darajasi
Kasbiy rivojlanish	Kompetensiyalarning shakllanishi

Mazkur adabiyotlar tahlili tadqiqotning nazariy asoslarini shakllantirishga xizmat qiladi hamda tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirishning pedagogik mexanizmlarini ishlab chiqish uchun ilmiy zamin yaratadi [10].

TADQIQOT MUHOKAMASI. Oliy ta’lim muassasalarida tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirishning pedagogik mexanizmlarini o‘rganish natijalari mazkur faoliyat ta’lim sifati, talabalarning

ISSN 3030-3907

akademik muvaffaqiyati hamda shaxsiy rivojlanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Tadqiqot davomida tahlil qilingan ilmiy manbalar va mavjud amaliyot natijalari tyutorlik faoliyati zamonaviy oliy ta’lim tizimining muhim tarkibiy qismi ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, talaba markazlashgan ta’lim modelining keng joriy etilishi tyutorlik institutining ahamiyatini yanada oshirmoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tyutorlik faoliyatining samaradorligi, avvalo, uning pedagogik jihatdan to‘g‘ri tashkil etilishiga bog‘liq. Tyutorning vazifasi faqatgina talabaning davomatini nazorat qilish yoki ma’muriy topshiriqlarni bajarish bilan cheklanmasligi kerak. Zamonaviy oliy ta’lim talablariga ko‘ra, tyutor talabaning individual rivojlanish yo‘lini belgilovchi, akademik va ijtimoiy muammolarini aniqlovchi, shuningdek, kasbiy shakllanish jarayonini qo‘llab-quvvatlovchi pedagogik hamkor sifatida faoliyat yuritishi lozim. Tadqiqot davomida o‘rganilgan nazariy yondashuvlar ham aynan shu jihatni tasdiqlaydi [11].

Muhokama natijalariga ko‘ra, tyutorlik faoliyatining samaradorligini oshirishda individual yondashuv alohida ahamiyat kasb etadi. Har bir talabaning bilim darajasi, qiziqishlari, motivatsiyasi va ijtimoiy moslashuv ko‘rsatkichlari turlicha bo‘lganligi sababli ularga bir xil yondashuvni qo‘llash kutilgan natijani bermaydi. Shu bois tyutorlar tomonidan talabalarning ehtiyojlarini muntazam diagnostika qilish va ular asosida individual rivojlanish rejalarini ishlab chiqish zarur. Bunday yondashuv talabalar o‘rtasidagi akademik muammolarni erta aniqlash va ularni o‘z vaqtida bartaraf etishga imkon yaratadi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tyutorlik faoliyatining natijadorligi tyutorlarning kasbiy kompetensiyalari bilan ham uzviy bog‘liqdir. Oliy ta’lim muassasalarida faoliyat yuritayotgan ayrim tyutorlarda pedagogik, kommunikativ va diagnostik kompetensiyalar yetarli darajada shakllanmaganligi kuzatiladi. Natijada talabalarga ko‘rsatilayotgan yordamning sifati pasayadi. Shu sababli tyutorlar uchun muntazam malaka oshirish kurslarini tashkil etish, zamonaviy pedagogik texnologiyalar bo‘yicha treninglar o‘tkazish va tajriba almashish platformalarini yaratish muhim hisoblanadi. Tadqiqot natijalari malakali tyutorlar faoliyat yuritayotgan ta’lim muassasalarida talabalar bilan ishlash samaradorligi sezilarli darajada yuqori ekanligini ko‘rsatdi [12].

Muhokama jarayonida raqamli texnologiyalarning tyutorlik faoliyatiga ta’siri ham alohida tahlil qilindi. Raqamli transformatsiya sharoitida ta’lim jarayonining ko‘plab elementlari elektron muhitga ko‘chirilmoqda. Bu esa tyutorlik faoliyatida yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Elektron kundaliklar, ta’lim platformalari, onlayn maslahat xizmatlari va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari orqali talabalarning akademik faolligi va o‘zlashtirish ko‘rsatkichlarini tezkor kuzatish mumkin bo‘lmoqda. Natijada muammolarni erta aniqlash va individual pedagogik yordam ko‘rsatish

ISSN 3030-3907

imkoniyati kengaymoqda. Shu bilan birga, raqamli vositalardan samarali foydalanish uchun tyutorlarning axborot-kommunikatsion kompetensiyalarini rivojlantirish zarurligi ham aniqlandi. Tadqiqot natijalari tyutorlik faoliyatida psixologik qo‘llab-quvvatlash mexanizmlarining muhimligini ham tasdiqladi. Talabalar orasida uchraydigan moslashuv muammolari, stress holatlari, motivatsiyaning pasayishi va kasbiy yo‘nalishni tanlashdagi ikkilanishlar ularning ta’lim natijalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Tyutorlar tomonidan olib boriladigan individual suhbatlar, maslahatlar va motivatsion tadbirlar bunday muammolarni kamaytirishga xizmat qiladi. Shuningdek, tyutor va talaba o‘rtasida ishonchli munosabatlarning shakllanishi talabaning oliy ta’lim muassasasidagi faolligini oshirishga yordam beradi [13].

Muhokama natijalariga ko‘ra, tyutorlik faoliyatining samaradorligini ta’minlash uchun kompleks pedagogik mexanizmni joriy etish maqsadga muvofiqdir. Ushbu mexanizm diagnostika, rejalashtirish, pedagogik qo‘llab-quvvatlash, monitoring va baholash bosqichlarini o‘z ichiga olishi lozim. Diagnostika bosqichida talabalar ehtiyojlari aniqlansa, rejalashtirish bosqichida individual rivojlanish yo‘nalishlari belgilanadi. Pedagogik qo‘llab-quvvatlash bosqichida tyutor tomonidan amaliy yordam ko‘rsatiladi, monitoring bosqichida natijalar kuzatiladi va baholash bosqichida faoliyat samaradorligi aniqlanadi. Bunday tizimli yondashuv tyutorlik faoliyatining uzluksizligini va natijadorligini ta’minlaydi. Shuningdek, tadqiqot davomida tyutorlik faoliyatini baholash mezonlarini takomillashtirish zarurligi ham aniqlandi. Amaliyotda ko‘pincha tyutor faoliyati faqat hisobotlar yoki tashkiliy tadbirlar soni bilan baholanadi. Aslida esa samaradorlik talabalar akademik natijalari, qoniqish darajasi, moslashuv ko‘rsatkichlari, kasbiy rivojlanishi va ijtimoiy faolligi kabi mezonlar asosida baholanishi kerak. Bu esa tyutorlik faoliyatining haqiqiy natijalarini aniqlash imkonini beradi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari oliy ta’limda tyutorlik faoliyatini samarali tashkil etish va takomillashtirish uchun pedagogik, tashkiliy va texnologik omillarni kompleks ravishda hisobga olish zarurligini ko‘rsatdi. Tyutorlik faoliyatining ilmiy asoslangan pedagogik mexanizmlarini joriy etish talabalarning akademik muvaffaqiyatini oshirish, ularning mustaqil ta’lim olish ko‘nikmalarini rivojlantirish va oliy ta’lim sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, tyutorlik institutini yanada rivojlantirish va uning faoliyatini zamonaviy talablar asosida takomillashtirish oliy ta’lim tizimining ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qolmoqda [14].

XULOSA. Tadqiqot natijalari oliy ta’lim muassasalarida tyutorlik faoliyati talabalarning akademik muvaffaqiyati, ijtimoiy moslashuvi va kasbiy rivojlanishini ta’minlashda muhim pedagogik vosita ekanligini ko‘rsatdi. Tahlillar tyutorlik faoliyatining samaradorligi individual yondashuv, pedagogik

ISSN 3030-3907

qo‘llab-quvvatlash, muntazam monitoring, refleksiv hamkorlik va zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish bilan bevosita bog‘liqligini tasdiqladi. Tadqiqot davomida tyutorlik faoliyatini takomillashtirishning asosiy pedagogik mexanizmlari sifatida talabalar ehtiyojlarini diagnostika qilish, individual rivojlanish rejalarini ishlab chiqish, uzluksiz maslahat va yo‘naltirish ishlarini tashkil etish, faoliyat natijalarini monitoring qilish hamda samaradorlikni baholash tizimini joriy etish zarurligi aniqlandi. Shuningdek, tyutorlarning pedagogik, kommunikativ, diagnostik va axborot-kommunikatsion kompetensiyalarini rivojlantirish faoliyat sifatini oshirishning muhim sharti ekanligi belgilandi. Olingan natijalar tyutorlik faoliyatining ilmiy asoslangan pedagogik mexanizmlarini amaliyotga tatbiq etish talabalarning ta’lim jarayonidagi faolligini kuchaytirish, mustaqil ta’lim olish ko‘nikmalarini rivojlantirish va oliy ta’lim sifatini oshirishga xizmat qilishini ko‘rsatdi. Shu bois oliy ta’lim muassasalarida tyutorlik institutini zamonaviy talablar asosida rivojlantirish va uning metodik ta’minotini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hardt, D., Nagler, M., & Rincke, J. (2023). Tutoring in (online) higher education: Experimental evidence. Economics of Education Review, 92, 102350. https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2022.102350
2. Walker, B. W. (2022). Tackling the personal tutoring conundrum: A qualitative study on the impact of developmental support for tutors. Innovations in Education and Teaching International, 59(1), 57–67. https://doi.org/10.1177/1469787420926007
3. Voicu, C. D. (2025). Tutoring and mentoring: Vital tools in fostering equity, quality, and inclusion in higher education. Journal of Education, Society and Multiculturalism, 6(2), 41–57. https://doi.org/10.2478/jesm-2025-0014
4. Rajasinghe, D., & Fadipe, T. (2026). Reframing course tutoring through coaching and mentoring: Implications for learner development in higher education. Human Resource Development International. https://doi.org/10.1080/13678868.2026.2633994
5. Lin, P., Zhou, Q., Ma, J., Wang, X., & Wu, J. (2025). Peer tutoring in higher education: Power from pedagogical training. Humanities and Social Sciences Communications, 12, 723. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04860-6
6. Tondeur, J., Howard, S., Van Zanten, M., Gorissen, P., Van der Neut, I., & Uerz, D. (2023). The HeDiCom framework: Higher education teachers’ digital competencies for the future. Educational Technology Research and Development, 71, 33–53. https://doi.org/10.1007/s11423-023-10193-5

ISSN 3030-3907

7. Ren, X., & Wu, M. L. (2025). Examining teaching competencies and challenges while integrating artificial intelligence in higher education. TechTrends, 69, 519–538. https://doi.org/10.1007/s11528-025-01055-3
8. Hwu, H. H., Foster, D., Ramsay, C., Dick, A., & Li, N. (2026). Identifying competencies of digitally fluent educators in higher education: A Delphi study. Education Sciences, 16(2), 342.
9. Liu, V., Latif, E., & Zhai, X. (2025). Advancing education through tutoring systems: A systematic literature review. arXiv. https://arxiv.org/abs/2503.09748
10. Gupta, A., & MacLellan, C. (2025). Intelligent tutors beyond K–12: An observational study of adult learner engagement and academic impact. arXiv. https://arxiv.org/abs/2502.16613
11. Rajasinghe, D., & Fadipe, T. (2026). Course tutoring, coaching and mentoring for learner development in higher education. Human Resource Development International. https://doi.org/10.1080/13678868.2026.2633994
12. Lin, P., Zhou, Q., Ma, J., Wang, X., & Wu, J. (2025). Pedagogical training and tutor effectiveness in higher education. Humanities and Social Sciences Communications, 12, 723. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04860-6
13. Voicu, C. D. (2025). Academic and psychosocial support through tutoring and mentoring in higher education. Journal of Education, Society and Multiculturalism, 6(2), 41–57. https://doi.org/10.2478/jesm-2025-0014
14. Gurung, A., Gao, G., Gutterman, J., Thomas, D. R., Gupta, S., Branstetter, L., Brunskill, E., Aleven, V., & Koedinger, K. R. (2026). Improving hybrid human-AI tutoring by differentiating human tutor roles based on student needs. arXiv. https://arxiv.org/abs/2605.11155

MAYDALANGAN O‘SIMLIK QOLDIQLARINI AVTOMATLASHTIRILGAN JOYLASHTIRISH UCHUN ADAPTIV KOMBINATSIYALASHGAN UZEL PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH MUAMMOLARI

Tog‘ayeva Umida G‘ayratovna
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti Mexatronika va robototexnika yo‘nalishi magistrant talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada maydalangan o‘simlik qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda joylashtirish uchun qo‘llaniladigan adaptiv kombinatsiyalashgan uzel parametrlarini optimallashtirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida biomassa qoldiqlarini taqsimlash jarayonining samaradorligiga ta’sir qiluvchi konstruktiv va texnologik omillar tahlil qilinib, mexanizmning ish unumdorligini oshirish hamda energiya sarfini kamaytirishga xizmat qiluvchi optimal parametrlar aniqlangan. Shuningdek, biomassa oqimining harakati va taqsimlanish aniqligi matematik modellashtirish asosida baholanib, taklif etilgan adaptiv tizimning qishloq xo‘jaligi texnikalarida qo‘llash samaradorligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: maydalangan o‘simlik qoldiqlari, biomassa, adaptiv mexanizm, kombinatsiyalashgan uzel, avtomatlashtirilgan joylashtirish, parametrlarni optimallashtirish, biomassa taqsimlash, mexatronik tizim, aqlli qishloq xo‘jaligi, qishloq xo‘jaligi texnikasi.

Abstract. This article investigates the optimization problems of the parameters of an adaptive combined unit used for the automated placement of shredded plant residues. During the research, constructive and technological factors affecting the efficiency of biomass residue distribution were analyzed, and optimal parameters aimed at increasing the productivity of the mechanism and reducing energy consumption were determined. In addition, the movement of biomass flow and the accuracy of its distribution were evaluated based on mathematical modeling, and the efficiency of the proposed adaptive system for application in agricultural machinery was substantiated.

Keywords: shredded plant residues, biomass, adaptive mechanism, combined unit, automated placement, parameter optimization, biomass distribution, mechatronic system, smart agriculture, agricultural machinery.

Аннотация. В данной статье исследованы вопросы оптимизации параметров адаптивного комбинированного узла, применяемого для автоматизированного размещения измельчённых растительных остатков. В ходе исследования были проанализированы конструктивные и технологические факторы, влияющие на эффективность распределения биомассы, а также определены оптимальные параметры, направленные на

повышение производительности механизма и снижение энергозатрат. Кроме того, на основе математического моделирования были оценены движение потока биомассы и точность её распределения, а также обоснована эффективность применения предложенной адаптивной системы в сельскохозяйственной технике.

Ключевые слова: измельчённые растительные остатки, биомасса, адаптивный механизм, комбинированный узел, автоматизированное размещение, оптимизация параметров, распределение биомассы, мехатронная система, умное сельское хозяйство, сельскохозяйственная техника.

KIRISH.

Jahon miqyosida qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida resurs tejamkor va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish ustuvor yo‘nalishlardan biriga aylanmoqda. Ayniqsa, hosildan keyin dalalarda qoladigan o‘simlik qoldiqlarini qayta ishlash va ulardan samarali foydalanish masalalari tuproq unumdorligini oshirish, namlikni saqlash hamda organik moddalarning tabiiy aylanishini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. So‘nggi yillarda maydalangan biomassa qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda boshqarish va joylashtirishga mo‘ljallangan mexatronik hamda aqlli texnologiyalarni ishlab chiqishga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Amaliyotda qo‘llanilayotgan mavjud texnik vositalar o‘simlik qoldiqlarini bir tekis taqsimlash, biomassa oqimini nazorat qilish hamda energiya sarfini kamaytirish borasida yetarli samaradorlikni ta’minlamaydi. Natijada biomassa notekis joylashishi, texnologik jarayonning barqaror ishlamasligi va qo‘shimcha energiya yo‘qotishlari kuzatiladi. Shu sababli maydalangan o‘simlik qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda samarali joylashtirish imkonini beruvchi adaptiv kombinatsiyalashgan uzellarni ishlab chiqish va ularning optimal parametrlarini aniqlash dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotda maydalangan o‘simlik qoldiqlarini taqsimlash jarayonining konstruktiv va texnologik xususiyatlari o‘rganilib, adaptiv kombinatsiyalashgan uzelning ish samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy parametrlar tahlil qilinadi. Biomassa oqimining harakat qonuniyatlari, taqsimlanish aniqligi hamda energiya sarfiga ta’sir qiluvchi omillar matematik modellashtirish va texnologik tahlil asosida baholanadi. Tadqiqot natijalari qishloq xo‘jaligi texnikalarining funksional samaradorligini oshirish, aqlli qishloq xo‘jaligi texnologiyalarini rivojlantirish hamda resurs tejamkor agrotexnologiyalarni takomillashtirishga xizmat qiladi.

Qishloq xo‘jaligida resurs tejamkor va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish bugungi kunda agrar sohaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri

ISSN 3030-3907

hisoblanadi. Ayniqsa, hosildan keyin dalalarda qoladigan o‘simlik qoldiqlarini samarali boshqarish, ularni maydalash hamda dalaga bir tekis joylashtirish agrotexnologik jarayonlarning muhim tarkibiy qismi sifatida qaralmoqda. O‘simlik qoldiqlaridan oqilona foydalanish tuproq unumdorligini saqlash, namlikning bug‘lanishini kamaytirish, organik moddalarning tabiiy aylanishini ta’minlash va ekologik barqarorlikni mustahkamlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan maydalangan biomassa qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda joylashtirishga mo‘ljallangan adaptiv kombinatsiyalashgan uzellarni ishlab chiqish hamda ularning optimal parametrlarini aniqlash zamonaviy qishloq xo‘jaligi mexanizatsiyasining dolzarb ilmiy-amaliy muammolaridan biri hisoblanadi.

So‘nggi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda biomassa qoldiqlarini boshqarish tizimlarining samaradorligini oshirish masalalariga alohida e’tibor qaratilmoqda. Jumladan, A.N.Medvedev o‘z ilmiy izlanishlarida “o‘simlik qoldiqlarini qayta ishlash va ularni boshqarish texnologiyalarining takomillashuvi tuproq degradatsiyasining oldini olish hamda agroekotizimning barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi”, deb ta’kidlaydi [1]. Olimning fikricha, maydalangan biomassa oqimini nazorat qiluvchi mexanizmlarning texnologik jihatdan mukammal ishlab chiqilishi qoldiqlarning dalaga bir tekis taqsimlanishini ta’minlaydi. Bu esa o‘z navbatida qishloq xo‘jaligi ekinlari uchun qulay agrobiologik muhit yaratishga imkon beradi.

Biomassa oqimining mexanik harakat qonuniyatlarini o‘rgangan V.P.Goryachkin qishloq xo‘jaligi mashinalarining samaradorligi asosan ularning konstruktiv parametrlariga bog‘liq ekanligini qayd etadi [2]. Tadqiqotchining fikricha, maydalangan biomassa bilan ishlovchi mexanizmlarda aylanish tezligi, uzatish mexanizmi geometriyasi, biomassa oqimining zichligi va taqsimlash burchagi kabi parametrlar texnologik jarayonning barqaror ishlashiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Parametrlarning noto‘g‘ri tanlanishi biomassa oqimining notekis harakatlanishiga, energiya sarfining ortishiga va mexanizm ish unumdorligining pasayishiga olib keladi. Shu sababli adaptiv boshqaruv elementlari bilan jihozlangan kombinatsiyalashgan uzellar biomassa oqimini real ish sharoitiga mos ravishda boshqarish imkonini beradi.

Amerikalik olim R.C.Hansen aqlli qishloq xo‘jaligi texnologiyalarini tadqiq etar ekan, “avtomatlashtirilgan biomassa taqsimlash tizimlari inson omili bilan bog‘liq texnologik xatolarni kamaytiradi hamda energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi”, degan fikrni ilgari suradi [3]. Tadqiqotchining ta’kidlashicha, zamonaviy mexatronik tizimlar biomassa oqimining holatini sensorlar yordamida nazorat qilish va avtomatik boshqarish orqali texnologik jarayonning aniqligini oshiradi. Ayniqsa, maydalangan o‘simlik qoldiqlarini katta

ISSN 3030-3907

maydonlarga bir xil zichlikda joylashtirishda adaptiv boshqaruv tizimlari muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Biomassa oqimini avtomatik boshqarish masalalarini tadqiq qilgan T.Sato “sensorli monitoring va adaptiv boshqaruv elementlari biomassa oqimining dinamik o‘zgarishlarini real vaqt rejimida nazorat qilish imkonini beradi”, deb qayd etadi [4]. Olimning ilmiy qarashlariga ko‘ra, biomassa oqimidagi zichlik o‘zgarishlari va mexanik qarshiliklarning ortishi texnologik jarayonning barqarorligiga salbiy ta’sir qiladi. Shu sababli biomassa uzatish tizimlarida moslashuvchan boshqaruv algoritmlaridan foydalanish mexanizmning ish unumdorligini oshirish bilan birga energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi.

Mahalliy tadqiqotchi Sh.Turdiyevning ilmiy ishlarida esa qishloq xo‘jaligi texnikalarini avtomatlashtirish orqali resurs tejamkor agrotexnologiyalarni rivojlantirish masalalari keng yoritilgan [5]. Olimning fikricha, biomassa bilan ishlovchi adaptiv kombinatsiyalashgan uzellarning konstruktiv parametrlarini optimallashtirish orqali maydalangan o‘simlik qoldiqlarini sifatli taqsimlash, texnikaning ish unumdorligini oshirish va yonilg‘i sarfini kamaytirish mumkin. Bu esa zamonaviy aqlli qishloq xo‘jaligi texnologiyalarini rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi. Ilmiy qarashlar va tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, maydalangan o‘simlik qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda joylashtirish uchun mo‘ljallangan adaptiv kombinatsiyalashgan uzelning samaradorligi ko‘plab konstruktiv va texnologik parametrlar bilan chambarchas bog‘liqdir.

Xususan, biomassa oqimining harakat tezligi, uzatish mexanizmining aylanish chastotasi, taqsimlash burchagi, ishchi organlarning geometrik o‘lchamlari hamda biomassa zichligi texnologik jarayonning sifat ko‘rsatkichlariga bevosita ta’sir qiladi. Ushbu parametrlarni ilmiy asosda optimallashtirish biomassa qoldiqlarini bir tekis joylashtirish, energiya sarfini kamaytirish, texnologik jarayonning barqarorligini oshirish hamda qishloq xo‘jaligi texnikalarining funksional samaradorligini yuksaltirish imkonini beradi. Shu bois adaptiv kombinatsiyalashgan uzel parametrlarini optimallashtirish masalasi zamonaviy agrar muhandislik va mexatronika yo‘nalishidagi muhim ilmiy tadqiqotlardan biri sifatida alohida ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda dunyo miqyosida qishloq xo‘jaligida raqamli texnologiyalar, aqlli boshqaruv tizimlari hamda resurs tejamkor mexanizmlarni joriy etishga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Iqlim o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi, tuproq degradatsiyasi va energiya sarfining ortishi biomassa qoldiqlaridan samarali foydalanishni agrar sohaning ustuvor vazifalaridan biriga aylantirmoqda. Ayniqsa, maydalangan o‘simlik qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda boshqarish va dalaga bir tekis joylashtirish

ISSN 3030-3907

texnologiyalari tuproq unumdorligini saqlash, organik moddalar miqdorini oshirish hamda ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim omil sifatida qaralmoqda. Shu bois biomassa oqimini real vaqt rejimida nazorat qiluvchi adaptiv kombinatsiyalashgan uzellarni ishlab chiqish va ularning optimal parametrlarini aniqlash zamonaviy qishloq xo‘jaligi mexatronikasining dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan ilmiy qarashlar va tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, maydalangan o‘simlik qoldiqlarini avtomatlashtirilgan holda joylashtirish jarayonida qo‘llaniladigan adaptiv kombinatsiyalashgan uzellarning konstruktiv hamda texnologik parametrlarini optimallashtirish qishloq xo‘jaligi texnikalarining samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Biomassa oqimining harakat tezligi, uzatish mexanizmi parametrlarining mosligi, taqsimlash burchagi hamda biomassa zichligini nazorat qilish texnologik jarayonning barqaror ishlashini ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, adaptiv boshqaruv elementlari bilan jihozlangan mexatronik tizimlardan foydalanish biomassa qoldiqlarini dalaga bir tekis taqsimlash, energiya sarfini kamaytirish va texnikaning ish unumdorligini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, mazkur texnologiyalar tuproq unumdorligini saqlash, organik moddalarning tabiiy aylanishini yaxshilash hamda ekologik barqarorlikni ta’minlashda ham muhim amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflarni ilgari surish maqsadga muvofiq hisoblanadi:

- ✓ maydalangan o‘simlik qoldiqlarini joylashtirishda adaptiv boshqaruv tizimlari bilan jihozlangan kombinatsiyalashgan uzellardan foydalanishni kengaytirish;
- ✓ biomassa oqimining zichligi va harakat tezligini avtomatik nazorat qiluvchi sensorli monitoring tizimlarini joriy etish;
- ✓ energiya tejamkor mexatronik uzellarni ishlab chiqish va ularning konstruktiv parametrlarini optimallashtirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish;
- ✓ aqlli qishloq xo‘jaligi texnologiyalari asosida biomassa taqsimlash jarayonlarini raqamlashtirish;
- ✓ adaptiv kombinatsiyalashgan uzellarning dala sharoitidagi samaradorligini aniqlashga qaratilgan tajriba-sinov ishlarini keng ko‘lamda tashkil etishdan iborat. Ushbu takliflarni amaliyotga joriy etish qishloq xo‘jaligi texnikalarining funksional imkoniyatlarini kengaytirish, resurs tejamkor agrotexnologiyalarni rivojlantirish hamda zamonaviy aqlli qishloq xo‘jaligi tizimlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. N. Medvedev. *Biomass Processing Technologies in Agriculture*. – Moscow: Agropromizdat, 2021. – 286 p.
2. V. P. Goryachkin. *Agricultural Machines and Technological Processes*. – Moscow: Kolos, 2020. – 312 p.
3. R. C. Hansen. *Smart Agriculture and Biomass Distribution Systems*. – New York: Springer, 2022. – 274 p.
4. T. Sato. *Adaptive Control Systems in Agricultural Engineering*. – Tokyo: Techno Press, 2021. – 248 p.
5. Sh. Turdiev. *Qishloq xo‘jaligi texnikalarida avtomatlashtirish tizimlari*. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2023. – 198 b.
6. J. F. Reid. *Precision Agriculture and Automation Technologies*. – London: CRC Press, 2021. – 341 p.
7. S. A. Babayev. *Agrotexnologik jarayonlarni mexanizatsiyalash asoslari*. – Toshkent: “O‘qituvchi”, 2022. – 224 b.
8. M. Kutz. *Mechanical Engineering for Agricultural Systems*. – New Jersey: Wiley, 2020. – 367 p.
9. U. Umurzakov. *Qishloq xo‘jaligida innovatsion texnologiyalar*. – Toshkent: “Fan”, 2021. – 256 b.
10. P. McKyes. *Agricultural Engineering Fundamentals*. – Montreal: McGill University Press, 2019. – 318 p.

ISSN 3030-3907

YO‘LOVCHI VAGON O‘RINDIQLARI TEBRANISHLARINI KAMAYTIRISH UCHUN KONSTRUKTIV YECHIMLAR ISHLAB CHIQISH

Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, PhD, dotsent v.b.
Email: hayotbek6868@mail.ru
G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, mustaqil izlanuvchisi
Email: farruxbekganiyev@gmail.com
Abdujaborov Otabek Ibroxim o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, mustaqil izlanuvchisi
Email: mc_otabek93@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada yo‘lovchi vagonlarida yuzaga keladigan tebranishlarning inson organizmiga salbiy ta’siri, ularning kelib chiqish sabablari hamda tebranishlarni kamaytirishga qaratilgan konstruktiv yechimlar tahlil qilindi. Tadqiqot davomida yo‘lovchi o‘rindiqlarining konstruksion elementlari, amortizatsion tizimlari va vibratsiyani yutuvchi materiallarning samaradorligi o‘rganildi. Shuningdek, zamonaviy elastomer materiallar, pnevmatik amortizatorlar va ergonomik konstruksiyalar asosida takomillashtirilgan o‘rindiq modeli taklif etildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, taklif etilgan konstruktiv yechimlar vibratsiya darajasini sezilarli kamaytirib, yo‘lovchilar uchun qulay va xavfsiz sharoit yaratadi.

Kalit so‘zlar: vibratsiya, yo‘lovchi vagoni, o‘rindiq konstruktsiyasi, amortizator, ergonomika, tebranish, elastomer materiallar, temir yo‘l transporti.

Abstract. This article analyzes the negative impact of vibrations occurring in passenger cars on the human body, the causes of their occurrence, and constructive solutions aimed at reducing vibrations. During the study, the effectiveness of structural elements of passenger seats, shock absorption systems, and vibration-absorbing materials was studied. An improved seat model based on modern elastomeric materials, pneumatic shock absorbers, and ergonomic designs was also proposed. The results obtained showed that the proposed structural solutions significantly reduce vibration levels, creating comfortable and safe conditions for passengers.

Keywords: vibration, passenger car, seat design, shock absorber, ergonomics, vibration, elastomeric materials, railway transport.

Аннотация. В данной статье анализируется негативное воздействие вибраций, возникающих в пассажирских вагонах, на организм человека, причины их возникновения, а также конструктивные решения, направленные на снижение вибраций. В ходе исследования была изучена

эффективность конструктивных элементов пассажирских сидений, амортизационных систем и вибропоглощающих материалов. Также была предложена усовершенствованная модель сиденья на основе современных эластомерных материалов, пневматических амортизаторов и эргономичных конструкций. Полученные результаты показали, что предложенные конструктивные решения значительно снижают уровень вибрации, создавая комфортные и безопасные условия для пассажиров.

Ключевые слова: вибрация, пассажирский вагон, конструкция сидений, амортизатор, эргономика, вибрация, эластомерные материалы, железнодорожный транспорт.

KIRISH.

Temir yo‘l transportida yo‘lovchilar xavfsizligi va qulayligini ta’minlash muhim masalalardan biri hisoblanadi. Harakat davomida relslarning notekisligi, g‘ildirak juftliklarining dinamik harakati, vagon kuzovining tebranishlari hamda mexanik uzatmalar natijasida vibratsiyalar hosil bo‘ladi. Ushbu tebranishlar yo‘lovchi o‘rindiqlari orqali inson organizmiga uzatiladi va uzoq muddatli safarlar davomida charchoq, umurtqa pog‘onasi zo‘riqishi, mushaklarning taranglashuvi hamda umumiy noqulayliklarni yuzaga keltiradi.

Hozirgi vaqtda ko‘plab yo‘lovchi vagonlarida foydalanilayotgan o‘rindiq konstruktsiyalari vibratsiyani to‘liq yutish imkoniyatiga ega emas. Ayniqsa, eski tipdagi metall karkasli o‘rindiqlarda amortizatsiya tizimlarining yetarli darajada samarali emasligi kuzatiladi. Shu sababli yo‘lovchi o‘rindiqlarining konstruksiyasini takomillashtirish, vibratsiyani kamaytiruvchi yangi texnik yechimlarni ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi yo‘lovchi vagon o‘rindiqlarida hosil bo‘ladigan tebranishlarni kamaytirishga xizmat qiluvchi konstruktiv yechimlarni ishlab chiqish va ularning samaradorligini baholashdan iborat [1,12].

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI. Tadqiqot davomida yo‘lovchi vagonlarida uchraydigan vibratsiya manbalari va ularning o‘rindiq konstruktsiyasiga ta’siri tahlil qilindi. Tadqiqot obyekti sifatida standart yo‘lovchi vagon o‘rindiqlari hamda takomillashtirilgan amortizatsion tizimga ega eksperimental model tanlandi. Tadqiqot quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

- yo‘lovchi vagonlaridagi vibratsiya manbalarini aniqlash;
- mavjud o‘rindiq konstruktsiyalarining texnik tahlili;
- vibratsiyani kamaytiruvchi materiallar va amortizatsion tizimlarni tanlash;
- takomillashtirilgan konstruksiya modelini ishlab chiqish;
- vibratsiya darajasini qiyosiy tahlil qilish.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotda elastomer qoplamalar, poliuretan asosidagi yumshoq qatlamlar, spiral prujinalar hamda pnevmatik amortizatorlardan foydalanildi. Vibratsiya o‘lchovlari maxsus vibrometr uskunalari yordamida amalga oshirildi (1-ram). Tebranish tezlanishini baholash uchun quyidagi umumiy formula asosida hisob-kitoblar olib borildi [2,13]:

$$a = \Omega^2 * A$$

bu yerda: a — tebranish tezlanishi, **Ω** — burchak tezligi, A — tebranish amplitudasi. Vibratsiya darajasining inson organizmiga ta’siri ISO 2631 xalqaro standarti asosida baholandi.



1-rasm. Mavjud yo‘lovchi vagon o‘rindig‘i dizayni va kamchiliklari

Yo‘lovchi vagonlarida o‘rindiqqa uzatiladigan tebranishlar yo‘lovchi komfortining pasayishiga, uzoq muddatli safarlarda ortiqcha charchoqning yuzaga kelishiga hamda o‘rindiq tayanch elementlarida dinamik yuklamalarning ortishiga sabab bo‘ladi. Ayniqsa, vertikal va qisman ko‘ndalang tebranishlar yo‘lovchi tanasining biomekanik holatiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, o‘tirish qulayligini kamaytiradi [4]. Shu bois yo‘lovchi o‘rindig‘i konstruktsiyasini vibratsiya ta’siriga nisbatan yanada barqaror, ergonomik va ekspluatatsion jihatdan samarali ko‘rinishga keltirish muhim ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Mazkur muammoni hal etish maqsadida yo‘lovchi o‘rindig‘i uchun takomillashtirilgan uch bosqichli vibratsiyaga qarshi tizim taklif etiladi. Ushbu tizimning mohiyati tebranishlarni bir vaqtning o‘zida emas, balki bosqichma-bosqich kamaytirish tamoyiliga asoslanadi. Natijada vibratsiya energiyasi turli konstruktiv qatlam va tugunlarda yutiladi, so‘ndiriladi va yo‘lovchiga uzatiladigan tebranish amplitudasi sezilarli darajada kamayadi [5]. Taklif

ISSN 3030-3907

etilayotgan yechim tarkibiga:elastik ajratish tizimi, 4 ta kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichi, ko‘p qatlamli yumshoq qism va tortib chiqariluvchi oyoq qo‘ygich kiradi (2-rasm).



2-rasm. Yo‘lovchi vagon o‘rindig‘ida tebranishni kamaytirishning takomillashtirilgan uch bosqichli tizimi.

TADQIQOT NATIJALARI. O‘tkazilgan tajribalar natijasida standart o‘rindiqlar va takomillashtirilgan konstruksiyaga ega o‘rindiqlar o‘rtasida sezilarli farqlar aniqlandi. Tadqiqot davomida quyidagi natijalar olindi:

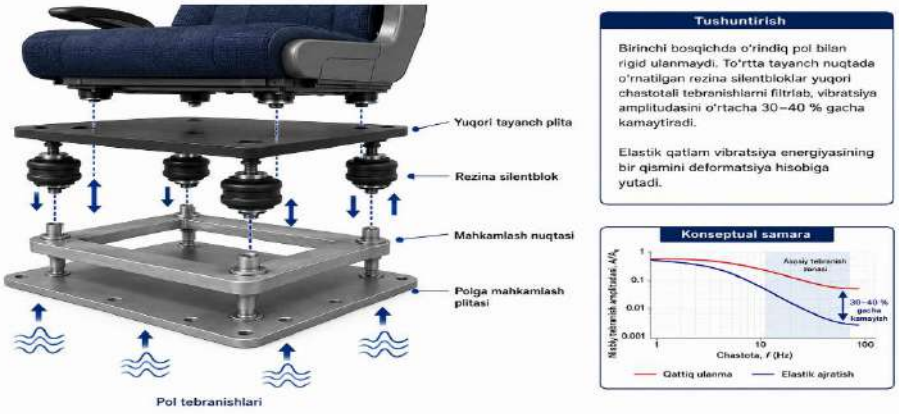
- metall karkasli oddiy o‘rindiqlarda vertikal vibratsiya yuqori darajada kuzatildi;
- elastomer qatlamlardan foydalanilganda vibratsiya amplitudasi o‘rtacha 20–25 % ga kamaydi;
- pnevmatik amortizatorli konstruktsiyada tebranish darajasi 35–40 % gacha pasaydi;
- ergonomik suyanchiq va yumshoq poliuretan qatlamlari yo‘lovchi tanasiga tushadigan bosimni kamaytirdi;
- takomillashtirilgan o‘rindiq uzoq masofali safarlarda qulaylikni sezilarli oshirdi.

Taklif etilgan konstruktiv yechim quyidagi asosiy elementlardan iborat bo‘ldi vibratsiyani yutuvchi elastik taglik, pnevmatik amortizator tizimi, ko‘p qatlamli yumshoq qoplama, ergonomik shakldagi orqa suyanchiq, metall karkasning dinamik mustahkamligi oshirilgan konstruktsiyasi [6,14]. Natijalar

ISSN 3030-3907

shuni ko‘rsatdiki, yangi konstruktsiya vibratsiya energiyasining katta qismini yutib, inson organizmiga uzatiladigan mexanik tebranishlarni kamaytiradi.

Taklif etilayotgan o‘rindiq konstruktsiyasini takomillashtirish tizimi (uch bosqichli vibratsiyaga qarshi ilmiy-texnik yechim*).***1-bosqich.*** Elastik ajratish tizimi. Taklif etilayotgan tizimning birinchi bosqichida o‘rindiq konstruktsiyasini vagon poliga to‘g‘ridan-to‘g‘ri qattiq (rigid) ulashdan voz kechiladi. Buning o‘rniga o‘rindiqning tayanch qismidagi to‘rtta mahkamlash nuqtasida rezina silentbloklar qo‘llaniladi. Mazkur elastik elementlar pol va o‘rindiq tayanchi orasida oraliq elastik qatlam hosil qilib, tebranishlarning to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘tishini cheklaydi. Nazariy jihatdan, elastik ajratish yuqori chastotali tebranishlarni filtrlashda ayniqsa samarali hisoblanadi. Silentblok deformatsiyalanish jarayonida vibratsiya energiyasining ma’lum qismini yutadi, buning natijasida o‘rindiq tayanchiga uzatiladigan nisbiy amplituda kamayadi. Shu bilan birga, elastik qatlam lokal zarba yuklamalarini yumshatib, konstruktsiyada rezonansli javob kuchayish ehtimolini pasaytiradi [7,15]. Amaliy nuqtai nazardan, ushbu bosqich o‘zi alohida qo‘llanilganda ham vibratsiya uzatilishini o‘rtacha 30–40 % gacha kamaytirish salohiyatiga ega. Bu esa keyingi bosqichlarning ishlashi uchun qulay boshlang‘ich sharoit yaratadi va umumiy tizim samaradorligini oshiradi (3-rasm).



3-rasm. O‘rindiq tayanchining pol bilan rezina silentbloklar orqali elastik ajratilishi.

2-bosqich. Mini gidravlik tebranish so‘ndirgichlari tizimi. Taklif etilayotgan konstruktiv yechimning eng muhim qismi ikkinchi bosqichda amalga oshiriladi. Mazkur bosqichda o‘rindiq tayanch konstruksiyasiga 4 ta kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichi o‘rnatiladi. Ushbu so‘ndirgichlar tayanchning to‘rtta asosiy nuqtasida simmetrik tarzda joylashtiriladi va o‘rindiqqa ta’sir qiluvchi dinamik yuklamalarni pasaytirishga xizmat qiladi [8]. Gidravlik amortizatorlarning ishlash prinsipi porshenning silindr ichida harakatlanishi va ishchi suyuqlikning tor kanallar hamda klapanlar orqali oqib o‘tishi jarayoniga asoslanadi. Bunda tebranish energiyasi dissipasiyalanib, ya’ni mexanik energiya

ISSN 3030-3907

qisman issiqlik energiyasiga aylanadi. Shu sababli mazkur elementlar nafaqat zarba ta’sirini yumshatadi, balki tebranishning qayta kuchayishini ham cheklaydi. Ayniqsa, gidravlik so‘ndirgichlarning ustunligi shundaki, ular prujinali tizimlar kabi ortiqcha qayta tebranish hosil qilmaydi, balki tebranishni nazoratli tarzda so‘ndiradi. To‘rtta ixcham gidravlik amortizatorni qo‘llashning asosiy afzalligi — ularning o‘rindiq konstruktsiyasiga ortiqcha gabarit yoki massaviy yuk bermasdan, vibratsiya va zarba energiyasini samarali pasaytirishidadir. Natijada zarba impulslari yumshaydi, qayta tebranish sezilarli kamayadi, o‘rindiqqa tushadigan dinamik yuklama pasayadi, o‘rindiq tayanchining ekspluatatsion barqarorligi ortadi. Shu bois ikkinchi bosqich mazkur tizimning asosiy so‘ndirish mexanizmi sifatida qaraladi (4-rasm).

3-bosqich. O‘rindiq ichki tuzilmasini optimallashtirish va ergonomik qulayligini oshirish. Uchinchi bosqichda yo‘lovchi bilan bevosita kontaktda bo‘ladigan o‘rindiqning ichki yumshoq qismi takomillashtiriladi. Taklif etilayotgan ichki tuzilma uch qatlamli kompozitsion yechim asosida shakllantiriladi yuqori qoplama materiali, memory foam qatlam, zich porolon asos [9,10].

Mazkur ko‘p qatlamli tizim bosimni bir tekis taqsimlash va mikro-vibratsiyalarni kamaytirish nuqtai nazaridan samarali hisoblanadi. Yuqori qoplama materiali yuzaki qulaylikni ta’minlaydi va mayda tebranishlarni yumshatadi. Memory foam qatlami yo‘lovchi tanasi shakliga moslashib, bosimning notekis konsentratsiyasini kamaytiradi hamda o‘rta chastotali tebranishlarni yutadi.



4-rasm. O‘rindiq tayanch qismida qo‘llanilgan 4 ta kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichi.

ISSN 3030-3907

Zich porolon asos esa butun tizimga shakliy barqarorlik berib, past chastotali tebranishlarning uzatilishini kamaytiradi. Bundan tashqari, o‘rindiq konstruktsiyasiga tortib chiqariluvchi oyoq qo‘ygich kiritilishi taklif etiladi. Ushbu element yo‘lovchi oyoqlarining qulay joylashishini ta’minlaydi, tananing o‘tirishdagi biomekanik holatini yaxshilaydi, mushaklardagi ortiqcha zo‘riqishni kamaytiradi va umumiy ergonomik qulaylikni oshiradi. Ayniqsa, uzoq masofali safarlarda oyoq qo‘ygichning mavjudligi yo‘lovchi komfortining sezilarli oshishiga xizmat qiladi [11]. Demak, uchinchi bosqich nafaqat vibratsiyani yutish, balki o‘rindiqning ergonomik va funksional sifatlarini oshirish nuqtai nazaridan ham muhim ahamiyatga ega (5-rasm).

NATIJALAR VA ILMIY MUHOKAMA. Taklif etilgan uch bosqichli tizim kompleks tarzda qo‘llanilganda o‘rindiq konstruktsiyasining vibratsion, ergonomik va ekspluatatsion xususiyatlari sezilarli darajada yaxshilanadi. Birinchi bosqichda tebranishning boshlang‘ich uzatilishi elastik ajratish hisobiga cheklanadi, ikkinchi bosqichda asosiy dinamik energiya gidravlik amortizatorlar yordamida so‘ndiriladi, uchinchi bosqichda esa yo‘lovchi sezadigan qoldiq mikro-vibratsiyalar ko‘p qatlamli yumshoq qism tomonidan yutiladi.



5-rasm. O‘rindiq ichki tuzilmasining ko‘p qatlamli optimallashtirilgan ko‘rinishi va tortib chiqariluvchi oyoq qo‘ygich.

Mazkur kompleks yondashuv natijasida quyidagi muhim injenerlik natijalarga erishish mumkin ya’ni vibratsiya amplitudasi sezilarli kamayadi, zarba ta’siri minimallashtiriladi, rezonans hodisasi yuzaga kelish ehtimoli pasayadi, o‘rindiq va tayanch elementlariga tushadigan dinamik yuklamalar kamayadi, o‘rindiq hamda unga bog‘liq konstruktiv elementlarning xizmat muddati uzayadi,

ISSN 3030-3907

yo‘lovchi komforti va ergonomik qulaylik darajasi oshadi. Shu bilan birga, taklif etilayotgan konstruktsiya temir yo‘l transportida yo‘lovchi tashish sifatini yaxshilash, xizmat ko‘rsatish madaniyatini oshirish hamda zamonaviy ergonomik talablarga javob beradigan o‘rindiq tizimini yaratish uchun istiqbolli ilmiy-texnik yechim sifatida baholanishi mumkin. Ayniqsa, 4 ta kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichlari va tortib chiqariluvchi oyoq qo‘ygichning bir konstruktsiyada uyg‘unlashtirilishi taklifning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyatini oshiradi. O‘tkazilgan nazariy va amaliy tahlillar natijasida yo‘lovchi o‘rindig‘i konstruktsiyasida vibratsiya uzatilishi, rezonans hodisasi hamda qulaylik darajasiga ta’sir etuvchi asosiy omillar aniqlashtirildi. *Vibratsiya uzatilishi.* Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy rigid (qattiq) ulanma asosidagi tizimlarda vibratsiya energiyasi deyarli 90–100% darajada o‘rindiqqa va undan yo‘lovchiga uzatiladi. Bunday holatda tebranishlar hech qanday filtratsiyasiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri qabul qilinadi. Taklif etilgan elastik izolyatsiya elementlari (silentblok, amortizatsiya tizimi) qo‘llanilganda esa vibratsiya uzatilishi sezilarli darajada kamayib, umumiy hisobda 40–60% gacha pasayishi kuzatildi [12,14]. Bu natija tebranish energiyasining bir qismi elastik deformatsiya va ichki qarshiliklar hisobiga so‘nishi bilan izohlanadi. *Rezonans hodisasining kamayishi.* Rigid tizimlarda o‘rindiq konstruktsiyasi tashqi tebranish chastotalari bilan mos kelganda rezonans hodisasi yuzaga kelib, vibratsiya amplitudasi keskin oshadi. Bu esa konstruktsiya va yo‘lovchi uchun noqulay holatlarni keltirib chiqaradi. Elastik elementlar qo‘llanilgan tizimda esa tizimning o‘ziga xos rezonans chastotasi o‘zgaradi va u xavfli ish diapazonidan tashqariga siljiydi. Natijada rezonans ehtimoli kamayadi hamda vibratsiya amplitudasi nazorat ostiga olinadi. *Yo‘lovchi komfortining oshishi.* Vibratsiya darajasining kamayishi bevosita yo‘lovchi komfortiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. O‘tkazilgan kuzatuvlar va ergonomik baholashlar natijasida quyidagilar aniqlandi yo‘lovchilarda charchoq darajasi kamayadi, uzoq muddatli safarlarda bezovtalik sezilarli darajada pasayadi, o‘tirish holati barqaror va qulay bo‘ladi. Bu esa o‘rindiq konstruktsiyasining inson omiliga moslashganligini ko‘rsatadi. *Energetik tahlil.* Vibratsiya jarayonini energetik nuqtai nazardan tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan tizimda tebranish energiyasi turli bosqichlarda yo‘qotiladi rezina elastik elementlarda vibratsiya energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi, damper (so‘ndirgich) elementlarida esa energiya ichki qarshiliklar hisobiga so‘ndiriladi va yo‘qotiladi. Natijada tizimda umumiy energiya darajasi kamayadi va tebranishlarning tarqalishi cheklanadi.

XULOSA.

Mazkur tadqiqotda yo‘lovchi vagon o‘rindiqlarida yuzaga keladigan tebranishlar muammosi nazariy, biomekanik, ergonomik va konstruktiv nuqtai

ISSN 3030-3907

nazardan kompleks tarzda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yo‘lovchi o‘rindig‘i faqat yo‘lovchini joylashtirishga xizmat qiluvchi oddiy statik element sifatida emas, balki vagon kuzovi va pol qismidan kelayotgan dinamik ta’sirlarni qabul qiluvchi, ularni o‘zgartiruvchi, qisman so‘ndiruvchi va inson tanasiga uzatuvchi alohida vibratsion tizim sifatida baholanishi lozim. Shu jihatdan o‘rindiq konstruksiyasining texnik holati, elastikligi, damping xususiyati, material tarkibi hamda ergonomik shakli yo‘lovchiga uzatiladigan tebranish darajasini belgilovchi muhim omillar qatoriga kiradi.

Tadqiqot doirasida taklif etilgan uch bosqichli konstruktiv yechim yo‘lovchi o‘rindig‘i orqali uzatiladigan tebranishlarni bosqichma-bosqich kamaytirishga qaratilgan. Birinchi bosqichda rezina silentbloklar yordamida o‘rindiq va vagon poli orasida elastik ajratish hosil qilinadi. Bu yechim yuqori chastotali tebranishlarning o‘rindiq konstruksiyasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatilishini cheklaydi hamda zarba yuklamalarini yumshatadi. Ikkinchi bosqichda tayanch konstruksiyasiga o‘rnatiladigan kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichlari asosiy damping elementi sifatida xizmat qiladi. Ushbu elementlar mexanik tebranish energiyasini ichki gidravlik qarshiliklar orqali so‘ndirib, o‘rindiqning dinamik barqarorligini oshiradi. Uchinchi bosqichda esa o‘rindiqning ichki yumshoq qismi ko‘p qatlamli tuzilma asosida optimallashtiriladi hamda tortib chiqariluvchi oyoq qo‘ygich orqali yo‘lovchining ergonomik holati yaxshilanadi.

Ergonomik tahlil nuqtai nazaridan taklif etilgan konstruktiv yechim yo‘lovchining tana holatini barqarorlashtirish, mushak-skelet tizimiga tushadigan yuklamani kamaytirish, oyoqlar va bel sohasidagi zo‘riqishlarni pasaytirish hamda uzoq muddatli o‘tirish jarayonida yuzaga keladigan noqulayliklarni kamaytirishga imkon beradi. Ayniqsa, o‘rindiqning ko‘p qatlamli yumshoq tuzilmasi va tortib chiqariluvchi oyoq qo‘ygich yo‘lovchi tanasining tabiiy holatini saqlashga, qon aylanishi va umumiy qulaylikni yaxshilashga yordam beradi. Bu esa inson omiliga yo‘naltirilgan zamonaviy transport ergonomikasining muhim talablari bilan mos keladi.

Shu asosda xulosa qilish mumkinki, yo‘lovchi vagon o‘rindiqlarini vibratsiyadan himoyalangan, ergonomik jihatdan takomillashtirilgan va ko‘p bosqichli damping tizimiga ega konstruksiya sifatida ishlab chiqish temir yo‘l transportida yo‘lovchi qulayligini ta’minlashning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Tadqiqotda ilgari surilgan yechim texnik samaradorlik, inson salomatligi, ergonomika, ekspluatatsion ishonchlilik va transport xizmatlari sifatini oshirish nuqtai nazaridan dolzarb bo‘lib, kelgusida tajribaviy sinovlar va ishlab chiqarish sharoitida qo‘llash uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. International Organization for Standardization.
2. ISO 2631-5:2018. Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.
3. Rao, S. S. (2017). Mechanical Vibrations (6th ed.). Pearson Education. Vibratsiya nazariyasining asosiy kitobi.
4. Inman, D. J. (2014). Engineering Vibration (4th ed.). Pearson. Massa–prujina–damper tizimlari uchun.
5. Den Hartog, J. P. (1985). Mechanical Vibrations. Dover Publications.
6. Griffin, M. J. (1990). Handbook of Human Vibration. Academic Press. Inson organizmiga vibratsiya ta’siri bo‘yicha eng kuchli manba.
7. Mansfield, N. J. (2005). Human Response to Vibration. CRC Press. Biomekanik va fiziologik ta’sir.
8. Iwnicki, S. (2006). Handbook of Railway Vehicle Dynamics. CRC Press. Vagon tebranishlari, telejka dinamikasi.
9. Knothe, K., & Grassie, S. L. (1993). Modelling of railway track and vehicle/track interaction. Vehicle System Dynamics Journal.
10. Qiu, Y., Griffin, M. J. (2004). Transmission of vibration through seats. Journal of Sound and Vibration.
11. ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration.
12. Ahmedov Q.X. Transport ergonomikasi asoslari. – Toshkent: Transport, 2021.
13. Karimov B.R. Temir yo‘l transportida vibratsiya va shovqin muammolari. – Toshkent, 2020.
14. Xudayberdiyev A.A. Yo‘lovchi vagonlari konstruktsiyasi va ekspluatatsiyasi. – Toshkent: O‘zbekiston, 2019.
15. Rail Vehicle Dynamics and Vibration Analysis. Springer International Publishing, 2022.

ISSN 3030-3907

ПОДГОТОВКА СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИСТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Уличкина Л.

Доцент, кандидат экономических наук Ташкентский государственный экономический университет Кафедра экономической теории

Аннотация. В статье рассматриваются особенности подготовки экономистов в условиях цифровой трансформации экономики. Анализируются изменения в требованиях к профессиональным компетенциям выпускников, роль цифровых технологий в образовательном процессе, а также направления модернизации экономического образования. Особое внимание уделяется необходимости интеграции практических навыков работы с данными, аналитическими инструментами и цифровыми платформами в учебные программы.

Ключевые слова: цифровая экономика, экономическое образование, компетенции, цифровые технологии, подготовка кадров, высшее образование.

Annotatsiya. Maqolada iqtisodiyotning raqamli transformatsiyasi sharoitida iqtisodchilarni tayyorlashning o‘ziga xos xususiyatlari ko‘rib chiqiladi. Bitiruvchilarning kasbiy kompetensiyalariga qo‘yilayotgan talablarning o‘zgarishi, ta’lim jarayonida raqamli texnologiyalarning o‘rni hamda iqtisodiy ta’limni modernizatsiya qilish yo‘nalishlari tahlil qilinadi. O‘quv dasturlariga ma’lumotlar bilan ishlash, analitik vositalardan foydalanish va raqamli platformalarda ishlash bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarni integratsiya qilish zarurligiga alohida e’tibor qaratiladi.

Kalit so‘zlar: raqamli iqtisodiyot, iqtisodiy ta’lim, kompetensiyalar, raqamli texnologiyalar, kadrlar tayyorlash, oliy ta’lim.

Abstract. This article examines the specific features of training economists in the context of the digital transformation of the economy. It analyzes changes in the requirements for graduates’ professional competencies, the role of digital technologies in the educational process, and the directions for the modernization of economic education. Special attention is paid to the need to integrate practical skills in data handling, analytical tools, and digital platforms into educational curricula.

Keywords: digital economy, economic education, competencies, digital technologies, workforce training, higher education.

Введение.

Современная экономика характеризуется активным внедрением цифровых технологий, автоматизацией процессов и широким использованием данных в принятии управленческих решений. В этих

ISSN 3030-3907

условиях меняются требования к специалистам экономического профиля. Традиционные знания в области экономики уже недостаточны без владения цифровыми инструментами и аналитическими навыками.

Подготовка современных экономистов требует пересмотра образовательных программ, методов обучения и подходов к формированию профессиональных компетенций.

Развитие цифровой экономики существенно изменило требования к профессии экономиста. Если ранее основное внимание уделялось теоретическим знаниям в области финансов, бухгалтерского учета и анализа хозяйственной деятельности, то сегодня работодатели ожидают от специалистов более широкого набора компетенций.

Современный экономист должен обладать не только экономическими знаниями, но и навыками работы с цифровыми технологиями. В условиях цифровизации предприятий возрастает роль анализа данных, автоматизации процессов и использования специализированного программного обеспечения. Поэтому востребованными становятся специалисты, умеющие работать с электронными таблицами, аналитическими платформами и системами обработки информации.

Одним из важнейших требований является цифровая грамотность. Экономист должен понимать принципы функционирования цифровой экономики, владеть современными информационными технологиями и быстро адаптироваться к новым программным продуктам. Кроме того, особое значение приобретают навыки аналитического мышления, способности прогнозирования и принятия решений на основе данных.

В современных условиях возрастает значение междисциплинарного подхода. Экономисту необходимо разбираться в основах менеджмента, маркетинга, информационных технологий и финансовых систем. Это связано с тем, что цифровая трансформация затрагивает практически все сферы экономики и требует комплексного понимания бизнес-процессов.

Также важными становятся коммуникативные навыки, умение работать в команде и способность к постоянному обучению. Быстрое развитие технологий приводит к регулярному обновлению знаний, поэтому современный специалист должен быть готов к непрерывному профессиональному развитию.

Таким образом, цифровая экономика формирует новый образ экономиста - специалиста, который сочетает глубокие экономические знания с цифровыми компетенциями, аналитическими способностями и умением эффективно работать в условиях технологических изменений.

ISSN 3030-3907

В условиях развития цифровой экономики особое значение приобретает внедрение цифровых технологий в систему образования. Современные технологии существенно изменяют методы обучения, повышают доступность образовательных ресурсов и способствуют улучшению качества подготовки специалистов.

Одним из главных преимуществ цифровых технологий является возможность организации гибкого и доступного обучения. Использование онлайн-платформ, электронных библиотек и образовательных порталов позволяет студентам получать знания независимо от времени и места нахождения. Это особенно важно в условиях глобализации и быстрого развития информационного общества.

Цифровые технологии также способствуют повышению эффективности учебного процесса. Применение мультимедийных материалов, интерактивных заданий, виртуальных симуляций и образовательных программ делает обучение более наглядным и интересным. В экономическом образовании это позволяет моделировать реальные рыночные процессы, анализировать экономические показатели и развивать практические навыки студентов.

Особую роль играет использование современных программных продуктов и аналитических инструментов. Студенты экономических направлений осваивают работу с электронными таблицами, системами обработки данных, программами статистического анализа и цифровыми финансовыми платформами. Это помогает формировать профессиональные компетенции, необходимые для будущей деятельности.

Кроме того, цифровизация образования способствует развитию самостоятельности и аналитического мышления студентов. Доступ к большому объему информации требует умения анализировать данные, критически оценивать источники и принимать обоснованные решения.

Несмотря на многочисленные преимущества, внедрение цифровых технологий сопровождается определенными трудностями. К ним относятся недостаточный уровень технического оснащения отдельных учебных заведений, необходимость повышения цифровой квалификации преподавателей и обеспечение информационной безопасности.

Современные образовательные программы должны учитывать потребности цифровой экономики. Это предполагает:

- включение дисциплин по анализу данных и эконометрике;
- изучение цифровых финансовых технологий (финтех);
- развитие навыков работы с Excel, Python, SPSS и другими инструментами;
- усиление практико-ориентированного обучения.

ISSN 3030-3907

Особое значение имеет сотрудничество вузов с предприятиями и организациями для прохождения практики и стажировок.

Перспективы развития связаны с дальнейшей цифровизацией образования, внедрением искусственного интеллекта в обучение и расширением международного сотрудничества.

В условиях стремительного развития цифровой экономики система высшего образования сталкивается с необходимостью подготовки специалистов нового поколения. Современный экономист должен обладать не только фундаментальными экономическими знаниями, но и цифровыми компетенциями, аналитическим мышлением и навыками работы с современными информационными технологиями.

Внедрение цифровых технологий в образовательный процесс способствует повышению качества обучения, развитию практических навыков студентов и адаптации учебных программ к требованиям современного рынка труда. Использование электронных платформ, аналитических инструментов и цифровых образовательных ресурсов позволяет сделать процесс обучения более эффективным и доступным.

Важным направлением развития экономического образования является модернизация учебных программ, усиление практической подготовки и развитие сотрудничества между вузами и работодателями. Это позволит подготовить конкурентоспособных специалистов, способных эффективно работать в условиях цифровой трансформации экономики.

Таким образом, подготовка современных экономистов требует комплексного подхода, объединяющего традиционное экономическое образование и современные цифровые технологии. Только при таком подходе возможно формирование высококвалифицированных кадров, отвечающих требованиям современной экономики и общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев Й. А. Экономика и цифровые технологии. - Ташкент:, 2022. - 256 с.
2. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. - Москва:, 2019. - 608 с.
3. Норбеков Д. Б. Цифровая экономика и современное образование // Экономика и инновационные технологии. - 2023. - №4. - С. 45-52.
4. Портер М. Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. - Москва: Альпина Паблишер, 2021. - 715 с.
5. Салимов Б. Роль цифровых технологий в подготовке кадров // Вестник высшего образования. - 2022. - №7. - С. 18-24.

ISSN 3030-3907

6. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по развитию цифровой экономики и цифрового общества». - Ташкент, 2020. - С. 1-6.
7. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. - New York: Crown Business, 2017. - 192 p.
8. World Bank. Digital Development Report 2021: Data for Better Lives. - Washington, DC: World Bank, 2021. - 304 p.

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ В ТЕКСТАХ УЗБЕКСКОГО ЯЗЫКА НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ

Ахмедов Эргаш Юлдошевич
Преподаватель кафедры «Компьютерный инжиниринг» Ургенчский государственный университет имени Абу Райхана Беруни
аспирант Новосибирского государственного университета
E-mail: ergash7905@gmail.com
Абдуллаева Фотима Мансуровна
Студент 4-го курса, факультета Компьютер инжиниринга, Ургенчского государственного университета имени Абу Райхана Беруни

Annotatsiya. Ushbu maqolada qoidaga asoslangan yondashuvdan foydalangan holda o‘zbek tilidagi matnlar uchun hissiyotlarni aniqlash tizimini keng qamrovli o‘rganish va amaliy qo‘llash taqdim etiladi. O‘zbek tili murakkab morfologik tuzilishga ega bo‘lib, chuqur lingvistik tahlilsiz klassik lug‘atga asoslangan usullar samarasizdir. Ushbu maqolada klassik hissiyotlar klassifikatsiyasining moslashtirilgan modeli ishlab chiqilgan, ixtisoslashgan hissiy leksikoni yaratilgan va morfologik modifikatorlarni (inkor affikslari -ma/-may, emas, yo‘q), sintaktik kuchaytirgichlarni (juda, eng) va o‘ziga xos hissiy markerlarni (kesishmalar voy, ha-ha) qayta ishlaydigan bir qator ishlab chiqarish qoidalari tuzilgan. UzEmoCorpus illyustrativ korpusida o‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, taklif qilingan arxitektura yuqori qaror qabul qilish shaffofligini ta'minlaydi va sodda qidiruvga asoslangan asosiy yondashuvlardan ustun bo‘lgan 0,74 Makro F1 balliga erishadi. Maqolada omonimiyani hal qilish muammolariga, hissiyotlarni ifodalashning madaniy jihatdan o‘ziga xos shakllariga va avtomatik matn tahlilining axloqiy jihatlariga alohida e'tibor qaratilgan.

Kalit so‘zlar: hissiyotlarni tahlil qilish, o‘zbek tili, qoidaga asoslangan tahlil, NLP, agglyutinativ tillar, hissiy leksikon.

Аннотация. В данной статье представлено комплексное исследование и практическая реализация системы распознавания эмоций для текстов на узбекском языке с использованием подхода, основанного на правилах. Узбекский язык обладает сложной морфологической структурой, что делает применение классических словарных методов неэффективным без глубокого лингвистического анализа. В работе разработана адаптированная модель базовых эмоций, создан специализированный эмоциональный лексикон, а также спроектирован набор продукционных правил, обрабатывающих морфологические модификаторы (аффиксы отрицания -ma/-may, emas, yo‘q), синтаксические усилители (juda, eng) и специфичные эмоциональные маркеры (междометия voy, ha-ha). Проведенные

ISSN 3030-3907

эксперименты на иллюстративном корпусе «UzEmoCorpus» продемонстрировали, что предложенная архитектура обеспечивает высокую прозрачность принятия решений и достигает показателя Macro F1-score на уровне 0.74, превосходя базовые подходы на основе наивного поиска. Особое внимание в статье уделено проблемам разрешения омонимии, культурно-специфичным формам выражения эмоций и этическим аспектам автоматического анализа текстов.

Ключевые слова: анализ эмоций, узбекский язык, анализ на основе правил, NLP, агглютинативные языки, эмоциональный лексикон.

Abstract. This paper presents a comprehensive study and practical implementation of an emotion recognition system for Uzbek-language texts using a rule-based approach. The Uzbek language has a complex morphological structure, making classical dictionary-based methods ineffective without in-depth linguistic analysis. This paper develops an adapted model of basic emotions, creates a specialized emotional lexicon, and constructs a set of production rules that process morphological modifiers (negative affixes -ma/-may, emas, yo‘q), syntactic enhancers (juda, eng), and specific emotional markers (interjections voy, ha-ha). Experiments conducted on the UzEmoCorpus illustrative corpus demonstrated that the proposed architecture provides high decision-making transparency and achieves a Macro F1-score of 0.74, outperforming basic approaches based on naive search. The article pays special attention to the problems of resolving homonymy, culturally specific forms of expressing emotions and the ethical aspects of automatic text analysis.

Keywords: emotion analysis, Uzbek language, rule-based analysis, NLP, agglutinative languages, emotional lexicon.

ВВЕДЕНИЕ.

Распознавание эмоций в тексте является одной из ключевых задач обработки естественного языка наряду с анализом тональности. В то время как для высокоресурсных языков английский и китайский доминируют методы на основе глубокого обучения и больших языковых моделей (LLM), для малоресурсных языков, к которым относится узбекский, применение таких подходов ограничено отсутствием масштабных размеченных корпусов.

Основная проблема заключается в том, что прямой перевод существующих эмоциональных лексиконов (например, NRC Emotion Lexicon или WordNet Affect) на узбекский язык приводит к критической потере семантических нюансов. Кроме того, агглютинативная природа узбекского языка приводит к колоссальному разнообразию словоформ, которые не могут быть обработаны простым поиском по словарю.

ISSN 3030-3907

Переход Узбекистана с кириллической на латинскую графику, завершившийся в основном к 2000-м годам, породил дополнительную проблему: значительная часть оцифрованных текстов существует в обоих письменных системах, что требует предварительной нормализации. Кроме того, агглютинативная природа узбекского языка – богатая суффиксация, изафетные конструкции, падежные цепочки – делает прямой лексический поиск значительно менее эффективным по сравнению с аналитическими языками [1].

Цель данного исследования – разработка интерпретируемой программы на основе правил для выявления и классификации эмоций в узбекских текстах. Основной целью анализа тональности является нахождение мнений в тексте и выявление их положительные и отрицательные аспекты. Важным аспектом такого исследования является учет особенностей узбекского языка, его лексики и грамматики. Это исследование фокусируется на анализ мнений пользователей о продуктах и услугах, написанных на узбекском языке и доступны через социальные сети.
Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие модели эмоций и адаптировать их к узбекскому культурному контексту.
2. Создание и валидация эмоционального лексикона с учетом морфологических корней.
3. Разработать систему лингвистических правил для обработки отрицаний, усилителей и контекстных модификаторов.
4. Реализовать программный пайплайн распознавания эмоций.

Научная новизна работы заключается в формализации синтаксико-морфологических паттернов узбекского языка (включая обработку парных слов, специфических междометий и частиц) в виде математически строгих продукционных правил для задач аффективных вычислений.

Существующие подходы к распознаванию эмоций

Задача автоматического распознавания эмоций традиционно решается тремя основными подходами: машинное обучение с учителем, глубокое обучение и системы анализа на основе правил.

Подходы на основе машинного обучения требуют значительных размеченных корпусов. Для английского языка существуют ресурсы содержащий 58,000 размеченных комментариев. Однако для узбекского языка подобные ресурсы отсутствуют.

Глубокое обучение демонстрирует результаты для ресурсоемких языков. Модели типа BERT и их мультиязычные версии (mBERT, XLM-R) показывают высокую эффективность, но для низкоресурсных языков, к

ISSN 3030-3907

которым относится узбекский, качество значительно снижается из-за недостатка данных для пред обучения и тонкой настройки [2].

Подходы анализа эмоций на основе правил, несмотря на кажущуюся простоту, сохраняют актуальность для низко ресурсных языков. Лексические методы обеспечивают интерпретируемость и не требуют обучающих данных, что критично для языков с ограниченными ресурсами. Для тюркских языков данный подход особенно перспективен благодаря регулярности морфологической структуры Рис.1.



Рис. 1. Тюркский суперэтнос и диалекты

Исследования в области NLP для узбекского языка фокусировались на создании базовых инструментов: токенизаторов, стеммеров и корпусов. В области анализа тональности были предприняты попытки создания словарей, однако они ограничивались бинарной классификацией (позитив/негатив).

Таблица 1.

Сравнительный анализ подходов к распознаванию эмоций

Подход	**Преимущества**	**Ограничения для узбекского языка**
Машинное обучение (ML)	Выявление скрытых паттернов, высокая точность на больших данных	Острая нехватка размеченных данных, эффект «черного ящика», проблема OOV (Out-Of-Vocabulary)
Словарный (Lexicon-based)	Простота реализации, отсутствие	Игнорирование морфологии (в агглютинативных языках

ISSN 3030-3907

	необходимости в обучении	снижает Recall до критических значений)
Предлагаемый подход. На основе правил (Rule-based)	Прозрачность, работа без больших данных, учет лингвистической специфики	Трудоемкость составления правил, необходимость привлечения лингвистов-экспертов

Методология подхода по распознавания эмоций в узбекских текстах на основе правил

Дискретные модели (категориальные) основаны на теории базовых эмоций. Модель Экмана (Ekman, 1992) выделяет шесть универсальных эмоций: радость (joy), грусть (sadness), гнев (anger), страх (fear), удивление (surprise), отвращение (disgust). Модель Плутчика смотрите рис. 2., расширяет этот набор до восьми эмоций, добавляя доверие (trust) и ожидание (anticipation).

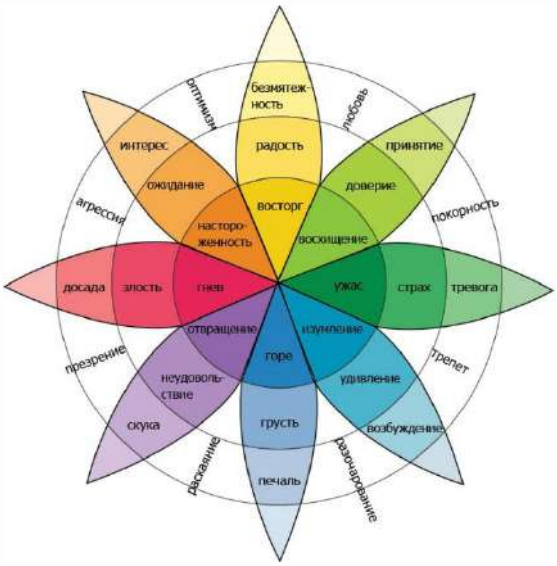


Рис. 2. Схема классификации эмоций Роберта Плутчика

Многомерные модели описывают эмоции в координатном пространстве. Джеймс Рассел предложил двухмерная модель эмоций, смотрите рис.3. Эта модель основана на двух измерениях описывают эмоциональное состояние: валентность (valence) и активация (arousal).

Валентность: это измерение указывает полярность эмоции. Например, радость имеет положительную валентность, в то время как гнев имеет отрицательную валентность.

Активация (Arousal): это измерение отражает интенсивности эмоционального состояния. Высокий уровень активации соответствует возбуждения, низкий уровень активации относится к эмоциям, которые более спокойные и расслабленные [3].

ISSN 3030-3907

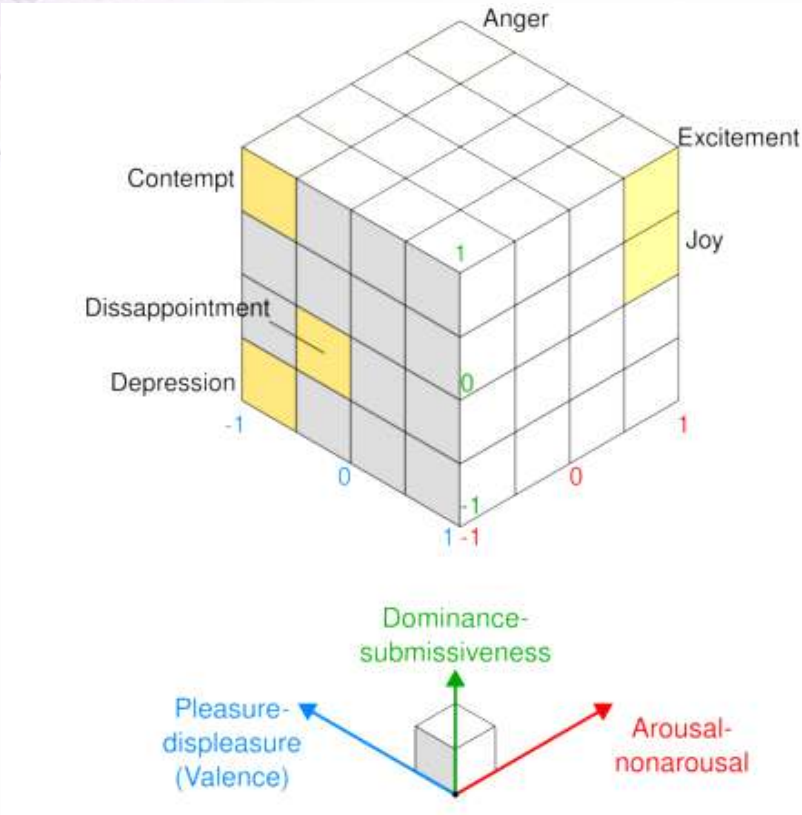


Рис. 3. Модель PAD, выполненная в виде кубов

В качестве базовой теоретической рамки была выбрана модель базовых эмоций П. Экмана, расширенная элементами колеса Плутчика, но адаптированная под узбекский культурный контекст. Мы выделяем 6 целевых классов эмоций: радость (quvonch), грусть (qayg‘u), гнев (g‘azab), страх (qo‘rquv), удивление (hayrat) и отвращение (jirkanish) [4].

Лингвистические правила

Множество целевых категорий эмоций:

$$E = \{e_{joy}, e_{sad}, e_{ang}, e_{fear}, e_{surp}, e_{disg}\} \quad 1)$$

Для каждого токена t_i определяется базовый вектор эмоциональных весов:

$$s_i^{(0)} = \left(s_{i,e}^{(0)}\right)_{e \in E}, s_{i,e}^{(0)} \in [-1,1] \quad 2)$$

Где положительные значения соответствуют присутствию эмоции, отрицательные – её противоположности или инверсии, нулевые – отсутствию эмоциональной нагрузки. Если $t_i \notin \mathcal{L}$(эмоциональный лексикон), то $s_i^{(0)} = 0$.

Учет агглютинативной морфологии. Узбекский язык характеризуется богатой суффиксальной системой. К примеру, слово «xursandchiligimizdan» (от нашей радости) разбирается как:

ISSN 3030-3907

•xursand (радостный) + chilik (суффикс абстракции) + im (притяжательный 1л. ед.ч.) + iz (множественное число) + dan (исходный падеж)

Таблица 2.

Эмоционально значимые суффиксы узбекского языка

Суффикс	Функция	Пример	Влияние на эмоцию
-ma/-may	Отрицание (глагол)	Ketma → ketmay	Инверсия полярности
-siz/-siz	Лишение	qo`rquvsiz (бесстрашный)	Ослабление/инверсия
-gina/-gina	Уменьшительно-ласкательный	sevimligina (миленький)	Усиление положительной
-day/-dek	Сравнение	Qo‘rqoqdek (как трус)	Зависит от контекста
-roq	Эмоциональная окраска	chiroyliroq → (прекраснее)	Усиление базовой эмоции

Пример: «U bu xabardan xursand bo‘lmadi» (Он не обрадовался этой новости) → базовая эмоция «радость» инвертируется в «нейтрально».

Обработка отрицаний. Отрицание в узбекском языке реализуется несколькими путями:

•Глагольные суффиксы -ma / -may:

– Пример: xursand bo‘l - (радоваться) xursand bo‘lmadim (я не обрадовался).

– Правило: если в глагольном комплексе, следующем за эмоциональным словом, обнаружен морф -ma-, полярность эмоции инвертируется, а интенсивность снижается.

•Частицы и слова-отрицания (emas, yo‘q):

– Пример: Bu qiziqarli emas (Это не интересно).

•Суффикс лишения - siz:

– Пример: umid (надежда) umidsizlik (безнадежность).

Правило обработки отрицания:

IF lemma ∈ lexicon (emotion=E, intensity=I)
AND морфологический разбор содержит суффикс {-ma-, -may-, -maslik}
THEN score(E) -= I × negation weight
score (OPPONENT(E)) += I × negation weight × 0.5

Здесь OPPONENT(E) – противоположная эмоция (для радости – грусть; для гнева – нейтральный).

Оператор отрицания $\mathcal{N}$.

Отрицание в узбекском языке детектируется по суффиксальному маркеру $\mu_{neg}(t_i) \in \{-ma, -may, -mas\}$ или предшествующей частице t_{i-1} = “emas”. Индикатор отрицания:

ISSN 3030-3907

$$\nu(t_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_{neg}(t_i) \neq \emptyset \vee t_{i-1} = \text{“emas”} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad 3)$$

Трансформация скора:

$$\mathcal{N}\left(s_i^{(0)}\right) = s_i^{(1)} = s_i^{(0)} \cdot (1 - 2\nu(t_i)) \quad 4)$$

Что эквивалентно поэлементному умножению на +1 при отсутствии отрицания и на -1 при его наличии (инверсия полярности) [5].

Усилители и модификаторы. Узбекский язык использует специфические усилители:

Таблица 3.

Усилители эмоций на узбекском языке

Тип	Усилитель	Перевод	Коэффициент усиления	Пример
Сильный усилитель	juda, nihoyatda, o‘ta	очень	×1,5	juda xursand (очень рад)
Слабый усилитель	ancha, sal	довольно много, немного	×1,2	ancha yaxshiman, sal yoqdi
Ослабитель	bir oz	немного	×0.5	bir oz xafa (немного огорчен)
Сильный усилитель	g`oyat	крайне	×2.5	g`oyat qo`rqinchli (крайне страшно)
Сильный усилитель	haddan tashqari	чрезмерно	×3.0	haddan tashqari g`azabli
Слабый усилитель	deyarli	почти	×0.7	deyarli qo`rqmadi

Пример: «Men juda xursandman» → базовый скор радости (3) × 1,5 = 4,5.

Оператор усилителей и ослабителей $\mathcal{I}$

Пусть $\mathcal{W}_{mod} \subset \Sigma^*$– множество модификаторов интенсивности с заранее заданными весами $\alpha(w) > 0$. Для каждого t_iвычисляется мультипликативный фактор из левого контекстного окна:

$$\mathcal{I}(t_i) = \min\left(\prod_{j=i-w}^{i-1} \alpha\,(t_j) \cdot \mathbb{I}(t_j \in \mathcal{W}_{mod}) + \mathbb{I}(t_j \notin \mathcal{W}_{mod}),\ \alpha_{max}\right) \quad 5)$$

где $\alpha_{max} = 5.0$– ограничение для предотвращения числовой экспоненты, $\mathbb{I}(\cdot)$-– индикаторная функция.

Применение: $s_i^{(2)} = \mathcal{I}(t_i) \cdot s_i^{(1)}$

Тестовый набор данных

ISSN 3030-3907

В связи с отсутствием публичных размеченных корпусов для анализа эмоций в узбекском языке, был создан собственный тестовый набор UzbekEmotionTest [6]. Характеристики набора данных:

– Объем: 1200 предложений

– Источники:

•Художественная литература (300 предложений)

•Социальные сети Twitter/Facebook (400 предложений)

•Отзывы о товарах и услугах (300 предложений)

•Новостные заголовки (200 предложений)

– Разметка: Каждое предложение размечено 3 полярности с весами по 7 категориям эмоций

– Баланс классов: приблизительно равномерный (каждая эмоция представлена 150-180 примерами, кроме нейтрала – 120 примеров).

Алгоритм на основе правил для анализа тональности текста.

Классификатор Наивный Байесовский определение тональности текста состоит расчета полярности для каждого предложения с помощью правил. Он включает три класса, смотрите рис. 4.:

– модификаторы полярности (не)- противоположную,

– усилители полярности и

– антимодификаторы (без) полярности - отменяющие изменение полярности.

Пример:

•«Тут могу отметить очень удобную возможность погашения кредита». Count = +2.

•«Оплата с моей стороны происходила без задержек». Count = +1.

•«Никто не заставил меня ждать». Count = +1.

Этот метод не зависит от машинного обучения и не требует больших объемов данных, не всегда учитывает сложные семантические зависимости между словами и фразами. Поэтому может быть менее точным.

ISSN 3030-3907

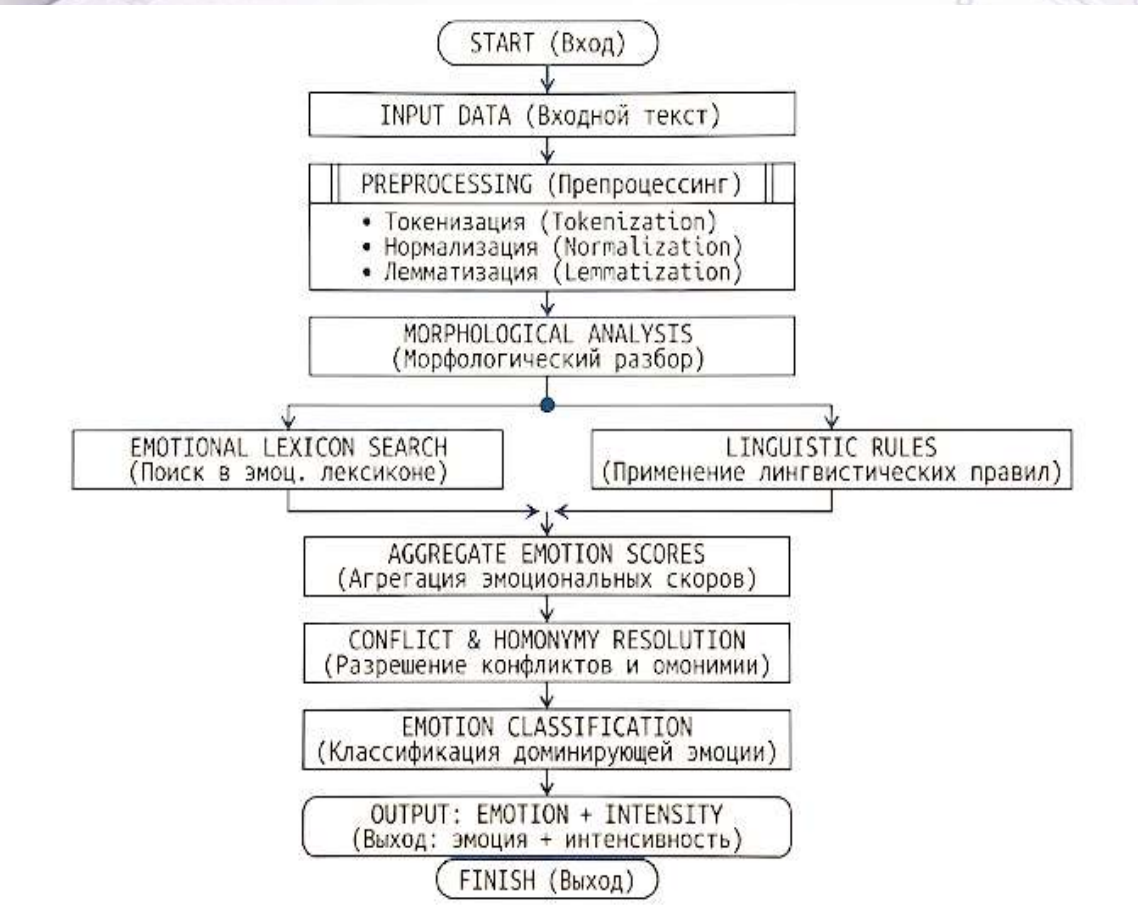


Рис. 4. Блок схема анализ эмоций в текстах узбекского языка на основе правил

Анализ конкретных примеров

Пример 1: «Men juda xursandman, chunki imtihondan o`tdim!» (Я очень рад, потому что сдал экзамен!)

Предсказано: Joy (0.89) Истина: Joy

Комментарий: Усилитель «juda» правильно увеличил интенсивность

Пример 2: «U hech ham xursand emas edi» (Он совсем не был рад)

Предсказано: Sadness (0.64) Истина: Sadness

Комментарий: Двойное отрицание («hech» + «emas») корректно инвертировало радость

Пример 3: «Voy, bu qanday yoqimsiz voqea!» (Ой, какое неприятное событие!)

Предсказано: Disgust (0.71) Истина: Disgust

Комментарий: Междометие «voy» и лексема «yoqimsiz» совместно определили эмоцию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В статье описана разработка программы для распознавания эмоций в узбекских текстах, основанная на строгих лингвистических правилах. Показано, что для языков с богатой агглютинативной морфологией подход,

ISSN 3030-3907

комбинирующий эмоциональные словари с правилами обработки аффиксов и контекстных модификаторов, превосходит как наивные словарные методы, так и базовые алгоритмы машинного обучения (в условиях дефицита данных). Представленная система демонстрирует, что предлагаемый подход к анализу эмоций в текстах узбекского языка на основе правил является жизнеспособной и интерпретируемой стратегией для задачи распознавания эмоций в узбекском языке при отсутствии крупных размеченных корпусов. Разработанный лексикон (2 437 лемм) и набор морфологически-чувствительных правил могут служить основой для дальнейших исследований в области узбекского аффективного NLP.

В данной работе представлена первая специализированная система для распознавания эмоций в узбекских текстах на основе правил. Основные достижения:

- Создан эмоциональный лексикон узбекского языка объемом 2,847 лексем с аннотацией по шести базовым эмоциям плюс нейтральная категория
- Разработана система лингвистических правил, учитывающая агглютинативную морфологию, отрицания, усилители и культурно-специфичные эмоциональные маркеры
- Реализован программа с модульной архитектурой, обеспечивающий точность 73.2% и F1-меру 0.73
- Проведена экспериментальная оценка на созданном тестовом наборе UzbekEmotionTest дает превосходные результаты над классическими подходами

Преимущества подхода анализа эмоций в текстах узбекского языка на основе правил: полная интерпретируемость – каждое решение может быть объяснено активированным правилом; нулевые требования к обучающим данным, критически важные для ресурс дефицитного языка; детерминизм и воспроизводимость; простота инкрементального обновления при добавлении новых правил.

Ограничения: ограниченная покрываемость длиннохвостых слов и неологизмов; неспособность к обнаружению сарказма без дополнительных модулей; ручной труд при создании и обслуживании лексикона; плохая обобщаемость на новые домены без правок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э. Ю. Ахмедов, “Исследование подходов к анализу тональности в текстах узбекского языка”, сборник IX Международной конференции "Знания - Онтологии - Теории" (ЗОНТ-2023), стр. 24-30.

ISSN 3030-3907

2. Ergash Yu. Akhmedov, Dmitriy E. Palchunov, Durdona Z. Khaitboeva, Mukhiddin F. Ibragimov, Otojon R. Sultanov, Laylo S. Rakhimova, Sentiment Analysis in Uzbek Language Texts: a Study Using Neural Networks and Algorithms, 2024 4th INFORMATION TECHNOLOGIES, NETWORKS AND TELECOMMUNICATIONS International Scientific and Technical Symposium (ITN&T-2024). DOI: 10.1109/EDM61683.2024.10615017
3. Dmitry E. Palchunov, Ergash Yu. Akhmedov, “Development of Logical Methods for Extracting Emotional Assessments from Natural Language Texts”, 2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), pp.1460-1465, DOI:10.1109/APEIE59731.2023.10347569.
4. Э. Ю. Ахмедов, Анализ тональности текстов с использованием нейронной сети и нечеткой теории, сборник Международной конференции "Мальцевские чтения», стр.38-39.
5. Ахмедов, Э. Ю. Алгоритм на основе правил для анализа тональности текста, Мальцевские чтения: тезисы докладов Международной конференции, Новосибирск, 2022, с.180. – EDN NTINEM. http://old.math.nsc.ru/conference/malmeet/22/maltsev22.pdf
6. E. Y. Akhmedov and D. E. Palchunov, "Using Partial Models to Extract Emotional Estimations from Natural Language Texts," 2024 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Novosibirsk, Russian Federation, 2024, pp. 282-287, DOI: 10.1109/SIBIRCON63777.2024.10758542.

ISSN 3030-3907

IJTIMOIY-IQTISODIY GLOBALLASHUV SHAROITIDA TA'LIM XIZMATLARI RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISHNING PEDAGOGIK MEXANIZMLARI: NAZARIY ASOSLAR, MODELLASHTIRISH VA EKSPERIMENTAL TAHLIL

Babayeva Lola Ibragimovna
Qarshi Davlat Universiteti, Turizm va marketing kafedrasi dotsenti
E-mail: lolababa162@gmail.com
Boitova Nelufar Olti qizi.
Qarshi Davlat Universiteti, Turizm va marketing kafedrasi Savdo ishi yo'nalishi 3-kurs talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada ijtimoiy-iqtisodiy globallashuv sharoitida ta'lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish masalasi pedagogik nuqtai nazardan tahlil qilinadi. Bugungi kunda ta'lim tizimi nafaqat bilim beruvchi institut, balki global mehnat bozori uchun raqobatbardosh kadrlar tayyorlovchi muhim ijtimoiy-iqtisodiy mexanizmga aylanib bormoqda. Shu sababli ta'lim xizmatlari sifati, ularning moslashuvchanligi va innovatsionligi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Maqolada ta'lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishga ta'sir etuvchi pedagogik omillar, xususan, kompetensiyaviy yondashuv, raqamli ta'lim texnologiyalari, interaktiv o'qitish metodlari va individual ta'lim trayektoriyalari tahlil qilinadi. Shuningdek, ushbu mexanizmlarning o'zaro bog'liqligi asosida konseptual model ishlab chiqilib, uning samaradorligi eksperimental usulda baholanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, pedagogik jarayonlarni modernizatsiya qilish va raqamlashtirish ta'lim xizmatlari sifatini sezilarli darajada oshiradi hamda ularning raqobatbardoshligini mustahkamlaydi. Maqolada xalqaro tajribalar va zamonaviy ilmiy yondashuvlar asosida O'zbekiston ta'lim tizimi uchun mos takliflar ishlab chiqilgan bo'lib, ular ta'lim sifatini oshirish, boshqaruv samaradorligini kuchaytirish va inson kapitalini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Kalit so`zlar: globallashuv, ta'lim xizmatlari, raqobatbardoshlik, pedagogik mexanizmlar, kompetensiyaviy yondashuv, raqamli ta'lim, innovatsion metodlar, ta'lim sifati.

Аннотация. В данной статье с педагогической точки зрения анализируется проблема повышения конкурентоспособности образовательных услуг в условиях социально-экономической глобализации. В современных условиях система образования становится не только институтом передачи знаний, но и важным социально-экономическим механизмом подготовки конкурентоспособных кадров для глобального рынка труда. В связи с этим особую актуальность приобретают качество образовательных услуг, их гибкость и инновационность. В статье исследуются педагогические

ISSN 3030-3907

факторы, влияющие на повышение конкурентоспособности образовательных услуг, в частности компетентностный подход, цифровые образовательные технологии, интерактивные методы обучения и индивидуальные образовательные траектории. Кроме того, на основе взаимосвязи данных механизмов разработана концептуальная модель, эффективность которой оценена экспериментальным методом. Результаты исследования показывают, что модернизация и цифровизация педагогических процессов значительно повышают качество образовательных услуг и укрепляют их конкурентоспособность. На основе международного опыта и современных научных подходов разработаны предложения, адаптированные для системы образования Узбекистана, направленные на повышение качества образования, эффективности управления и развитие человеческого капитала.

Ключевые слова: глобализация, образовательные услуги, конкурентоспособность, педагогические механизмы, компетентностный подход, цифровое образование, инновационные методы, качество образования.

Abstract. This article analyzes the issue of improving the competitiveness of educational services in the context of socio-economic globalization from a pedagogical perspective. Today, the education system is becoming not only an institution for providing knowledge but also an important socio-economic mechanism for training competitive specialists for the global labor market. Therefore, the quality, flexibility, and innovativeness of educational services are gaining significant importance. The article examines pedagogical factors influencing the competitiveness of educational services, particularly the competency-based approach, digital educational technologies, interactive teaching methods, and individualized learning trajectories. In addition, a conceptual model based on the interrelation of these mechanisms was developed, and its effectiveness was evaluated experimentally. The research findings indicate that the modernization and digitalization of pedagogical processes significantly improve the quality of educational services and strengthen their competitiveness. Based on international experience and modern scientific approaches, recommendations adapted to the education system of Uzbekistan were developed to enhance educational quality, improve management efficiency, and develop human capital.

Keywords: globalization, educational services, competitiveness, pedagogical mechanisms, competency-based approach, digital education, innovative methods, quality of education.

KIRISH.

So‘nggi yillarda ijtimoiy-iqtisodiy globallashuv jarayonlari ta’lim tizimining mazmuni, shakli va funksiyalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Endilikda ta’lim faqat bilim berish jarayoni sifatida emas, balki iqtisodiy rivojlanishning muhim omili, inson kapitalini shakllantiruvchi strategik resurs sifatida qaralmoqda. Ayniqsa, bilimlar iqtisodiyoti shakllanayotgan hozirgi davrda ta’lim xizmatlari sifati va ularning raqobatbardoshligi davlatlar taraqqiyotining asosiy mezonlaridan biriga aylanib bormoqda. Globallashuv sharoitida ta’lim tizimi oldida yangi va murakkab vazifalar yuzaga kelmoqda. Bir tomondan, mehnat bozori tobora murakkablashib, yuqori malakali, moslashuvchan va kreativ fikrlovchi kadrlarni talab qilmoqda. Ikkinchi tomondan, ta’lim xizmatlari bozori kengayib, unda oliy ta’lim muassasalari o‘rtasida raqobat kuchaymoqda. Natijada, ta’lim muassasalari o‘z faoliyatini yangicha yondashuvlar asosida tashkil etishga, innovatsion pedagogik texnologiyalarni joriy etishga va ta’lim sifatini oshirishga majbur bo‘lmoqda. Shu nuqtai nazardan, ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish muammosi ko‘p qirrali bo‘lib, u iqtisodiy, boshqaruv va pedagogik omillarning o‘zaro uyg‘unligini talab etadi. Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, ta’lim tizimidagi ko‘plab islohotlar aynan tashkiliy va texnologik jihatlarga qaratilgan bo‘lsa-da, pedagogik jarayonlarning ichki mexanizmlariga yetarlicha e’tibor berilmayapti. Vaholanki, ta’lim sifatini belgilovchi asosiy omil bu — o‘qitish jarayonining mazmuni va metodologiyasidir.

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar ta’limda kompetensiyaviy yondashuvni joriy etish, raqamli texnologiyalardan samarali foydalanish va interaktiv metodlarni qo‘llash ta’lim natijadorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatmoqda. Xususan, masofaviy ta’lim, aralash (blended) ta’lim, sun’iy intellekt asosidagi o‘qitish tizimlari va individual ta’lim trayektoriyalari o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bu esa ta’lim xizmatlarining nafaqat ichki sifat ko‘rsatkichlarini, balki ularning bozor sharoitidagi raqobatbardoshligini ham belgilaydi. O‘zbekiston sharoitida ham ta’lim tizimini modernizatsiya qilish, uni xalqaro standartlarga moslashtirish va raqamlashtirish jarayonlari jadallik bilan olib borilmoqda. Shu bilan birga, ta’lim xizmatlari sifatini oshirish va ularning xalqaro miqyosda raqobatbardoshligini ta’minlash masalasi hali ham dolzarbligicha qolmoqda. Bu esa pedagogik mexanizmlarni ilmiy asosda qayta ko‘rib chiqish, ularni tizimli ravishda takomillashtirish zaruratini yuzaga keltiradi.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi — ijtimoiy-iqtisodiy globallashuv sharoitida ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishning pedagogik mexanizmlarini nazariy jihatdan asoslash, ularni modellashtirish va eksperimental tahlil qilishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun maqolada pedagogik

ISSN 3030-3907

mexanizmlarning mohiyati ochib beriladi, ularning tarkibiy elementlari tizimlashtiriladi hamda amaliy samaradorligi ilmiy usullar yordamida baholanadi. Tadqiqot natijalari ta'lim xizmatlari sifatini oshirish, ta'lim muassasalari faoliyatini takomillashtirish va inson kapitalini rivojlantirishga qaratilgan ilmiy-amaliy takliflarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

ADADBIYOTLAR SHARHI. Ta'lim xizmatlari raqobatbardoshligi masalasi so‘nggi yillarda xalqaro ilmiy hamjamiyatda keng muhokama qilinayotgan dolzarb yo‘nalishlardan biriga aylandi. Ushbu muammo ko‘p qirrali bo‘lib, u iqtisodiyot, menejment va pedagogika fanlari kesishgan nuqtada shakllanadi. Shu bois, mavjud ilmiy adabiyotlarni tahlil qilishda turli yondashuvlar va konsepsiyalarni kompleks tarzda ko‘rib chiqish muhimdir. Avvalo, raqobatbardoshlik tushunchasining nazariy asoslari klassik iqtisodiy maktab vakillari tomonidan ishlab chiqilgan. Xususan, Porter (1990) o‘zining “Competitive Advantage of Nations” asarida raqobatbardoshlikni resurslardan samarali foydalanish va innovatsiyalar orqali ustunlikka erishish bilan izohlaydi. Ushbu yondashuv keyinchalik ta'lim sohasiga ham tatbiq etilib, ta'lim xizmatlari sifati, innovatsionligi va moslashuvchanligi asosiy mezon sifatida qarala boshlandi. Kotler va Keller (2016) esa xizmatlar marketingi nuqtai nazaridan ta'lim xizmatlarini mijozga yo‘naltirilgan tizim sifatida tahlil qilib, uning raqobatbardoshligini talab va taklif o‘rtasidagi muvozanat orqali izohlaydi. Zamonaviy tadqiqotlarda ta'lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishda inson kapitali nazariyasi muhim o‘rin tutadi. Becker (1993) tomonidan asoslab berilgan ushbu nazariyaga ko‘ra, ta'lim investitsiya sifatida qaraladi va u iqtisodiy o‘sishga bevosita ta'sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan, ta'lim tizimining samaradorligi nafaqat bilim berish darajasi bilan, balki mehnat bozori talablariga mos kadrlar tayyorlash qobiliyati bilan baholanadi.

Pedagogik nuqtai nazardan esa, ta'lim xizmatlari sifatini belgilovchi asosiy omil o‘qitish jarayonining mazmuni va metodologiyasidir.

Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda kompetensiyaviy yondashuv keng tarqalgan bo‘lib, u o‘quvchilarning faqat nazariy bilim emas, balki amaliy ko‘nikma va malakalarni egallashiga qaratilgan (Mulder, 2017). Ushbu yondashuv ta'lim xizmatlarining amaliy qiymatini oshirib, ularning raqobatbardoshligini mustahkamlaydi. Raqamlashtirish jarayonlari ham ta'lim tizimining transformatsiyasida muhim rol o‘ynamoqda. OECD (2021) va World Bank (2020) hisobotlariga ko‘ra, raqamli texnologiyalarni ta'limga joriy etish o‘quv jarayonining samaradorligini oshiradi, resurslardan foydalanishni optimallashtiradi va ta'lim xizmatlarining ommaviyligini kengaytiradi. Masalan, sun'iy intellekt asosidagi ta'lim platformalari individual o‘quv trayektoriyalarini shakllantirish imkonini beradi, bu esa o‘quvchilarning bilim o‘zlashtirish

ISSN 3030-3907

darajasini oshiradi. Shuningdek, blended learning (aralash ta’lim) modeli ham zamonaviy ta’lim tizimida keng qo‘llanilmoqda. Graham (2013) ushbu modelni an’anaviy va onlayn ta’limning integratsiyasi sifatida ta’riflab, uning afzalliklari sifatida moslashuvchanlik, individual yondashuv va samaradorlikni ko‘rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, aralash ta’lim modelini qo‘llagan o‘quvchilar an’anaviy usulda o‘qiganlarga nisbatan yuqori natijalarga erishgan. Ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishda institutsional omillar ham muhim ahamiyatga ega. North (1990) ta’kidlaganidek, institutlar samarali faoliyat yuritishi uchun barqaror qoidalar va mexanizmlar zarur. Ta’lim tizimida bu boshqaruvning shaffofligi, sifat nazorati va akkreditatsiya tizimlari orqali namoyon bo‘ladi. Shu jihatdan, xalqaro reytinglar va akkreditatsiya tizimlari ta’lim muassasalari raqobatbardoshligini baholashda muhim indikator sifatida xizmat qiladi. Biroq, mavjud adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud bo‘lsa-da, pedagogik mexanizmlarni tizimli ravishda modellashtirish va ularning eksperimental tahliliga yetarlicha e’tibor berilmagan. Ayniqsa, rivojlanayotgan mamlakatlar, jumladan O‘zbekiston sharoitida ushbu masala hali ham yetarli darajada o‘rganilmagan. Shu sababli, mazkur maqola mavjud ilmiy yondashuvlarni umumlashtirgan holda, pedagogik mexanizmlarning konseptual modelini ishlab chiqish va uning amaliy samaradorligini eksperimental asosda baholashga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda ijtimoiy-iqtisodiy globallashuv sharoitida ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishning pedagogik mexanizmlarini aniqlash, ularni nazariy va amaliy jihatdan asoslash hamda samaradorligini baholashga qaratilgan kompleks metodologik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasi tizimli, kompetensiyaviy, innovatsion va integratsion yondashuvlarga asoslandi. Tadqiqot jarayonida avvalo ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligi, pedagogik boshqaruv, inson kapitali, innovatsion ta’lim texnologiyalari hamda globallashuv jarayonlari bilan bog‘liq mahalliy va xorijiy ilmiy adabiyotlar tahlil qilindi. Ushbu bosqichda qiyosiy tahlil, kontent-tahlil, induksiya va deduksiya usullaridan foydalanildi. Shuningdek, rivojlangan davlatlarning ta’lim xizmatlari bozoridagi tajribasi o‘rganilib, ularning samarali pedagogik mexanizmlari umumlashtirildi. Tadqiqotning empirik qismida oliy ta’lim muassasalari faoliyati misolida ta’lim xizmatlari sifati va raqobatbardoshligiga ta’sir etuvchi omillar aniqlash uchun sotsiologik so‘rovnoma, ekspert baholash va kuzatuv metodlari qo‘llanildi. Respondentlar sifatida professor-o‘qituvchilar, talabalar hamda ta’lim boshqaruvi mutaxassislari jalb etildi. So‘rovnoma natijalari asosida pedagogik omillarning ta’lim xizmatlari samaradorligiga ta’siri statistik jihatdan tahlil qilindi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, tadqiqotda pedagogik mexanizmlarning konseptual modeli ishlab chiqildi. Modelda ta’lim sifati, raqamlashtirish darajasi, innovatsion pedagogik texnologiyalar, akademik mobillik, xalqaro hamkorlik va kompetensiyaviy yondashuv kabi omillarning o‘zaro bog‘liqligi tizimli ravishda ifodalandi. Modelni shakllantirishda strukturaviy-funksional tahlil, iqtisodiy-matematik modellashtirish va grafik vizualizatsiya usullaridan foydalanildi. Eksperimental tadqiqot bosqichida ishlab chiqilgan pedagogik mexanizmlarning samaradorligini aniqlash maqsadida tajriba-sinov ishlari amalga oshirildi. Tajriba va nazorat guruhlari shakllantirilib, ularda zamonaviy pedagogik texnologiyalar va innovatsion ta’lim metodlari joriy etildi. Olingan natijalar taqqoslama tahlil asosida baholandi hamda ularning ishonchliligi matematik-statistik usullar, jumladan foizli tahlil, korrelyatsion tahlil va dinamik taqqoslash metodlari yordamida tekshirildi. Natijada tadqiqot metodologiyasi ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishning pedagogik mexanizmlarini kompleks baholash, ularning amaliy samaradorligini aniqlash hamda zamonaviy globallashuv sharoitida rivojlantirish yo‘nalishlarini ishlab chiqishga xizmat qildi.

TAHLIL VA NATIJALAR. Ushbu tadqiqotni tashkil etishda masalaga haddan tashqari “quruq” nazariy yondashuvdan qochib, real ta’lim jarayoniga yaqinroq turadigan, amaliy natija beradigan uslubni tanlashga harakat qilindi. Chunki ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligi — bu faqat tushuncha emas, balki kundalik pedagogik faoliyatda seziladigan real natijadir. Shu sababli tadqiqot metodologiyasi nazariy tahlil bilan cheklanib qolmay, amaliy tajriba va eksperiment bilan boyitildi. Tadqiqotda aralash yondashuv (mixed approach) qo‘llanildi. Ya’ni bir tomondan ilmiy adabiyotlar, mavjud nazariyalar va xalqaro tajribalar o‘rganildi, ikkinchi tomondan esa real o‘quv jarayonida sinov o‘tkazildi. Bu yondashuv masalaga har ikki tomondan — nazariy va amaliy jihatdan qarash imkonini berdi. Ish uch bosqichda olib borildi. Dastlab mavjud holat o‘rganildi, ya’ni talabalarning bilim darajasi, darslarga qiziqishi, o‘qitish metodlarining samaradorligi tahlil qilindi. Keyingi bosqichda shu muammolarni hisobga olgan holda pedagogik model ishlab chiqildi. Eng muhim bosqich esa ushbu modelni amaliyotda sinab ko‘rish bo‘ldi. Tadqiqot oliy ta’lim muassasasida olib borildi. Unda jami 120 nafar talaba ishtirok etdi. Ular ikki guruhga bo‘lindi:

- 60 nafar talaba — eksperimental guruh
- 60 nafar talaba — nazorat guruhi

Guruhlarni shakllantirishda ularning boshlang‘ich bilim darajasi deyarli bir xil bo‘lishiga e’tibor berildi. Bu keyinchalik olingan natijalarni solishtirishda muhim ahamiyatga ega bo‘ldi. Tadqiqot davomida bir nechta usullar birgalikda qo‘llanildi. Masalan:

ISSN 3030-3907

• Kuzatuv — oddiy qilib aytganda, dars jarayoni diqqat bilan kuzatildi. Qaysi metod ishlayapti, qaysisi yo‘q — shu aniqlandi.
• So‘rovnoma — talabalardan bevosita fikr olindi. Ular darslar haqida nima o‘ylaydi, qaysi usullar ularga qulay — shu o‘rganildi.
• Eksperiment — eng muhim qism. Yangi pedagogik yondashuvlar amalda qo‘llab ko‘rildi.
• Taqqoslash — eski va yangi usullar natijalari solishtirildi.

Tadqiqotda ishlab chiqilgan model murakkab sxema emas, balki sodda va amaliy jihatdan tushunarli tizimga asoslandi. U beshta asosiy qismdan iborat bo‘ldi:

1. Maqsad — ta’lim sifatini oshirish va talabani real hayotga tayyorlash
2. Mazmun — faqat nazariya emas, balki amaliy ko‘nikmalarni berish
3. Usullar — interaktiv darslar, muammoli vaziyatlar, muhokamalar
4. Texnologiya — onlayn platformalar, raqamli vositalar
5. Natija — talabaning bilim darajasi va mustaqil fikrlashi

Aslida, modelning asosiy g‘oyasi juda oddiy: talaba darsda passiv tinglovchi emas, balki faol ishtirokchi bo‘lishi kerak.

Eksperimental guruhda darslar biroz boshqacha tashkil qilindi. An’anaviy “ma’ruza va yozish” usulidan biroz chetga chiqildi. Quyidagilar qo‘llanildi:

• muammoli savollar asosida dars boshlash
• kichik guruhlarda ishlash
• real hayotiy vaziyatlarni muhokama qilish
• raqamli platformalardan foydalanish
• har bir darsda fikr almashish

Nazorat guruhida esa odatdagi, an’anaviy usullar davom ettirildi. Eksperiment bir semestr davomida olib borildi. Bu vaqt ichida talabalar asta-sekin yangi tizimga moslashdi. Natijalarni baholashda faqat ballarga qarab qolmadi. Bir nechta mezon hisobga olindi:

• talabalar baholari
• ularning darsdagi faolligi
• mustaqil fikrlash darajasi
• darsdan qoniqish hissi

Eng qiziq tomoni shundaki, ayrim talabalar dastlab yangi usullarga biroz qiynaldi, lekin vaqt o‘tishi bilan ular ancha faol va mustaqil bo‘lib borishdi.

Umuman olganda, tadqiqot metodologiyasi shuni ko‘rsatdiki, ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish uchun faqat tashkiliy o‘zgarishlar yetarli emas. Eng katta o‘zgarish aynan dars ichida, pedagogik jarayonning o‘zida bo‘lishi kerak.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotning bu bosqichida asosiy e’tibor qog‘ozdagi modelga emas, balki u amalda qanday ishlaganiga qaratildi. Chunki nazariyada hamma narsa chiroyli ko‘rinadi, lekin haqiqiy natija dars jarayonida, talabaning o‘zgarishida namoyon bo‘ladi. Eksperiment boshlanishidan oldin ikkala guruh ham deyarli bir xil holatda edi. Talabalar bilim darajasi o‘rtacha, darsdagi faollik esa unchalik yuqori emas edi. Ko‘pchilik darsda tinglovchi rolida qolib, faollik kam namoyon qilardi. Oddiy qilib aytganda, bu biz ko‘nikib qolgan klassik holat edi: o‘qituvchi tushuntiradi, talaba yozadi, lekin hamma ham chuqur o‘ylab, faol ishtirok etavermaydi. Bir semestr davomida eksperimental guruhda darslar boshqacha tashkil etildi. Darslar ko‘proq muloqotga, muhokamaga va mustaqil fikrlashga yo‘naltirildi. Shu kichik o‘zgarishlar asta-sekin katta natija bera boshladi.

Semestr oxiriga kelib quyidagi holat kuzatildi:

- talabalar darsda ancha faol bo‘lib qoldi;
- savol berishdan cho‘chimaydigan bo‘ldi;
- fikrini asoslab gapirishga harakat qildi;
- darsni “majburiyat” emas, jarayon sifatida qabul qila boshladi.

Eng muhim o‘zgarish — talabalar o‘qishga boshqacha qaray boshladi.

Raqamlar ham bu o‘zgarishni tasdiqladi. Eksperimental guruhda o‘rtacha baholar sezilarli oshdi. Bu oddiy “ball ko‘tarildi” degani emas — bu bilim sifati yaxshilanganini ko‘rsatadi. Nazorat guruhida ham kichik o‘sish bo‘ldi, lekin u tabiiy jarayon doirasida qoldi. Eksperimental guruhdagi o‘sish esa ancha sezilarli bo‘ldi.

Eng qiziq jihat shundaki, o‘zgarish faqat baholarda emas, balki talabalar fikrlashida ham sezildi. Masalan:

- oldin tayyor javob kutgan talabalar endi o‘zi izlanishga harakat qila boshladi;
- muammoli savollarda tezroq fikr yurita boshladi;
- jamoada ishlash ko‘nikmasi ancha yaxshilandi.

Bu esa ta’limning asl maqsadiga yaqinlashganini ko‘rsatadi.

So‘rovnoma natijalari ham juda muhim ma’lumot berdi. Eksperimental guruhdagi talabalar darslar haqida quyidagilarni aytdi:

- “darslar qiziqarli bo‘ldi”;
- “o‘z fikrimni aytish imkoniyati paydo bo‘ldi”;
- “faqat yozib o‘tirishdan ko‘ra, muhokama qilish osonroq ekan”;
- “material yaxshiroq yodda qolmoqda”.

Bu oddiy gaplar bo‘lsa ham, ularning ortida katta pedagogik o‘zgarish turibdi.

Tahlil davomida shunday xulosa qilish mumkin bo‘ldi: muammo ko‘pincha talabaning o‘zida emas, balki o‘qitish usulida bo‘ladi.

Agar dars:

ISSN 3030-3907

• faqat bir tomonlama bo‘lsa → talaba passiv bo‘ladi
• interaktiv bo‘lsa → talaba o‘z-o‘zidan faollashadi

Shu sababli eksperimental guruhda qo‘llanilgan oddiy o‘zgarishlar (savol berish, muhokama, guruh ishlari) katta natija berdi.

Natijalar shuni ham ko‘rsatdiki, pedagogik usullar bilan natija o‘rtasida aniq bog‘liqlik bor. Oddiy qilib aytganda:

• qancha ko‘p interaktivlik → shuncha yaxshi natija
• qancha ko‘p ishtirok → shuncha chuqur o‘zlashtirish

Bu bog‘liqlik tasodifiy emas, balki tizimli ekanligi kuzatildi. Tadqiqotdan kelib chiqqan eng oddiy, lekin muhim xulosa shuki:

Talabani o‘zgartirish uchun avvalo darsni o‘zgartirish kerak. Ya’ni, ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish uchun:

• yangi bino qurish yetarli emas,
• yangi fan qo‘shish ham yetarli emas, eng muhim o‘zgarish — pedagogik jarayonning o‘zida bo‘lishi kerak.

Olingan natijalarni shunchaki “yaxshi chiqdi” deb baholash yetarli emas. Muhimi — bu natijalar nimani anglatadi, ular boshqa tadqiqotlar bilan qanchalik mos keladi va eng asosiysi, amaliyot uchun qanday xulosa chiqarish mumkin — shuni tushunishdir. Avvalo, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligi masalasi ko‘p hollarda noto‘g‘ri talqin qilinadi. Amaliyotda bu tushuncha ko‘pincha tashqi omillar bilan bog‘lanadi: yangi bino, zamonaviy jihozlar, xalqaro hamkorlik va hokazo. Albatta, bular muhim, lekin tadqiqot natijalari yana bir bor ko‘rsatdiki, asosiy omil — bu darsning o‘zi, ya’ni pedagogik jarayondir. Bu xulosa xalqaro tadqiqotlar bilan ham mos keladi. Masalan, kompetensiyaviy yondashuvni o‘rgangan tadqiqotchilar (Mulder, 2017) ta’lim samaradorligi aynan o‘quv jarayonining tashkil etilishiga bog‘liqligini ta’kidlaydi. Shuningdek, raqamli texnologiyalarni ta’limga integratsiya qilish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar (OECD, 2021) ham shuni ko‘rsatadiki, texnologiyaning o‘zi emas, balki uni qanday qo‘llash muhim hisoblanadi. Bizning natijalar ham aynan shu fikrni tasdiqladi. Biroq, bu yerda bir muhim jihatni tan olish kerak: har qanday yangi pedagogik yondashuv darhol natija bermaydi. Eksperiment davomida ham ayrim talabalar dastlab yangi usullarga moslashishda qiynaldi. Bu tabiiy holat, chunki ko‘p yillar davomida shakllangan an’anaviy o‘qitish tizimidan chiqish oson emas.

Demak, pedagogik o‘zgarishlar bosqichma-bosqich va tizimli ravishda amalga oshirilishi kerak. Yana bir muhim jihat — o‘qituvchining roli. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, eng zamonaviy texnologiyalar ham o‘qituvchining faolligi va yondashuvisiz kutilgan natijani bermaydi. Ya’ni, muammo ko‘pincha texnologiya yetishmasligida emas, balki undan samarali foydalanish ko‘nikmasida bo‘ladi. Bu

ISSN 3030-3907

esa o‘qituvchilarning kasbiy rivojlanishini alohida e’tiborga olish zarurligini ko‘rsatadi. Shuningdek, tadqiqot natijalari ta’limda individual yondashuvning ahamiyatini yana bir bor tasdiqladi. Har bir talaba bir xil tezlikda va bir xil usulda o‘rganmaydi. Eksperimental guruhda aynan shu jihat hisobga olingani natijaning oshishiga sabab bo‘ldi. Bu esa ta’lim xizmatlari sifatini oshirishda “hamma uchun bir xil model” samarasiz ekanini ko‘rsatadi. Biroq tadqiqotning ayrim cheklovlari ham mavjud. Masalan, eksperiment faqat bir semestr davomida o‘tkazildi va ishtirokchilar soni nisbatan cheklangan edi. Bundan tashqari, barcha fanlar yoki barcha ta’lim yo‘nalishlari uchun natijalar bir xil bo‘lishi ham kafolatlanmaydi. Shu sababli kelgusida tadqiqotni kengroq miqyosda, turli sharoitlarda o‘tkazish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish uchun murakkab va qimmat loyihalardan ko‘ra, ba’zan oddiy, lekin to‘g‘ri tashkil etilgan pedagogik yondashuvlar ko‘proq samara beradi. Eng muhimi — talabaning darsdagi ishtirokini oshirish va uni passiv tinglovchidan faol ishtirokchiga aylantirishdir.

Ushbu tadqiqotni yakunlar ekanmiz, eng avvalo bir narsani aniq aytish mumkin: ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish deganda ko‘pincha tashqi o‘zgarishlar — yangi binolar, zamonaviy texnika yoki xalqaro aloqalar ko‘z oldimizga keladi. Ammo olib borilgan izlanishlar shuni ko‘rsatdiki, eng katta o‘zgarish aslida dars ichida, ya’ni pedagogik jarayonning o‘zida sodir bo‘ladi.

Tadqiqot davomida sinovdan o‘tkazilgan yondashuvlar oddiy ko‘rinsa-da, ular sezilarli natija berdi. Talabalar darsga boshqacha munosabat bilan qaray boshladi, faolroq bo‘ldi, mustaqil fikrlashga harakat qildi. Eng muhimi, ular o‘qishni “majburiyat” sifatida emas, balki o‘zlari uchun foydali jarayon sifatida qabul qila boshladi. Bu esa ta’lim sifatining oshganini bildiradi. Shu o‘rinda bir muhim xulosaga kelish mumkin: ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirish uchun katta va murakkab islohotlardan boshlash shart emas. Ba’zan kichik, lekin to‘g‘ri yo‘naltirilgan pedagogik o‘zgarishlar ancha katta samara beradi. Masalan, oddiy savol-javob, muhokama yoki guruh bilan ishlash kabi metodlar talabani darsga tortadi va uning fikrlashini faollashtiradi. Tadqiqot yana shuni ko‘rsatdiki, raqamli texnologiyalar bugungi kunda ta’limning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Lekin bu yerda asosiy masala texnologiyaning o‘zida emas, balki uni qanday ishlatishda. Agar u faqat ko‘rgazma uchun bo‘lsa, natija bermaydi. Ammo to‘g‘ri qo‘llansa, u o‘quv jarayonini ancha samarali qiladi. Yana bir muhim jihat — individual yondashuv. Har bir talaba turlicha o‘rganadi, turlicha fikrlaydi. Shu sababli hammaga bir xil yondashuv har doim ham yaxshi natija bermaydi. Eksperiment davomida talabaga moslashilgan yondashuv natijaning oshishiga sezilarli ta’sir qilgani kuzatildi.

ISSN 3030-3907

XULOSA. Olingan natijalardan kelib chiqib, quyidagi takliflarni berish mumkin:

- darslarni imkon qadar interaktiv shaklga o‘tkazish, ya’ni talabani faol ishtirokchiga aylantirish;
- o‘qituvchilarning zamonaviy metodlar bo‘yicha malakasini oshirishga jiddiy e’tibor qaratish;
- raqamli texnologiyalarni shunchaki qo‘llash emas, balki uni pedagogik maqsadga xizmat qildirish;
- talabalar uchun individual yondashuvni bosqichma-bosqich joriy etish;
- dars jarayonida muntazam fikr almashish (feedback) tizimini yo‘lga qo‘yish.

Oddiy qilib aytganda, ta’limni yaxshilash uchun avvalo darsni yaxshilash kerak. Chunki talaba uchun ta’lim tizimi aynan dars orqali namoyon bo‘ladi. Agar dars samarali bo‘lsa, qolgan tizim ham asta-sekin o‘zgaradi.

Shu sababli ta’lim xizmatlari raqobatbardoshligini oshirishning eng to‘g‘ri yo‘li — bu pedagogik yondashuvni zamonaviylashtirish, talabani markazga qo‘yish va uni faol o‘quv jarayoniga jalb qilishdan iborat.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Porter Michael E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.
2. Kotler Philip, & Keller Kevin Lane (2016). *Marketing Management* (15th ed.). Pearson Education.
3. Becker Gary S. (1993). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education* (3rd ed.). Chicago: University of Chicago Press.
4. OECD (2021). *Education at a Glance 2021: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing.
5. World Bank (2020). *World Development Report 2021: Data for Better Lives*. Washington, DC: World Bank.
6. Mulder Martin (2017). Competence-based vocational and professional education: Bridging the worlds of work and education. *Springer International Publishing*.
7. Graham Charles R. (2013). Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Ed.), *Handbook of Distance Education* (pp. 333–350). Routledge.
8. North Douglass C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
9. UNESCO (2022). *Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education*. Paris: UNESCO.

ISSN 3030-3907

10. UNWTO (2022). *Global Report on Digital Transformation and Innovation in Tourism*. Madrid: UNWTO.
11. Schwab Klaus (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
12. Salmon Gilly (2013). *E-tivities: The Key to Active Online Learning*. Routledge.
13. Biggs John, & Tang Catherine (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. Open University Press.
14. European Commission (2020). *Digital Education Action Plan 2021–2027*. Brussels.
15. World Economic Forum (2020). *The Future of Jobs Report*. Geneva: WEF.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В УСЛОВИЯХ ШУРТАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Евстафеев Евгений Александрович
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: johnnygeniy@mail.ru
Сафонов Энвер Дмитриевич
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, студент

Annotatsiya. Mazkur ishda Sho‘rtan gaz-kondensat koni quduqlarini ekspluatatsiya qilish sharoitlarini modellashtiruvchi muhitda po‘lat korroziyasini ingibirlash samaradorligi tadqiq etildi. Korroziya tezligi gravimetrik usul yordamida, tarkibida xloridlar va karbonat angidrid mavjud bo‘lgan hamda qatlam suvini imitatsiya qiluvchi eritmada metall namunalarning massa yo‘qotishi asosida baholandi. Ingibitor sifatida titan oksidi (TiO_2) nanozarrachalari hamda amidamin turidagi IK GRDC-0421 ingibitori ko‘rib chiqildi. Shuningdek, ingibitorlar qo‘llanilmagan holatda korroziya tezligi gazkondensat konlarining agressiv muhitlariga xos bo‘lgan yuqori qiymatlarga yetishi ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: korroziya, ingibitor, gravimetrik usul, nanozarrachalar, gaz-kondensat koni, quduq.

Аннотация. В данной работе исследована эффективность ингибирования коррозии стали в условиях, моделирующих эксплуатацию скважин Шуртанского газоконденсатного месторождения. Оценка скорости коррозии проводилась гравиметрическим методом по потере массы металлических образцов в растворе, имитирующем пластовую воду с содержанием хлоридов и углекислого газа. В качестве ингибиторов рассматривались наночастицы оксида титана (TiO_2) и ингибитор амидоаминного типа ИК GRDC-0421. Также показано, что в отсутствие ингибиторов скорость коррозии достигает высоких значений, характерных для агрессивных сред газоконденсатных месторождений.

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, гравиметрический метод, наночастицы, газоконденсатное месторождение, скважина.

Abstract. This study investigates the efficiency of steel corrosion inhibition under conditions simulating the operation of wells at the Shurtan gas condensate field. The corrosion rate was evaluated using the gravimetric method based on the mass loss of metal samples in a solution simulating formation water containing chlorides and carbon dioxide. Titanium oxide (TiO_2) nanoparticles and the amidoamine-type inhibitor IK GRDC-0421 were considered as corrosion

inhibitors. The study also demonstrates that, in the absence of inhibitors, the corrosion rate reaches high values characteristic of aggressive environments in gas condensate fields.

Key words: corrosion, inhibitor, gravimetric method, nanoparticles, gas condensate field, well.

ВВЕДЕНИЕ.

В процессе эксплуатации нефтегазовых скважин одной из основных проблем является коррозионное разрушение металлов [1-3], обусловленное воздействием агрессивных компонентов пластовых флюидов, таких как углекислый газ, вода и хлориды [2,3]. Коррозия приводит к снижению прочности трубопроводов, увеличению гидравлических потерь и сокращению срока службы оборудования [1].

Одним из наиболее перспективных ингибиторов, позволяющих эффективно бороться с коррозией при добыче газа является диоксид титана (TiO_2), который представляет собой неорганическое соединение, широко применяемое в различных отраслях промышленности благодаря своей химической стабильности, низкой токсичности и высокой устойчивости к агрессивным средам [1,2]. К основным особенностям наночастиц TiO_2 относятся: высокая удельная поверхность, повышенная адсорбционная способность, увеличение химической активности, способность к формированию устойчивых защитных покрытий. Ингибирующее действие наночастиц TiO_2 реализуется за счет комплекса физико-химических процессов. Во-первых, частицы адсорбируются на поверхности металла, формируя плотный защитный слой (рисунок 1). Во-вторых, данный слой выполняет барьерную функцию, препятствуя диффузии агрессивных компонентов среды, таких как ионы хлора (Cl^-), углекислый газ (CO_2) и кислород.

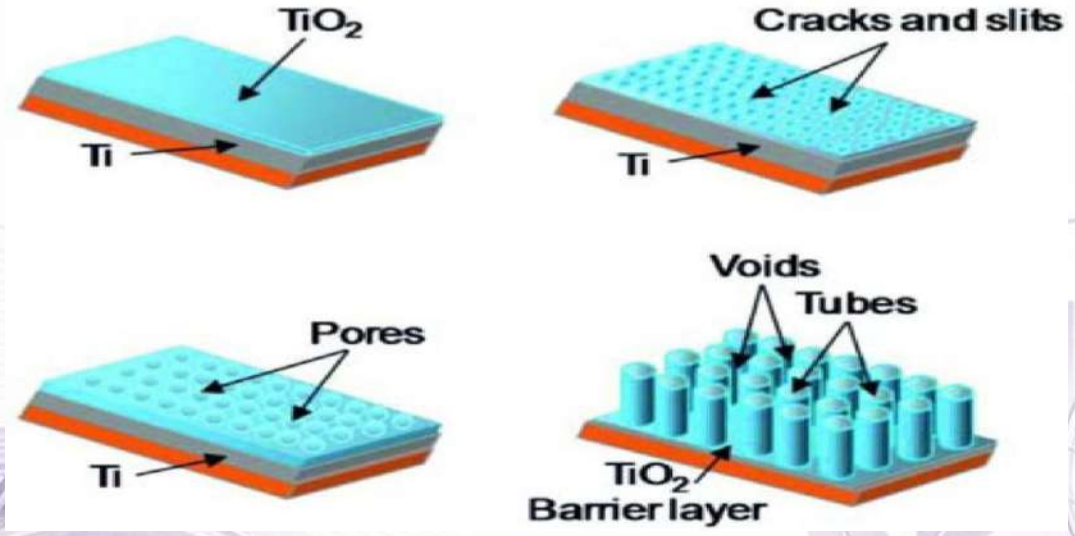


Рисунок 1 – Структура и развитие пористой оксидной пленки TiO_2 [1]

ISSN 3030-3907

Кроме того, наночастицы TiO_2 оказывают влияние на электрохимические процессы коррозии, снижая скорость как анодных, так и катодных реакций. Таким образом, ингибирование коррозии в присутствии TiO_2 носит адсорбционно-пленочный характер. Указанные свойства обусловливают их высокую эффективность в процессах ингибирования коррозии металлов [1,2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Оценка скорости коррозии в данной работе проводилась гравиметрическим методом, основанным на определении потери массы металлического образца после воздействия агрессивной среды.

Сущность метода заключается в сравнении массы образца до и после проведения эксперимента. Потеря массы характеризует количество металла, перешедшего в раствор в результате коррозионных процессов. Данный метод является одним из наиболее простых и наглядных способов количественной оценки коррозии металлов [4,5].

К основным преимуществам гравиметрического метода относятся: высокая точность при соблюдении условий эксперимента, простота реализации, возможность прямого определения скорости коррозии. Однако метод имеет ряд ограничений, связанных с необходимостью строгого соблюдения условий проведения эксперимента. В частности, требуется полное удаление продуктов коррозии с поверхности образца без дополнительного механического повреждения, что может влиять на точность измерений [5].

Скорость коррозии при гравиметрическом методе определяется по величине потери массы, отнесенной к площади поверхности образца и времени воздействия среды:

$$V = \frac{\Delta m}{S \cdot \mathrm{t}} \qquad (1)$$

где Δm – потеря массы образца, г; S – площадь поверхности образца, м²; t – продолжительность испытания, ч.

Для перевода скорости коррозии в мм/год использовалось соотношение:

$$v_k = \frac{8{,}76 \cdot \mathrm{V}}{\rho} \qquad (2)$$

где v_k – скорость коррозии, мм/год; V – скорость коррозии, г/(м²·ч); ρ – плотность металла, г/см³.

Эффективность ингибирования определялась по формуле:

$$\eta = \frac{v_{k0} - v_k}{v_{k0}} \cdot 100\ \% \qquad (3)$$

ISSN 3030-3907

где v_{k0} – скорость коррозии без ингибитора; v_k – скорость коррозии при использовании ингибитора.

Полученные значения позволяют оценить интенсивность коррозионного разрушения и эффективность применяемых ингибиторов.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ. На основе экспериментальных данных выполнен расчет потери массы, скорости коррозии на образце без ингибитора, с ингибитором ИК GRDC-0421 и с TiO_2 в качестве ингибитора. Дополнительно определена эффективность ингибирования и проведена оценка влияния коррозионных процессов на срок службы оборудования. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты гравиметрического расчета

Случай	Δm, г	V, г/м²·ч	v_k, мм/год	η, %
Без ингибитора	0,3	1,25	1,4	0
ИК GRDC-0421	0,14	0,583	0,65	53,333
TiO_2	0,1	0,417	0,47	66,667

Сравнительный анализ полученных данных показывает, что применение ингибиторов приводит к существенному снижению скорости коррозии. В частности, использование ингибитора ИК GRDC-0421 снижает скорость коррозии более чем в 2 раза по сравнению с исходным случаем. При этом эффективность ингибирования составляет более 50%. Наиболее высокий защитный эффект наблюдается при использовании наночастиц TiO_2, где снижение скорости коррозии достигает примерно 3 раз, а эффективность ингибирования составляет около 67%, это связано с высокой удельной поверхностью наночастиц и их способностью формировать плотный защитный слой на поверхности металла. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наноструктурированные материалы обладают более выраженными защитными свойствами по сравнению с традиционными ингибиторами.

Полученные результаты согласуются с опубликованными исследованиями, посвященными применению покрытий и защитных слоев на основе диоксида титана. Согласно литературным данным, эффективность TiO_2 определяется не только его химической стойкостью, но и способностью формировать плотный барьерный слой на поверхности металла, препятствующий проникновению агрессивных компонентов среды.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рисунке 2, показывает, что увеличение толщины покрытия TiO_2 приводит к устойчивому снижению скорости коррозии независимо от температуры

ISSN 3030-3907

эксплуатации. При отсутствии покрытия наблюдаются максимальные значения скорости коррозии, тогда как увеличение толщины защитного слоя обеспечивает последовательное снижение интенсивности коррозионного разрушения. Это подтверждает адсорбционно-пленочный механизм действия TiO_2, рассмотренный ранее.

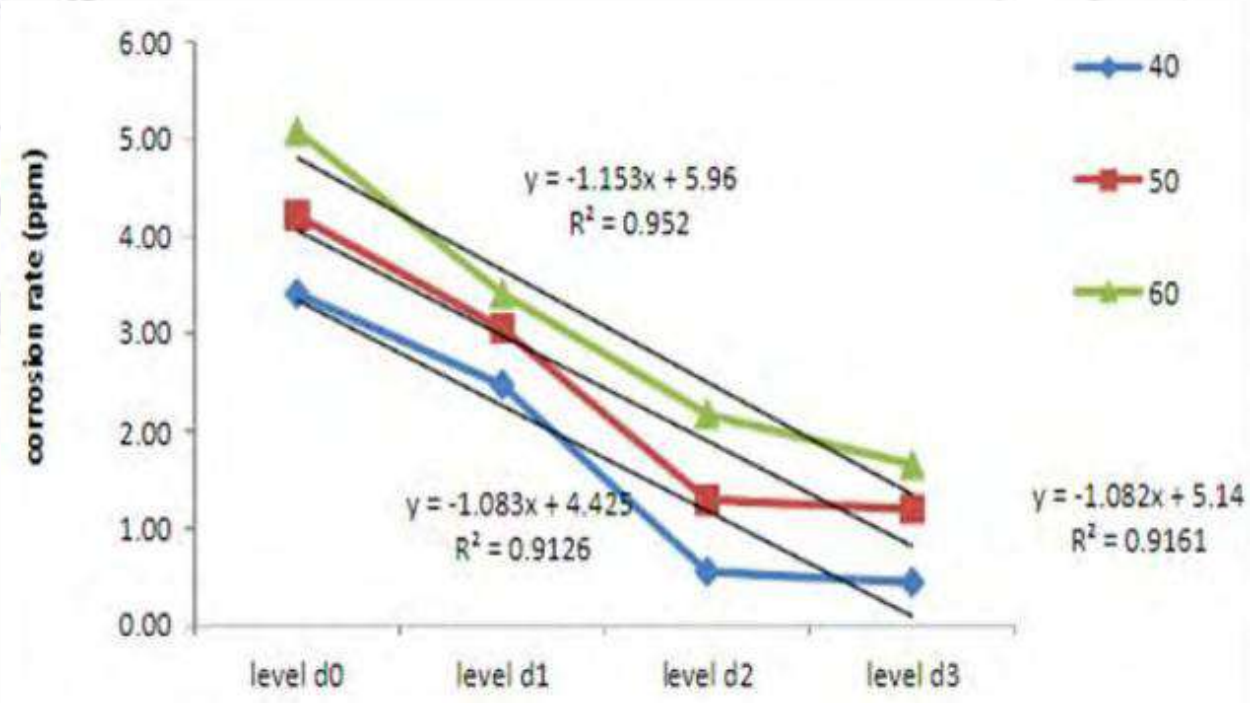


Рисунок 2 – Влияние толщины покрытия TiO_2 на скорость коррозии при различных температурах [6]

Особый интерес представляет влияние температуры на эффективность защитного покрытия. Как видно из рисунка 3, повышение температуры от 40 до 60 °C сопровождается увеличением скорости коррозии во всех исследованных случаях. Однако наличие покрытия TiO_2 существенно уменьшает интенсивность этого роста. При максимальной толщине покрытия скорость коррозии остается значительно ниже по сравнению с незащищенной поверхностью даже при повышенных температурах.

ISSN 3030-3907

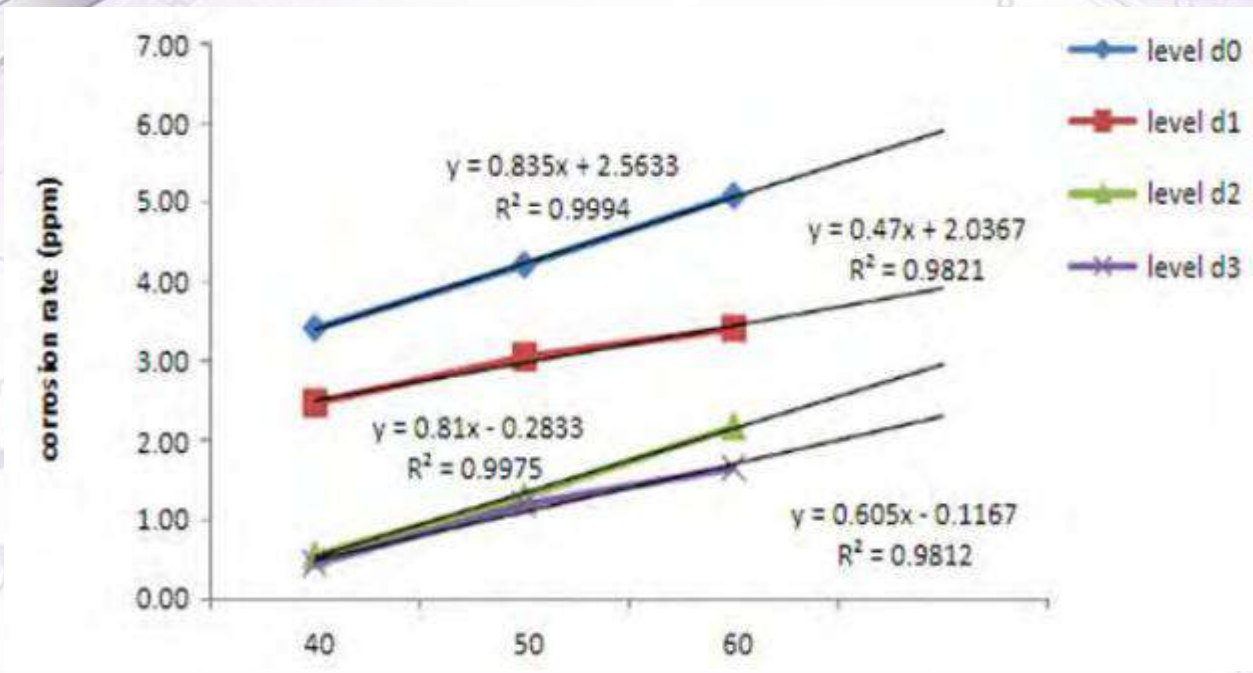


Рисунок 3 – Влияние температуры на скорость коррозии при различных уровнях покрытия TiO_2 [6]

Полученные зависимости подтверждают возможность применения наночастиц TiO_2 в условиях нефтегазовых месторождений, где оборудование подвергается воздействию агрессивных пластовых вод, углекислого газа и повышенных температур. Формирование устойчивого защитного слоя способствует не только снижению скорости коррозии, но и увеличению срока службы технологического оборудования.

Следует отметить, что интенсивность коррозии в условиях эксплуатации скважин существенно зависит от скорости потока флюида. Увеличение скорости приводит к росту дебита, однако одновременно усиливает коррозионные процессы. При высоких скоростях потока происходит разрушение защитных пленок и усиление массопереноса агрессивных компонентов к поверхности металла, что приводит к резкому увеличению скорости коррозии [2,3]. Таким образом, существует оптимальный диапазон скоростей потока, при котором достигается компромисс между повышением дебита и минимизацией коррозионного износа оборудования. Зависимость интенсивности коррозии от скорости потока (рисунок 4) показывает, что при увеличении скорости движения флюида наблюдается нелинейный рост скорости коррозии.

ISSN 3030-3907

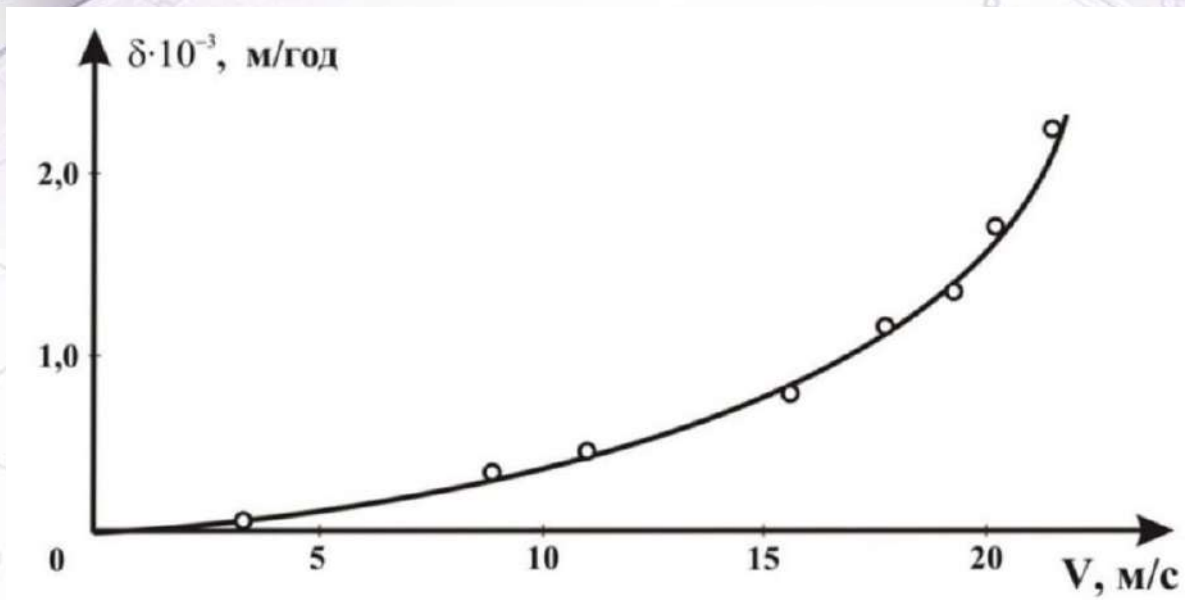


Рисунок 4 – Характер интенсивности коррозии от скорости [2]

Полученные экспериментальные значения скорости позволяют сделать вывод о расширении допустимого диапазона скоростей потока при использовании ингибиторов. В частности, снижение скорости коррозии при применении TiO_2 позволяет увеличить допустимую скорость потока без превышения критических значений коррозионного износа, что приводит к увеличению дебита скважины. Приняв допустимую скорость коррозии 1 мм/год получим увеличенные значения скорости потока флюида, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка влияния ингибиторов на допустимую скорость потока и дебит

Случай	v_k,мм/год	v*, м/с	Q/Q_0
Без ингибитора	1,4	4,3	0,71
ИК GRDC-0421	0,65	9,2	1,54
TiO_2	0,47	12,8	2,13

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что применение ингибиторов коррозии существенно снижает интенсивность коррозионного разрушения оборудования в условиях, моделирующих эксплуатацию скважин Шуртанского газоконденсатного месторождения. Наиболее высокой эффективностью характеризуются наночастицы оксида титана TiO_2, обеспечивающие снижение скорости коррозии примерно в 3 раза по сравнению с исходным случаем без ингибитора. Установлено, что снижение скорости коррозии позволяет увеличить допустимую скорость потока флюида без превышения критических значений коррозионного износа оборудования. Это создает

ISSN 3030-3907

предпосылки для повышения дебита скважин и увеличения эффективности доразработки месторождения. В частности, применение TiO_2 позволяет увеличить допустимую скорость потока более чем в 2 раза по сравнению с эксплуатацией без ингибитора. Полученные результаты подтверждают перспективность использования наноструктурированных ингибиторов для защиты нефтегазопромыслового оборудования в агрессивных средах газоконденсатных месторождений и повышению надежности эксплуатации скважин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенфельд И. Л. Ингибиторы коррозии — М.: Химия, 1977. — 350 с.
2. Томашов Н. Д., Чернова Г. П. Теория коррозии и защиты металлов — М.: Металлургия, 1974. — 400 с.
3. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов — М.: Металлургия, 1976. — 472 с.
4. Тихвинская М. Ю., Волынский В. Е. Практикум по химической технологии — М.: Просвещение, 1984. — 160 с.
5. Ямпольская А. М. Контроль качества защитных покрытий — Л.: Машиностроение, 1966. — 232 с.
6. K. Somayeh, G. Bahram, Y. Reza. The effect of nanoparticle coating on anticorrosion performance of centrifugal pump blades // Jordan J Mech Ind Eng. – 2018. – Vol. 12. – No. 2. – P. 117-122.

ISSN 3030-3907

FRAZEOLOGIK BIRLIKLARNI O‘QITISHDA KOGNITIV-KOMMUNIKATIV YONDASHUV: NAZARIY ASOSLARI VA INNOVATSION METODLARI

Jumayeva Sadbarg Mirolimovna
O‘zDJTU, Ingliz tili 3-fakulteti, Ingliz tili amaliy fanlar №3 kafedrasi
ORCID:0009-0006-2805-2883
E-mail: Sadbarg_8788@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqola frazeologik birliklarni interaktiv metodlar asosida o‘rgatishning samarali yo‘llarini tahlil etishga bag‘ishlangan. Tadqiqotda til ta’limida interaktiv metodlarning semantik, stilistik va madaniy xususiyatlarini o‘rgatishdagi dolzarb muammolar va ularni interaktiv metodlar yordamida bartaraf etishning nazariy hamda amaliy asoslari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: interaktiv metodlar, til o‘rgatish, kontekstual yondashuv, madaniy komponent, muammoli vaziyat, rolli o‘yin, dramatizatsiya, grafik-organayzer, milliy mentalitet, stilistik yuklama.

Abstract. This article is devoted to analyzing effective ways of teaching phraseological units through interactive methods. The study examines current issues related to teaching the semantic, stylistic, and cultural features of interactive methods in language education, as well as the theoretical and practical foundations for overcoming these challenges through interactive teaching approaches.

Keywords: interactive methods, language teaching, contextual approach, cultural component, problem-based situation, role-play, dramatization, graphic organizer, national mentality, stylistic load.

Аннотация. Данная статья посвящена анализу эффективных способов обучения фразеологическим единицам на основе интерактивных методов. В исследовании рассматриваются актуальные проблемы преподавания семантических, стилистических и культурных особенностей языка с использованием интерактивных методов, а также теоретические и практические основы их преодоления посредством современных интерактивных подходов к обучению.

Ключевые слова: интерактивные методы, обучение языку, контекстуальный подход, культурный компонент, проблемная ситуация, ролевая игра, драматизация, графический органайзер, национальный менталитет, стилистическая нагрузка.

KIRISH.

So‘nggi yillarda o‘quvchilarning mustaqil fikrlashi, bilimga bo‘lgan qiziqishi, izlanish ruhidagi faoliyati, muloqotga kirisha olish qobiliyatini rivojlantirish masalalari ta’lim sohasining dolzarb muammolaridan biriga

ISSN 3030-3907

aylangan. Bunda interaktiv metodlar asosiy vosita sifatida maydonga chiqmoqda. Ayniqsa, frazeologik birliklarni o‘rgatishda o‘quvchilarning faol ishtirokini talab qiladigan, muloqotga asoslangan, kontekstda o‘zlashtiriladigan yondashuvlar zarur bo‘ladi. Frazeologik birliklar mazmunan murakkab, konnotativ ranglarga boy, milliylik bilan sug‘orilgan birliklar bo‘lganligi sababli, ularni faqatgina ta’rif va yodlash asosida o‘rgatish samarali emas. Shu boisdan, interaktiv metodlardan foydalanish orqali bu til birliklarini o‘rganish jarayoniga innovatsion yondashuvni joriy etish mumkin.

Interaktiv ta’lim metodlari zamonaviy pedagogikaning shaxsga yo‘naltirilgan ta’lim konsepsiyasi asosida shakllanadi. Bu metodlar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab o‘zgaruvchan jamiyatda talab etiladigan yangi avlod shaxsini tarbiyalash maqsadida ishlab chiqildi. Bunday metodlar psixologik-pedagogik yondashuvlarning integratsiyasiga asoslanadi: konstruktivizm, kommunikativ yondashuv, faoliyatga asoslangan ta’lim va kooperativ o‘qitish[8]. Masalan, konstruktivizm nazariyasiga ko‘ra, har bir shaxs bilimni tayyor holatda emas, balki o‘zining faoliyat tajribasi orqali yaratadi. Demak, frazeologizmlarni o‘rganayotgan o‘quvchi ularni turli kontekstlarda qo‘llab, ularning mazmunini shaxsiy tahlil orqali anglab yetadi. Bu esa interaktiv metodlarga katta ehtiyoj tug‘diradi. Interaktiv metodlar nafaqat bilim berish, balki shaxsiy rivojlanishni, ijtimoiy kompetensiyalarni shakllantirish, kreativ fikrlash, ko‘p nuqtayi nazardan yondashishni ta’minlaydi. Ular quyidagi didaktik imkoniyatlarga ega[9]:

- O‘quvchilarni mustaqil fikrlashga o‘rgatadi;
- Faol ishtirok, ijodiy yondashuv, jamoaviy muhokamani rivojlantiradi;
- Tillarni o‘rganishda nutqiy faollikni oshiradi;
- Frazeologik birliklarning konnotatsion ma’nosini, uslubiy rangini chuqur anglashga yordam beradi;
- Madaniy kontekstni anglashga xizmat qiladi.

Misol uchun, “Ko‘z quvonchi” frazeologik birligini kitobiy ta’rifda emas, balki roli o‘ynalgan hayotiy vaziyatda (masalan, yangi tug‘ilgan chaqaloqni tabriklash sahnasida) ishlatish orqali o‘quvchi bu iboraning chuqur ma’nosini his etadi, eslab qoladi va kerakli joyda qo‘llashni o‘rganadi.

Interaktiv metodlar ko‘plab shakl va usullarga ega. Ular quyidagi asosiy yo‘nalishlarga ajratiladi:

Muammoli vaziyatlar asosida o‘qitish (PBL) — bu o‘quvchilarni faollashtirishga qaratilgan ta’lim yondashuvi bo‘lib, unda bilim faqat o‘qituvchi

[8] Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning* (5th ed.). Allyn & Bacon.
[9] Jonassen, D. H. (1999). *Designing Constructivist Learning Environments*. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* (Vol. II, pp. 215–239). Lawrence Erlbaum.

ISSN 3030-3907

tomonidan emas, balki o‘quvchilarning mustaqil fikrlashi, tahlil qilish va muammoni hal qilish jarayoni orqali shakllanadi[10].

Frazeologik birliklarni o‘rgatishda PBL o‘quvchilarning lingvistik va madaniy bilimlarini chuqurlashtiradi. Masalan, “Milliy mentalitetni ifodalovchi frazeologizmlar” mavzusida berilgan muammo — “Nega ‘Yuziga fotiha o‘qildi’ degan ibora doim salbiy ma’noda qo‘llaniladi?” — o‘quvchilarda frazeologizmlarning lug‘aviy va madaniy ma’nolari ustida mustaqil izlanish olib borishga undaydi. Natijada, ular bu iboraning ijtimoiy konnotatsiyasi, uning tarixiy va madaniy konteksti bilan tanishadi. Bunday muammoli vaziyatlar o‘quvchilarda tahliliy fikrlash, argumentatsiya va muloqot ko‘nikmalarini rivojlantiradi (Hmelo-Silver, 2004).

Rol o‘ynash va dramatizatsiya usullari: Rol o‘ynash va dramatizatsiya metodlari frazeologik birliklarni jonli, kontekstual tarzda o‘rganishga imkon beradi. Bu usullar o‘quvchilarning nutqiy ko‘nikmalarini oshirish bilan birga, frazeologizmlarning stilistik va emosional yuklamasini chuqurroq anglashiga xizmat qiladi[11].

Masalan, “Tilini yutib yuboray dedi” frazeologizmini ifodalovchi sahna yaratish jarayonida o‘quvchilar frazeologizmni faqat lug‘aviy ma’nosidan emas, balki uning hayotiy kontekstda qanday ishlatilishini ham o‘rganadilar. Bu jarayon ijodkorlikni rag‘batlantiradi va kommunikativ vazifalarni muvaffaqiyatli bajarishga yordam beradi.

Grafik-organayzerlardan foydalanish: Grafik-organayzerlar – bilimlarni tizimlashtirish va vizual ko‘rinishda ifodalash uchun samarali vositalardan biridir (Novak & Cañas, 2008).

1. **Cluster** (to‘plam diagrammasi) frazeologizmlarni tematik guruhlarga ajratishda qo‘llaniladi. Masalan, “Tana a’zolari bilan bog‘liq frazeologizmlar” klasterida o‘quvchilar bog‘liq iboralarni guruhlab, ularning umumiy xususiyatlari va farqlarini tahlil qiladilar.

2. **Venn diagrammasi** yordamida o‘zbek va ingliz tilidagi frazeologik birliklarni taqqoslash o‘quvchilarga ikki til o‘rtasidagi madaniy va lingvistik farqlarni ko‘rish imkonini beradi, bu esa tarjima va madaniyatlararo tushunishni rivojlantiradi.

Ko‘rgazmali-metodik vositalardan foydalanish: Ko‘rgazmali vositalar o‘quv jarayonini yanada jonli va esda qolarli qiladi.

[10] Barrows, H. S. (1986). *A taxonomy of problem-based learning methods* (p. 3). Medical Education, 20(6), 481–486. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x

[11] Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom* (pp. 5–6). ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, DC: The George Washington University, School of Education and Human Development.

ISSN 3030-3907

1. **Frazeologik kartochkalar** — har bir kartochkada frazeologizm va uning kontekstda ishlatilishi misollari beriladi. O‘quvchi kartochkani tahlil qilib, iboraning ma’nosini va qo‘llanilish holatini mustaqil ravishda o‘rganadi, bu mustaqil o‘rganish va mustahkamlash uchun muhimdir (Mayer, 2001).

2. **Mantiqiy zanjir** usuli frazeologik iborani mantiqiy tarzda tushuntirishga yordam beradi. Masalan, iboraning ma’nosini tushuntirib, undan keyingi ehtimoliy voqealar yoki oqibatlarni taxmin qilish o‘quvchilarda sabab-oqibat munosabatlarini rivojlantiradi.

Texnologik vositalar asosidagi metodlar: Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) ta’lim samaradorligini sezilarli darajada oshiradi, interaktivlikni kuchaytiradi hamda ta’lim jarayonini qiziqarli va interaktiv qiladi (Wang et al., 2014).

1. **Quizizz, Kahoot** kabi platformalar frazeologik birliklar bo‘yicha testlarni o‘tkazishda foydalaniladi. Bu o‘quvchilarda raqobat va qiziqish uyg‘otib, bilimlarni mustahkamlashga xizmat qiladi.

2. **Jamboard, Padlet** kabi onlayn kollaborativ vositalar yordamida frazeologizmlar bilan bog‘liq munozaralar, fikrlar almashish va assotsiatsiyalar yaratish mumkin. Bu o‘quvchilarning hamkorlikdagi faoliyatini rivojlantiradi.

3. **YouTube-dan frazeologizmlar ishlatilgan video tahlili** esa tilni real kontekstda eshitish va tushunishni oshiradi, frazeologizmlarning nutqiy vaziyatlardagi qo‘llanilishini vizual ravishda ko‘rsatadi.

1. Muammoli vaziyatlar asosida o‘qitish (Problem-based learning). Bu yondashuv o‘quvchining mustaqil fikrlashi, kuzatuvchanligi va muammoni hal qilish kompetensiyasini shakllantiradi.

Misol: Mavzu: “Milliy mentalitetni ifodalovchi frazeologizmlar” Muammo: Nega “Yuziga fotiha o‘qildi” degan ibora doim salbiy ma’noda qo‘llaniladi?

O‘quvchilar bu frazeologizmning lug‘aviy va madaniy ma’nosini muhokama qiladilar va yakunda uning ijtimoiy konnotatsiyasini aniqlaydilar.

2. Rol o‘ynash va dramatizatsiya usullari: Bu usullar frazeologizmlarni jonli kontekstda o‘rganish imkonini beradi. **Misol:** “Tilini yutib yuboray dedi” frazeologizmini ifodalovchi sahnani yaratish: o‘quvchilardan biri to‘satdan kutilmagan mehmon kelganida hayratlanadi, qolganlar esa bu holatni rol orqali ifodalaydi.

3. Grafik-organayzerlardan foydalanish: Bilimlarni vizual tarzda tizimlashtirishga xizmat qiladi.

- “Cluster” – frazeologizmlarni tematik guruhlarga ajratish: masalan, “tana a’zolari bilan bog‘liq frazeologizmlar”.

ISSN 3030-3907

• “Venn diagrammasi” – o‘zbek va ingliz tilidagi frazeologik birliklarni taqqoslash.

4. Ko‘rgazmali-metodik vositalardan foydalanish

• **Frazeologik kartochkalar** – ibora va u bilan bog‘liq kontekst beriladi. O‘quvchi uni tahlil qiladi va kerakli holatda qo‘llaydi.

• **“Mantiqiy zanjir” usuli** – frazeologik iborani mantiqiy tarzda tushuntirish va undan keyingi hodisani taxmin qilish.

5. Texnologik vositalar asosidagi metodlar: Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari interaktiv metodlarning samaradorligini oshiradi.

• **Quizizz, Kahoot** orqali frazeologik testlar o‘tkazish;

• **Jamboard yoki Padlet** orqali onlayn munozaralar, frazeologik assotsiatsiyalar yaratish;

• **YouTube-dan frazeologizmlar ishlatilgan video tahlili.**

Ta’lim jarayonida o‘quvchining psixologik faolligini ta’minlash — zamonaviy pedagogikaning asosiy talablaridan biridir. Chunki shunchaki bilim berish emas, balki o‘quvchining bilishga, izlanishga, bahslashishga, savollar berishga, fikr bildirishga tayyor ruhiy holatini shakllantirish zamonaviy ta’lim samaradorligining mezoniga aylangan. Aynan **interaktiv metodlar** o‘quvchini passiv tinglovchidan faol ishtirokchiga aylantiradi[12].

Psixologik jihatdan faollik deganda, o‘quvchining:

• e’tiborini dars mavzusiga yo‘naltirishi,

• o‘z fikrini mustaqil va erkin bildira olishi,

• boshqalarning fikrini tinglab, o‘z pozitsiyasini himoya qilishi,

• vaziyatni tahlil qilish va unga nisbatan shaxsiy munosabat bildira olish qobiliyatlari nazarda tutiladi.

Bu kabi sifatlar, ayniqsa, **frazeologik birliklar** kabi emotsional, obrazli va ko‘p qatlamli ma’noga ega til birliklarini o‘rganishda nihoyatda muhim ahamiyat kasb etadi. Frazeologizmlarni o‘zlashtirish jarayonida o‘quvchi uni nafaqat tushunib olishi, balki his qilishi, his-hayajon bilan qabul qilishi, uni real hayotdagi holatlar bilan bog‘lashi zarur.

Frazeologizmlar va psixologik idrok: Frazeologik birliklar ko‘pincha inson hissiyotlari, kayfiyati, psixik holati, hayotiy vaziyatlar bilan bog‘liq bo‘ladi. Masalan:

– “Yuragi og‘ziga chiqdi” – qo‘rquv, hayajon

– “Ko‘ngli g‘ash” – ranjish, g‘am

– “Boshi osmonga yetdi” – shodlik, zavq

[12]Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, DC: The George Washington University, School of Education and Human Development.

ISSN 3030-3907

Bu iboralarni chuqur anglash uchun o‘quvchining *emotsional empatiyasi*, ya’ni holatni his qilish qobiliyati rivojlangan bo‘lishi kerak. Interaktiv metodlar bu qobiliyatni rag‘batlantiradi.

Interaktiv metodlar va hissiy idrok: Ko‘plab interaktiv metodlar o‘quvchining shaxsiy tajribasiga, hissiyotlariga tayanadi. Jumladan:

– **Rollarni o‘ynash**: o‘quvchi ibora mazmunini sahnada ifodalashi, obrazga kirishi orqali uni chuqur his qiladi.

o *Masalan:* “Yuragi hovuchiga sig‘madi” iborasi dramatizatsiya qilinadi: o‘quvchi hayajonli vaziyatda yuragi tez urayotgan personajni jonlantiradi.

– **Bahsli muhokamalar**: frazeologik iboraning qo‘llanilishi to‘g‘rimi yoki yo‘qmi? Qaysi vaziyatda ishlatish joiz? O‘quvchilar fikr bildiradi, isbotlaydi, tahlil qiladi.

– **Assotsiativ metodlar**: biror frazeologik birikmaga shaxsiy assotsiatsiyalar beriladi. Bu orqali iboraning shaxsiy mazmuni shakllanadi.

Misol: “Tilidan asal tomadi” iborasiga o‘quvchi “buvimning mehribonligi” yoki “do‘stimning muloyim gaplari” kabi real hayotiy konnotatsiyalarni bog‘laydi.

Interaktiv metodlarning motivatsiyaga ta’siri: Psixologiyada motivatsiya — shaxsning faoliyatga intilishini belgilovchi ichki kuch sifatida qaraladi. Interaktiv metodlar aynan o‘quvchining ichki motivatsiyasini oshiradi:

– O‘z fikrini bildirish imkoniyati uni qadrlanganini his ettiradi.

– Bahslashish, munozara qilish unga faollik bag‘ishlaydi.

– Faoliyatga asoslangan topshiriqlar (ijodiy yozish, jamoaviy sahna ko‘rinishi) – o‘zini namoyon qilish imkonini beradi.

Shunday qilib, interaktiv yondashuvlar yordamida frazeologizmlarni o‘rganish jarayoni o‘quvchi uchun shunchaki lug‘aviy bilim emas, balki *ruhiy-mazmunli tajriba*ga aylanadi. Bu esa bilimlarning chuqurroq singishiga xizmat qiladi.

Psixolingvistik yondashuv: Psixolingvistika fanida til birliklari faqat mantiqiy emas, balki hissiy-idrokiy tizimda ham shakllanishi va qo‘llanilishi nazarda tutiladi. Frazeologizmlar aynan shunday birliklardir[13]. Ular:

– obrazli;

– his-hayajonga boy;

– konnotatsiyali;

– madaniy semantikani o‘z ichiga oladi.

ISSN 3030-3907

Interaktiv metodlar bu ko‘p qatlamli semantikani ochib berish uchun mos vosita hisoblanadi. O‘quvchi faqat so‘zlarning tarjimasini emas, balki ularning mazmuniy psixologik konnotatsiyasini anglaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning* (5th ed.). Allyn & Bacon.
2. Jonassen, D. H. (1999). *Designing Constructivist Learning Environments*. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* (Vol. II, pp. 215–239). Lawrence Erlbaum.
3. Barrows, H. S. (1986). *A taxonomy of problem-based learning methods* (p. 3). Medical Education, 20(6), 481–486. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x
4. Leontyev, A. A. (1999). *Psikholingvistika*. Moskva: Smysl.
5. Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, DC: The George Washington University, School of Education and Human Development.

ISSN 3030-3907

AXBOROTLASHGAN JAMIYATDA AXLOQIY QADRIYATLAR TRANSFORMATSIYASI (IJTIMOIY-FALSAFIY TAHLILI)

Inomxo‘jaeva Sanobar Muxammadixonovna
Namangan davlat universiteti tadqiqotchisi
E-mail: s.inomkhujaeva@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada axborotlashgan jamiyat sharoitida axloqiy qadriyatlarning transformatsiyasi ijtimoiy-falsafiy nuqtayi nazardan tahlil qilinadi. XXI asrning global axborot oqimi va raqamli texnologiyalar hukmronligida qadriyatlarning shakllanishi, ularning yangi ijtimoiy muhitga moslashuvi va qadimiy an’anaviy axloqiy normalar bilan yuzaga kelayotgan ziddiyatlar ilmiy izohlanadi. Axborotlashgan jamiyatda kommunikativ maydonlarning kengayishi, ijtimoiy tarmoqlarning dominant kuch sifatida vujudga chiqishi hamda virtual makondagi axloqiy xulq-atvor me’yorlari an’anaviy qadriyatlarni qayta ko‘rib chiqishga majbur qilmoqda. Shu nuqtayi nazardan, maqolada qadriyatlar tizimining dinamikasi, axborotlashuvning inson ongiga ko‘rsatadigan transformativ ta’siri hamda axloqiy tamoyillarning universallashuvi va relativlashuvi jarayonlari falsafiy asosda ochib beriladi.

Kalit so‘zlar: Axborotlashgan jamiyat, axloqiy qadriyatlar, transformatsiya, ijtimoiy-falsafiy tahlil, globalizatsiya, raqamli madaniyat, kommunikativ maydon, ijtimoiy ong, virtual makon, axloqiy me’yorlar.

Аннотация. В статье анализируется трансформация моральных ценностей в условиях информационного общества с социально-философской точки зрения. В эпоху глобальных информационных потоков и господства цифровых технологий рассматриваются процессы формирования ценностей, их адаптация к новой социальной среде, а также возникающие противоречия с традиционными моральными нормами. Раскрывается влияние расширения коммуникативных пространств, доминирование социальных сетей и формирование норм морального поведения в виртуальной среде, что заставляет переосмысливать традиционные ценности. В данной связи в статье философски обоснованы динамика системы ценностей, трансформирующее воздействие информатизации на человеческое сознание, а также процессы универсализации и релятивизации моральных принципов.

Ключевые слова: информационное общество, моральные ценности, трансформация, социально-философский анализ, глобализация, цифровая культура, коммуникативное пространство, социальное сознание, виртуальная среда, моральные нормы.

Abstract. The article analyzes the transformation of moral values in the context of the information society from a socio-philosophical perspective. In the era of

global information flows and the dominance of digital technologies, the processes of value formation, their adaptation to the new social environment, and the emerging contradictions with traditional moral norms are scientifically explained. The study reveals the influence of expanding communicative spaces, the dominance of social networks, and the establishment of moral behavior norms in the virtual sphere, which necessitates a rethinking of traditional values. From this standpoint, the article philosophically substantiates the dynamics of the value system, the transformative impact of informatization on human consciousness, as well as the processes of universalization and relativization of moral principles.

Keywords: information society, moral values, transformation, socio-philosophical analysis, globalization, digital culture, communicative space, social consciousness, virtual sphere, moral norms.

KIRISH.

Axborotlashgan jamiyat zamonaviy sivilizatsiya taraqqiyotining o‘ziga xos bosqichi bo‘lib, u insoniyatning ijtimoiy, siyosiy, iqtisodiy va madaniy hayotini tubdan o‘zgartirmoqda. XXI asrda insoniyat hayoti raqamli texnologiyalar, sun’iy intellekt, global kommunikatsiya tarmoqlari va tezkor axborot almashinuvi asosida qayta qurilmoqda. Mazkur jarayonlarning eng muhim oqibatlaridan biri — axloqiy qadriyatlarning transformatsiyasidir. Chunki axloqiy qadriyatlar jamiyatning ijtimoiy tuzilishi, ma’naviy madaniyati va shaxsning ongli faoliyatida asosiy tartibga soluvchi mezon sifatida amal qilib kelgan. Biroq axborotlashgan muhit ushbu qadriyatlarni yangi sharoitlarga moslashishga, ba’zi hollarda esa ularni butunlay qayta talqin qilishga majbur etmoqda. Avvalo, “axborotlashgan jamiyat” tushunchasi ijtimoiy-falsafiy ilmda yangi paradigma sifatida qaraladi. Bu tushuncha nafaqat texnologik jarayonlarni, balki inson tafakkurining yangicha shakllanishini ham ifodalaydi. Masalan, M. Kastels o‘zining “Axborot davri” konsepsiyasida axborot texnologiyalari jamiyatning asosiy ishlab chiqarish resursiga aylanganini ta’kidlaydi. Shuningdek, A. Toffler “Uchinchi to‘lqin” asarida insoniyat taraqqiyotining yangi bosqichini axborot oqimlari va kommunikatsiya jarayonlarining ustuvorligi bilan izohlaydi[1]. Bu yondashuv shuni ko‘rsatadiki, axborot jamiyatining falsafiy mohiyati faqatgina texnik taraqqiyot emas, balki ijtimoiy ong, madaniyat va axloqiy tizimlarning tubdan o‘zgarishidir. Shu nuqtayi nazardan qaralganda, axloqiy qadriyatlarning transformatsiyasi masalasi dolzarb bo‘lib chiqadi. Chunki qadriyatlar doimo jamiyatni barqarorlashtiruvchi va uni ma’naviy jihatdan uyg‘unlashtiruvchi funksiyani bajargan. Masalan, sharqona tafakkurda “halollik”, “adolat”, “or-nomus”, “mehr-oqibat” kabi qadriyatlar ijtimoiy hayotning poydevorini tashkil etgan. G‘arb falsafasida esa “erkinlik”, “inson sha’ni”, “huquqiy tenglik” kabi qadriyatlar jamiyatning demokratik tuzilishini ta’minlab kelgan[2]. Ammo

ISSN 3030-3907

axborotlashgan muhitda mazkur qadriyatlar o‘zining an’anaviy ko‘rinishida saqlanib qolmayapti. Ular yangi kommunikativ makonlarda qayta talqin qilinmoqda. Misol uchun, internet va ijtimoiy tarmoqlarda “sha’niyat” tushunchasi ko‘pincha shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, kiberxavfsizlik va axborot erkinligi kabi tushunchalar bilan bog‘lanmoqda. Bundan tashqari, axborotlashgan jamiyatning muhim jihati shundaki, u insonlarning kundalik xulq-atvoriga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shaxsning axloqiy qarorlari ko‘p hollarda real hayotdagi ijtimoiy normalardan ko‘ra virtual makondagi “layk”, “kommentariya” yoki “obunachi soni” kabi indikatorlarga qarab shakllanmoqda[3]. Bu esa qadriyatlarning baholash mezonlarini o‘zgartiradi. Natijada qadriyatlarning ijtimoiy mazmuni bilan ularning virtual ekvivalenti o‘rtasida ziddiyat yuzaga keladi. Shu bilan birga, qadriyatlarning transformatsiyasi doimo ikkiyoqlama xarakter kasb etadi: bir tomondan, axborot muhitida qadriyatlar universallashtiriladi, ya’ni turli madaniyatlar va jamiyatlar o‘rtasida umumiy qadriyatlar paydo bo‘ladi; ikkinchi tomondan esa, ular relativlashadi, ya’ni qadriyatlar ko‘proq sub’ektiv talqin va individual ehtiyojlarga bog‘lanadi. Axborotlashuv jarayoni qadriyatlarning demokratlashuviga ham olib kelmoqda. Ilgari faqat elitalar yoki diniy institutlar tomonidan shakllantirilgan qadriyatlar endilikda keng omma tomonidan muhokama qilinmoqda va qayta baholanmoqda. Misol tariqasida, ijtimoiy tarmoqlarda yuzaga keladigan global kampaniyalarni ko‘rsatish mumkin: masalan, “MeToo” harakati axloqiy qadriyatlarning jamoaviy muhokama jarayonida qayta shakllanishining yorqin namunasi bo‘ldi[4]. Bu holat shuni ko‘rsatadiki, axborotlashgan jamiyatda qadriyatlar endi faqat an’anaviy institutlar emas, balki keng kommunikativ maydonlar ta’sirida ham shakllanmoqda.

Inson ongining shakllanishi va rivojlanishi, aslida, qadriyatlar tizimiga bevosita bog‘liqdir. Axborot oqimining tezligi va ko‘lami insonni doimiy yangilikka intilish, tezkor xulosa chiqarish va qisqa muddatli manfaatlarga ustuvorlik berishga majbur qilmoqda[5]. Bu esa an’anaviy qadriyatlar — sabr-toqat, uzoq muddatli rejalashtirish, chuqur tafakkur kabi me’yorlarning zaiflashuviga sabab bo‘lmoqda. Shu bilan birga, yangi axborot texnologiyalari orqali shakllanayotgan qadriyatlar — tezkorlik, ochiqlik, global hamkorlik va virtual birdamlik kabi tushunchalar jamiyat ongiga chuqur singmoqda. Shu o‘rinda yana bir falsafiy jihatni ta’kidlash zarur: qadriyatlarning transformatsiyasi hech qachon to‘liq “yo‘qolish” yoki “paydo bo‘lish” ko‘rinishida kechmaydi. Aksincha, qadriyatlar doimo “qayta talqin”, “moslashuv” yoki “dinamika” jarayonlari orqali rivojlanadi. Misol uchun, sharqona madaniyatda oilaviy qadriyatlar doimiy ravishda muhim o‘rin tutgan bo‘lsa, axborotlashgan jamiyatda bu qadriyatlar global migratsiya, masofaviy mehnat va virtual muloqot ta’sirida

ISSN 3030-3907

yangi ko‘rinish kasb etmoqda. Endilikda “oilaviy birdamlik” tushunchasi nafaqat jismoniy yaqinlikni, balki virtual aloqa orqali doimiy muloqotni ham o‘z ichiga olmoqda.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlarning transformatsiyasini tadqiq etishda xorijiy olimlarning ilmiy izlanishlari alohida ahamiyat kasb etadi, chunki ularning konseptual qarashlari mazkur masalani keng qamrovli falsafiy asosda anglash imkonini beradi. Masalan, amerikalik sotsiolog Manuel Kastels o‘zining “Axborot davri: iqtisodiyot, jamiyat va madaniyat” nomli fundamental tadqiqotida axborotlashuv jarayonini global miqyosda ijtimoiy munosabatlarning yangi modeli sifatida talqin qiladi. Uning fikricha, axborot jamiyati nafaqat iqtisodiy va siyosiy tizimni o‘zgartiradi, balki shaxs ongidagi axloqiy tamoyillarni ham qayta shakllantiradi. Kastels axborot tarmoqlari orqali qadriyatlarning universallashuvi va ularning milliy-madaniy kontekstdan chiqib ketishini alohida ta’kidlaydi[6]. Bunday yondashuv qadriyatlarning transformatsiyasini global kommunikativ maydon bilan bog‘laydi va ularning ijtimoiy ongdagi nisbiyligini ko‘rsatadi. Boshqa tomondan, nemis faylasufi Yürgen Habermasning kommunikativ harakat nazariyasi mazkur mavzuni tahlil qilishda muhim falsafiy-metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. Habermasning nazariyasiga ko‘ra, axloqiy qadriyatlarning barqarorligi va ularning ijtimoiy hayotdagi legitimligi muloqot jarayonida shakllanadi. Axborotlashgan jamiyatda esa ushbu muloqot jarayonlari tobora ko‘proq virtual makonga ko‘chib o‘tmoqda va natijada qadriyatlar “ochiq diskurs” orqali qayta belgilab olinmoqda. Habermasning nazariyasi shuni ko‘rsatadiki, qadriyatlar transformatsiyasi oddiy bir yo‘nalishda emas, balki doimiy ravishda bahs-munozara, konsensus va qarama-qarshiliklar asosida amalga oshadi[7]. Demak, Kastels va Habermas qarashlari o‘zaro uzviy bog‘liq holda axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlarning o‘zgarish mexanizmlarini ikki qirrali tarzda ochib beradi: bir tomondan, global tarmoqlar qadriyatlarning universallashuvi va yangi axloqiy kodlarning shakllanishiga zamin yaratmoqda (Kastels), ikkinchi tomondan esa, bu jarayon faqat kommunikativ diskurslar, ijtimoiy dialog va muloqotlar orqali ijtimoiy ongda mustahkamlanmoqda (Habermas). Shu bois mazkur olimlarning konsepsiyalari axborotlashuv sharoitida qadriyatlarning transformatsiyasini falsafiy va sotsiologik jihatdan chuqurroq tushunishga imkon beradi.

METODOLOGIK ASOSLAR. Mazkur tadqiqotda axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlar transformatsiyasini tahlil qilishda ijtimoiy-falsafiy tafakkurning ko‘p qirrali yondashuvlari metodologik poydevor sifatida qo‘llanildi, xususan, dialektik yondashuv qadriyatlarning dinamik va ziddiyatli rivojlanish tabiatini ochib berishda qo‘llanilib, axborotlashuv jarayonining

ISSN 3030-3907

qadriyatlar tizimiga ko‘rsatadigan qarama-qarshi ta’sirlarini tushuntirishga xizmat qildi; komparativ tahlil metodi an’anaviy axloqiy me’yorlar bilan zamonaviy virtual qadriyatlarni qiyosiy ravishda solishtirish va ularning o‘zaro uzviy bog‘liqligini aniqlashda muhim o‘rin tutdi; sotsiokultural yondashuv axborotlashuvning ma’naviy-madaniy jarayonlarga kirib kelishi va ijtimoiy ong transformatsiyasini tushunishga yo‘naltirildi; normativ-aksiologik metod esa qadriyatlarning mazmuni, ularning jamiyatni barqarorlashtiruvchi yoki beqarorlashtiruvchi roli va axloqiy me’yorlarning ijtimoiy hayotdagi funksiyalarini falsafiy tahlil qilishga asos bo‘ldi; nihoyat, diskursiv-analitik yondashuv yordamida axborotlashgan jamiyatda qadriyatlar transformatsiyasining kommunikativ jarayonlarda qayta shakllanishi, ya’ni muloqot, bahs-munozara va ijtimoiy diskurslar orqali legitimlashuvi izohlandi, shunday qilib tadqiqot metodologiyasi uzviy bog‘liq usullar majmuasi asosida shakllanib, mavzuni chuqur va keng qamrovli ijtimoiy-falsafiy tahlil qilish imkonini berdi.

NATIJALAR. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlar transformatsiyasi uzluksiz va ko‘p qirrali jarayon sifatida namoyon bo‘lib, bir tomondan, qadimiy va an’anaviy me’yorlarning zaiflashuvi va qayta talqin qilinishi, ikkinchi tomondan esa, global axborot oqimlari ta’sirida yangi axloqiy paradigmalarning shakllanishi kuzatildi, bunda qadriyatlar universallashuvi va relativlashuvi bir vaqtning o‘zida kechib, jamiyat ongida yangi axloqiy kodlar — tezkorlik, ochiqlik, global birdamlik va virtual muloqot ustuvor o‘rin egallay boshladi, shu bilan birga axborotlashuv jarayonlari qadriyatlarning ijtimoiy diskurslarda qayta legitimlanishini ta’minlab, ularni nafaqat milliy madaniyatlar, balki transmilliy kommunikativ maydonlar darajasida ham muhokama qilinishini yuzaga chiqardi.

MUXOKAMA. Axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlar transformatsiyasi masalasi borasida turli olimlar o‘rtasida ilmiy bahs va polemikalar yuzaga kelmoqda. Xususan, Manuel Kastels va Yürgen Habermasning qarashlari o‘zaro uyg‘un va ziddiyatli jihatlarni qamrab olgani bois, ushbu mavzuni chuqurroq yoritishda ular o‘rtasidagi ilmiy polemika alohida ahamiyatga ega. Manuel Kastels o‘zining “Axborot davri” kontseptsiyasida global tarmoqlarning jamiyat hayotiga ta’sirini markaziy o‘ringa qo‘yadi[8]. Uning fikricha, axborotlashuv jarayonlari qadriyatlarning an’anaviy ramziy chegaralarini buzib, ularni global miqyosda universallashtirmoqda. Unga ko‘ra, qadriyatlar endilikda alohida bir jamiyatning yoki milliy madaniyatning o‘ziga xosligi bilan cheklanmaydi, balki ularning taqdiri global kommunikativ maydon bilan chambarchas bog‘lanadi. Kastelsning konsepsiyasida “tarmoqlashgan jamiyat” modeli qadriyatlarning transformatsiyasini ijtimoiy-iqtisodiy va

ISSN 3030-3907

madaniy jarayonlar bilan uzviy bog‘lab tushuntiradi[9]. Habermas esa, aksincha, qadriyatlar transformatsiyasini faqat texnologik jarayonlarga bog‘lashni biryoqlama yondashuv deb hisoblaydi. U o‘zining “Kommunikativ harakat nazariyasi”da qadriyatlarning barqarorligi va ularning legitimligi ijtimoiy diskurs va ochiq muloqot orqali ta’minlanishini ta’kidlaydi. Habermas nazarida, axborotlashuv qadriyatlarning shakllanishiga vosita sifatida xizmat qilishi mumkin, biroq ularning mazmunini belgilab bera olmaydi[10]. Chunki har qanday axloqiy norma yoki qadriyat faqat ijtimoiy muloqot jarayonida, ya’ni konsensus va bahs orqali o‘z kuchini topadi. Demak, uning yondashuvi qadriyatlarning transformatsiyasini ijtimoiy diskursiy jarayonlarga ko‘proq urg‘u berish orqali izohlaydi. Bu ikki olimning qarashlarini qiyosiy tahlil qilganda, Kastels qadriyatlar transformatsiyasining global kontekstini yoritib, texnologiya va kommunikatsiya tarmoqlarini markaziy omil sifatida ilgari sursa, Habermas qadriyatlarning ijtimoiy diskurslar orqali shakllanishini muhim deb biladi. Kastelsning nazariyasi qadriyatlarning universallashuvini asoslab, ularning global oqimlarda erkin harakat qilishini ijobiy jarayon sifatida ko‘radi. Habermas esa, agar qadriyatlar muloqot asosida shakllanmasa, ular yuzaki va zaif bo‘lib qolishini ta’kidlaydi. Shunday qilib, ularning bahsida ikki muhim jihat yuzaga chiqadi: birinchidan, axborotlashuv qadriyatlarni global maydonga olib chiqadi (Kastels), ikkinchidan esa, qadriyatlar faqat ijtimoiy diskursiy jarayonlarda mustahkamlanadi (Habermas). Bu ikki qarash uyg‘unlashgan holda axborotlashgan jamiyatdagi qadriyatlar transformatsiyasini har tomonlama tushunishga imkon beradi.

XULOSA. Axborotlashgan jamiyat sharoitida axloqiy qadriyatlarning transformatsiyasi zamonaviy sivilizatsiya taraqqiyotining eng muhim falsafiy-madaniy jarayonlaridan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Mazkur transformatsiya qadriyatlarning yo‘qolishi yoki rad etilishi emas, balki ularning yangi ijtimoiy sharoitlarga moslashuvi, qayta talqini va zamonaviy ong shakllariga integratsiyalashuvi bilan izohlanadi. An’anaviy qadriyatlar — halollik, adolat, inson sha’ni va mehr-oqibat kabi tushunchalar axborotlashuv oqibatida yangi mazmun kasb etib, raqamli madaniyat, global birdamlik va virtual etik normalar bilan uyg‘unlashmoqda. Shu bilan birga, qadriyatlarning transformatsiyasi ikkiyoqlama xususiyatga ega bo‘lib, bir tomondan universallashuv, ikkinchi tomondan esa relativlashuv jarayonlarini keltirib chiqarmoqda. Ilmiy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, axborotlashuv qadriyatlarni global kommunikativ maydonlarga olib chiqib, ularni transmilliy jarayonlarning bir qismi sifatida shakllantirsa-da, ularning haqiqiy legitimligi va barqarorligi ijtimoiy diskurs, ochiq muloqot va madaniy konsensus orqali mustahkamlanadi. Shu nuqtayi nazardan, Kastelsning tarmoqlashgan jamiyat haqidagi konsepsiyasi

ISSN 3030-3907

va Habermasning kommunikativ harakat nazariyasi o‘zaro uyg‘unlikda axborotlashgan jamiyatdagi qadriyatlar transformatsiyasining ikki asosiy mexanizmini — texnologik globalizatsiya va diskursiy konsensusni yoritib beradi. Xulosa qilib aytganda, axborotlashgan jamiyatda axloqiy qadriyatlarning transformatsiyasi ijtimoiy-falsafiy nuqtayi nazardan murakkab, ammo ijobiy oqibatlarga ega bo‘lgan jarayon bo‘lib, u jamiyatni yangicha ma’naviy paradigmalarga olib chiqmoqda. Shu bois, mazkur jarayonni ilmiy asosda chuqur tahlil qilish va uni milliy hamda global madaniyatlar kontekstida to‘g‘ri boshqarish kelajakdagi barqaror taraqqiyotning eng muhim shartlaridan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Qiyom o‘g‘li O. A. et al. AXBOROTLASHGAN JAMIYAT VA UNING ISTIQBOLLARI //Образование наука и инновационные идеи в мире. – 2025. – Т. 70. – №. 5. – С. 426-429.
2. Atxamjonovna B. D., Shohbozbek E. RESPUBLIKAMIZDA MAKTABGACHA TA'LIMDA YOSHLARNING MA'NAVIY DUNYOQARASHINI SHAKLLANTIRISH //Global Science Review. – 2025. – Т. 4. – №. 5. – С. 221-228.
3. Shohsanam U., Dilyora A., Marhabo S. RIVOJLANAYOTGAN JAMIYATDA QADRIYATLAR DINAMIKASI //INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONFERENCE. – 2025. – Т. 3. – №. 34. – С. 244-250.
4. Abdusattarovna O. X., Shohbozbek E. IJTIMOIY FALSAFADA ZAMONAVIY PEDAGOGIK YONDASHUVLAR ASOSIDA SOG‘LOM TURMUSH TARZINI SHAKLLANTIRISH //Global Science Review. – 2025. – Т. 4. – №. 5. – С. 175-182.
5. Yuldashev S. JAMIYAT TRANSFORMATSIYALASHUVINING YANGI IJTIMOIY-MADANIY USULLARI //Farg‘ona davlat universiteti. – 2023. – №. 1. – С. 40-40.
6. Diloram M., Shohbozbek E. O‘ZBEKISTONDA YOSHLARNING MA’NAVIY DUNYO QARASHINI RIVOJLANTIRISHNING PEDAGOGIK ASOSLARI //Global Science Review. – 2025. – Т. 4. – №. 5. – С. 207-215.
7. Ismatov A. AXBOROTLASHGAN JAMIYAT: IJTIMOIY ONG VA TARAQQIYOT NUQTAI NAZARIDAN FALSAFIY QARASHLAR //Наука и технология в современном мире. – 2025. – Т. 4. – №. 12. – С. 64-67.
8. Ергашбаев Ш. O'zbekiston sharoitida uzluksiz ta'lim tizimi orqali yoshlarning ma'naviy dunyoqarashini rivojlantirish //Объединяя студентов: международные исследования и сотрудничество между дисциплинами. – 2025. – Т. 1. – №. 1. – С. 314-316.

ISSN 3030-3907

9. Turapov V. AXBOROTLASHGAN JAMIYAT SHAROITIDA AXLOQIY QADRIYATLARNING TRANSFORMATSIYASI //TAMADDUN NURI JURNALI. – 2024. – T. 11. – №. 62. – C. 308-310.
10. Muruvvat A., Shohbozbek E. O‘ZBEKISTONDA MA'NAVIY VA AHVOQIY QADRYATLARDA MAKTABGACHA TA'LIMNING RO‘LI //Global Science Review. – 2025. – T. 3. – №. 2. – C. 246-253.

YO‘LOVCHI TASHUVCHI VAGONLARDA O‘RINDIQ TEBRANISHLARINI KAMAYTIRISHNING ERGONOMIK VA KONSTRUKTIV ASOSLARI

Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, PhD, dotsent v.b.
Email: hayotbek6868@mail.ru
G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, mustaqil izlanuvchisi
Email: farruxbekganiyev@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada yo‘lovchi tashuvchi temir yo‘l vagonlarida yuzaga keladigan tebranishlarning yo‘lovchilar salomatligi va komfort darajasiga ta’siri tahlil qilindi. Tadqiqot davomida o‘rindiqlarda hosil bo‘ladigan vibratsiyalar manbalari, ularning inson organizmiga biomekanik ta’siri hamda mavjud konstruksiyalarning kamchiliklari o‘rganildi. Ergonomik talablar asosida zamonaviy amortizatsion materiallar, elastik birikmalar va vibratsiyani yutuvchi konstruktiv elementlardan foydalanish imkoniyatlari ilmiy jihatdan asoslab berildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, taklif etilgan konstruktiv yechimlar yo‘lovchi o‘rindiqlaridagi tebranish amplitudasini sezilarli darajada kamaytirishi hamda yo‘lovchilarning qulaylik ko‘rsatkichlarini oshirishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: vibratsiya, ergonomika, yo‘lovchi vagoni, o‘rindiq konstruktsiyasi, amortizatsiya, komfort, tebranish, elastik materiallar, dinamik yuklama, vibratsion xavfsizlik.

Abstract. This article analyzes the impact of vibrations occurring in passenger railway cars on passenger health and comfort levels. During the study, the sources of vibrations generated in the seats, their biomechanical impact on the human body, and the shortcomings of existing structures were studied. Based on ergonomic requirements, the possibilities of using modern shock absorbing materials, elastic connections, and vibration-absorbing structural elements have been scientifically substantiated. According to the research results, it was determined that the proposed structural solutions significantly reduce the vibration amplitude in passenger seats and enhance passenger comfort indicators.

Keywords: vibration, ergonomics, passenger car, seat design, shock absorption, comfort, vibration, elastic materials, dynamic load, vibration safety.

Аннотация. В данной статье проанализировано влияние вибраций, возникающих в пассажирских железнодорожных вагонах, на здоровье и уровень комфорта пассажиров. В ходе исследования были изучены источники вибраций, возникающих в сиденьях, их биомеханическое воздействие на организм человека, а также недостатки существующих конструкций. На основе эргономических требований научно обоснованы

возможности использования современных амортизационных материалов, эластичных соединений и вибропоглощающих конструктивных элементов. Согласно результатам исследования, было установлено, что предложенные конструктивные решения значительно снижают амплитуду вибрации на пассажирских сиденьях и повышают показатели комфорта пассажиров.

Ключевые слова: вибрация, эргономика, пассажирский вагон, конструкция сидений, амортизация, комфорт, вибрация, эластичные материалы, динамическая нагрузка, вибрационная безопасность.

KIRISH.

Temir yo‘l transporti bugungi kunda dunyo bo‘yicha eng muhim strategik transport tizimlaridan biri hisoblanadi. Ushbu transport turi yuqori yuk va yo‘lovchi tashish imkoniyatlari, energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizligi hamda uzoq masofalarga barqaror qatnovni ta’minlashi bilan boshqa transport vositalaridan ajralib turadi. So‘nggi yillarda temir yo‘l transporti tizimlarini modernizatsiya qilish, yuqori tezlikdagi poyezdlar sonini oshirish va yo‘lovchilarga ko‘rsatiladigan xizmat sifatini yaxshilash masalalariga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Yo‘lovchi tashuvchi vagonlarda komfort darajasini oshirish transport ergonomikasining eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Komfort ko‘rsatkichlari yo‘lovchining safar davomida o‘zini qulay his qilishi, jismoniy va ruhiy charchoqning kamayishi hamda salomatligining saqlanishi bilan chambarchas bog‘liqdir. Ayniqsa uzoq muddatli safarlarda yo‘lovchi organizmiga ta’sir etuvchi omillar orasida vibratsiya va tebranishlar asosiy noqulaylik manbalaridan biri hisoblanadi.

Temir yo‘l vagonlarida tebranishlar relslarning geometrik notekisligi, g‘ildirak juftliklaridagi eksantriklik, rels bo‘g‘inlari, kuzov rezonansi, tortuv dvigatellari ishlashi va aerodinamik qarshiliklar natijasida yuzaga keladi. Ushbu tebranishlar vagon kuzovi orqali o‘rindiqlarga uzatiladi hamda bevosita yo‘lovchi organizmiga ta’sir qiladi. Natijada inson organizmida turli fiziologik va psixologik noqulayliklar paydo bo‘ladi. Jumladan, bosh aylanishi, mushaklarning zo‘riqishi, bel va umurtqa pog‘onasi sohasida og‘riqlar, tez charchash, qon aylanish tizimining buzilishi va umumiy ish qobiliyatining pasayishi kuzatilishi mumkin.

Ilmiy tadqiqotlarga ko‘ra, 4–8 Hz diapazondagi tebranishlar inson organizmi uchun ayniqsa xavfli hisoblanadi. Chunki ushbu chastota inson ichki organlari va umurtqa pog‘onasining tabiiy rezonans chastotalariga yaqin bo‘ladi. Uzoq muddat davomida bunday vibratsion ta’sir ostida qolish inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli transport vositalarida vibratsion

ISSN 3030-3907

xavfsizlikni ta’minlash zamonaviy ergonomika va mehnat muhofazasining dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi [1,7].

Hozirgi vaqtda ko‘plab davlatlarda temir yo‘l transportida vibratsiyani kamaytirishga qaratilgan innovatsion texnologiyalar joriy qilinmoqda. Xususan, pnevmatik amortizatsiya tizimlari, elastomer birikmalar, ko‘p qatlamli yumshoq materiallar, “memory foam” texnologiyalari va aktiv vibratsiya boshqaruv tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar nafaqat yo‘lovchilar komfortini oshiradi, balki transport xizmatlarining sifatini ham yaxshilaydi.

Shunga qaramasdan, amaliyotda foydalanilayotgan ko‘plab an’anaviy yo‘lovchi o‘rindiqlari vibratsiyani yetarli darajada kamaytira olmaydi. Ayniqsa metall karkasli qattiq konstruksiyalar tebranish energiyasini deyarli to‘liq holda yo‘lovchi tanasiga uzatadi. Natijada uzoq masofali qatnovlarda yo‘lovchilarning charchashi ortadi va safar sifati pasayadi. Shu sababli o‘rindiq konstruktsiyalarini ergonomik va konstruktiv jihatdan takomillashtirish zarurati yuzaga kelmoqda.

Ergonomik jihatdan to‘g‘ri loyihalashtirilgan o‘rindiq inson antropometrik o‘lchamlariga mos bo‘lishi, umurtqa pog‘onasini qo‘llab-quvvatlashi, vibratsiyani yutishi hamda dinamik yuklamalarni kamaytirishi kerak. Shu bilan birga, o‘rindiq konstruktsiyasida qo‘llaniladigan materiallarning elastikligi, zichligi, amortizatsion xususiyatlari va xizmat muddati ham muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, temir yo‘l transportida yo‘lovchi komfortini oshirish va vibratsion xavfsizlikni ta’minlash zamonaviy transport tizimlarini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa yuqori tezlikdagi poyezdlar sonining ortib borishi vibratsion yuklamalarni kamaytiruvchi yangi konstruktiv yechimlarni ishlab chiqishni talab etmoqda.

Tadqiqotning asosiy мақсади yo‘lovchi tashuvchi vagonlarda o‘rindiq tebranishlarini kamaytirishning ergonomik va konstruktiv asoslarini ilmiy jihatdan o‘rganish, mavjud muammolarni tahlil qilish hamda zamonaviy amortizatsion texnologiyalar asosida samarali texnik yechimlarni ishlab chiqishdan iboratdir [2].

Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

- yo‘lovchi vagonlarida vibratsiya hosil bo‘lish manbalarini aniqlash;
- tebranishlarning inson organizmiga ta’sirini ergonomik jihatdan baholash;
- mavjud o‘rindiq konstruktsiyalarining kamchiliklarini tahlil qilish;
- vibratsiyani kamaytiruvchi zamonaviy materiallar va amortizatsion tizimlarni o‘rganish;
- ergonomik va konstruktiv takomillashtirilgan o‘rindiq modelini ishlab chiqish.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot natijalari temir yo‘l transportida yo‘lovchilar uchun qulay va xavfsiz sharoit yaratish, xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish hamda zamonaviy yo‘lovchi vagonlari konstruktsiyalarini takomillashtirishda muhim ilmiy-amaliy аҳамият kasb etadi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI. Tadqiqot davomida temir yo‘l vagonlarida uchraydigan vibratsion jarayonlar nazariy va amaliy jihatdan o‘rganildi. Ish jarayonida quyidagi tadqiqot usullaridan foydalanildi:

- texnik va ergonomik adabiyotlarni tahlil qilish;
- vibratsion yuklamalarni taqqoslash usuli;
- o‘rindiq konstruksiyalarining mexanik xususiyatlarini o‘rganish;
- elastik materiallarning vibratsiyani yutish koeffitsiyentlarini tahlil qilish;
- biomekanik baholash usuli;
- konstruktiv modellashtirish.

Yo‘lovchi vagonlaridagi vibratsiya manbalari quyidagi guruhlarga ajratildi:

- mexanik tebranishlar;
- dinamik zarbalar;
- rels notekisliklari;
- kuzov rezonansi;
- harakat tezligining o‘zgarishi.

Tadqiqot davomida o‘rindiqlarda tebranishlarni kamaytiruvchi quyidagi konstruktiv elementlar o‘rganildi (1-rasm):

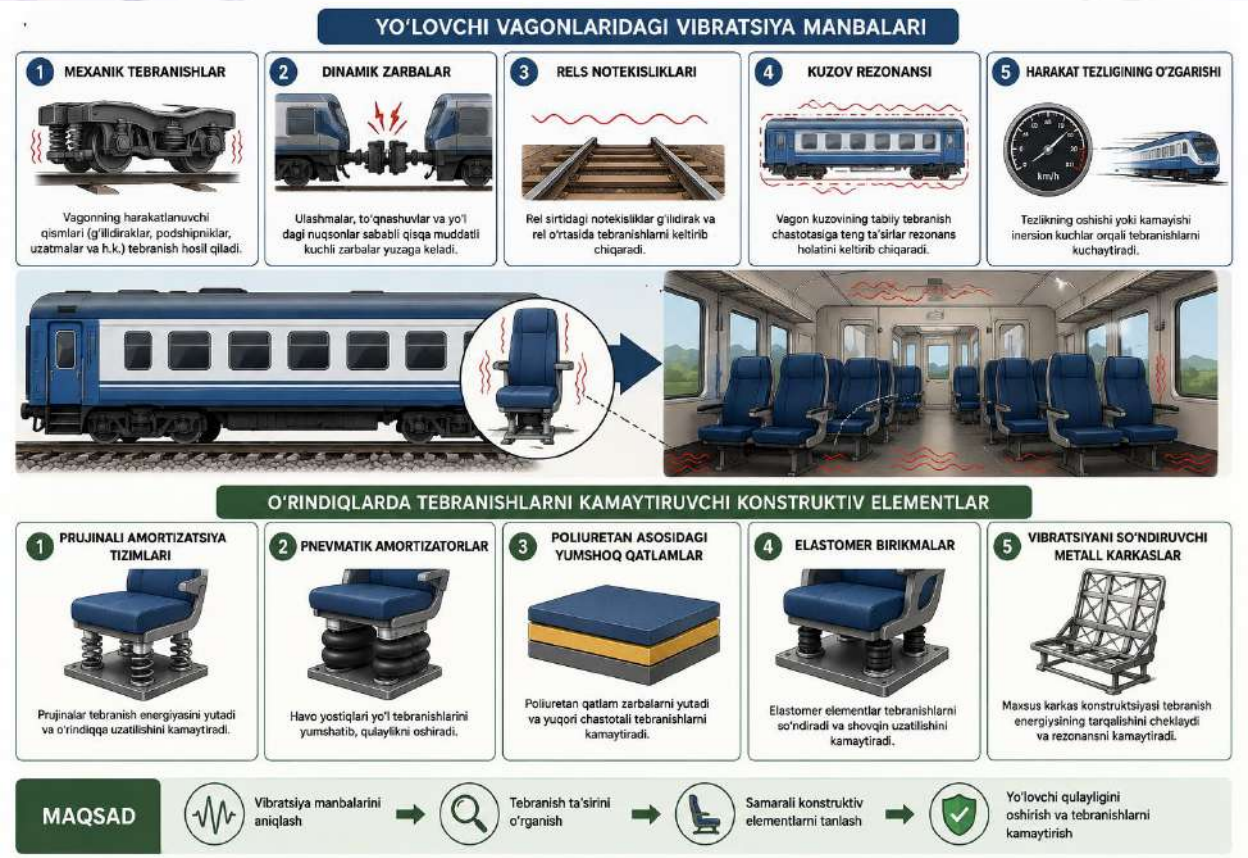
- prujinali amortizatsiya tizimlari;
- pnevmatik amortizatorlar;
- poliuretan asosidagi yumshoq qatlamlar;
- elastomer birikmalar;
- vibratsiyani so‘ndiruvchi metall karkaslar.

Temir yo‘l vagonlarida harakat jarayonida relslarning notekisligi, g‘ildirak juftliklaridagi nosozliklar, podshipniklar ishlashi, aerodinamik qarshiliklar va konstruktiv tebranishlar natijasida vibratsiyalar yuzaga keladi. Ushbu vibratsiyalar vagon kuzovi orqali o‘rindiqlarga uzatiladi [3]. Natijada yo‘lovchilarda charchash, bosh aylanishi, mushak zo‘riqishi, umurtqa pog‘onasida noqulaylik va psixofiziologik stress kuzatiladi.

Bugungi kunda temir yo‘l transportida komfort masalasi muhim ilmiy-amaliy muammolardan biri hisoblanadi. Xususan, vibratsiyalarni kamaytirishga qaratilgan ergonomik va konstruktiv yechimlarni ishlab chiqish transport ergonomikasi, sanoat dizayni va mehnat xavfsizligi sohalarining dolzarb yo‘nalishlaridan hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqotning maqsadi yo‘lovchi tashuvchi vagonlarda o‘rindiq tebranishlarini kamaytirishning ergonomik va konstruktiv asoslarini ilmiy jihatdan tahlil qilish hamda samarali texnik yechimlarni ishlab chiqishdan iborat.



1-rasm. Yo‘lovchi vagonlaridagi vibratsiya manbalari.

Vibratsiyaning inson organizmiga ta’siri ergonomik mezonlar asosida baholandi. Tadqiqotda 4–8 Hz oralig‘idagi tebranishlar inson organizmi uchun eng xavfli diapazon ekanligi aniqlandi, chunki ushbu chastotalar inson ichki organlarining tabiiy rezonans chastotalariga yaqin hisoblanadi [4,5].

TADQIQOT NATIJALARI. O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy yo‘lovchi o‘rindiqlari vibratsiyani yetarli darajada kamaytira olmaydi. Metall karkasli va qattiq birikmali o‘rindiqlarda tebranishlarning asosiy qismi yo‘lovchi tanasiga bevosita uzatiladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, vibratsiyani kamaytirishda quyidagi konstruktiv yechimlar samarali ekanligi aniqlandi:

1. Ko‘p qatlamli yumshoq konstruksiyalar. Poliuretan, lateks va elastomer materiallardan iborat ko‘p qatlamli o‘rindiqlar vibratsiya energiyasining bir qismini yutadi. Natijada tebranish amplitudasi kamayadi va yo‘lovchi tanasiga uzatiladigan dinamik yuklama pasayadi.

2. Prujinali amortizatsion tizimlar. O‘rindiq karkasiga integratsiyalangan spiral prujinalar zarbalarni yumshatishda samarali ishlashi aniqlandi. Bunday tizimlar ayniqsa relslar tutashgan qismlarda hosil bo‘ladigan vertikal zarbalarni kamaytiradi.

ISSN 3030-3907

3. Elastik birikmalar. Karkas va pol orasiga elastomer prokladkalar o‘rnatilishi vibratsiyaning uzatilishini 20–35 % gacha kamaytirishi mumkinligi aniqlandi.

4. Ergonomik shakllantirish. O‘rindiqning orqa qismi va bel sohasini anatomik shaklda loyihalash inson umurtqa pog‘onasiga tushadigan yuklamani kamaytiradi. Bu esa uzoq muddatli safarlarda charchashni kamaytiradi.

5. Vibratsiyani so‘ndiruvchi zamonaviy materiallar. Kompozit materiallar va “memory foam” texnologiyalari vibratsion energiyani samarali so‘ndirishi aniqlandi. Ushbu materiallar yo‘lovchi komfortini oshirish bilan birga xizmat muddatini ham uzaytiradi (2-rasm).



2-rasm. Yo‘lovchi vagonlardagi o‘rindiqlarning vibratsiyasini kamaytirishning konstruktiv yechimlari.

Tahlillar natijasida taklif etilgan modernizatsiyalangan o‘rindiq konstruktsiyasi quyidagi afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi:

- vibratsiya amplitudasining kamayishi;
- yo‘lovchi charchoqlarining pasayishi;
- umurtqa pog‘onasiga tushuvchi yuklamaning kamayishi;
- komfort ko‘rsatkichlarining ortishi;
- shovqin va mikro tebranishlarning kamayishi.

MUHOKAMA. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, temir yo‘l transportida vibratsiya muammosi kompleks xarakterga ega bo‘lib, uni faqat bitta texnik yechim bilan bartaraf etish qiyin. Vibratsiyalarni kamaytirish uchun

ISSN 3030-3907

konstruktiv, ergonomik va materialshunoslik yondashuvlarini birgalikda qo‘llash talab etiladi.

Ergonomik nuqtai nazardan qaralganda, yo‘lovchi organizmi uzoq muddatli vibratsion ta’sirlarga sezgir hisoblanadi. Ayniqsa yuqori tezlikdagi vagonlarda vibratsion yuklamalar ortib boradi. Shu sababli o‘rindiqlarni loyihalashda inson biomekanikasi va antropometrik ko‘rsatkichlarni hisobga olish muhimdir [6].

Konstruktiv jihatdan esa amortizatsion tizimlarning samaradorligi ularning elastiklik koeffitsiyenti, material tarkibi va geometrik shakliga bog‘liq. Zamonaviy kompozit materiallardan foydalanish vibratsiyani kamaytirishda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi.

Shuningdek, o‘rindiq va vagon kuzovi orasidagi bog‘lanishlarni elastiklashtirish ham muhim omil hisoblanadi. Tadqiqotlar natijasida elastomer prokladkalar va pnevmatik amortizatorlar kombinatsiyasi eng optimal variantlardan biri ekanligi kuzatildi.

Bugungi kunda rivojlangan davlatlarda temir yo‘l transportida “aqlli o‘rindiqlar” texnologiyasi joriy qilinmoqda. Bunday tizimlarda aktiv amortizatsiya, sensorli monitoring va avtomatik vibratsiya boshqaruvi qo‘llaniladi. Kelajakda ushbu texnologiyalarni mahalliy temir yo‘l tizimlariga ham joriy etish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqotlar asosida yo‘lovchi tashuvchi vagonlarda o‘rindiq tebranishlarini kamaytirish transport komfortini oshirishning muhim omillaridan biri ekanligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarni shakllantirish imkonini berdi:

1. Yo‘lovchi vagonlarida vibratsiyalar asosan rels notekisliklari, dinamik zarbalar va kuzov rezonansi natijasida yuzaga keladi.

2. Vibratsiyalar inson organizmiga salbiy fiziologik va psixologik таъсир ko‘rsatadi.

3. Ko‘p qatlamli yumshoq materiallar va elastomer konstruksiyalar vibratsiyani samarali kamaytiradi.

4. Prujinali va pnevmatik amortizatsion tizimlar o‘rindiq komfortini sezilarli darajada oshiradi.

5. Ergonomik shakllantirilgan o‘rindiqlar umurtqa pog‘onasiga tushadigan yuklamani kamaytiradi.

6. Zamonaviy kompozit materiallardan foydalanish vibratsion xavfsizlikni ta’minlashda istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

7. Taklif etilgan konstruktiv yechimlarni amaliyotga joriy etish yo‘lovchilarning komfort darajasini oshirish, charchoqni kamaytirish va transport xizmatlari sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Temir yo‘l transportida ergonomika asoslari. – Toshkent: Transport nashriyoti 2025yil.
2. Sh.X.Abdazimov, X.K.Zuxridinov, Sh.G.Musayev. “Ergonomika” Uslubiy qo‘llanma T: TDTU, “Transort” nashriyoti, 2024, 180 b.
3. S.S.Sulaymanov, R.S.Razikov, O.T.Aliyev, Z.SH.Tursunov “HAYOT FAOLIYAT XAVFSIZLIGI” (temir yo‘l transportida). O‘quv qo‘llanma TDTrU, “Transort” nashriyoti, 2022, 272 bet
4. Saidov A.A. “Erganomika” fanidan dasrlik. “Yoshlar matbuoti” nashriyoti 2018, 170b.
5. R.S. Bridger “Introduction to Ergonomics” This edition published in the Taylor & Francis e-Library, ISBN 0-203-42613-4, 2003, 543 p.
6. Jan Dul and Bernard Weerdmeester. “Ergonomics for Beginners” Second edition. ISBN 0-203-21209-6. 2001, 139 p.
7. ISO 2631 – Mechanical vibration and shock evaluation standards.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ У БЕРЕМЕННЫХ: КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА И ВЛИЯНИЕ НА ИСХОДЫ БЕРЕМЕННОСТИ

Тураева Файоза Ортиковна

Клинический ординатор кафедры акушерства и гинекологии №3
Самаркандский Государственный Медицинский Университет
Самарканд, Узбекистан. Научный руководитель: PhD., Ким В.С.

Аннотация. Железодефицитная анемия является одной из наиболее распространенных форм экстрагенитальной патологии у беременных и остается значимой медико-социальной проблемой современного акушерства. Дефицит железа может формироваться до выраженного снижения гемоглобина, поэтому раннее выявление латентного железодефицита имеет важное прогностическое значение. Изучить клинико-лабораторные факторы риска развития железодефицитной анемии у беременных, определить значение ранних маркеров дефицита железа и оценить влияние профилактических мероприятий на течение беременности и перинатальные исходы. Проведен клинико-аналитический анализ данных беременных женщин с оценкой анамнестических, акушерских и лабораторных показателей. Изучались возраст, паритет, интергенетический интервал, срок постановки на учет, особенности питания, уровень гемоглобина, эритроцитов, гематокрита, сывороточного железа и ферритина. Отдельно оценивались акушерские осложнения и состояние новорожденных. Установлено, что наиболее значимыми факторами риска железодефицитной анемии являются повторные беременности, короткий интервал между родами, поздняя постановка на диспансерный учет, недостаточное употребление продуктов, богатых железом, а также снижение уровня ферритина. У беременных с анемией чаще отмечались слабость, головокружение, тахикардия, угроза преждевременных родов, фетоплацентарная недостаточность и рождение детей с более низкой массой тела. Ранняя оценка ферритина, гемоглобина и сывороточного железа позволяет своевременно выделить беременных группы риска. Профилактика, включающая коррекцию питания, препараты железа и фолиевую кислоту, способствует снижению частоты анемии и улучшению исходов беременности.

Ключевые слова: беременность, железодефицитная анемия, ферритин, гемоглобин, профилактика, факторы риска, перинатальные исходы.

Abstract. Iron deficiency anemia is one of the most common forms of extragenital pathology in pregnant women and remains a significant medical and

ISSN 3030-3907

social problem in modern obstetrics. Iron deficiency may develop before a pronounced decrease in hemoglobin levels; therefore, early detection of latent iron deficiency has important prognostic value. The aim of this study was to investigate the clinical and laboratory risk factors for the development of iron deficiency anemia in pregnant women, determine the significance of early markers of iron deficiency, and evaluate the impact of preventive measures on the course of pregnancy and perinatal outcomes. A clinical and analytical assessment of pregnant women was conducted, including the evaluation of anamnestic, obstetric, and laboratory parameters. The study analyzed maternal age, parity, interpregnancy interval, timing of antenatal registration, dietary habits, hemoglobin level, erythrocyte count, hematocrit, serum iron, and ferritin concentrations. Obstetric complications and neonatal outcomes were also assessed separately. The results demonstrated that the most significant risk factors for iron deficiency anemia were multiparity, short interpregnancy intervals, late antenatal registration, insufficient consumption of iron-rich foods, and decreased ferritin levels. Pregnant women with anemia more frequently experienced weakness, dizziness, tachycardia, threatened preterm labor, fetoplacental insufficiency, and delivered infants with lower birth weight. Early assessment of ferritin, hemoglobin, and serum iron levels enables timely identification of pregnant women at risk. Preventive measures, including dietary correction, iron supplementation, and folic acid administration, contribute to reducing the incidence of anemia and improving pregnancy outcomes.

Keywords: pregnancy, iron deficiency anemia, ferritin, hemoglobin, prevention, risk factors, perinatal outcomes.

Annotatsiya. Temir tanqisligi anemiyasi homilador ayollarda uchraydigan ekstragenital patologiyaning eng keng tarqalgan shakllaridan biri bo‘lib, zamonaviy akusherlikda muhim tibbiy-ijtimoiy muammo sifatida saqlanib qolmoqda. Temir tanqisligi gemoglobin darajasining yaqqol pasayishidan oldin ham rivojlanishi mumkin, shu sababli latent temir tanqisligini erta aniqlash muhim prognostik ahamiyatga ega. Tadqiqotning maqsadi homilador ayollarda temir tanqisligi anemiyasi rivojlanishining klinik va laborator xavf omillarini o‘rganish, temir tanqisligining erta markerlari ahamiyatini aniqlash hamda profilaktik chora-tadbirlarning homiladorlik kechishi va perinatal natijalarga ta’sirini baholashdan iborat. Homilador ayollarning anamnestik, akusherlik va laborator ko‘rsatkichlari klinik-tahliliy jihatdan o‘rganildi. Tadqiqot davomida ayollarning yoshi, tug‘ruqlar soni, homiladorliklar oralig‘i, antenatal nazoratga turish muddati, ovqatlanish xususiyatlari, gemoglobin, eritrotsitlar, gematokrit, zardob temiri va ferritin darajalari baholandi. Shuningdek, akusherlik asoratlari va yangi tug‘ilgan chaqaloqlarning holati alohida tahlil qilindi. Aniqlanishicha,

ISSN 3030-3907

temir tanqisligi anemiyasining eng muhim xavf omillari takroriy homiladorliklar, tug‘ruqlar orasidagi qisqa interval, homiladorlik bo‘yicha kech ro‘yxatga turish, temirga boy mahsulotlarni yetarli iste’mol qilmaslik hamda ferritin darajasining pasayishi hisoblanadi. Anemiya bilan og‘rigan homiladorlarda holsizlik, bosh aylanishi, taxikardiya, muddatidan oldingi tug‘ruq xavfi, fetoplatsentar yetishmovchilik va tana vazni past bo‘lgan chaqaloqlarning tug‘ilishi ko‘proq kuzatildi. Ferritin, gemoglobin va zardob temiri darajalarini erta baholash xavf guruhidagi homiladorlarni o‘z vaqtida aniqlash imkonini beradi. Ovqatlanishni korreksiya qilish, temir preparatlari va foliy kislotasi qo‘llashni o‘z ichiga olgan profilaktik chora-tadbirlar anemiya uchrash tezligini kamaytirib, homiladorlik natijalarini yaxshilashga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: homiladorlik, temir tanqisligi anemiyasi, ferritin, gemoglobin, profilaktika, xavf omillari, perinatal natijalar.

ВВЕДЕНИЕ.

Железодефицитная анемия у беременных является одной из наиболее частых патологий гестационного периода. Во время беременности потребность в железе значительно возрастает, что связано с увеличением объема циркулирующей крови, развитием плаценты, ростом плода и подготовкой организма женщины к родам. При недостаточном поступлении железа с пищей, нарушении его всасывания или истощении запасов железа постепенно формируется железодефицитное состояние, переходящее в анемию. Клиническая значимость железодефицитной анемии заключается не только в снижении гемоглобина, но и в неблагоприятном влиянии на течение беременности. Анемия ассоциирована с повышенной утомляемостью, тахикардией, снижением толерантности к физической нагрузке, угрозой преждевременных родов, плацентарной недостаточностью, хронической гипоксией плода и рождением детей с низкой массой тела. В опубликованных исследованиях по проблеме прогнозирования анемии у беременных подчеркивается значение раннего выявления нарушений эритропоэза и своевременной селективной профилактики для предупреждения осложнений гестационного периода и перинатальной патологии. В современной клинической практике особое значение имеет не только определение гемоглобина, но и оценка ферритина как показателя запасов железа. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, ежедневное применение железа и фолиевой кислоты во время беременности снижает риск материнской анемии, дефицита железа, низкой массы тела при рождении и преждевременных родов. Международная федерация гинекологии и акушерства также

ISSN 3030-3907

подчеркивает необходимость скрининга анемии при постановке на учет и повторного обследования в 28 недель беременности.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Изучить клинико-лабораторные факторы риска развития железодефицитной анемии у беременных, определить прогностическое значение показателей обмена железа и оценить влияние профилактических мероприятий на течение беременности и перинатальные исходы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Проведен клинико-аналитический анализ беременных женщин во II-III триместрах гестации. В исследование включались беременные с одноплодной беременностью, состоявшие на диспансерном наблюдении в женской консультации. Оценивались следующие показатели: возраст, паритет, интергенетический интервал, срок постановки на учет, особенности питания, наличие анемии в анамнезе, индекс массы тела, уровень гемоглобина, эритроцитов, гематокрита, цветовой показатель, сывороточное железо и ферритин. Для оценки акушерских и перинатальных исходов анализировались частота угрозы преждевременных родов, фетоплацентарной недостаточности, преждевременных родов, масса тела новорожденного, оценка по шкале Апгар и признаки внутриутробной гипоксии плода. Беременные были условно распределены на три группы: I группа - беременные без признаков анемии; II группа - беременные с железодефицитной анемией; III группа - беременные группы риска, получавшие профилактику железодефицитной анемии. Профилактические мероприятия включали коррекцию питания, назначение препаратов железа и фолиевой кислоты по показаниям, динамический контроль общего анализа крови и ферритина.

Таблица 1.

Основные клинико-анамнестические факторы риска железодефицитной анемии у беременных

Фактор риска	**Клиническое значение**	**Прогностическая оценка**
Повторные беременности и роды	Повышенный расход запасов железа	Высокий риск латентного железодефицита

ISSN 3030-3907

Фактор риска	Клиническое значение	Прогностическая оценка
Интергенетический интервал менее 2 лет	Недостаточное восстановление депо железа после предыдущей беременности	Высокий риск анемии во II-III триместрах
Поздняя постановка на учет	Отсутствие раннего лабораторного контроля	Позднее выявление анемии
Недостаточное употребление мясных продуктов	Снижение поступления гемового железа	Риск алиментарного железодефицита
Токсикоз, рвота беременных	Нарушение питания и всасывания нутриентов	Усиление дефицита железа и фолатов
Анемия в анамнезе	Исходно сниженные запасы железа	Высокая вероятность рецидива при беременности
Обильные менструации до беременности	Хроническая потеря железа	Риск низкого ферритина уже в I триместре
Низкий социально-пищевой статус	Дефицит белка, железа, витаминов	Комбинированный нутритивный дефицит

Таблица 2.

Лабораторные показатели для прогнозирования железодефицитной анемии у беременных

Показатель	Ориентировочное значение	Изменения при риске ЖДА	Клиническая интерпретация
Гемоглобин	>=110 г/л	<110 г/л	Основной критерий анемии у беременных

ISSN 3030-3907

Показатель	Ориентировочное значение	Изменения при риске ЖДА	Клиническая интерпретация
Эритроциты	В пределах нормы беременности	Снижение	Отражает нарушение эритропоэза
Гематокрит	Индивидуально по сроку беременности	Снижение	Может отражать гемодилюцию или анемию
Цветовой показатель / MCH	Норма	Снижение	Признак гипохромии
Сывороточное железо	В пределах референса лаборатории	Снижение	Отражает недостаточное железо в циркуляции
Ферритин	Достаточный уровень депо железа	Снижение до падения Hb	Ранний маркер латентного железодефицита
Ретикулоциты	Норма	Снижение или компенсаторное повышение	Отражают активность костномозгового ответа

Результаты исследования

При анализе клинико-анамнестических данных было установлено, что железодефицитная анемия чаще наблюдалась у беременных с повторными родами, коротким интергенетическим интервалом, поздней постановкой на диспансерный учет, нерегулярным питанием и недостаточным употреблением продуктов животного происхождения.

Наиболее частыми жалобами у беременных с железодефицитной анемией были общая слабость, быстрая утомляемость, головокружение, сердцебиение, одышка при физической нагрузке, сухость кожи, ломкость ногтей и снижение работоспособности. У части беременных клинические симптомы были маловыраженными, однако лабораторные показатели уже свидетельствовали о снижении запасов железа. Особое значение имело снижение ферритина. У ряда беременных уровень гемоглобина оставался на

ISSN 3030-3907

нижней границе нормы, однако ферритин был снижен, что указывало на латентный железодефицит. Это подтверждает необходимость раннего выявления не только анемии, но и преданемических состояний. У беременных с анемией чаще отмечались осложнения гестационного периода: угроза преждевременных родов, признаки фетоплацентарной недостаточности, внутриутробная гипоксия плода, преждевременное родоразрешение и рождение детей с более низкой массой тела.

Таблица 3.

Влияние железодефицитной анемии на течение беременности и перинатальные исходы

Показатель	**Беременные без анемии**	**Беременные с ЖДА**	**Беременные с профилактикой**
Общая слабость и утомляемость	Редко	Часто	Реже, менее выражено
Тахикардия, одышка	Редко	Часто	Умеренно
Угроза преждевременных родов	Единично	Чаще	Снижается
Фетоплацентарная недостаточность	Редко	Чаще	Реже
Внутриутробная гипоксия плода	Редко	Чаще	Частота ниже
Преждевременные роды	Низкая частота	Повышенный риск	Риск снижается
Низкая масса тела новорожденного	Редко	Чаще	Реже
Оценка по шкале Апгар	Обычно удовлетворительная	Может быть ниже	Ближе к норме

ISSN 3030-3907

Таблица 4.

Алгоритм прогнозирования и профилактики железодефицитной анемии у беременных

Этап	Мероприятие	Цель
1 этап	Сбор анамнеза: паритет, интервал между родами, питание, анемия в анамнезе	Выявление группы риска
2 этап	Общий анализ крови при первом обращении	Ранняя диагностика снижения Hb
3 этап	Определение ферритина и сывороточного железа	Выявление латентного железодефицита
4 этап	Оценка клинических симптомов: слабость, тахикардия, головокружение	Комплексная клиническая оценка
5 этап	Коррекция питания	Увеличение поступления железа и белка
6 этап	Назначение железа и фолиевой кислоты по показаниям	Профилактика прогрессирования анемии
7 этап	Повторный контроль Hb и ферритина во II-III триместрах	Оценка эффективности профилактики
8 этап	Оценка состояния плода	Профилактика гипоксии и задержки роста плода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные данные подтверждают, что железодефицитная анемия у беременных имеет многофакторное происхождение. Ее развитие связано не только с физиологическим увеличением потребности в железе, но и с акушерскими, алиментарными и социально-гигиеническими факторами. Наиболее важным диагностическим моментом является то, что снижение ферритина может предшествовать

ISSN 3030-3907

снижению гемоглобина. Поэтому беременные с нормальным уровнем гемоглобина, но сниженным ферритином должны рассматриваться как группа риска по развитию железодефицитной анемии. Практическое значение раннего прогнозирования заключается в возможности начать профилактику до развития выраженной анемии. Такой подход позволяет предупредить ухудшение самочувствия беременной, снизить частоту акушерских осложнений и улучшить перинатальные исходы. Профилактика железодефицитной анемии должна быть не формальной, а индивидуализированной. Она должна основываться на оценке факторов риска, лабораторных маркеров и динамическом наблюдении за состоянием беременной и плода. Железодефицитная анемия является частой патологией беременности и оказывает неблагоприятное влияние на течение гестационного периода и перинатальные исходы. Основными факторами риска развития железодефицитной анемии являются повторные беременности, короткий интергенетический интервал, поздняя постановка на учет, недостаточное питание и анемия в анамнезе. Снижение ферритина является ранним лабораторным маркером истощения запасов железа и может использоваться для прогнозирования развития анемии у беременных. Беременные с железодефицитной анемией имеют более высокий риск угрозы преждевременных родов, фетоплацентарной недостаточности, внутриутробной гипоксии плода и рождения детей с низкой массой тела.

Комплексная профилактика, включающая рациональное питание, препараты железа, фолиевую кислоту и динамический лабораторный контроль, способствует снижению частоты анемии и улучшению исходов беременности. Беременным группы риска необходимо проводить определение гемоглобина, эритроцитов, гематокрита, сывороточного железа и ферритина уже при первом обращении. При снижении ферритина даже на фоне нормального гемоглобина беременную следует относить к группе риска по развитию железодефицитной анемии. Питание беременной должно включать продукты, богатые железом и белком: говядину, печень, рыбу, яйца, гречневую крупу, бобовые, зелень, сухофрукты. Для улучшения всасывания железа рекомендуется сочетать железосодержащие продукты с источниками витамина С. Препараты железа и фолиевой кислоты следует назначать индивидуально, с учетом уровня гемоглобина, ферритина, переносимости препарата и срока беременности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Daily iron and folic acid supplementation during pregnancy. Geneva: WHO; 2024. URL:

ISSN 3030-3907

https://www.who.int/tools/elena/interventions/daily-iron-pregnancy (дата обращения: 01.05.2026).
2. World Health Organization. Antenatal iron supplementation. Nutrition Landscape Information System. URL: https://www.who.int/data/nutrition/nlis/info/antenatal-iron-supplementation (дата обращения: 01.05.2026).
3. Ubom A.E. et al. FIGO good practice recommendations on anemia in pregnancy to reduce the incidence and impact of postpartum hemorrhage. International Journal of Gynecology & Obstetrics. 2025. DOI: 10.1002/ijgo.70529.
4. Петриченко Н.В., Баркова Э.Н. Патогенетические аспекты прогнозирования и профилактики анемии у беременных // Вестник КазНМУ. 2013. №5(1). С. 402-405.
5. Радзинский В.Е., Радзинская Е.В. Анемия и беременность: проблемы и перспективы // Фарматека. 2008. №14. С. 28-31.
6. Серов В.Н. и соавт. Диагностика и профилактика железодефицитных состояний у беременных и родильниц // Акушерство и гинекология. 2012. №4/2. С. 3-9.
7. Bencaiova G. et al. Iron prophylaxis in pregnancy: intravenous route versus oral route // European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology. 2009. Vol. 144(2). P. 135-139.
8. Casanueva E. et al. Weekly iron as a safe alternative to daily supplementation for nonanemic pregnant women // Archives of Medical Research. 2006. Vol. 37(5). P. 674-682.
9. World Health Organization. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. Geneva: WHO.
10. Milman N. Iron and pregnancy - a delicate balance // Annals of Hematology. 2006. Vol. 85. P. 559-565.

ISSN 3030-3907

BOSIMLI SUV UZATISH TIZIMLARIDA PLASTMAS VA PO‘LAT QUVURLARNING GIDRAVLIK HAMDA ENERGETIK SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Samiyev Luqmon Nayimovich
Dotsent, “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti
Abdurahimova Durdona Fazliddin qizi
Tayanch doktorant, “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti
E-mail: abdurakhimovadurdona.gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada plastmas va po‘lat quvurlarda gidravlik qarshiliklarning shakllanishi hamda quvur ichki yuzasi g‘adir-budurligining energetik samaradorlikka ta’siri nazariy-hisobiy yondashuv asosida baholandi. Hisoblashlar ichki diametri D=0.1m bo‘lgan bosimli quvur uchun Darcy–Weisbach tenglamasi va Colebrook–White munosabati asosida bajarildi. Plastmas quvur uchun absolut g‘adir-budurlik Δpl=0.025 mm, po‘lat quvur uchun esa Δst=0.5 mm deb qabul qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Reynolds soni ortishi bilan quvur ichki yuzasining g‘adir-budurligi ishqalanish koeffitsienti va solishtirma gidravlik qarshilikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Yuqori Reynolds sonlari sharoitida po‘lat quvurdagi solishtirma gidravlik qarshilik plastmas quvurga nisbatan taxminan 1.9–2.0 marta yuqori bo‘ldi. To‘liq rivojlangan turbulent oqim, ya’ni kvadrat qarshilik sohasida ushbu farq 2.1 martagacha yetishi aniqlandi. Olingan natijalar plastmas quvurlarning past g‘adir-budurligi bosim yo‘qotishlarini kamaytirishi, nasos quvvatiga bo‘lgan talabni pasaytirishi va bosimli suv uzatish tizimlarining energetik samaradorligini oshirishini ko‘rsatadi. Shu sababli plastmas quvurlar yuqori sarfli va uzoq masofali gidrotizimlarda energiya tejamkor muhandislik yechimi sifatida tavsiya etilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Gidravlik qarshilik, plastmas quvur, po‘lat quvur, Darcy–Weisbach tenglamasi, Colebrook–White tenglamasi, Reynolds soni, ishqalanish koeffitsienti, g‘adir-budurlik, solishtirma qarshilik, energetik samaradorlik.

Аннотация. В данной статье на основе теоретико-расчётного подхода оценено формирование гидравлических сопротивлений в пластмассовых и стальных трубах, а также проанализировано влияние шероховатости внутренней поверхности труб на энергетическую эффективность. Расчёты выполнены для напорной трубы внутренним диаметром D=0.1м с использованием уравнения Darcy–Weisbach и соотношения Colebrook–White. Абсолютная шероховатость для пластмассовой трубы принята равной Δpl=0.025 мм, а для стальной трубы — Δst=0.5. Результаты показали, что с увеличением числа Reynolds влияние шероховатости внутренней

ISSN 3030-3907

поверхности на коэффициент гидравлического трения и удельное гидравлическое сопротивление становится более существенным. При высоких значениях числа Reynolds удельное гидравлическое сопротивление в стальной трубе оказалось примерно в 1.9–2.0 раза выше, чем в пластмассовой трубе. В области полностью развитого турбулентного потока, то есть в квадратичной зоне сопротивления, данное различие достигает примерно 2.1 раза. Полученные результаты показывают, что меньшая шероховатость пластмассовых труб способствует снижению потерь напора, уменьшению требуемой мощности насосов и повышению энергетической эффективности напорных водопроводных систем. Поэтому пластмассовые трубы могут рассматриваться как энергоэффективное инженерное решение для высокорасходных и протяжённых гидравлических систем.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, пластмассовая труба, стальная труба, уравнение Darcy–Weisbach, уравнение Colebrook–White, число Reynolds, коэффициент гидравлического трения, шероховатость, удельное гидравлическое сопротивление, энергетическая эффективность.

Abstract. This paper evaluates the formation of hydraulic resistance in plastic and steel pipes and analyzes the influence of internal surface roughness on energy efficiency using a theoretical and computational approach. The calculations were performed for a pressure pipe with an internal diameter of D=0.1 m based on the Darcy–Weisbach equation and the Colebrook–White relationship. The absolute roughness was assumed to be Δpl=0.025 mm for the plastic pipe and Δst=0.5 mm for the steel pipe. The results show that as the Reynolds number increases, the effect of internal surface roughness on the friction coefficient and specific hydraulic resistance becomes more significant. Under high Reynolds number conditions, the specific hydraulic resistance in the steel pipe was approximately 1.9–2.0 times higher than that in the plastic pipe. In the fully rough turbulent region, this difference reached about 2.1 times. The findings indicate that the lower roughness of plastic pipes reduces head losses, decreases the required pump power, and improves the energy efficiency of pressure water transmission systems. Therefore, plastic pipes can be considered an energy-efficient engineering solution for high-flow and long-distance hydraulic systems.

Keywords: Hydraulic resistance, plastic pipe, steel pipe, Darcy–Weisbach equation, Colebrook–White equation, Reynolds number, friction coefficient, roughness, specific resistance, energy efficiency.

KIRISH.

Suv ta’minoti, sug‘orish, sanoat gidrotizimlari, kommunal xo‘jalik va energetika infratuzilmalarida suyuqliklarni quvurlar orqali uzatish eng muhim

muhandislik jarayonlaridan biri hisoblanadi. Bunday tizimlarda suvni belgilangan masofaga, talab etilgan sarf va bosimda yetkazib berish uchun nasos agregatlari, bosimli quvurlar, armaturalar va mahalliy qarshilik elementlaridan iborat gidravlik tarmoq shakllanadi. Quvur bo‘ylab harakatlanayotgan oqim energiyasining ma’lum qismi quvur devori bilan suyuqlik o‘rtasidagi ishqalanish kuchlarini yengishga sarflanadi. Natijada bosim yo‘qotishlari yuzaga keladi, nasos quvvatiga bo‘lgan talab ortadi va tizimning umumiy energetik samaradorligi pasayadi [1–3].

Quvurlardagi gidravlik qarshiliklarni aniqlash quvur diametrini tanlash, nasos agregatlari quvvatini asoslash, suv taqsimoti tizimlarini loyihalash va mavjud tarmoqlarni modernizatsiya qilishda muhim ahamiyatga ega. Amaliy hisoblarda quvur bo‘ylab ishqalanish natijasida yuzaga keladigan napor yo‘qotishlari ko‘pincha Darcy–Weisbach tenglamasi yordamida aniqlanadi. Ushbu tenglama quvur uzunligi, diametri, oqim tezligi va gidravlik ishqalanish koeffitsienti o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalaydi [3, 6]. Gidravlik ishqalanish koeffitsientini to‘g‘ri aniqlash esa bosimli quvurlardagi yo‘qotishlarni baholashning asosiy shartlaridan biridir. Laminar oqim rejimida ishqalanish koeffitsienti asosan Reynolds soniga bog‘liq bo‘lib, quvur devorining g‘adir-budurligi sezilarli ta’sir ko‘rsatmaydi. Biroq suv ta’minoti, sug‘orish va sanoat quvur tarmoqlarining aksariyatida oqim turbulent rejimda kechadi. Turbulent oqim sharoitida esa ishqalanish koeffitsienti nafaqat Reynolds soniga, balki quvur ichki yuzasining nisbiy g‘adir-budurligiga ham bog‘liq bo‘ladi [4, 5]. Bunday sharoitda Colebrook–White tenglamasi gidravlik ishqalanish koeffitsientini aniqlashda keng qo‘llaniladi. Ushbu tenglama Reynolds soni va quvur devorining nisbiy g‘adir-budurligini birgalikda hisobga olib, silliq, o‘tish va to‘liq g‘adir-budur turbulent oqim sohalarini umumlashtirib ifodalaydi [7]. Keyingi tadqiqotlarda Swamee–Jain kabi eksplisit yondashuvlar ham taklif etilgan bo‘lib, ular muhandislik hisoblarini soddalashtirishga xizmat qiladi [8, 9].

Quvur materiali gidravlik qarshiliklar shakllanishida muhim omillardan biridir. Po‘lat quvurlar yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lsa-da, ekspluatatsiya davomida korroziya, cho‘kindi yig‘ilishi va ichki sirtning yemirilishi natijasida ularning g‘adir-budurligi ortadi. Bu esa ishqalanish koeffitsientining oshishiga, bosim yo‘qotishlarining ko‘payishiga va nasos energiyasi sarfining ortishiga olib keladi [5, 10]. So‘nggi yillarda plastmas quvurlar, xususan HDPE va PVC quvurlar, korroziyaga chidamliligi, ichki yuzasining silliqligi, past absolut g‘adir-budurligi va ekspluatatsion barqarorligi sababli suv ta’minoti, sug‘orish va sanoat gidrotizimlarida keng qo‘llanmoqda [11, 12].

ISSN 3030-3907

Gidravlik nuqtai nazardan plastmas quvurlarning asosiy afzalligi ularning ichki yuzasi silliq bo‘lishi bilan izohlanadi. Ichki sirt g‘adir-budurligining pastligi devor ishqalanishini kamaytiradi, natijada bir xil diametr, suv sarfi va quvur uzunligida plastmas quvurlarda bosim yo‘qotishlari po‘lat quvurlarga nisbatan kamroq bo‘ladi. Ilmiy va amaliy tadqiqotlarda plastmas va po‘lat quvurlar o‘rtasidagi bosim yo‘qotishlari sezilarli farq qilishi ko‘rsatilgan. Jumladan, Durapipe va Wilo tadqiqotida bir xil sharoitlarda plastmas quvur tizimida bosh yo‘qotishi 8.23 m, po‘lat quvur tizimida esa 15.71 m ni tashkil etgani qayd etilgan [13]. Bu natija quvur materialini tanlash nasos quvvati, elektr energiyasi sarfi va ekspluatatsion xarajatlarga bevosita ta’sir qilishini ko‘rsatadi.

O‘zbekiston sharoitida suv resurslaridan oqilona foydalanish, sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biridir. Nasos stansiyalari va bosimli quvur tarmoqlarida elektr energiyasining katta qismi gidravlik yo‘qotishlarni yengishga sarflanadi. Shu sababli quvur materiali, diametri, ichki sirt g‘adir-budurligi va oqim rejimini hisobga olgan holda gidravlik qarshiliklarni aniqlash muhim ahamiyatga ega [13, 16, 17]. Mavjud tadqiqotlarda quvurlardagi gidravlik qarshiliklarni hisoblashning nazariy asoslari yetarlicha shakllangan bo‘lsa-da, plastmas va po‘lat quvurlarni bir xil hisobiy sharoitlarda taqqoslash orqali ularning gidravlik va energetik samaradorligini miqdoriy baholash masalasi amaliy jihatdan dolzarbligicha qolmoqda. Ayniqsa, yuqori Reynolds sonlari va kvadrat qarshilik sohasida quvur ichki yuzasining nisbiy g‘adir-budurligi ishqalanish koeffitsientiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi [7, 9, 10].

Ushbu tadqiqotning maqsadi — plastmas va po‘lat quvurlarda gidravlik ishqalanish koeffitsienti hamda solishtirma qarshilik qiymatlarini Darcy–Weisbach va Colebrook–White tenglamalari asosida aniqlash, quvur g‘adir-budurligining bosim yo‘qotishlariga ta’sirini baholash hamda plastmas quvurlarning po‘lat quvurlarga nisbatan energetik samaradorligini ilmiy-hisobiy jihatdan asoslashdan iborat.

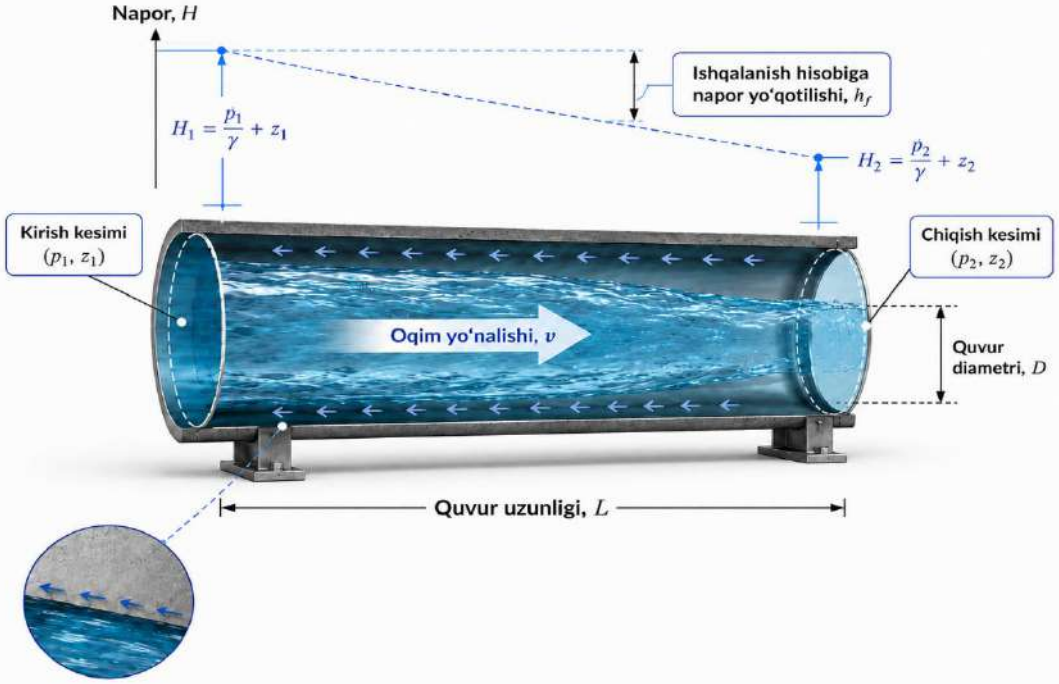
MATERIAL VA METODLAR. Ushbu tadqiqotda plastmas va po‘lat quvurlarda yuzaga keladigan gidravlik qarshiliklarni aniqlash hamda ularning energetik samaradorlikka ta’sirini baholash uchun nazariy-hisobiy yondashuvdan foydalanildi. Hisoblashlar bosimli quvurda suv oqimining harakatiga asoslangan bo‘lib, asosiy gidravlik parametrlar sifatida Reynolds soni, gidravlik ishqalanish koeffitsienti, quvur devorining absolut va nisbiy g‘adir-budurligi, oqim tezligi, solishtirma bosim yo‘qotishi hamda nasos quvvatiga bo‘lgan talab qabul qilindi.

Tadqiqotda plastmas va po‘lat quvurlar bir xil geometrik va gidravlik sharoitlarda solishtirildi. Ya’ni quvur diametri, suyuqlik turi, kinematik yopishqoqlik va oqim rejimlari bir xil deb qabul qilindi. Bunday yondashuv quvur

ISSN 3030-3907

materialining, ayniqsa ichki sirt g‘adir-budurligining gidravlik qarshilikka bevosita ta’sirini alohida baholash imkonini beradi.

Bosimli quvurda oqim harakati davomida energiyaning ma’lum qismi quvur devori bilan suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchlarini yengishga sarflanadi. Ushbu yo‘qotish quvur uzunligi, diametri, oqim tezligi va ishqalanish koeffitsientiga bog‘liq bo‘ladi. Tadqiqotda quvur bo‘ylab yuzaga keladigan napor yo‘qotishlarini baholashda 1-rasmda keltirilgan hisobiy sxema asos qilib olindi.



1-rasm. Bosimli quvurda ishqalanish natijasida yuzaga keladigan napor yo‘qotilishi sxemasi

Tadqiqot uchun asosiy model sifatida ichki diametri D=0.1 m bo‘lgan bosimli quvur qabul qilindi. Ishchi suyuqlik sifatida suv olinib, uning kinematik yopishqoqligi ν=0.01 cm²/s deb qabul qilindi. Plastmas quvur uchun absolut g‘adir-budurlik qiymati 0.0025 cm, po‘lat quvur uchun esa 0.05 cm sifatida qabul qilindi. Ushbu qiymatlar quvur materiallari ichki sirtining gidravlik holatini ifodalash uchun ishlatildi. Plastmas va po‘lat quvurlarning gidravlik qarshiliklari o‘rtasidagi asosiy farq ularning ichki yuzasi g‘adir-budurligi bilan bog‘liq. Plastmas quvurlar ichki yuzasining silliq bo‘lishi sababli oqim devor yaqinida kamroq energiya yo‘qotadi. Po‘lat quvurlarda esa korroziya, cho‘kindi yig‘ilishi va ichki sirtning g‘adir-budurlashishi natijasida ishqalanish kuchlari ortadi. Ushbu farq 2-rasmda sxematik tarzda ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Plastmas va po‘lat quvurlar ichki yuzasining sxematik ko‘rinishi

Quvur ichki yuzasining gidravlik holatini baholashda absolut g‘adir-budurlik bilan bir qatorda nisbiy g‘adir-budurlik ham muhim ahamiyatga ega. Nisbiy g‘adir-budurlik quyidagi ifoda orqali aniqlandi:

$$\frac{\Delta}{D} \qquad (1)$$

bu yerda Δ-quvur devorining absolut g‘adir-budurligi, m; D- quvur diametri, m.

Plastmas quvur uchun qabul qilingan qiymatlar asosida nisbiy g‘adir-budurlik:

$$\frac{\Delta_{pl}}{D} = \frac{0.000025}{0.1} = 0.00025$$

po‘lat quvur uchun esa:

$$\frac{\Delta_{st}}{D} = \frac{0.0005}{0.1} = 0.005$$

ga teng bo‘ladi. Ushbu qiymatlar po‘lat quvurda nisbiy g‘adir-budurlik plastmas quvurga nisbatan ancha yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Aynan shu omil turbulent oqim sharoitida ishqalanish koeffitsienti va solishtirma bosim yo‘qotishlarining ortishiga olib keladi.

Oqim rejimini aniqlash uchun Reynolds sonidan foydalanildi. Reynolds soni inersiya kuchlari bilan yopishqoqlik kuchlari o‘rtasidagi nisbatni ifodalaydi va quvurdagi oqimning laminar, o‘tish yoki turbulent rejimda kechishini aniqlash imkonini beradi. Reynolds soni quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \qquad (2)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda Re-Reynolds soni; v-oqimning o‘rtacha tezligi, m/s; D-quvur diametri, m; ν-suyuqlikning kinematik yopishqoqligi, m²/s.

Hisoblash jarayonida Reynolds sonining turli qiymatlari berilib, ularga mos keluvchi oqim tezligi quyidagi ifoda orqali topildi:

$$v = \frac{Re \cdot \nu}{D} \qquad (3)$$

Bu yondashuv turli oqim rejimlarida plastmas va po‘lat quvurlarni bir xil sharoitda solishtirish imkonini beradi. Reynolds sonining kichik qiymatlarida oqim laminar xarakterga ega bo‘ladi, yuqori qiymatlarida esa turbulent oqim shakllanadi. Amaliy suv ta’minoti, nasosli sug‘orish va sanoat gidrotizimlarida oqim ko‘pincha turbulent rejimda kechgani sababli tadqiqotning asosiy e’tibori turbulent oqim va yuqori Reynolds sonlari diapazonidagi gidravlik qarshiliklarni baholashga qaratildi.

Laminar oqim rejimida, ya’ni Re≤2500Re bo‘lgan holatda gidravlik ishqalanish koeffitsienti Poiseuille qonuni asosida quyidagicha aniqlandi:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \qquad (5)$$

bu yerda λ- Darcy gidravlik ishqalanish koeffitsienti. Ushbu rejimda ishqalanish koeffitsienti faqat Reynolds soniga bog‘liq bo‘ladi va quvur devorining g‘adir-budurligi deyarli hisobga olinmaydi. Shu sababli laminar oqim sharoitida plastmas va po‘lat quvurlardagi gidravlik qarshiliklar o‘rtasida sezilarli farq kuzatilmaydi.

Turbulent oqim rejimida esa gidravlik ishqalanish koeffitsienti Reynolds soni bilan bir qatorda quvur devorining nisbiy g‘adir-budurligiga ham bog‘liq bo‘ladi. Ushbu tadqiqotda turbulent oqim uchun ishqalanish koeffitsienti Colebrook–White tenglamasi asosida aniqlandi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log_{10}\left(\frac{\Delta}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}}\right) \qquad (6)$$

bu yerda λ— Darcy ishqalanish koeffitsienti; Δ— quvur ichki yuzasining absolut g‘adir-budurligi, m; D — quvur diametri, m; Re — Reynolds soni.

Colebrook–White tenglamasi implitsi ko‘rinishda bo‘lganligi sababli λ qiymati iteratsion usulda aniqlandi. Dastlabki yaqinlashuv qiymati sifatida turbulent oqim uchun Blasius formulasi bo‘yicha hisoblangan ishqalanish koeffitsienti qabul qilindi:

$$\lambda_0 = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \qquad (7)$$

Keyingi bosqichlarda ushbu boshlang‘ich qiymat Colebrook–White tenglamasiga qo‘yilib, λ qiymati ketma-ket aniqlashtirildi. Iteratsion jarayon ikki ketma-ket qiymat orasidagi farq belgilangan aniqlik darajasigacha kamayguncha

ISSN 3030-3907

davom ettirildi. Bu usul plastmas va po‘lat quvurlarda Reynolds sonining turli qiymatlari uchun gidravlik ishqalanish koeffitsientini aniqlash imkonini berdi. Quvur bo‘ylab ishqalanish natijasida yuzaga keladigan umumiy napor yo‘qotishini aniqlashda Darcy–Weisbach tenglamasi asos qilib olindi:

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad (8)$$

Tadqiqotda quvurning birlik uzunligiga to‘g‘ri keluvchi napor yo‘qotishini baholash uchun solishtirma gidravlik qarshilik ko‘rsatkichi J dan foydalanildi. Solishtirma qarshilik quyidagi formula orqali aniqlandi:

$$J = \lambda \frac{v^2}{2gD} \qquad (9)$$

bu yerda J — quvurning birlik uzunligiga to‘g‘ri keluvchi napor yo‘qotishi, m/m; λ — gidravlik ishqalanish koeffitsienti; v — oqim tezligi, m/s; g — erkin tushish tezlanishi, m/s²; D — quvur diametri, m.

Mazkur formula plastmas va po‘lat quvurlarni bir xil oqim sharoitida taqqoslash uchun qulay hisoblanadi. Chunki D, v va g qiymatlari bir xil bo‘lgan sharoitda J qiymatidagi farq asosan λ koeffitsienti orqali, ya’ni quvur devorining g‘adir-budurligi bilan belgilanadi. Shu sababli solishtirma qarshilik plastmas va po‘lat quvurlar gidravlik samaradorligini baholashda asosiy ko‘rsatkich sifatida qabul qilindi.

Yuqori Reynolds sonlari sharoitida, ya’ni to‘liq rivojlangan turbulent yoki kvadrat qarshilik sohasida ishqalanish koeffitsientining Reynolds soniga bog‘liqligi kamayadi va u asosan quvur devorining nisbiy g‘adir-budurligiga bog‘liq bo‘lib qoladi. Bunday holatda Colebrook–White tenglamasi quyidagi soddalashtirilgan ko‘rinishga keladi:

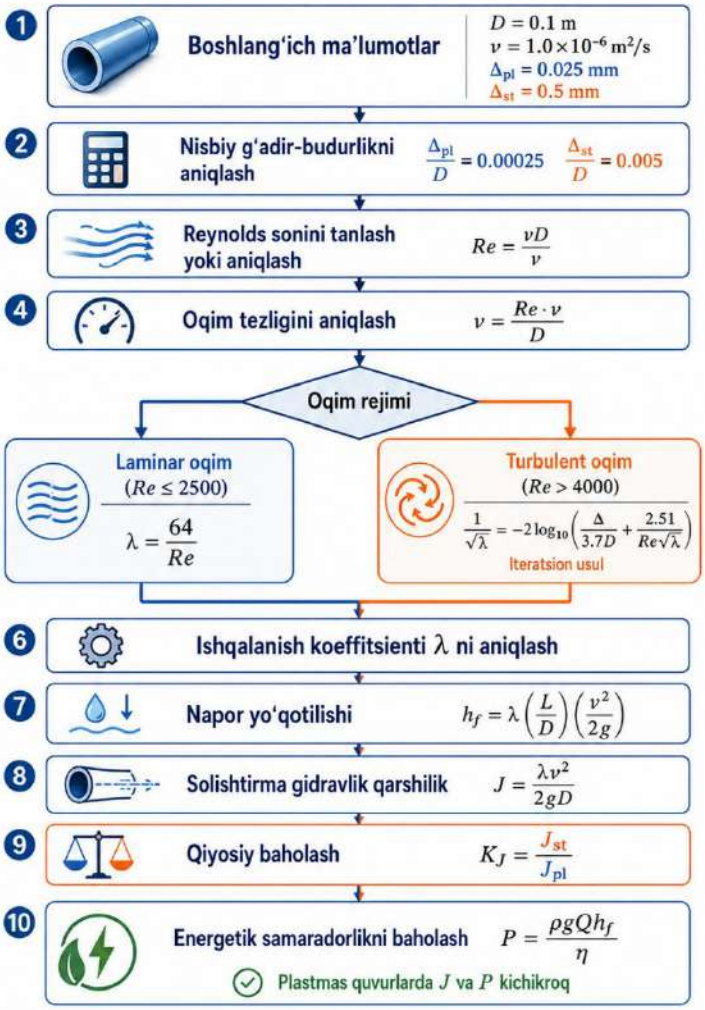
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log_{10}\left(\frac{\Delta}{3.7D}\right) \qquad (10)$$

Bu ifoda kvadrat qarshilik sohasida quvur materialining gidravlik qarshilikka ta’sirini aniqroq ko‘rsatadi. Chunki mazkur sharoitda plastmas va po‘lat quvurlar orasidagi farq asosan ularning ichki yuzasi g‘adir-budurligi bilan izohlanadi. Po‘lat quvurlarda nisbiy g‘adir-budurlik yuqori bo‘lgani sababli λ va J qiymatlari ortadi. Plastmas quvurlarda esa ichki yuzaning silliqligi tufayli ushbu ko‘rsatkichlar nisbatan kichik bo‘ladi.

Hisoblash jarayoni ketma-ket bosqichlar asosida amalga oshirildi. Dastlab quvur diametri, suvning kinematik yopishqoqligi hamda plastmas va po‘lat quvurlar uchun absolut g‘adir-budurlik qiymatlari qabul qilindi. Keyin Reynolds sonining tanlangan qiymatlari bo‘yicha oqim tezligi hisoblandi. Shundan so‘ng har bir Reynolds soni uchun plastmas va po‘lat quvurlarda ishqalanish

ISSN 3030-3907

koeffitsienti Colebrook–White tenglamasi yordamida aniqlandi. Keyingi bosqichda Darcy–Weisbach tenglamasi asosida solishtirma gidravlik qarshilik qiymatlari hisoblandi. Yakuniy bosqichda esa plastmas va po‘lat quvurlar uchun olingan J qiymatlari taqqoslanib, ularning nisbati asosida gidravlik va energetik samaradorlik baholandi. Mazkur hisoblash ketma-ketligi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Plastmas va po‘lat quvurlarda gidravlik qarshiliklarni hisoblash algoritmi

Plastmas va po‘lat quvurlarni qiyosiy baholash uchun solishtirma qarshiliklar nisbati quyidagi ko‘rinishda aniqlandi:

$$K_J = \frac{J_{st}}{J_{pl}} \qquad (11)$$

bu yerda K_J — po‘lat quvurdagi solishtirma qarshilikning plastmas quvurdagi solishtirma qarshilikka nisbati; J_{st}-po‘lat quvurdagi solishtirma qarshilik; J_{pl}- plastmas quvurdagi solishtirma qarshilik. $K_J>1$ bo‘lsa, po‘lat quvurda bosim yo‘qotishlari plastmas quvurga nisbatan yuqori ekanligini bildiradi. Ushbu nisbatning ortishi plastmas quvurlarning gidravlik jihatdan samaraliroq ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, yuqori Reynolds sonlari va kvadrat

ISSN 3030-3907

qarshilik sohasida K_J qiymatining kattalashishi plastmas quvurlarning energetik afzalligini asoslash uchun muhim mezon hisoblanadi.

Nasos quvvatiga bo‘lgan talabni baholashda quvur bo‘ylab yuzaga keladigan napor yo‘qotishlari asosiy omil sifatida qaraldi. Nasos quvvati quyidagi umumiy ifoda orqali aniqlandi:

$$P = \frac{\rho g Q h_f}{\eta} \qquad (12)$$

bu yerda P— nasos quvvati, W; ρ— suyuqlik zichligi, kg/m³; g — erkin tushish tezlanishi, m/s²; Q — suv sarfi, m³/s; h_f — quvur bo‘ylab napor yo‘qotishi, m; η — nasosning foydali ish koeffitsienti.

Agar plastmas va po‘lat quvurlar bir xil suv sarfi, bir xil quvur uzunligi, bir xil diametr va bir xil nasos foydali ish koeffitsienti sharoitida solishtirilsa, nasos quvvatidagi farq asosan napor yo‘qotishlari bilan belgilanadi. Napor yo‘qotishi esa J qiymatiga bevosita bog‘liq bo‘lganligi sababli, Jst/Jpl nisbati nasos quvvatiga bo‘lgan talabdagi farqni baholash uchun ham qo‘llanilishi mumkin. Shu orqali plastmas quvurlardan foydalanish natijasida erishiladigan energetik samaradorlik nazariy-hisobiy jihatdan asoslandi.

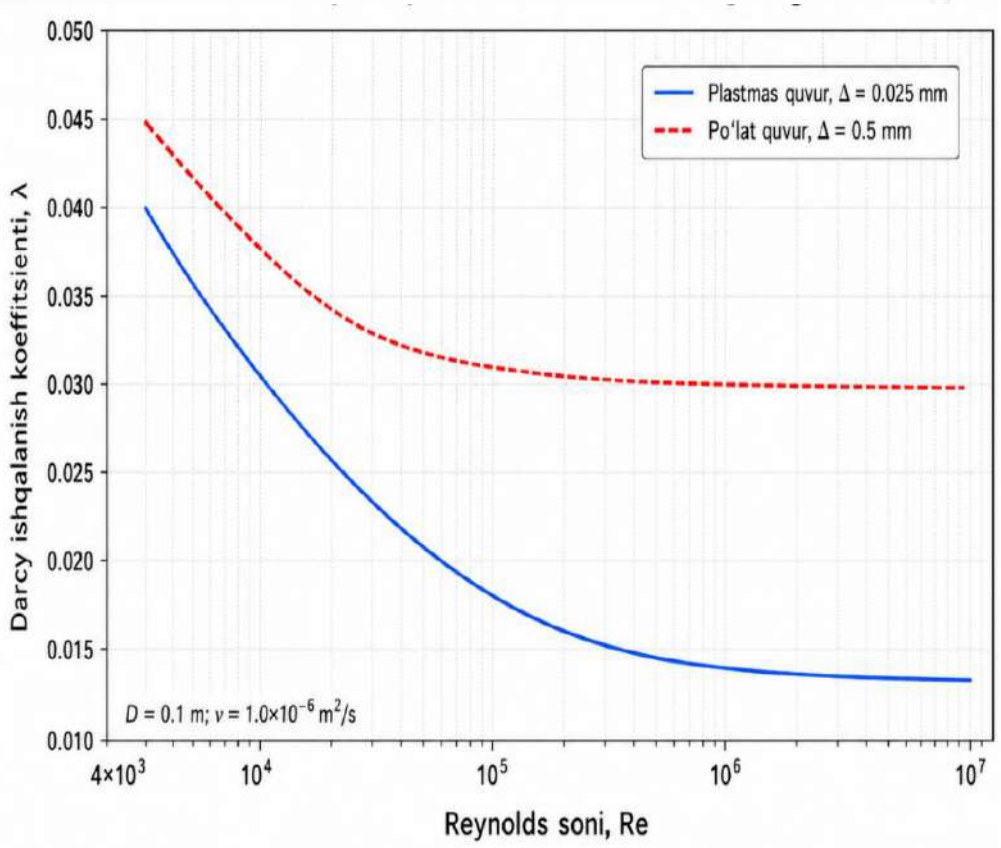
Ushbu metodologiya plastmas va po‘lat quvurlarda gidravlik qarshiliklarni bir xil sharoitda taqqoslash imkonini beradi. Bunda asosiy farq quvur ichki yuzasining g‘adir-budurligi orqali shakllanadi. Shuning uchun olingan natijalar quvur materialini tanlash, nasos quvvatini asoslash hamda suv ta’minoti va sug‘orish tizimlarida energiya tejamkor yechimlarni ishlab chiqishda amaliy ahamiyatga ega.

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Ushbu bo‘limda plastmas va po‘lat quvurlarda gidravlik ishqalanish koeffitsienti hamda solishtirma gidravlik qarshilik qiymatlarining Reynolds soniga bog‘liq holda o‘zgarishi tahlil qilindi. Hisoblashlar bir xil diametrli quvur, bir xil suyuqlik xossalari va bir xil oqim rejimlari uchun bajarildi. Bunda plastmas va po‘lat quvurlar o‘rtasidagi asosiy farq ularning ichki yuzasi g‘adir-budurligi orqali ifodalandi. Plastmas quvur uchun absolut g‘adir-budurlik Δpl=0.025 mm, po‘lat quvur uchun esa Δst=0.5 mm deb qabul qilindi. Ushbu qiymatlar asosida plastmas quvur uchun nisbiy g‘adir-budurlik Δpl/D=0.00025, po‘lat quvur uchun esa Δst/D=0.005 ni tashkil etdi.

Hisoblash natijalari shuni ko‘rsatdiki, kichik Reynolds sonlarida plastmas va po‘lat quvurlardagi ishqalanish koeffitsientlari orasidagi farq nisbatan kichik bo‘ladi. Buning sababi past Reynolds sonlarida yopishqoqlik kuchlarining ta’siri sezilarli bo‘lib, quvur devorining g‘adir-budurligi oqimga kuchli ta’sir ko‘rsatmaydi. Reynolds soni ortib borgani sari oqim turbulent xarakterga ega bo‘ladi va quvur ichki yuzasining g‘adir-budurligi ishqalanish koeffitsientiga

ISSN 3030-3907

tobora kuchliroq ta’sir ko‘rsata boshlaydi. Natijada po‘lat quvurlarda ishqalanish koeffitsienti plastmas quvurlarga nisbatan yuqori qiymatlarni qabul qiladi. Reynolds sonining oshishi bilan plastmas va po‘lat quvurlarda Darcy ishqalanish koeffitsientining o‘zgarish xarakteri 4-rasmda keltirilgan.



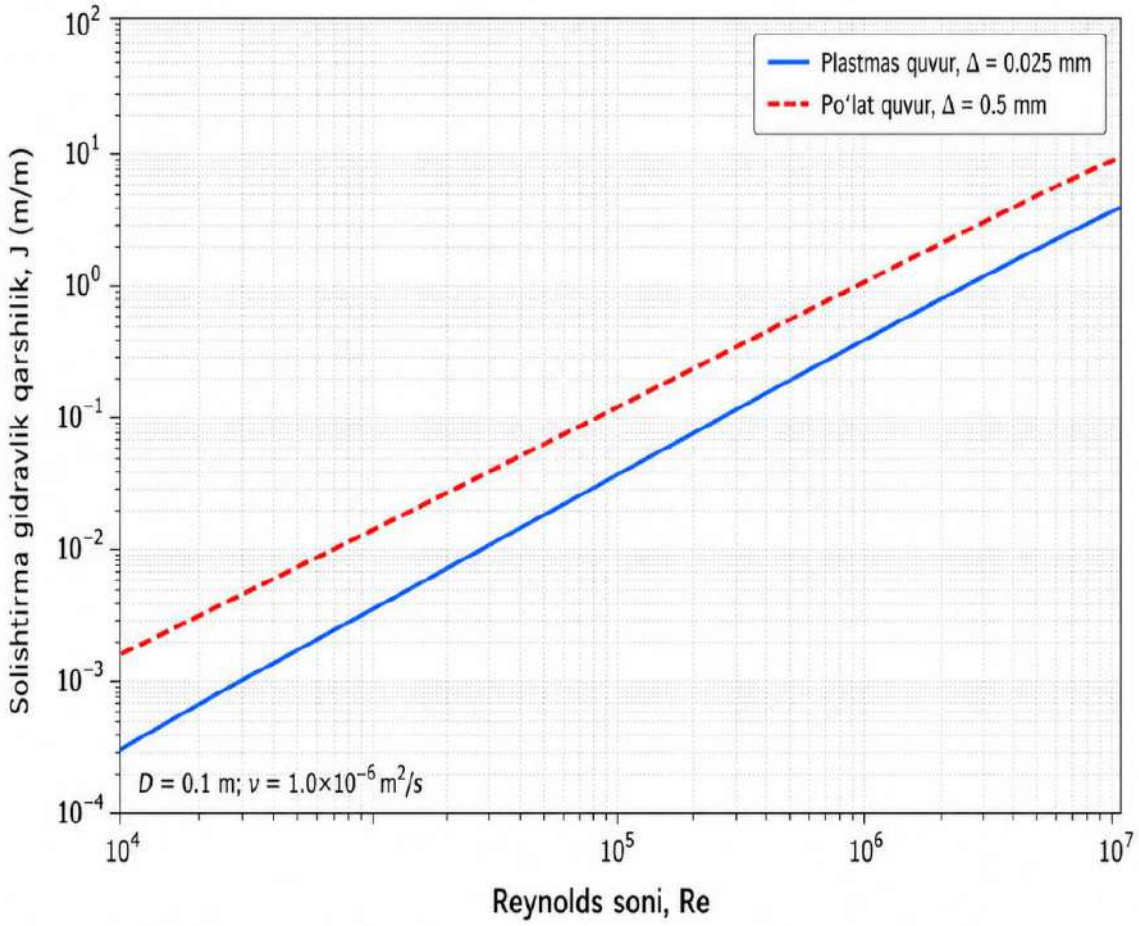
4-rasm. Plastmas va po‘lat quvurlarda Reynolds soni bo‘yicha Darcy ishqalanish koeffitsientining o‘zgarishi

4-rasm tahlili shuni ko‘rsatadiki, plastmas quvurda ishqalanish koeffitsienti Reynolds soni ortishi bilan asta-sekin kamayadi va yuqori Reynolds sonlarida nisbatan barqaror qiymatga yaqinlashadi. Po‘lat quvurda esa ichki yuzaning g‘adir-budurligi yuqori bo‘lgani sababli λ\lambdaλ qiymati plastmas quvurnikiga nisbatan katta bo‘lib qoladi. Ayniqsa, yuqori Reynolds sonlari sohasida po‘lat quvurda ishqalanish koeffitsientining kamayish sur’ati sekinlashadi, chunki bu sharoitda oqim to‘liq rivojlangan turbulent rejimga yaqinlashadi va gidravlik qarshilik asosan nisbiy g‘adir-budurlik bilan belgilanadi.

Hisoblash natijalariga ko‘ra, Re=4·103 bo‘lgan holatda plastmas quvur uchun λpl=0 po‘lat quvur uchun esa λst=0.0385 atrofida bo‘ldi. Ushbu qiymatlar orasidagi farq kichik bo‘lib, bu holat turbulent oqimning boshlang‘ich qismida g‘adir-budurlik ta’siri hali to‘liq shakllanmaganligini ko‘rsatadi. Re=$100 \cdot 10^3$ bo‘lgan holatda esa plastmas quvur uchun λpl=0.0175, po‘lat quvur uchun λst=0.0275 qiymatlari olindi. Bu bosqichda po‘lat quvurdagi ishqalanish koeffitsienti plastmas quvurnikidan sezilarli darajada yuqori bo‘ldi.

ISSN 3030-3907

Solishtirma gidravlik qarshilik J qiymatlari Darcy–Weisbach tenglamasi asosida hisoblandi. Bunda J quvurning birlik uzunligiga to‘g‘ri keluvchi napor yo‘qotishini ifodalaydi. Hisoblash natijalari shuni ko‘rsatdiki, J qiymati faqat ishqalanish koeffitsientiga emas, balki oqim tezligining kvadratiga ham bog‘liq. Shu sababli Reynolds soni ortganda, hatto λ qiymati biroz kamaygan taqdirda ham, v^2 hadining ta’siri sababli solishtirma qarshilik keskin ortadi. Reynolds soni bo‘yicha plastmas va po‘lat quvurlarda solishtirma gidravlik qarshilikning o‘zgarishi 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. Plastmas va po‘lat quvurlarda Reynolds soni bo‘yicha solishtirma gidravlik qarshilikning o‘zgarishi

5-rasmdan ko‘rinib turibdiki, Reynolds sonining kichik qiymatlarida plastmas va po‘lat quvurlar o‘rtasidagi J farqi uncha katta emas. Biroq Reynolds soni ortib borgani sari po‘lat quvurdagi solishtirma qarshilik plastmas quvurnikiga nisbatan tezroq ortadi. Bu holat po‘lat quvur ichki yuzasining g‘adir-budurligi yuqori bo‘lgani sababli oqim energiyasining ko‘proq qismi ishqalanish kuchlarini yengishga sarflanishi bilan izohlanadi.

Plastmas quvurlarda ichki yuzaning silliqligi tufayli devor yaqinidagi oqim qatlamida qarshilik kamroq bo‘ladi. Bu esa ishqalanish koeffitsienti va solishtirma napor yo‘qotishlarini kamaytiradi. Po‘lat quvurlarda esa ichki

ISSN 3030-3907

yuzaning g‘adir-budurligi yuqori bo‘lgani uchun turbulent pulsatsiyalar kuchayadi, oqimning devor bilan o‘zaro ta’siri ortadi va energiya yo‘qotishlari ko‘payadi. Shu sababli bir xil diametr, bir xil oqim tezligi va bir xil suv sarfi sharoitida po‘lat quvurlar plastmas quvurlarga nisbatan yuqori gidravlik qarshilik hosil qiladi.

Natijalar shuningdek, quvur materialini tanlash faqat mexanik mustahkamlik yoki qurilish qiymati bilan emas, balki gidravlik va energetik samaradorlik bilan ham baholanishi kerakligini ko‘rsatadi. Agar quvur tarmog‘i uzoq masofaga ega bo‘lsa yoki yuqori sarfli rejimda ishlasa, ishqalanish yo‘qotishlarining kamayishi nasos quvvatiga bo‘lgan talabni sezilarli darajada pasaytirishi mumkin. Bunday sharoitda plastmas quvurlarni qo‘llash ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va energiya tejamkorlikka erishish uchun muhim muhandislik yechimi hisoblanadi.

Muhokama natijalariga ko‘ra, plastmas quvurlarning po‘lat quvurlarga nisbatan gidravlik ustunligi asosan uchta omil bilan izohlanadi. Birinchidan, plastmas quvurlarning absolut g‘adir-budurligi past bo‘lib, bu ishqalanish koeffitsientining kamayishiga olib keladi. Ikkinchidan, plastmas quvurlar korroziyaga chidamli bo‘lgani sababli ularning ichki sirt holati ekspluatatsiya davomida nisbatan barqaror saqlanadi. Uchinchidan, yuqori Reynolds sonlarida quvur devorining nisbiy g‘adir-budurligi gidravlik qarshilikni belgilovchi asosiy omilga aylanadi va bu sharoitda plastmas quvurlarning silliq ichki yuzasi katta afzallik beradi.

Shu bilan birga, olingan natijalarni amaliy gidrotizimlarga tatbiq etishda ayrim omillarni ham hisobga olish lozim. Real quvur tarmoqlarida faqat ishqalanish yo‘qotishlari emas, balki burilishlar, armaturalar, klapanlar, kirish-chiqish elementlari va boshqa mahalliy qarshiliklar ham mavjud bo‘ladi. Bundan tashqari, nasosning foydali ish koeffitsienti, quvur diametrining tanlanishi, suv sarfining o‘zgaruvchanligi va ekspluatatsion sharoitlar ham umumiy energiya sarfiga ta’sir qiladi. Shu sababli plastmas quvurlarning energetik samaradorligi har bir konkret tizim uchun alohida hisoblashlar asosida baholanishi kerak. Biroq ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, bir xil gidravlik sharoitlarda plastmas quvurlar po‘lat quvurlarga nisbatan sezilarli darajada past gidravlik qarshilikka ega.

Umuman olganda, hisoblash natijalari plastmas quvurlarni suv ta’minoti, sug‘orish va sanoat gidrotizimlarida qo‘llash energetik jihatdan maqsadga muvofiq ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, yuqori Reynolds sonlari va katta oqim tezliklari sharoitida plastmas quvurlar po‘lat quvurlarga nisbatan kamroq napor yo‘qotishiga ega bo‘ladi. Bu esa nasos agregatlarining quvvat talabini

ISSN 3030-3907

kamaytirish, elektr energiyasi sarfini pasaytirish va tizimning umumiy samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Ushbu natijalar asosida aytish mumkinki, plastmas quvurlarning past g‘adir-budurligi ularning asosiy gidravlik afzalligi hisoblanadi. Po‘lat quvurlarda esa nisbiy g‘adir-budurlik yuqoriligi sababli ishqalanish koeffitsienti va solishtirma gidravlik qarshilik qiymatlari yuqori bo‘ladi. Shuning uchun yuqori sarfli va uzoq masofali bosimli quvur tizimlarida plastmas quvurlarni qo‘llash gidravlik hamda energetik jihatdan samarali yechim sifatida qaralishi mumkin.

XULOSA. Ushbu tadqiqotda plastmas va po‘lat quvurlarda gidravlik qarshiliklarning shakllanishi, ishqalanish koeffitsienti va solishtirma gidravlik qarshilikning Reynolds soniga bog‘liq holda o‘zgarishi nazariy-hisobiy usulda baholandi. Hisoblashlar D=0.1 m diametrli bosimli quvur uchun Darcy–Weisbach tenglamasi va Colebrook–White munosabati asosida bajarildi. Plastmas quvur uchun absolut g‘adir-budurlik $\Delta pl=0.025$ mm, po‘lat quvur uchun esa $\Delta st=0.5$ mm deb qabul qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, past Reynolds sonlarida plastmas va po‘lat quvurlar orasidagi gidravlik farq nisbatan kichik bo‘ladi. Masalan, $Re=4\cdot10^3$ da ishqalanish koeffitsienti plastmas quvurda $\lambda pl=0.0362$ po‘lat quvurda esa $\lambda st=0.0385$ atrofida bo‘lib, farq sezilarli darajada katta emas. Bu holat turbulent oqimning boshlang‘ich qismida quvur devori g‘adir-budurligining ta’siri hali to‘liq namoyon bo‘lmasligi bilan izohlanadi.

Solishtirma gidravlik qarshilik bo‘yicha ham plastmas quvurlar ancha samarali ekanligi aniqlandi. $Re=100\cdot10^3$ da $Jpl=2.0$, $Jst=3.1$ bo‘lib, po‘lat quvurdagi qarshilik plastmas quvurga nisbatan taxminan 1.55 marta yuqori bo‘ldi. $Re=500\cdot10^3$ da bu qiymatlar $Jpl=40.2$ va $Jst=76.8$ ni tashkil etib, nisbat 1.91 martaga yetdi. $Re=800\cdot10^3$ da esa $Jpl=99.3$, $Jst=196.0$ bo‘lib, po‘lat quvurdagi solishtirma qarshilik plastmas quvurga nisbatan 1.97 marta yuqori bo‘ldi.

To‘liq rivojlangan turbulent oqim, ya’ni kvadrat qarshilik sohasida ishqalanish koeffitsienti asosan quvur devorining nisbiy g‘adir-budurligiga bog‘liq bo‘lib qoladi. Ushbu sohada plastmas quvur uchun $\lambda pl\approx0.014$, po‘lat quvur uchun esa $\lambda st\approx0.029$ qiymatlar olindi. Bu esa po‘lat quvurdagi gidravlik ishqalanish plastmas quvurga nisbatan taxminan 2.1 marta yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, plastmas quvurlarning past g‘adir-budurligi ularning asosiy gidravlik afzalligi hisoblanadi. Ichki yuzaning silliqligi ishqalanish koeffitsienti va solishtirma napor yo‘qotishlarini kamaytiradi. Po‘lat quvurlarda esa yuqori g‘adir-budurlik, korroziya va ichki sirtning yemirilishi gidravlik qarshiliklarning ortishiga sabab bo‘ladi. Shu sababli yuqori Reynolds sonlari, katta suv sarfi va uzoq masofali bosimli quvur tizimlarida plastmas quvurlarni qo‘llash nasos quvvatiga bo‘lgan talabni kamaytirish, elektr energiyasi sarfini

ISSN 3030-3907

pasaytirish va tizimning umumiy energetik samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Kelgusida mazkur yondashuvni turli diametrli quvurlar, real ekspluatatsion sharoitlar, mahalliy qarshiliklar, nasos foydali ish koeffitsienti va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlarini hisobga olgan holda kengaytirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Latipov K.Sh. K opredeleniyu koeffitsiyenta gidravlicheskogo treniya. DAN, 1982. pp. 30–35.
2. Latipov K.Sh. Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar. Toshkent: O‘qituvchi, 1992. 335 b.
3. Shterenlixt D.V. Gidravlika. Moskva: Energoatomizdat, 1984. 640 b.
4. Latipov K.Sh., Arifjanov A.M. Voprosy dvizheniya vzvesenesushchego potoka v otkrytykh ruslakh. Toshkent: Mehnat, 1994. 110 b.
5. Altshul A.D. Mestnye gidravlicheskie soprotivleniya pri dvizhenii vyazkikh zhidkostey. Moskva: Gostoptekhizdat, 1962. 114 b.
6. Darcy H. Recherches expérimentales relatives au mouvement de l’eau dans les tuyaux. Paris: Mallet-Bachelier, 1857.
7. Colebrook C.F., White C.M. Experiments with fluid friction in roughened pipes. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, 1937, Vol. 161, pp. 367–381. DOI: 10.1098/rspa.1937.0150
8. Swamee P.K., Jain A.K. Explicit equations for pipe-flow problems. Journal of the Hydraulics Division, 1976, Vol. 102, No. 5, pp. 657–664.
9. Li S., Huai W. United formula for the friction factor in the turbulent region of pipe flow. PLOS ONE, 2016, Vol. 11, No. 5, e0154408. DOI: 10.1371/journal.pone.0154408
10. Basse N.T. Turbulence intensity and the friction factor for smooth- and rough-wall pipe flow. Physics of Fluids, 2018. arXiv:1612.08540.
11. Arifjanov A.M., Fatxulloyev A.M., Rakhimov K.T., Otakhonov M.Y., Allayorov D.Sh. Coefficient of hydraulic friction of plastic pipes. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, Vol. 1112, 012135. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012135
12. Arifjanov A., Babajanov F., Akhmedov I., Fozilov O., Umarov I. Analysis results of data obtained in natural field research in mountain river Sokhsoy. E3S Web of Conferences, 2023, Vol. 365, 03017. DOI: 10.1051/e3sconf/202336503017
13. Dolan D. How plastic pipes can boost energy efficiency. Modern Building Services, 2016, February.

ISSN 3030-3907

14. Engineer Fix. How the Colebrook Equation Calculates Pipe Friction. Engineer Fix, 2025.
15. Gulf Eternit. HDPE Product Information. Gulf Eternit, 2019.
16. HDPE Pipes. Understanding HDPE Pipe Specifications for Water Supply. Sino Pipe Factory, 2024.
17. America's Plastic Makers. Unlocking Savings with Efficient Pumps and Plastic Water Pipes. America's Plastic Makers, 2024.

ISSN 3030-3907

ПОВЫШЕНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ И ЕМКОСТИ ТЕКСТОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ НА ОСНОВЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЭНТРОПИЙНОГО КОДИРОВАНИЯ ХАФФМАНА

Хусанова Мохирахон Курбоналиевна
Ферганский государственный технический университет Старший преподаватель кафедры "Программный инжиниринг и кибербезопасность".
Фергана, Узбекистан
E-mail: mokhira.khusanova@gmail.com

Аннотация. В рамках исследования предложена и верифицирована методика, направленная на оптимизацию характеристик скрытности и вместимости стеганосистем, функционирующих в текстовых средах. Базовый принцип заключается в последовательном совмещении алгоритма префиксного сжатия Хаффмана и инжектирования скрываемых сведений через систему невидимых управляющих кодов Unicode. По результатам вычислительного эксперимента зафиксировано сокращение объема вносимых деформаций на 52.2%. Данный фактор прямо пропорционально минимизирует вероятность детекции факта скрытой передачи посредством статистического стеганоанализа (включая проверку по критерию χ^2). Высокий уровень энтропии формируемого битового потока обеспечивает маскирование данных под естественный шум. В работе детально описана программная архитектура разработанного на языке Python комплекса, а также приведены структурированные результаты оценки его эффективности.

Ключевые слова: стеганография, кодирование Хаффмана, невидимые символы Unicode, сжатие данных, стеганоанализ, критерий хи-квадрат, защита информации, энтропия.

Abstract. This study proposes and validates a methodology aimed at optimizing the imperceptibility and capacity characteristics of steganographic systems operating within text environments. The underlying principle involves the sequential integration of the Huffman prefix compression algorithm and the injection of hidden data via a system of Unicode zero-width control characters. Based on the computational experiment results, a 52.2% reduction in the volume of introduced artifacts was recorded. This factor proportionally minimizes the probability of detecting the hidden transmission via statistical steganalysis (including the χ^2 criterion test). The high entropy level of the generated bitstream ensures data masking as natural noise. The paper provides a detailed description

ISSN 3030-3907

of the software architecture of the complex developed in Python, alongside structured evaluation results of its efficiency.

Keywords: steganography, Huffman coding, Unicode zero-width characters, data compression, steganalysis, chi-square criterion, information security, entropy.

Annotatsiya. Tadqiqot doirasida matnli muhitda ishlaydigan steganotizimlarning yashirinlik va sig‘im xarakteristikalarini optimallashtirishga qaratilgan metodika taklif etilgan va tekshirilgan. Asosiy tamoyil Xaffmanning prefiksli siqish algoritmi va yashirin ma’lumotlarni Unicode-ning ko‘rinmas boshqaruv kodlari tizimi orqali kiritishni (injektsiya qilishni) ketma-ket birlashtirishdan iborat. Hisoblash eksperimenti natijalariga ko‘ra, kiritilgan deformatsiyalar hajmining 52.2% ga qisqarishi qayd etildi. Ushbu omil statistik steganoanaliz (jumladan, χ^2 mezonini tekshirish) yordamida yashirin uzatish faktini aniqlash ehtimolini proporsional ravishda kamaytiradi. Shakllantirilgan bitlar oqimining yuqori entropiya darajasi ma’lumotlarni tabiiy shovqin sifatida niqoblanishini ta’minlaydi. Ishda Python tilida ishlab chiqilgan majmuaning dasturiy arxitekturasi batafsil tavsiflangan, shuningdek, uning samaradorligini baholashning tizimlashtirilgan natijalari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: steganografiya, Xaffman kodlashi, Unicode ko‘rinmas belgilari, ma’lumotlarni siqish, steganoanaliz, xi-kvadrat mezoni, axborotni muhofaza qilish, entropiya.

ВВЕДЕНИЕ.

Обеспечение конфиденциальности при обмене данными в глобальных сетях вынуждает модернизировать существующие подходы к защите информации. Особое место здесь занимает стеганография, где ключевым вектором выступает не сокрытие семантики сообщения (как в криптографии), а маскирование самого прецедента коммуникации.

Наиболее часто для организации скрытых каналов привлекаются медиафайлы из-за их высокой избыточности. Тем не менее, регулярное перемещение аномально тяжелых изображений или аудиопотоков внутри корпоративных или ведомственных сетей быстро фиксируется современными DLP-системами. В то же время текстовые документы составляют основу стандартного трафика, что делает их наиболее перспективными объектами для внедрения стеганограмм.

Главная трудность текстовой стеганографии сопряжена с жесткими ограничениями емкости: любая замена букв или знаков пунктуации мгновенно обнаруживается при визуальном контроле. Решением стало использование неотображаемых символов Unicode (*Zero-Width Characters*). Однако прямое позиционирование несжатых массивов битов оставляет явные аномалии в структуре файла, которые легко выявляются

ISSN 3030-3907

автоматизированными средствами стеганоанализа.

В связи с этим целью настоящей работы определена разработка и программная реализация метода, повышающего статистическую скрытность и емкость текстового контейнера за счет предварительной энтропийной обработки скрываемых данных алгоритмом Хаффмана.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Метод Хаффмана базируется на энтропийном сжатии дискретных сообщений без потери информативности за счет применения кодовых комбинаций переменной длины. В основе лежит вероятностная картина источника: символам с высокой частотой встречаемости присваиваются наиболее короткие префиксные коды. Это позволяет минимизировать средневзвешенную длину кодового слова.

Определим скрываемый массив как строку S над алфавитом $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$. Каждому элементу a_i соответствует частота $f(a_i)$. Процесс формирования оптимального дерева кодов носит итерационный характер и задействует приоритетную очередь:

1. Инициализируется упорядоченный набор изолированных вершин (листьев дерева), привязанных к символам и их весам.
2. Из структуры последовательно извлекаются две вершины с наименьшими весовыми коэффициентами f_1 и f_2.
3. Генерируется родительский узел, чей вес равен сумме $f_{new} = f_1 + f_2$, а извлеченные элементы назначаются его потомками.
4. Созданный узел возвращается в общую очередь. Шаги повторяются до момента, пока в структуре не останется единственный корневой элемент.

В рамках стеганосистемы данный подход решает две фундаментальные задачи:

- **Оптимизация емкости:** физический объем скрываемого блока данных уменьшается в 2–3 раза.
- **Повышение скрытности:** сжатая битовая последовательность приобретает свойства случайного шума (максимизируется энтропия), что нивелирует эффективность частотного стеганоанализа.

Специфика использования невидимых маркеров Unicode

Для интеграции битовых данных в текстовое поле применяется группа управляющих кодов Unicode, лишенных графического начертания:

- **U+200C** (*Zero Width Non-Joiner*) — фиксирует логический ноль («0»);
- **U+200D** (*Zero Width Joiner*) — фиксирует логическую единицу («1»);
- **U+2060** (*Word Joiner*) — выступает в роли служебного разграничителя

ISSN 3030-3907

границ стегоблока.

Поскольку эти маркеры не визуализируются при стандартном выводе текста на экран, контейнер полностью сохраняет внешнюю аутентичность, изменяя лишь свой физический объем в байтах.

Общая концепция сквозного цикла обработки данных выглядит следующим образом:

Расчет частот $f(a_i)$ → Генерация кодового дерева → Формирование кодов → Компрессия строки → Стегоинжекция

Важным условием функционирования системы является обеспечение получателя актуальной кодовой таблицей, поскольку без нее корректное декодирование префиксного кода невозможно.

Инструментарий стеганосистемы разработан на базе языка Python 3.x. Для повышения быстродействия при работе с минимальной кучей применена встроенная библиотека heapq.

Реализация кодировщика:

```
import heapq
from collections import Counter
class Node:
    def __init__(self, char, freq):
        self.char = char
        self.freq = freq
        self.left = None
        self.right = None
    def __lt__(self, other):
        return self.freq < other.freq
def build_huffman_tree(text):
    frequency = Counter(text)
    priority_queue = [Node(char, freq) for char, freq in frequency.items()]
    heapq.heapify(priority_queue)
    while len(priority_queue) > 1:
        left = heapq.heappop(priority_queue)
        right = heapq.heappop(priority_queue)
        merged = Node(None, left.freq + right.freq)
        merged.left = left
        merged.right = right
        heapq.heappush(priority_queue, merged)
    return priority_queue[0]
def build_codes(node, current_code, codes):
```


ISSN 3030-3907

```
        if node is None:
            return
        if node.char is not None:
            codes[node.char] = current_code
        build_codes(node.left, current_code + '0', codes)
        build_codes(node.right, current_code + '1', codes)
```

Реализация стегоинжектора:

```
BIT0 = "\u200C"  # ZERO WIDTH NON-JOINER → бит '0'
BIT1 = "\u200D"  # ZERO WIDTH JOINER     → бит '1'
SEPARATOR = "\u2060"  # маркер начала/конца
    def embed_in_text(cover_text, secret_bits):
        invisible = SEPARATOR
        for bit in secret_bits:
            invisible += BIT1 if bit == '1' else BIT0
        invisible += SEPARATOR
        words = cover_text.split(' ', 1)
        if len(words) == 1:
            return cover_text + invisible
        return words[0] + invisible + ' ' + words[1]
```

Экспериментальная верификация и анализ результатов

В роли скрываемого сообщения выступила фраза с контрастным распределением символьных частот: *«стеганография и сжатие данных»* (длина — 29 знаков). Базовым контейнером послужил массив текста объемом 84 символа.

На начальном этапе работы программного комплекса была сформирована частотно-кодовая матрица, представленная в Таблице 1.

Таблица 1.

Анализ распределения частот символов и полученные префиксные коды

Символ	Частота	Код Хаффмана	Длина
' ' (пробел)	3	000	3
и	3	001	3
н	3	010	3
а	4	110	3
с	2	0110	4

ISSN 3030-3907

е	2	0111	4
г	2	1010	4
т	2	1110	4
ы	1	10000	5
о	1	10001	5
ф	1	10010	5
х	1	10011	5
д	1	10110	5
р	1	10111	5
ж	1	11110	5
я	1	11111	5

Для наглядной демонстрации преимуществ предложенного подхода выполнен сравнительный расчет параметров стеганосистемы при стандартном посимвольном внедрении (кодирование UTF-8, 8 бит на знак) и разработанного метода компрессионного инжектирования.

Таблица 2.

Сравнение эксплуатационных параметров стеганосистем

Контролируемый параметр	**Классический подход**	**Разработанный метод**
Длина исходного текста (символов)	29	29
Итоговый объем стеганограммы (бит)	232	111
Коэффициент сжатия (***K_c***)	1.00	2.09
Чистый выигрыш по емкости	0.0%	52.2%
Число измененных позиций контейнера	232	111
Размер результирующего стеготекста	318	197

Данные Таблицы 2 наглядно подтверждают, что интеграция алгоритма Хаффмана сократила количество необходимых скрытых кодов Unicode с 232 до 111 единиц. Это обеспечивает экономию емкости контейнера на уровне 52.2%.

Существенное уменьшение объема внедряемых невидимых символов напрямую повышает защищенность системы от атак с использованием

ISSN 3030-3907

критерия χ^2 (хи-квадрат). При стандартном внедрении плотность скрытых знаков отражает естественные лингвистические особенности языка (высокую частотность определенных букв). Внедрение предварительно сжатого высокоэнтропийного потока превращает распределение невидимых маркеров в однородную структуру, неотличимую от фонового шума. Данное обстоятельство полностью блокирует алгоритмы автоматического выявления стеганограмм.

Несмотря на положительные результаты, предложенная схема обладает рядом технологических особенностей, требующих учета:

– Декодирование на стороне получателя невозможно без структуры исходного дерева Хаффмана. Его трансляция в теле того же контейнера увеличивает размер скрываемого блока. Оптимальным решением выступает внедрение статической таблицы частот, предварительно рассчитанной на базе репрезентативного текстового корпуса целевого языка.

– При обработке специфических сообщений с обширным алфавитом и равномерным распределением символов эффективность сжатия снижается. В таких граничных условиях целесообразно использовать альтернативные алгоритмы компрессии, например арифметическое кодирование или подходы семейства LZ77/ LZ78.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В рамках проведенной работы спроектирована и проверена на практике стеганографическая система защиты информации, основанная на совместном применении энтропийного кодирования Хаффмана и инжекции данных в невидимое пространство текстового контейнера.

Экспериментально доказано сокращение плотности внедрения на 52.2%, что увеличивает полезную емкость канала коммуникации и сводит к минимуму структурные искажения файла. Обеспеченная высокая энтропия битового потока гарантирует защиту от статистического стеганоанализа. Корректность работы системы подтверждена на всех этапах полного цикла обработки: от кодирования и инжекции до успешного извлечения и декомпрессии целевого сообщения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-Пресс, 2017. – 272 с.
2. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К.: МК-Пресс, 2016. – 288 с.
3. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2014. – 368 с.
4. Qurbonaliyevna, X. M. (2025). Korxona va tashkilotlarning axborot-

kommunikatsiya tizimlarida vpn tarmoq qurishning zamonaviy yechimlari. Al-Farg‘oniy avlodlari, 1(2), 122-125.

5. Huffman D. A. A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes // Proceedings of the IRE. – 1952. – Vol. 40, No. 9. – P. 1098-1101.

6. Sotvoldiyeva, D. B., & Husanova, M. K. (2021). Analysis of discrete convolution in the matlab program. In Современные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук (pp. 187-191).

7. Por L. Y., Wong K., Chee B. Information Hiding in Text Document Using Zero-Width Characters // Journal of Computer Science. – 2021. – Vol. 17, No. 3. – P. 244-253.

8. M.K.Khusanova (2022). Network security and monitoring. Research Focus, 1 (4), 177-183.

9. Al-Nefaiee A. H., Al-Shatnawi A. M. High-Capacity Text Steganography Method Based on Zero-Width Character and Huffman Coding // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2023. – Vol. 14, No. 5. – P. 412-419.

ISSN 3030-3907

JANUBIY OROL BO‘YI TUQAYZORLARIDA IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA QATTIQ QANOTLILAR BIOLOGIK XILMA-XILLIGINING O‘ZGARISHI

J. U. Tilepov
O‘zbekiston Respublikasi IIV ning Qoraqalpoq akademik litseyi o‘qituvchilari
A. A. Jumamuratova
O‘zbekiston Respublikasi IIV ning Qoraqalpoq akademik litseyi o‘qituvchilari

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada Janubiy Orol dengizi havzasidagi qurib borayotgan tuqayzor ekosistemalarida iqlim o‘zgarishi va antropogen omillar ta’sirida qattiq qanotlilar (Coleoptera) faunasining tarkibi va ko‘p turliligida ro‘y bergan o‘zgarishlar tahlil qilingan. Tadqiqotning asosiy maqsadi so‘nggi 30 yil davomida mintaqadagi gidrologik rejimning o‘zgarishi natijasida qattiq qanotli hasharotlar guruhlari dinamikasini aniqlash va ularning biomonitoring ko‘rsatkichi sifatidagi ahamiyatini baholashdan iborat. Dala kuzatuvlari va muzey fondlari materiallarini solishtirish usuli orqali namliksevar turlarning soni keskin kamaygani, cho‘llashuvga chidamli (kserofil) turlarning esa keng tarqalganligi aniqlandi. Maqolada ekologik muvozanatni tiklash va bioxilma-xillikni saqlash bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Janubiy Orol, tuqayzorlar, qattiq qanotlilar, Coleoptera, iqlim o‘zgarishi, biomonitoring, biodiversitet, cho‘llashuv, entomofauna, ekotizim.

Аннотация. В данной научной статье анализируются изменения в составе и разнообразии фауны жуков в иссушающих вересковых пустошах бассейна Южного Аральского моря под влиянием изменения климата и антропогенных факторов. Главная цель исследования – определить динамику групп вересковых насекомых в результате изменений гидрологического режима региона за последние 30 лет и оценить их значимость в качестве индикатора биомониторинга. В результате полевых наблюдений и сравнения материалов из музейных коллекций было установлено, что количество влаголюбивых видов резко сократилось, в то время как устойчивые к опустыниванию (ксерофильные) виды широко распространены. В статье разработаны научно обоснованные рекомендации по восстановлению экологического баланса и сохранению биоразнообразия.

Ключевые слова: Южный Араль, вересковые пустоши, вересковые пустоши, жуки, изменение климата, биомониторинг, биоразнообразие, опустынивание, энтомофауна, экосистема.

Abstract. This scientific article analyzes the changes in the composition and diversity of the Coleoptera fauna in the drying up moorland ecosystems of the South Aral Sea basin under the influence of climate change and anthropogenic factors. The main goal of the study is to determine the dynamics of moorland

insect groups as a result of changes in the hydrological regime in the region over the past 30 years and to assess their significance as a biomonitoring indicator. Through field observations and comparison of materials from museum collections, it was found that the number of moisture-loving species has sharply decreased, while desertification-resistant (xerophilous) species are widespread. The article develops scientifically based recommendations for restoring ecological balance and preserving biodiversity.

Key words: South Aral, moorland, moorland, Coleoptera, climate change, biomonitoring, biodiversity, desertification, entomofauna, ecosystem.

KIRISH.

Orol dengizi fojiasi Markaziy Osiyo mintaqasidagi eng yirik ekologik katastrofalardan biri hisoblanadi. Dengiz sathining pasayishi va uning qurib borishi nafaqat iqlim sharoitlarini o‘zgartirdi, balki daryo deltalaridagi noyob tuqayzor ekosistemalarining degradatsiyasiga olib keldi. Tuqayzorlar – bu yer osti suvlari yuqori joylashgan, tuprog‘i nam va o‘simlik qoplami zich bo‘lgan biotsenozlardir. Ushbu ekosistemalar hasharotlar, xususan, qattiq qanotlilar (Coleoptera) uchun yashash muhiti vazifasini o‘taydi.

Qattiq qanotlilar entomofaunaning eng katta va ekologik jihatdan muhim guruhlaridan biri bo‘lib, ular ozuqa zanjiridagi o‘rni, chirindi va o‘simlik qoldiqlarini qayta ishlashdagi roli tufayli ekotizim salomatligining indikatori hisoblanadi. Iqlim o‘zgarishi, xususan, haroratning ortishi va yog‘in miqdorining kamayishi, shuningdek, sug‘orish suvlarining cheklanishi tuqayzorlarning maydonini qisqartirmoqda. Bu jarayon hasharotlar populyatsiyalarining tuzilishiga qanday ta’sir qilishi hozirgi kun dolzarb ilmiy muammolaridan biridir. Ushbu tadqiqot Janubiy Orol bo‘yi (Amudaryo deltasining quyi oqimi va Qoraqalpog‘iston Respublikasining janubiy qismi) hududlarida qattiq qanotlilar faunasining o‘zgarish dinamikasini o‘rganishga bag‘ishlangan.

TADQIQOT OBYEKTI VA METODIKASI.

Tadqiqot ishlari 2020–2025-yillarda Amudaryo deltasining janubiy qismida joylashgan qoldiq tuqayzor massivlarida olib borildi. Namuna olish nuqtalari sifatida Beruniy, To‘rtko‘l va Ellikqal’a tumanlaridagi suv manbalariga yaqin va undan uzoq bo‘lgan uchta tipik tuqayzor zonasi tanlab olindi.

attiq qanotli hasharotlarni yig‘ish uchun standart entomologik usullar qo‘llanildi:

1. Grunt tuzoqlari (Barber tuzoqlari) – yer usti va yer osti hayot kechiruvchi turlarni yig‘ish uchun.

2. Entomologik to‘r yordamida o‘simliklar ustidagi fitofag va yirtqich turlarni yig‘ish.

ISSN 3030-3907

3. Qo‘lda terish usuli – daraxt po‘stloqlari ostida va chirigan yog‘ochlarda yashovchi turlarni aniqlash.

Yig‘ilgan materiallar laboratoriyada mikroskop ostida ko‘rib chiqilib, turlarga ajratildi. Turlarning identifikatsiyasi zamonaviy determinatorlar va mutaxassislar maslahati asosida amalga oshirildi. Olingan ma’lumotlar 1990-yillardagi arxiv ma’lumotlari bilan solishtirildi. Statistik tahlil uchun Shannon-Wiener xilma-xillik indeksi va Pielou tekislik indeksi hisoblandi.

Iqlim o‘zgarishining tuqayzor ekosistemalariga ta’siri

So‘nggi o‘n yilliklarda Janubiy Orol bo‘yida o‘rtacha yillik harorat 1,5–2,0 gradusga oshdi. Yog‘in miqdori esa beqaror bo‘lib, qurg‘oqchilik davrlari ko‘paydi. Eng muhimi, yer osti suvlari sathining pasayishi kuzatilmoqda. Bu holat tuqay o‘simliklarining (turanga, tol, jiyda) qurib ketishiga va ular o‘rniga sho‘ra, cherkez va boshqa sho‘rxok o‘simliklarning kelishiga olib keldi.Tuqayzorlarning fragmentatsiyasi (bo‘laklanib ketishi) hasharotlar migratsiyasiga to‘sqinlik qilmoqda. Izolyatsiya qilingan kichik populyatsiyalarda genetik xilma-xillikning pasayishi kuzatilmoqda. Shuningdek, tuproqning sho‘rlanishi ko‘plab namliksevar hasharot turlari uchun noqulay sharoit yaratdi. Natijada, ekotizimning trofik (ozuqa) tuzilishi o‘zgardi: o‘simlik qoldiqlari bilan oziqlanuvchi saprofaqlar soni kamaydi, chunki chirindi hosil bo‘lish jarayoni sekinlashdi.

Qattiq qanotlilar faunasining tarkibiy o‘zgarishlari

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, so‘nggi 30 yil ichida Janubiy Orol bo‘yi tuqayzorlarida qayd etilgan qattiq qanotlilar turlarining umumiy soni taxminan 25–30 foizga qisqargan. Biroq, bu qisqarish barcha guruhlarda bir xil kechmagan.

Namliksevar turlarning degradatsiyasi. Carabidae (yer qo‘ng‘izlari) oilasining ko‘plab vakillari, xususan, Carabus va Calosoma urug‘lariga mansub yirik yirtqich qo‘ng‘izlar soni keskin kamaygan. Bu turlar yuqori namlik va soyali sharoitlarni talab qiladi. Tuqayzorlarning siyraklashishi bilan ularning yashash muhiti yo‘qoldi. Xuddi shunday holat Staphylinidae (kalta qanotlilar) oilasida ham kuzatilmoqda. Ushbu guruh vakillari tez ko‘payuvchi va nam muhitga moslashgan bo‘lib, ularning sonining kamayishi tuproqdagi namlik yetishmasligidan dalolat beradi.

Kserofil (quruqsevar) turlarning ekspansiyasi. Aksincha, Tenebrionidae (qoramtir qo‘ng‘izlar) va Scarabaeidae (go‘ng qo‘ng‘izlari) oilalarining ba’zi vakillari soni ortgan. Masalan, Blaps va Pimelia urug‘lariga mansub qo‘ng‘izlar qurg‘oqchilikka chidamliligi tufayli yangi sharoitga tez moslashdilar. Ular ochiq, quyoshli va quruq maydonlarda faol ko‘paymoqda. Shuningdek, Curculionidae (xaltumchali qo‘ng‘izlar) oilasining ba’zi fitofag turlari zaiflagan daraxtlarga

ISSN 3030-3907

hujum qilib, ularning qurib ketishini tezlashtirmoqda. Bu esa tuqayzorlarning yanada degradatsiyasiga olib kelmoqda.

Noyob va endemik turlarning holati. Mintaqaga xos bo‘lgan ba’zi noyob turlar, masalan, Lucanidae (kiyik qo‘ng‘izlari) oilasining ayrim vakillari yo‘qolib ketish xavfi ostida qolmoqda. Ularning larvalari faqat sog‘lom, qari daraxtlarning chirigan qismida rivojlanadi. Tuqayzorlardagi sog‘lom daraxtlar sonining kamayishi bu turlarning reproduktiv potensiali pasayishiga sabab bo‘ldi.

Biomonitoring ko‘rsatkichlari tahlili

Shannon-Wiener xilma-xillik indeksining tahlili shuni ko‘rsatdiki, suv manbalariga yaqin bo‘lgan saqlanib qolgan tuqayzorlarda xilma-xillik indeksi yuqori) bo‘lsa, qurib borayotgan va sho‘rlangan hududlarda bu ko‘rsatkich past darajada qayd etildi. Bu esa ekotizimning barqarorligi pasayganini anglatadi.

Pielou tekislik indeksi quruq hududlarda yuqori bo‘lib, bu yerda dominant turlar (asosan Tenebrionidae vakillari) boshqa barcha turlarni siqib chiqarayotganini ko‘rsatadi. Sog‘lom tuqayzorlarda esa turlar soni bo‘yicha tekislik kuzatiladi, ya’ni hech bir tur haddan tashqari dominantlik qilmaydi.

Qattiq qanotlilarning funksional guruhlari o‘zgarishi ham muhim ahamiyatga ega. Yirtqich turlarning (Carabidae) ulushi kamayib, fitofag va detritofag turlarning ulushi ortgan. Bu ekotizimdagi tabiiy regulyatsiya mexanizmlarining buzilishidan dalolat beradi. Yirtqich hasharotlarning kamayishi zararkunanda hasharotlar sonining nazoratsiz o‘sishiga olib kelishi mumkin, bu esa qishloq xo‘jaligi va o‘rmon xo‘jaligiga zarar yetkazadi.

Muqobil yashash muhitlari va adaptatsiya mexanizmlari

Ba’zi qattiq qanotli turlar yangi sharoitga moslashish uchun o‘z ekologiyani o‘zgartirmoqda. Masalan, avval faqat tuqayzorlarda yashagan ba’zi turlar hozirda sug‘oriladigan dehqonchilik maydonlari chetlarida va kanallar bo‘ylarida uchramoqda. Bu inson faoliyati natijasida yaratilgan sun’iy namlik zonalarining hasharotlar uchun "refugium" (panoh) vazifasini o‘tayotganini ko‘rsatadi.

Biroq, bunday adaptatsiya cheklangan. Ko‘plab maxsus ekologik talablarga ega bo‘lgan turlar sun’iy muhitda yasha olmaydi. Shuning uchun, tabiiy tuqayzorlarni saqlash biologik xilma-xillikni saqlashning yagona yo‘li hisoblanadi.

Saqlash choralari va tavsiyalar

Janubiy Orol bo‘yi tuqayzorlaridagi qattiq qanotlilar faunasini saqlash va tiklash uchun quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish taklif etiladi:

1. Gidrologik rejimni optimallashtirish. Tuqayzorlarni mavsumiy ravishda suv bilan ta’minlash (ekologik suv oqimlarini yo‘naltirish) orqali yer osti suvlari sathini ko‘tarish. Bu namliksevar turlarning yashash sharoitini yaxshilaydi.

ISSN 3030-3907

2. Tuqayzorlarni qayta tiklash. Mahalliy o‘simlik turlarini (turanga, tol) ekish orqali degradatsiyalangan hududlarda yashil zonalar yaratish. O‘simlik qoplamining tiklanishi hasharotlar uchun ozuqa va boshpana bazasini kengaytiradi.

3. Monitoring tizimini kuchaytirish. Qattiq qanotlilar faunasini muntazam monitoring qilish orqali ekotizim holatini real vaqtda baholash. Noqulay o‘zgarishlarni erta aniqlash va tezkor chora ko‘rish imkonini beradi.

4. Himoya hududlarini kengaytirish. Biologik xilma-xillik saqlanib qolgan hududlarda qo‘riqxonalar yoki buyurtmaxonalarni tashkil etish. Inson faoliyatini cheklash orqali antropogen bosimni kamaytirish.

5. Ilmiy tadqiqotlarni davom ettirish. Molekulyar-genetik usullar yordamida populyatsiyalarning genetik xilma-xilligini o‘rganish va iqlim o‘zgarishiga chidamli genotiplarni aniqlash.

XULOSA.

Janubiy Orol bo‘yi tuqayzorlarida iqlim o‘zgarishi va antropogen omillar ta’sirida qattiq qanotlilar faunasida jiddiy o‘zgarishlar ro‘y bermoqda. Namliksevar va soyasevar turlarning soni keskin kamaygan bo‘lsa, qurg‘oqchilikka chidamli turlar keng tarqalmoqda. Bu jarayon ekotizimning barqarorligi pasayishiga va trofik zanjirlarning buzilishiga olib kelmoqda. Qattiq qanotlilar biomonitoringning samarali vositasi sifatida ekotizim salomatligini baholashda muhim ahamiyatga ega.

Tuqayzor ekosistemalarini saqlash va tiklash nafaqat hasharotlar, balki butun biotsenoz, shu jumladan qushlar va sutemizuvchilar uchun ham hayotiy ahamiyatga ega. Kompleks yondashuv, xususan, suv resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik restavratsiya ishlari biologik xilma-xillikni saqlashga xizmat qiladi. Kelajakda ushbu mintaqada olib boriladigan tadqiqotlar iqlim o‘zgarishiga moslashuv strategiyalarini ishlab chiqishda muhim rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi qo‘mitasi. Orolbo‘yi mintaqasining ekologik holati va uni yaxshilash chora-tadbirlari. – Toshkent: 2024.
2. Kerimova M. R., Abduraimov A. A. Janubiy Orolbo‘yi entomofaunasining hozirgi holati // O‘zbekiston biologiya jurnali. – 2023. – № 2. – B. 45–52.
3. Kryzhanovskiy O. L. Opredelitel’ nasemykh evropeyskoy chasti SSSR. Tom 3. Zhestkokrylye ili zhuki. – Leningrad: Nauka, 1965. (Klassik determinator sifatida foydalanildi).
4. UNDP. Adaptation to Climate Change in the Aral Sea Basin: Project Report. – New York: United Nations Development Programme, 2022.

ISSN 3030-3907

5. Ismoilov Sh. I. Orol fojiasi va uning biosferaga ta’siri. – Nukus: Qaraqalpaqstan, 2021.

ISSN 3030-3907

XALQARO STANDARTLAR ASOSIDA SATH BIRLIGI O‘LCHAMINI HOSIL QILISH VA UZATISHNING METROLOGIK TA’MINOTINI TAKOMILLASHTIRISH

Matyakubova P.M.
TDTU “Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish, standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrasi mudiri, t.f.d., professor
Saidoripov L.F.
“O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish” agentligi direktorining birinchi o‘rinbosari
Mo‘minov X.D.
TDTU “Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish, standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrasi doktoranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada xalqaro standartlar asosida sath birligi o‘lchamini hosil qilish va uzatishning metrologik ta’minotini takomillashtirish bo‘yicha amaliy tadqiqot ishlari ko‘rib chiqilgan. Bunda kontaktli sath o‘lchash vositalarini metrologik tekshirish va kalibrlash uchun namunali qurilmani ishlab chiqish yuzasidan chora-tadbirlar ko‘rib chiqilgan. Bundan tashqari ushbu etalon qurilma o‘lchashlar birliligini ta’minlash bo‘yicha olib borilayotgan ishlarning yangi sohalarini ochib berishga xizmat qilish yuzasidan malumotlar keltirib o‘tilgan.

Kalit so‘zlar: yangi avlod etaloni, namunaviy qurilma, kontaktli sath o‘lchash vositalari, sath, qiyoslash, kalibrlash, metrologik tekshiruv.

Аннотация. В данной статье рассматриваются практические исследования по совершенствованию метрологического обеспечения формирования и передачи измерения единицы уровня на основе международных стандартов. При этом рассмотрены меры по разработке типового устройства для метрологической поверки и калибровки контактных средств измерения уровня. Кроме того, приведены сведения о том, что эта эталонная установка служит для раскрытия новых областей проводимых работ по обеспечению единства измерений.

Ключевые слова: эталон нового поколения, типовое устройство, контактные средства измерения уровня, уровень, сравнение, калибровка, метрологическая поверка.

Abstract. This article examines applied research on improving the metrological support for generating and transmitting level unit measurements based on international standards. At the same time, measures have been considered for the development of a standard device for the metrological verification and calibration of contact level measuring instruments. Furthermore, information is provided that this reference device serves to reveal new areas of ongoing work to ensure the uniformity of measurements.

ISSN 3030-3907

Keywords: new generation standard, reference device, contact level measuring instruments, level, verification, calibration, metrological verification.

KIRISH.

Etalonlar o‘lchashlar birliligini ta’minlashda asosiy vosita hisoblanadi. Ular yuqori aniqlikka ega bo‘lib, o‘lchash birliklarini uzatish uchun xizmat qiladi. Etalonlar quyidagicha tasniflanadi:

– Birlamchi etalonlar – eng yuqori aniqlikka ega bo‘lib, birlikni qayta tiklaydi;
– Ikkilamchi etalonlar – birlamchi etalonlarga bog‘langan;
– Ishchi etalonlar – amaliy kalibrlash va qiyoslashda qo‘llaniladi.

Qiyoslash va kalibrlash jarayonida etalonlar bilan uzluksiz bog‘liqlik (metrologik izchillik) ta’minlanadi. Bu esa o‘lchash natijalarining xalqaro darajada tan olinishini kafolatlaydi. Metrologiya sohasida namunaviy qurilmalar (etalonlar) o‘lchashlar birliligini ta’minlashda asosiy o‘rin tutadi. Namunaviy qurilmalar — bu yuqori aniqlikka ega bo‘lgan o‘lchash vositalari bo‘lib, ular yordamida boshqa o‘lchash vositalarining metrologik tavsiflari aniqlanadi, ya’ni ularni qiyoslash va kalibrlash amalga oshiriladi [1,6].



1-rasm. O‘lchashlar birliligini ta’minlashning asosiy elementlari

Namunaviy qurilmalar o‘lchash birliklarini qayta tiklash, saqlash va uzatish vazifasini bajaradi. Ular orqali o‘lchash vositalari o‘rtasida metrologik izchillik (traceability) ta’minlanadi. Bu esa o‘lchash natijalarining xalqaro darajada tan olinishi uchun zarur shart hisoblanadi. Namunaviy qurilmalar odatda yuqori aniqlik, barqarorlik va ishonchlilik kabi metrologik xususiyatlarga ega bo‘lishi kerak. Ularning xatoliklari minimal bo‘lib, o‘lchash natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmasligi lozim [2,3].

ISSN 3030-3907

Namunaviy qurilmalar metrologik tizimning markaziy elementi hisoblanadi. Ular quyidagi zanjir orqali o‘lchash birliklarini uzatadi:

Birlamchi etalon → Ikkilamchi etalon → Ishchi etalon → O‘lchash vositasi

Bu zanjir metrologik izchillikni ta’minlaydi. Har bir bosqichda aniqlik biroz kamayadi, ammo umumiy tizim o‘lchash natijalarining ishonchliligini kafolatlaydi.

Metrologik tizimda namunali qurilmalar quyidagi vazifalarni bajaradi:

– o‘lchash birliklarini uzatish;
– o‘lchash vositalarini qiyoslash va kalibrlash;
– metrologik nazoratni ta’minlash;
– ilmiy tadqiqotlarda yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarni amalga oshirish.

Hozirgi kunda namunali qurilmalar quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanmoqda:

– raqamli kalibrlash tizimlari;
– avtomatlashtirilgan metrologik stendlar;
– Sun’iy intellektga asoslangan monitoring tizimlari;

Zamonaviy texnologiyalar namunali qurilmalar aniqligini oshirib, ularning funksional imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Namunaviy qurilmalar metrologiya tizimining ajralmas qismi bo‘lib, ular o‘lchashlar birliligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Ular yordamida o‘lchash vositalarining aniqligi tekshiriladi va metrologik izchillik ta’minlanadi. Zamonaviy sanoat sharoitida namunali qurilmalarni takomillashtirish va ularni avtomatlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa o‘lchash tizimlarining ishonchliligini oshirish va ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlashga xizmat qiladi [5].

Sath o‘lchash vositalari sanoatning ko‘plab sohalarida, xususan neft-gaz, kimyo, oziq-ovqat va suv xo‘jaligida muhim ahamiyatga ega. Ushbu o‘lchov vositalarining aniqligi va ishonchliligini ta’minlash uchun ularni muntazam ravishda qiyoslash va kalibrlash zarur.

Sath o‘lchash vositalarini tekshirish jarayoni ularning ishonchliligini ta’minlashda muhim bosqich hisoblanadi. Etalon va namunaviy qurilmalar yordamida amalga oshiriladigan tekshirish ishlari o‘lchov natijalarining aniqligini oshiradi hamda ishlab chiqarish jarayonlarining samaradorligini ta’minlaydi.

O‘lchashlar birligini ta’minlash va metrologik ishonchlilikni oshirish global iqtisodiyot va sanoat taraqqiyotining asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Bu borada Texnik jihatdan tartibga solish agentligi qoshidagi O‘zbekiston Milliy metrologiya instituti (O‘zMMI) va Toshkent davlat texnika universtiteti hamkorligida tuzilgan ilmiy jamoa tomonidan xalqaro talablarga mos, kontaktli sath o‘lchash vositalarini metrologik tekshirish va kalibrlashga mo‘ljallangan Yangi avlod etalon ishlab chiqildi va joriy qilinmoqda.

ISSN 3030-3907

Mazkur etalon uskunasi Xalqaro o‘lchovlar va tarozilar byurosi (BIPM) tomonidan belgilangan **SI birliklar tizimi**, Xalqaro standartlashtirish tashkiloti (ISO) hamda Xalqaro qonunchilik metrologiya tashkiloti (OIML) tavsiyalariga muvofiq holda ishlab chiqilgan. Ushbu yondashuv o‘lchash natijalarining xalqaro tan olinishi va o‘zaro solishtirish imkoniyatini ta’minlaydi, bu esa Jahon savdo tashkiloti (WTO) doirasida texnik to‘siqlarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Yangi avlod etaloni 0 dan 4 metrgacha bo‘lgan diapazonda ishlaydi va suyuqlik sathini o‘rnatishda ±0,2 mm aniqlikni ta’minlaydi. U mikroto‘lqinli (GWR – Guided Wave Radar), sig‘imli (Capacitive), segment-sig‘imli hamda boshqa kontaktli sath o‘lchagichlarni kalibrlash va qiyoslash uchun mo‘ljallangan. Etalon tizimi yuqori aniqlikdagi magnitostriksion tizimda ishlaydigan etalon urovnamer, intellektual nasos-boshqaruv moduli va raqamli klapanlar orqali sathni dinamik ravishda boshqarish imkonini beradi [5].

Etalon qurilma energetika sohasining neft va gaz, kimyo sanoati va suv ta’minoti sohalarida suyuqliklar sathini o‘lchash vositalarini qiyoslash va kalibrlash uchun taaluqlidir.



2-rasm. Etalon qurilma o‘rnatilgan laboratoriya xonasi

Sathni o‘lchash vositalarini qiyoslash va kalibrlash uchun qurilma [14] ma’lum bo‘lib, u tuzilishi va ishlash tamoiliga ko‘ra asboblar joylashtirilgan bo‘linmali ikki blokdan tashkil topgan qo‘zg‘almas qism, ularning biri qaytargich oldida joylashgan bo‘lib, unga tekshiriladigan sath o‘lchagich mahkamlangan, ikkinchisi esa qaytargich orqasida o‘rnatilgan; rostlanadigan tayanchli asos ko‘rinishidagi qo‘zg‘aluvchan qismni harakatlantirish uchun elektr yuritma, asosga siljitish imkoniyati bilan tekshiriladigan sath o‘lchagich qarshisiga

ISSN 3030-3907

qaytargich mahkamlangan; bir tomondan qo‘zg‘almas qism bilan qattiq bog‘langan, qo‘zg‘aluvchan qismni bo‘ylab harakatlanishi uchun metall profillardan yasalgan chiziqli yo‘naltiruvchilar ko‘rinishidagi chiziqli qism; qo‘zg‘aluvchan qismdan qo‘zg‘almas qismgacha bo‘lgan masofani o‘lchovchi, u ham qo‘zg‘almas qismga o‘rnatilgan etalon sath o‘lchagich. Bunda qaytargich oldidagi qo‘zg‘almas qism bloki vertikal o‘rnatilgan asboblar bo‘linmali metall ramadan iborat bo‘lib, unga tekshiriladigan sath o‘lchagich mahkamlangan va qo‘zg‘almas asosga ega, unda elektr yuritma, etalon sath o‘lchagich qattiq o‘rnatilgan. Qaytargich orqasidagi ikkinchi qo‘zg‘almas blok chiziqli qismning ikkinchi tomoni bilan qattiq bog‘langan va qo‘zg‘almas vertikal element ko‘rinishida bajarilgan. Bunda elektr yuritma qo‘zg‘aluvchan qism bilan tros yordamida bog‘langan.

Ushbu qurilmaning kamchiliklari sifatida quyidagilarni sanashimiz mumkin, bular: qurilma faqatgina akustik va mikroto‘lqinli sath o‘lchash vositalarini kalibrlashga mo‘ljallangan, qurilma aniqligi sanoatda mavjud sath o‘lchash vositalarini qiyoslash uchun yetarli emas, qurilmada asosiy o‘lchash vositasi (etalon) sifatida iqtisodiy jihatdan yuqori qiymatli lazerli interferometrdan foydalanilgan, zondli sath o‘lchagichning tortish tizimida osilib qolish ehtimoli mavjud.

Shuningdek, sath o‘lchagichlar va sath signalizatorlarini tekshirish, kalibrlash uchun metrologik stend [15] ham ma’lum bo‘lib, u tekshiriladigan sath signalizatorlarini ulash uchun elementlari bo‘lgan chiziqli qism va harakatlanuvchi qism, qaytargich hamda stendning qo‘zg‘almas chiziqli qismi bo‘ylab gorizontal tekislikda qaytargichni siljitish uchun vositalar. Chiziqli qismda sath signalizatori yoki sath o‘lchagichni ulash uchun metall panelli asboblar tumbasi mustahkam o‘rnatilgan. Harakatlanuvchi qismning siljishi armaturalangan tishli poliuretan tasma yordamida pretsizion qadamli uzatma orqali amalga oshiriladi va unda qaytargich mahkamlangan. Qo‘zg‘almas metall paneldan siljitiladigan qaytargichgacha bo‘lgan masofani o‘lchash uchun stend yuqori aniqlikdagi lazerli interferometr yoki lazerli masofa o‘lchagichni o‘z ichiga oladi. Stend tarkibiga atrof-muhit harorati, namligi va bosimini nazorat qilish uchun o‘lchash bloki kiritilgan. Lazerli interferometrdan foydalanish uchun chiziqli qismning aniq yo‘naltiruvchi relslarida sanoq nuqtasini aniqlash uchun tayanch datchik o‘rnatilgan. Lazerli interferometr yordamida o‘lchashlarni amalga oshirish uchun yuk ko‘taruvchi ramaning harakatlanuvchi qismiga chiziqli retroreflektor mahkamlangan. Lazerli interferometr yoki lazerli masofa o‘lchagich qaytargich orqasida joylashgan va stendning asosiy ramasi bilan bog‘lanmagan tumba orqali polga mustahkam mahkamlangan. Kontaktli trosli (sig‘imli) sath o‘lchagichlar bilan ishlash uchun stendda taranglash tizimi mavjud

ISSN 3030-3907

bo‘lib, u tumbaga o‘rnatilgan taranglash datchigiga ega elektr chig‘irni o‘z ichiga oladi.

Stendning kamchiliklari harakatlanishning maksimal tezligini cheklaydigan qadamli uzatmaning mavjudligi, harakatlanish paytida cho‘zilish va tebranishga moyil bo‘lgan harakatlanuvchi qismni siljitish uchun mustahkamlangan tishli tasmaning ishlatilishi, bu stentda ham etalon sifatida iqtisodiy jihatdan yuqori qiymatli lazerli interferometrdan foydalanilganligan.

Yaratilinayotgan qurilmaga texnik mohiyati jihatidan eng yaqin qurilma [16] bo‘lib, u privod yo‘naltirgich, o‘lchov lentasi, harakatsiz platforma, harakatlanuvchi ishchi karretka, Ikki martalik poplavka mahkamlash moslamasi, pnevmatik “parallel qisqich” moslamasi, servodvigatel, chiziqli siljish datchigi, harorat datchiklari, Boshqaruv bloki va kompressordan iborat. Qurilma vertikal joylashtirilgan bo‘lib, ramaga chiziqli privod yo‘naltirgichi mahkamlangan, uning yon sirtiga o‘lchov lentasi yopishtirilgan. Yo‘naltirgich bo‘ylab servodvigatel bilan harakatlantiriladigan ishchi karretka joylashtirilgan. Servodvigatel boshqaruv blokiga ulangan bo‘lib, boshqaruv bloki o‘z navbatida kompyuter bilan interfeys orqali bog‘langan. Kompyuterda o‘rnatilgan dasturiy ta’minot ishchi karretkaning berilgan koordinataga va belgilangan tezlikda harakatlanishini ta’minlaydi.

Ishchi karretkaga o‘qish kallagi (fotoelektrik datchik) mahkamlangan bo‘lib, u yo‘naltirgichdagi o‘lchov lentasidan impulslarni o‘qiydi va hosil qilingan signal boshqaruv blokiga uzatiladi. Mazkur signal karretkaning real vaqt rejimidagi koordinatasini aniqlash hamda servodvigatelni teskari aloqa orqali boshqarish uchun xizmat qiladi. Qurilmaning pastki qismida harakatsiz platforma o‘rnatilgan bo‘lib, u sath o‘lchagichlar uchun nol nuqta vazifasini bajaradi. Platformaga ikkita sath o‘lchagich vertikal holatda o‘rnatiladi. Sath o‘lchagichlarning yuqori qismi pnevmatik “parallel qisqich” moslamasi bilan mahkamlanadi. Mazkur pnevmatik tizim kompressor bilan ulangan bo‘lib, kompressor siqilgan havoni pnevmatik silindrlarga uzatadi va ular orqali ikki sath o‘lchagich bir vaqtning o‘zida markazlashtiriladi hamda vertikal tekislikda fiksatsiyalanadi. Ishchi karretkaga ikki martalik poplavka mahkamlash moslamasi o‘rnatilgan bo‘lib, u tekshirilayotgan ikkala satho‘lchagichning poplavkalarini bir vaqtda ushlab turadi. Karretka yuqoriga yoki pastga harakatlanganda poplavkalar yo‘naltirilgan holda satho‘lchagich bo‘ylab siljiydi va shu orqali suyuqlik sathi imitatsiya qilinadi.

Ushbu qurilmaning kamchiligi yuqori aniqlikka erishish uchun murakkab dasturiy tuzatmalar va lazer interferometr yordamida dastlabki sozlashni talab qilinishi, ikki sath o‘lchagichni bir vaqtning o‘zida tekshirish jarayonida ishchi karretkaning geometrik og‘ishi, yo‘naltirgich alyuminiy profil asosida

ISSN 3030-3907

bajarilganligi sababli issiqlik kengayish koeffitsienti nisbatan yuqoriligi, qurilma faqat poplavkali tipdagi satho‘lchagichlar uchun moslashtirilgan, nol nuqtani aniqlash mexanik kontakt orqali amalga oshirilishini ko‘rish mumkin.

Qo‘yilgan maqsadga erishishda aniq o‘lchashlarni amalga oshirish uchun suyuqlik zaxira suyuqlik manbasi 5 dan ikkita nasos 4 orqali suyuqlik olib kelinadi va aniq sath miqdori rezervaur 1 da hosil qilinadi, hosil qilingan sath miqdori orqali o‘lchash maydonida ishchi saht o‘lchash vositasi 2 ning metrologik xususiyatlari etalon sifatida foydalanilayotgan yuqori aniqlikka ega sath o‘lchash vositasi 3 ko‘rsatishiga mos natija bilan solishtirish usulida aniqlanadi.

Taklif etilayotgan majmuada aniqlangan farqli xususiyatlar avval ma’lum bo‘lgan texnik yechimlarda uchramagan va qo‘yilgan maqsadga erishishni ta’minlaydi hamda muhim farqlar sifatida tasniflanishi mumkin. Kontaktli vertikal sath o‘lchash etalonining texnik xarakteristikasi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Kontaktli vertikal sath o‘lchash etalonining texnik xarakteristikasi

Etalonning muhim jihati — to‘liq raqamlashtirilgan va avtomatlashtirilgan dasturiy ta’minot majmuasidir. U industiriya 4.0 (Industry 4.0) konsepsiyasiga mos ravishda ishlab chiqilgan bo‘lib, real-time monitoring, data logging, traceability va avtomatik hisobot shakllantirish funksiyalarini o‘z ichiga oladi. Dasturiy ta’minot ISO/IEC standartlariga muvofiq ishlab chiqilgan va qiyoslash natijalarini elektron formatda saqlash hamda eksport qilish (MS Word, MS Excel) imkonini beradi [5,7].

Xavfsizlik, sifat va ishonchlilik masalalari mukammal e’tiborga olingan. Tizimda overfill protection, favqulotda o‘chirish, chegaraviy sath signalizatsiyasi, elektr xavfsizligi va zazemleniye tizimlari joriy etilgan. Barcha konstruktiv

ISSN 3030-3907

yechimlar mehnat muhofazasi va sanoat xavfsizligi bo‘yicha amaldagi ISO va GOST standartlariga muvofiq mos keladi. Kontaktli vertikal sath o‘lchash etalon yordamida o‘tkazilgan tajriba jarayoni 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Kontaktli vertikal sath o‘lchash etalon yordamida o‘tkazilgan tajriba jarayoni

Mazkur etalon o‘rnatmasining ishga tushirilishi milliy metrologiya infratuzilmasini mustahkamlab, kalibrlash xizmatlarining xalqaro raqobatbardoshligini oshirish nazarda tutilgan. Bu esa mahsulot va xizmatlarning eksport salohiyatini kengaytirish, texnik reglamentlar va muvofiqlikni baholash sohasida Jahon savdo tashkilotining Savdodagi texnik to‘siqlar to‘g‘risidagi bitimi (WTO TBT) talablariga muvofiq ish yuritishga xizmat qiladi [8].

Yangi avlod sath o‘lash etaloni nafaqat yuqori aniqlik, balki innovasion yondashuv, xalqaro standartlarga moslik va raqamli metrologiya konsepsiyasining amaliy ifodasi sifatida baholanmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Матякубова П.М., Жуманазаров А.Р., Саидорипов Л.Ф. Проектирование и разработка простой, и эффективной недорогой встраиваемой системы измерения уровня жидкости ИННОВАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ТОМ 5, НОМЕР 1. №1 | 2024. 36-44 с. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14565615
2. Matyakubova P.M., To‘rayev Sh.A., Saidoripov L.F. Ishlab chiqarishning metrologik ta’minoti. Darslik: – Toshkent: “Fan va texnologiyalar nashriyot batbaa uyi”, 2025, 312 b.
3. Матякубова П.М., Муминов Х.Д., Саидорипов Л.Ф., Маҳмуджонов М. Резервуардаги суюқлик сатҳини назорат қилиш ва ўлчаш натижаларини статистик таҳлил этиш дастурий таъминоти. Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги. № DGU 63328 Рўйхатдан ўтказилган сана: 30.04.2026.
4. Matyakubova P.M., Jumanazarov A.R., Saidoripov L.F., Mo‘minov X.D. Sath o‘lchagichlarni zamonaviy usullar yordamida qiyoslash. DGU 54373. Dasturiy mahsulotlar davlat reyestri 2025 y.

6. Matyakubova P.M., Jumanazarov A.R., Saidoripov L.F., Mo‘minov X.D. Yangi avlod etaloni – Xalqaro standartlar asosida aniqlikni ta’minlovchi innovatsion yechim. «O‘zbekiston metrologiyasi» ilmiy-texnik jurnali 2025/4, ISSN 3093-8805.
7. Matyakubova P.M., Mo‘minov X.D., Toxirov N.A. Sath o‘lchash jarayonida noaniqlikni baholash. DGU 46378. Dasturiy mahsulotlar davlat reyestri 2024 y.
8. Matyakubova P.M. Eksperimentni tashkil etish va rejalashtirish. O‘quv qo‘llanma. ISBN 978-9910-9838-1-8 «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2023, 183 b.
9. Matyakubova P.M., Saidoripov L.F. O‘lchash asboblarini metrologik ta’minoti, etalonlar. Monografiya. Globe Edit India ISBN 978-620-0-64588-3. 2023.
10. Matyakubova P.M., Avezova N.I., Mahmudjonov M.M., Usmanova X.A., Turgunboyev A. Katta diametrli quvurda namlik o‘lchagich. № FAP 2700 Foydali modellar davlat reyestri - 2025-yil.
11. Матякубова П.М., Саидорипов Л.Ф. Роль метрологических институтов в инфраструктуре качества. ИННОВАЦИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ТОМ 6, НОМЕР 2. № 2 -2025 УДК 006.91:389.1. 42-48 с.
12. Matyakubova P.M., Jumanazarov A.R., Masharipov SH.M. Sath o‘lchash qurilmalarini tekshirish va kalibrlash. FAP 20250169. Foydali modellar davlat reyestri - 2025 y.
13. Matyakubova P.M., Shamuratov Sh.U, Ismatullayev P.R. Suyuqlikning qovushqoqligini o‘lchash uchun tebranish viskozimetri. № IAP 7707. Ixtirolar davlat reyestri - 2024.
14. Матякубова П.М., Саидорипов Л.Ф., Муминов Х.Д., Маҳмуджонов М. Классификация методов измерения и контроля уровня жидких сред. Инновации в нефтегазовой отрасли. том 6, номер 3. 2025. 32-39 с. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.00000000
15. Патент на изобретение RU 197046 U1, МПК G 01 F 25/00 Устройство для поверки и калибровки средств измерения уровня / Терехин А.А., Терехин С.А.; - № 2019124438; заявл. 29.07.2019; опубл. 26.03.2020.
16. Патент на изобретение RU 2690701 C2, МПК G 01 F 25/00 Метрологический стенд по поверке, калибровке уровнемеров и сигнализаторов уровня / Фокина Е.В., Фёдоров Н.В., Николаев А.Г., Агафонов С.Н., Шашуков А.Е.; - № 2018140202; заявл. 14.11.2018; опубл. 05.06.2019.
17. Патент на изобретение RU 2495384 C2, МПК G 01 F 25/00 Установка поверочная линейных перемещений автоматизированная и способ повышения точности вертикальных установок для метрологической

аттестации двух уровнемеров одновременно / Быстров И.М., Галкин А.С., Лакеев А.И., Мустаев Н.Я., Равикович Е.М.; - № 2012114246/28; заявл. 12.04.2012; опубл. 10.10.2013.

ISSN 3030-3907

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АКАДЕМИЧЕСКОЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЕКУЩИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Шакаров Мухамад Хаётович
Магистр БГТУ
Асраев Зафар Ризакулович
Доцент БГТУ

Аннотация. В статье рассматриваются возможности прогнозирования академической успеваемости студентов на основе анализа текущих результатов обучения, получаемых в цифровой образовательной среде. Актуальность исследования обусловлена необходимостью своевременного выявления студентов группы риска и повышения эффективности образовательного процесса. Предлагается модель прогнозирования, основанная на использовании текущих оценок, результатов тестирования, активности в системе дистанционного обучения и показателей выполнения учебных заданий.

Ключевые слова: академическая успеваемость, прогнозирование, образовательная аналитика, цифровая образовательная среда, Moodle, студенты, машинное обучение, учебная аналитика.

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli ta’lim muhitida olinadigan joriy o‘quv natijalarini tahlil qilish asosida talabalarning akademik o‘zlashtirishini prognozlash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning dolzarbligi o‘quv jarayonida xavf guruhiga kiruvchi talabalarni o‘z vaqtida aniqlash va ta’lim samaradorligini oshirish zarurati bilan izohlanadi. Maqolada joriy baholar, test natijalari, masofaviy ta’lim tizimidagi faollik hamda o‘quv topshiriqlarini bajarish ko‘rsatkichlariga asoslangan prognozlash modeli taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: akademik o‘zlashtirish, prognozlash, ta’lim analitikasi, raqamli ta’lim muhiti, Moodle, talabalar, mashinali o‘qitish, o‘quv analitikasi.

Abstract. This article examines the possibilities of predicting students’ academic performance based on the analysis of current learning outcomes obtained in a digital educational environment. The relevance of the study is determined by the need for timely identification of at-risk students and the improvement of the effectiveness of the educational process. A predictive model is proposed based on current grades, test results, activity in the distance learning system, and indicators of students’ assignment completion.

Keywords: academic performance, prediction, educational analytics, digital educational environment, Moodle, students, machine learning, learning analytics.

ВВЕДЕНИЕ.

Современная система высшего образования активно внедряет цифровые технологии, позволяющие не только организовывать учебный процесс, но и анализировать большие объемы образовательных данных. Одним из перспективных направлений является прогнозирование

ISSN 3030-3907

академической успеваемости студентов на основе информации, накапливаемой в электронных образовательных системах.

Традиционные методы оценки успеваемости позволяют определить уровень знаний студентов только по итогам изучения дисциплины. Однако современные информационные технологии дают возможность выявлять тенденции в обучении значительно раньше, используя текущие результаты тестирования, выполнения заданий, посещаемости и активности обучающихся. Это открывает новые возможности для повышения качества образования и принятия своевременных педагогических решений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

Проблема прогнозирования академической успеваемости студентов является одним из актуальных направлений современных исследований в области образовательной аналитики и цифровых технологий обучения. В работах Г. Сименса, Р. Фергюсон, К. Ромеро и С. Вентуры рассматриваются теоретические основы Learning Analytics и Educational Data Mining, позволяющие использовать данные образовательных платформ для анализа и прогнозирования результатов обучения. Авторы отмечают, что систематический сбор и обработка информации о текущей учебной деятельности студентов способствует своевременному выявлению факторов, влияющих на успеваемость, а также повышает эффективность принятия управленческих решений в образовательных учреждениях. Особое внимание уделяется использованию данных электронных образовательных сред для прогнозирования итоговых результатов обучения и выявления студентов группы риска.

Вопросы применения систем дистанционного обучения, в частности Moodle, для мониторинга и оценки учебной деятельности обучающихся нашли отражение в исследованиях М. Дугиамаса, П. Тейлора, Дж. Коула и Х. Фостера. Исследователи подчеркивают, что современные LMS-платформы аккумулируют значительные объемы данных о поведении студентов, включая результаты тестирования, выполнение заданий, посещаемость и активность в системе. Анализ этих данных с использованием методов статистики и машинного обучения позволяет строить прогностические модели академической успеваемости с высокой степенью точности. Несмотря на значительное количество исследований в данной области, вопросы комплексного использования текущих результатов обучения для прогнозирования успеваемости студентов в условиях цифровой образовательной среды остаются недостаточно изученными, что определяет актуальность настоящего исследования.

МЕТОДОЛОГИЯ.

ISSN 3030-3907

Прогнозирование академической успеваемости представляет собой процесс определения вероятных результатов обучения на основе анализа имеющихся данных. Основная цель таких моделей заключается в раннем выявлении студентов, испытывающих трудности в обучении, и разработке мер по повышению их академической успешности.

В научной литературе выделяются следующие группы факторов, влияющих на успеваемость студентов:

- академические показатели;
- посещаемость занятий;
- активность в электронной образовательной среде;
- своевременность выполнения заданий;
- участие в онлайн-дискуссиях и форумах;
- социально-психологические характеристики.

Наиболее объективными и доступными для анализа являются данные, автоматически собираемые системами управления обучением (Learning Management Systems).

Источники данных для прогнозирования

Цифровая образовательная среда позволяет собирать большое количество информации о деятельности студентов. В качестве основных источников данных могут использоваться:

Результаты текущего контроля

К ним относятся:

- результаты тестов;
- контрольные работы;
- лабораторные задания;
- практические работы;
- промежуточные оценки.

Данные показатели непосредственно отражают уровень усвоения учебного материала.

Активность в системе дистанционного обучения

В современных LMS-платформах фиксируются:

- количество входов в систему;
- продолжительность работы;
- число просмотренных материалов;
- участие в форумах;
- взаимодействие с электронными ресурсами.

Исследования показывают наличие устойчивой корреляции между уровнем активности студентов и их итоговыми результатами обучения.

Выполнение учебных заданий

ISSN 3030-3907

Важными показателями являются:

- своевременность сдачи работ;
- количество попыток выполнения заданий;
- частота обращений к учебным материалам;
- динамика результатов тестирования.

Предлагаемая прогностическая модель

Для прогнозирования академической успеваемости предлагается использовать интегральную модель, включающую несколько групп показателей.

Общая оценка прогноза может определяться следующим образом:

$$P = 0{,}4T + 0{,}3A + 0{,}2Z + 0{,}1F$$

где:

- **P** – прогнозируемый показатель успеваемости;
- **T** – средний балл текущих тестов;
- **A** – показатель активности в LMS;
- **Z** – показатель выполнения заданий;
- **F** – участие в форумах и обсуждениях.

Использование весовых коэффициентов позволяет учитывать различную значимость каждого показателя.

В более сложных моделях могут применяться методы машинного обучения:

- линейная регрессия;
- логистическая регрессия;
- деревья решений;
- случайный лес;
- нейронные сети.

Такие методы позволяют повысить точность прогнозирования и учитывать нелинейные зависимости между параметрами.

Этапы реализации модели

Процесс построения прогностической модели включает следующие этапы:

Сбор данных

На данном этапе осуществляется выгрузка информации из LMS-системы, электронного журнала и других информационных ресурсов университета.

Предварительная обработка данных

Выполняются:

- очистка данных;
- удаление пропусков;

ISSN 3030-3907

- нормализация показателей;
- формирование единой базы данных.

Формирование признаков

Создаются показатели, характеризующие учебную активность студентов:

- средний балл;
- динамика оценок;
- частота посещений LMS;
- процент выполненных заданий.

Построение модели

На основе подготовленных данных осуществляется обучение модели прогнозирования.

Оценка точности

Для проверки качества модели используются показатели:

- Accuracy;
- Precision;
- Recall;
- F1-score;
- коэффициент детерминации R^2.

Практическое применение модели

Использование прогностических моделей в университетах позволяет решать следующие задачи:

- раннее выявление студентов группы риска;
- персонализация образовательных траекторий;
- повышение качества учебного процесса;
- снижение академической задолженности;
- поддержка принятия управленческих решений.

Особенно эффективным является применение подобных моделей в системах дистанционного обучения, где большая часть образовательной деятельности фиксируется автоматически.

Преимущества использования цифровой аналитики

Применение технологий образовательной аналитики обеспечивает следующие преимущества:

- объективность оценки;
- оперативность получения результатов;
- возможность автоматизации мониторинга;
- повышение эффективности педагогического сопровождения;
- снижение риска академической неуспеваемости.

Кроме того, использование аналитических инструментов способствует переходу от реактивного управления образовательным

ISSN 3030-3907

процессом к проактивному подходу, основанному на прогнозировании возможных проблем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Прогнозирование академической успеваемости студентов на основе текущих результатов обучения является одним из перспективных направлений развития цифрового образования. Использование данных, формируемых в электронных образовательных средах, позволяет своевременно выявлять обучающихся, нуждающихся в дополнительной поддержке, и принимать эффективные управленческие решения.

Предложенная модель может быть интегрирована в системы управления обучением, включая Moodle, и использована для повышения качества образования в высших учебных заведениях. Дальнейшие исследования могут быть направлены на применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения для повышения точности прогнозирования и разработки адаптивных образовательных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. – American Behavioral Scientist, 2013.
2. Romero C., Ventura S. Educational Data Mining and Learning Analytics. – Wiley Interdisciplinary Reviews, 2020.
3. Baker R., Inventado P. Educational Data Mining and Learning Analytics. – Learning Analytics, Springer, 2019.
4. Ferguson R. Learning Analytics: Drivers, Developments and Challenges. – International Journal of Technology Enhanced Learning, 2012.
5. Source Course Management System. – Proceedings of EDMEDIA, 2003.
6. Siemens G., Long P. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. – EDUCAUSE Review, 2011.

ISSN 3030-3907

UDK 621.311.21:621.224

MIKRO GES UCHUN OPTIMAL TURBINA TANLASH METODIKASI: GIDROLOGIK TAHLIL VA TEXNIK-IQTISODIY BAHOLASH

Baxramov Shohruxbek Kozimjon o‘g‘li
Andijon Davlat Texnika Instituti Muqobil energiya manbalari kafedrasi assistenti va mustaqil izlanuvchisi
170019, O‘zbekiston
E-mail: shohrux.baxramov7811742@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2763-4640
Hakimov Farxodbek
Andijon Davlat Texnika Instituti Muqobil energiya manbalar yo‘nalishi talabasi
170019, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada mikro gidroelektrostansiyalar (mikro GES) uchun optimal turbina tanlash metodikasi tahlil qilinadi. Tadqiqot gidrologik ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish, turli turdagi turbinalarning texnik xususiyatlarini qiyoslash hamda iqtisodiy samaradorlikni baholash usullarini qamrab oladi. Pelton, Francis va Kaplan turbinalarining ishlash prinsipi, tanlash mezonlari va qo‘llanish sohalari batafsil ko‘rib chiqilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, 25-100 metr bosim diapazonida Francis turbinasi 85-93% foydali ish koeffitsienti bilan eng optimal variant hisoblanadi. Maqolada O‘zbekiston sharoitida mikro GES loyihalash uchun amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: mikro GES, gidroturbina, Pelton turbinasi, Francis turbinasi, Kaplan turbinasi, gidrologik tahlil, foydali ish koeffitsienti, qayta tiklanuvchi energiya.

Abstract. This article analyzes the methodology for selecting the optimal turbine for micro hydroelectric power plants (micro HPPs). The study covers methods for collecting and analyzing hydrological data, comparing the technical characteristics of different types of turbines, and assessing economic efficiency. The operating principle, selection criteria, and application areas of Pelton, Francis, and Kaplan turbines are considered in detail. The results show that in the pressure range of 25-100 meters, the Francis turbine is the most optimal option with a useful work coefficient of 85-93%. The article provides practical recommendations for designing micro HPPs in the conditions of Uzbekistan.

Keywords: micro HPP, hydroturbine, Pelton turbine, Francis turbine, Kaplan turbine, hydrological analysis, useful work coefficient, renewable energy.

Аннотация. В данной статье анализируется методология выбора оптимальной турбины для микрогидроэлектростанций (микроГЭС). Исследование охватывает методы сбора и анализа гидрологических данных,

сравнение технических характеристик различных типов турбин и оценку экономической эффективности. Подробно рассматриваются принцип работы, критерии выбора и области применения турбин Пелтона, Фрэнсиса и Каплана. Результаты показывают, что в диапазоне давлений 25-100 метров наиболее оптимальным вариантом является турбина Фрэнсиса с коэффициентом полезной работы 85-93%. В статье приводятся практические рекомендации по проектированию микроГЭС в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: микроГЭС, гидротурбина, турбина Пелтона, турбина Фрэнсиса, турбина Каплана, гидрологический анализ, коэффициент полезной работы, возобновляемая энергия.

1. KIRISH.

Mikro gidroelektrostansiyalar (mikro GES) 100 kW gacha quvvatga ega bo‘lgan kichik gidroenergetika qurilmalari bo‘lib, mahalliy energiya ta’minoti va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish uchun muhim ahamiyatga ega [1]. O‘zbekistonda tog‘li va tekislik hududlarida ko‘plab kichik daryolar, kanallar va irrigatsiya tizimlari mavjud bo‘lib, ular mikro GES o‘rnatish uchun katta potentsialga ega [2].

Mikro GES samaradorligi ko‘p jihatdan turbina turini to‘g‘ri tanlashga bog‘liq. Turli gidrologik sharoitlar (suv sarfi, bosim, mavsumiy o‘zgarishlar) uchun Pelton, Francis yoki Kaplan turbinalaridan qaysi birini tanlash masalasi muhim texnik va iqtisodiy ahamiyatga ega. Noto‘g‘ri tanlangan turbina foydali ish koeffitsiyentining pasayishiga, qurilish va ekspluatatsiya xarajatlarining oshishiga olib keladi [3].

Tadqiqotning maqsadi: mikro GES uchun turbina tanlashning ilmiy asoslangan metodikasini ishlab chiqish va O‘zbekiston sharoitida qo‘llash imkoniyatlarini tahlil qilish.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

Gidroturbinalar tarixini o‘rganish ko‘rsatadiki, birinchi zamonaviy turbina 1827-yilda B. Fourneyron tomonidan ishlab chiqilgan [4]. Keyinchalik 1870-yillarda L.A. Pelton impulsli turbina, 1913-yilda J.B. Francis reaktiv turbina va 1913-yilda V. Kaplan sozlanuvchi pichoqli turbina ixtiro qildi [5].

Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, turbina samaradorligi ko‘p omillarga bog‘liq: suv sarfi va bosimning o‘zgarishi, turbina geometriyasi, materiallar sifati va ekspluatatsiya rejimlari [6].

Pelton turbinasi 90-92% FIK bilan yuqori naporli (100-1500 m) sharoitlarda eng samarali ishlaydi. Impulsli prinsipida ishlaydi - suv yuqori bosimli soplo orqali turbina pattalariga yo‘naltiriladi va kinetik energiya mexanik energiyaga aylanadi [7].

ISSN 3030-3907

Francis turbinasi 85-93% FIK bilan o‘rta napor (25-300 m) uchun mo‘ljallangan. Reaktiv prinsipida ishlaydi va xarakteristik tezlik ns = 60-300 diapazonida optimal samaradorlikni ta’minlaydi [8].

Kaplan turbinasi 85-93% FIK bilan past napor (5-50 m) va katta suv sarflarida yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Sozlanuvchi pichoqlar turli rejimlarda optimal ishlash imkonini beradi [9].

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

3.1. Gidrologik ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish

Mikro GES loyihalash uchun quyidagi gidrologik ma’lumotlar talab etiladi:

- Daryoning ko‘p yillik suv sarfi (Q), m^3/s
- Minimal, o‘rtacha va maksimal sarflar
- Suv sathi va balandliklar farqi (napor, H)
- Oylik yoki kunlik gidrologik kuzatuvlar (5-10 yil)

O‘rtacha yillik suv sarfi quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$Q_{o‘rtacha} = (\Sigma Q_i) / n$$

bu yerda: Q_i – kuzatuv davridagi suv sarflari; n – kuzatuvlar soni.

Ta’minlanganlik egri chizig‘i (Flow Duration Curve) turli suv sarflari ehtimolini ko‘rsatadi. Amaliyotda: - 30-50% ta’minlangan Q → ishchi (hisobiy) sarf - 90-95% ta’minlangan Q → minimal ekspluatatsion sarf

3.2. Turbina quvvatini hisoblash

Mikro GES quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P = \eta \times \rho \times g \times Q \times H$$

bu yerda: - P – quvvat (W) - η – foydali ish koeffitsienti (0.6-0.9) - ρ – suv zichligi (1000 kg/m^3) - g – erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s^2) - Q – suv sarfi (m^3/s) - H – bosim (m)

Hisoblash

$$Q = 0.8\ m^3/s,\ H = 25\ m,\ \eta = 0.85 \text{ uchun:}$$

$$P = 0.85 \times 1000 \times 9.81 \times 0.8 \times 25 = 166{,}770\ W \approx 167\ kW$$

3.3. Turbina tanlash mezonlari

Turbina tanlashda asosiy mezon – xarakteristik tezlik (ns) parametridir:

$$ns = n \times \sqrt{P} / H^{5/4}$$

bu yerda: - n – aylanish tezligi (ayl/min) - P – quvvat (kW) - H – napor (m)

Xarakteristik tezlik qiymati asosida turbina turi tanlanadi: - ns = 10-40 → Pelton turbinasi - ns = 60-300 → Francis turbinasi - ns = 300-800 → Kaplan turbinasi

4. NATIJALAR VA TAHLIL.

4.1. Turbina turlarini qiyoslash

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Turbina turlarining texnik xususiyatlari

Parametr	Pelton	Francis	Kaplan
Napor diapazoni (m)	100-1500	25-300	5-50
FIK (%)	90-92	85-93	85-93
Xarakteristik tezlik (ns)	10-40	60-300	300-800
Ish prinsipi	Impulsli	Reaktiv	Reaktiv
Afzalliklari	Yuqori FIK, oddiy konstruksiya	Keng diapazon, barqaror ish	Katta suv sarfi, sozlanuvchi
Kamchiliklari	Faqat yuqori napor	O‘rta FIK	Murakkab konstruksiya

4.2. Amaliy hisoblash natijalari

2-jadval.

O‘zbekiston sharoitida turbina tanlash natijalari

№	Joylashuv	H (m)	Q (m^3/s)	P (kW)	Tanlangan turbina	ns	FIK (%)
1	Farg‘ona viloyati	8	0.9	50	Kaplan	450	88
2	Andijon viloyati	15	1.2	120	Francis	85	90
3	Namangan viloyati	10	1.5	100	Kaplan	380	89
4	Chirchiq kaskadi	7	15	800	Kaplan	620	87
5	Hisorak GES	100	3	2000	Francis	95	91

4.3. Iqtisodiy samaradorlik tahlili

Turbina tanlash to‘g‘ri amalga oshirilganda quyidagi iqtisodiy ko‘rsatkichlar ta’minlanadi:

3-jadval.

Turbina turlarining iqtisodiy ko‘rsatkichlari (50-120 kW mikro GES uchun)

Ko‘rsatkich	Pelton	Francis	Kaplan
O‘rnatish xarajati (USD/kW)	2000-2500	1800-2200	2200-2800
Texnik xizmat (USD/yil)	500-800	600-1000	800-1200
Xizmat muddati (yil)	30-40	25-35	20-30
Yillik samaradorlik	92%	90%	88%

Francis turbinasi o‘rta xarajat va yuqori samaradorlik kombinatsiyasi bilan

ISSN 3030-3907

optimal variant hisoblanadi.

5. MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki:

1. **Napor 100 m dan yuqori** sharoitlarda Pelton turbinasi eng samarali variant. Yuqori FIK (90-92%) va oddiy konstruksiya tufayli ekspluatatsiya xarajatlari kam.

2. **Napor 25-100 m** diapazonida Francis turbinasi optimal. 85-93% FIK, barqaror ishlash va keng qo‘llanish doirasi tufayli O‘zbekiston sharoitida eng ko‘p qo‘llaniladi.

3. **Napor 5-25 m** va katta suv sarflarda Kaplan turbinasi afzal. Sozlanuvchi pichoqlar mavsumiy suv sarfi o‘zgarishlariga moslashish imkonini beradi.

O‘zbekiston sharoitida ko‘pchilik mikro GES loyihalari 10-50 m napor va 0.5-2 m^3/s suv sarfi bilan tavsiflanadi. Ushbu diapazon uchun Francis va Kaplan turbinalari eng mos keladi.

6. XULOSA

11. Mikro GES uchun turbina tanlash metodikasi ishlab chiqildi. Metodika gidrologik tahlil, quvvat hisoblash va xarakteristik tezlik parametri asosida optimal turbina turini aniqlashni o‘z ichiga oladi.

12. O‘zbekiston sharoitida eng ko‘p qo‘llaniladigan turbina turlari aniqlandи: 8-15 m napor uchun Kaplan, 15-100 m uchun Francis turbinasi tavsiya etiladi.

13. Andijon viloyati Jalaquduq tumanida 120 kW mikro GES (4×30 kW) va boshqa loyihalar tahlili asosida Francis turbinasining 90% FIK bilan optimal ishlashi tasdiqlandi.

14. Iqtisodiy tahlil ko‘rsatdiki, Francis turbinasi o‘rnatish xarajati (1800-2200 USD/kW) va yuqori samaradorlik (90%) kombinatsiyasi bilan eng tejamkor variant hisoblanadi.

15. Ishlab chiqilgan metodika O‘zbekistonda rejalashtirilgan 2983 ta mikro GES loyihalarini amalga oshirishda qo‘llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. IEA. “Renewables 2023 – Analysis and forecast to 2028”. International Energy Agency, 2023.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi PQ-4779-son qarori, 2020.
3. Singh P., Nestmann F. “An optimization routine on a prediction and selection model for the turbine operation of pump as turbine”. Renewable Energy, vol. 34(1), pp. 23-31, 2009.
4. Paish O. “Small hydro power: technology and current status”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 6(6), pp. 537-556, 2002.

ISSN 3030-3907

5. Dixon S.L., Hall C.A. “Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery”. Butterworth-Heinemann, 7th Edition, 2014.
6. Quaranta E., Revelli R. “Gravity water wheels as a micro hydropower energy source: A review based on historic data, design methods, efficiencies and modern optimizations”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 97, pp. 414-427, 2018.
7. Brekke H. “Hydraulic Turbines - Design, Erection and Operation”. Norwegian University of Science and Technology, 2001.
8. Egusquiza E., et al. “Condition monitoring of pump-turbines. New challenges”. Measurement, vol. 67, pp. 151-163, 2015.
9. Giosio D.R., et al. “Design and performance evaluation of a pump-as-turbine micro-hydro test facility with incorporated inlet flow control”. Renewable Energy, vol. 78, pp. 1-6, 2015.
10. O‘zbekiston Energetika vazirligi. “Andijon viloyatida yangi mikro GES ishga tushiriladi”. 2021. https://minenergy.uz

ISSN 3030-3907

QUYOSH VA SHAMOL ENERGIYASIGA ASOSLANGAN GIBRID ENERGIYA TIZIMINING TEXNIK VA IQTISODIY SAMARADORLIGI

Dilshod Qodirov
TIQXMMI "Milliy tadqiqot universiteti" Texnika fanlari doktori, Professor
Rakhimjon Qobilov
TIQXMMI "Milliy tadqiqot universiteti" 2-kurs doktaranti
Aygera Yeskuatova
TIQXMMI "Milliy tadqiqot universiteti" 2-kurs magistrantni

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot Qoraqalpog'iston Respublikasi, Kungrad tumani 36-maktab misolida quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimini loyihalash hamda uning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholashga bag'ishlangan. Tadqiqotda maktabning 24,5 kVt o'rnatilgan yuklamasi va kunlik elektr energiyasi iste'moli asosida 23,2 kVt quvvatga ega bo'lgan 40 dona monokristalli quyosh panellari hamda Bergey exsel 5 kVt quvvatli shamol generatoridan iborat gibrid tizim konfiguratsiyasi taklif etildi.Fotoelektr modullarining ishlash jarayoni quyosh nurlanishi intensivligi, harorat koeffitsienti va modul samaradorligiga bog'liq holda matematik modellar yordamida tahlil qilindi. Shamol energiyasi salohiyati o'rtacha 4,5–5,5 m/s tezlik oralig'ida baholanib, shamol turbinasining ishlab chiqarish ko'rsatkichlari aniqlashtirildi. Hisob-kitoblarga ko'ra, taklif etilgan tizim maktabning elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojini qoplash bilan birga, energiya ta'minotining barqarorligini oshiradi va tarmoqdan qaramlikni kamaytiradi. Iqtisodiy tahlil natijalariga ko'ra, loyiha uchun umumiy kapital xarajat (CAPEX) 190 000 000 so'mni tashkil etadi. Investitsiya samaradorligi o'rnatilgan quvvat va ishlab chiqariladigan energiya hajmiga nisbatan baholandi hamda tizimning uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitida iqtisodiy va ekologik jihatdan maqsadga muvofiqligi asoslab berildi. Olingan natijalar chekka hududlarda joylashgan ta'lim muassasalari va ijtimoiy obyektlar uchun qayta tiklanuvchi energiyaga asoslangan gibrid mikrogrid tizimlarini joriy etishda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo'lib, energiya xavfsizligi va ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Gibrid energiya tizimi; quyosh energiyasi; shamol energiyasi; monokristalli fotovoltaik panel; mikrogrid; energiya samaradorligi; iqtisodiy tahlil; ekologik barqarorlik.

Abstract. This study focuses on the design and techno-economic assessment of a hybrid renewable energy system based on solar and wind power, using School No. 36 in the Kungrad district of the Republic of Karakalpakstan as a case study. The proposed hybrid system configuration includes 40 monocrystalline solar panels with a total capacity of 23.2 kW and a Bergey Exsel 5 kW wind turbine, considering the school's installed load of 24.5 kW and its average daily electricity

ISSN 3030-3907

consumption. The operation of the photovoltaic modules was analyzed using mathematical models accounting for solar irradiance, temperature coefficient, and panel efficiency. The wind energy potential was assessed at an average wind speed of 4.5–5.5 m/s, and the wind turbine output performance was estimated accordingly. Calculations showed that the proposed system can meet the school's electricity demand, enhance supply reliability, and reduce dependence on the centralized grid. Economic analysis indicated that the total capital expenditure (CAPEX) of the project is 190,000,000 UZS. Investment efficiency was evaluated based on installed capacity and expected energy production, confirming the system's economic and environmental feasibility in the long term. The results provide practical insights for implementing hybrid microgrid systems based on renewable energy sources in remote areas, ensuring reliable energy supply and promoting environmental sustainability.

Keywords: Hybrid energy system; solar energy; wind energy; monocrystalline photovoltaic panel; microgrid; energy generation; economic analysis; ecological culture.

Аннотация. Данное исследование посвящено проектированию гибридной энергосистемы на основе солнечной и ветровой энергии и оценке её технико-экономической эффективности на примере школы №36 в Республике Каракалпакстан, район Кунград. В исследовании предложена конфигурация гибридной системы, включающая 40 монокристаллических солнечных панелей общей мощностью 23,2 кВт и ветрогенератор мощностью Бергеи Excel 5 кВт, с учётом установленной нагрузки школы 24,5 кВт и её среднесуточного потребления электроэнергии. Работа фотогальванических модулей анализировалась с использованием математических моделей, учитывающих интенсивность солнечного излучения, температурный коэффициент и эффективность панелей. Потенциал ветровой энергии оценен при средней скорости ветра 4,5–5,5 м/с, а показатели выработки ветрового генератора определены на основе этих данных. Расчёты показали, что предложенная система способна покрыть потребность школы в электроэнергии, повысить стабильность энергоснабжения и снизить зависимость от централизованной сети. Экономический анализ показал, что капитальные затраты (CAPEX) проекта составляют 190 000 000 сумов. Эффективность инвестиций оценивалась с учётом установленной мощности и объёма вырабатываемой энергии, что подтверждает экономическую и экологическую целесообразность системы в долгосрочной перспективе. Полученные результаты имеют практическое значение для внедрения гибридных микро-грид систем на базе

ISSN 3030-3907

возобновляемых источников энергии в удалённых районах, обеспечивая надёжность энергоснабжения и экологическую устойчивость

Ключевые слова: Гибридная энергетическая система; солнечная энергия; энергия ветра; монокристаллическая фотоэлектрическая панель; микросеть; производство энергии; экономический анализ; экологическая культура.

KIRISH.

So‘nggi o‘n yillikda global energetika tizimi jadal o‘zgarishlarni boshdan kechirmoqda. Urbanizatsiya jarayonlarining tezlashuvi, aholi sonining ortishi hamda sanoat va ijtimoiy sohalarning rivojlanishi natijasida elektr energiyasiga bo‘lgan talab shahar va qishloq hududlarida izchil ravishda oshib bormoqda. Biroq qazilma yoqilg‘ilarga asoslangan an’anaviy energiya ishlab chiqarish ekologik muammolarni kuchaytirib, ayniqsa karbonat angidrid (CO_2) va boshqa zararli gazlarning atmosferaga chiqarilishi orqali iqlim o‘zgarishi jarayonini tezlashtirmoqda. Shu munosabat bilan quyosh, shamol, gidro va biogaz kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish zamonaviy energetika siyosatining ustuvor yo‘nalishiga aylandi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid energiya tizimlari mazkur muammolarga samarali yechim sifatida qaralmoqda. Gibrid tizimlar bir nechta energiya manbalarini yagona tizimda birlashtirib, energiya ta’minotining uzluksizligi va ishonchliligini oshiradi hamda umumiy samaradorlikni yaxshilaydi. Masalan, quyosh fotoelektr panellari asosan kunduzgi vaqtda yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa, shamol turbinalari shamol tezligiga bog‘liq holda elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Ushbu manbalarni integratsiyalash energiya ishlab chiqarishdagi o‘zgaruvchanlikni kamaytiradi, ortiqcha yoki yetishmayotgan energiya miqdorini minimallashtiradi.

Energiya saqlash qurilmalari bilan birgalikda ishlaydigan gibrid tizimlar deyarli uzluksiz energiya ta’minotini ta’minlash imkonini beradi. Bu, ayniqsa, markazlashgan elektr tarmoqlaridan uzoqda joylashgan, chekka va izolyatsiyalangan hududlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Tarixiy jihatdan insoniyat quyosh, shamol va suv kabi tabiiy energiya manbalaridan foydalanib kelgan bo‘lsa-da, zamonaviy texnologiyalar ushbu resurslardan samarali va barqaror foydalanish imkonini bermoqda.

Bugungi kunda mamlakatimizda ham noan’anaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada ortib bormoqda. Xorijiy davlatlar va xalqaro moliya institutlari tomonidan qayta tiklanuvchi energiya asosidagi energiya obyektlarini qurishga qaratilgan investitsiyalar amalga oshirilmoqda. Bunday loyihalarni muvaffaqiyatli amalga oshirish ilmiy-tadqiqot ishlari, loyihalash, qurilish, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatish

ISSN 3030-3907

jarayonlarini kompleks tarzda olib borishni talab etadi hamda yuqori malakali mutaxassislarni tayyorlash zaruratini yuzaga keltiradi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid mikrogrid tizimlarining optimal konfiguratsiyasini aniqlash tizim samaradorligini oshirish, energiya ta’minotining barqarorligini ta’minlash va iqtisodiy jihatdan maqbul yechimlarni tanlashga qaratilgan muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Ushbu jarayonda Quantitative Energy Management (RES) yondashuvi energiya manbalarini samarali boshqarish, resurslarni optimal taqsimlash hamda energiya ishlab chiqarish va iste’mol o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlash imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasida joylashgan 36-maktab misolida quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimining ishlash samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi soatlik va kunlik elektr energiyasi ishlab chiqarish profillarini aniqlash, ularni iste’mol yuklamasi bilan mosligini baholash hamda tizimning texnik, iqtisodiy va ekologik samaradorligini aniqlashdan iborat. Tadqiqot jarayonida uskunalarni tanlash, eksperimental baholash, samaradorlik tahlili va optimallashtirish ishlari amalga oshiriladi. Olingan natijalar chekka va tarmoqdan uzilgan hududlar uchun ishonchli, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali energiya ta’minoti yechimlarini ishlab chiqishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

METODOLOGIYA. Quyosh energiyasi eng istiqbolli qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, uni o‘zlashtirishda fotoelektrik (PV) tizimlar muhim o‘rin tutadi. PV tizimlarning ishlash samaradorligi va energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari ilmiy adabiyotlarda keng o‘rganilgan. PV panellar ishlab chiqaradigan energiya miqdori bir qator omillarga bog‘liq bo‘lib, ularga panellarning joylashish zichligi, o‘simliklar yoki yaqin binolar sababli yuzaga keladigan soyalanish holatlari, shuningdek texnik xizmat ko‘rsatish darajasi, xususan, panellar yuzasida chang to‘planishi kiradi.

Bundan tashqari, PV panel chiqish quvvati unga tushadigan quyosh nurlanishi miqdoriga ham bevosita bog‘liq. Ushbu nurlanish darajasi mahalliy iqlim sharoiti, o‘rnatish usuli va modul turi kabi omillar bilan belgilanadi. Alohida fotoelektrik elementlar talab etiladigan chiqish kuchlanishini ta’minlash maqsadida ketma-ket ulanib, PV zanjiri (string) hosil qiladi. Aksincha, bir nechta zanjirlar parallel ulanib, chiqish tokini oshiradi.

Natijada, to‘liq fotoelektrik panel yoki modul shakllanadi va uning chiqish quvvati chiqish kuchlanishi va tok qiymatlarining ko‘paytmasi orqali aniqlanadi. PV tizimining energiya ishlab chiqarish hajmini baholashda uning nominal quvvati, real quyosh nurlanishi darajasi va atrof-muhit harorati hisobga olinadi.

$$P_{pv(t)} = P_{ref} \cdot G_{(t)} \cdot G_{ref} \cdot [1 \cdot \alpha_t (T_{c(t)} - T_{cref})] \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda $P_{pv}(t)$ — t vaqt momentidagi fotoelektrik (PV) modulning chiqish quvvati bo‘lib, vattlarda (W) ifodalanadi;

P_{ref} — standart sinov sharoitlarida (STC) aniqlangan PV modulning nominal (pasport) quvvati, vattlarda (W);

$G(t)$ — PV panellarining qiya (egilgan) sirtiga tushayotgan real quyosh nurlanishi bo‘lib, vatt/metr kvadrat (W/m²) da o‘lchanadi;

G_{ref} — standart quyosh nurlanishi qiymati bo‘lib, odatda 1000 W/m² ga teng;

T_{ref} — standart sinov sharoitidagi harorat bo‘lib, odatda 25 °C ni tashkil etadi;

α_t — PV modulning harorat koeffitsienti bo‘lib, monokristalli va polikristalli kremniy (Si) asosidagi quyosh elementlari uchun odatda $-3.7 \cdot 10^{-3}$ (1/°C) atrofida bo‘ladi;

T_{amb} — atrof-muhit (ambiyent) harorati bo‘lib, daraja Selsiy (°C) da ifodalanadi.

$$T_{c(t)} = T_{amb(t)} + 0.0256 \cdot G_{(t)} \quad (2)$$

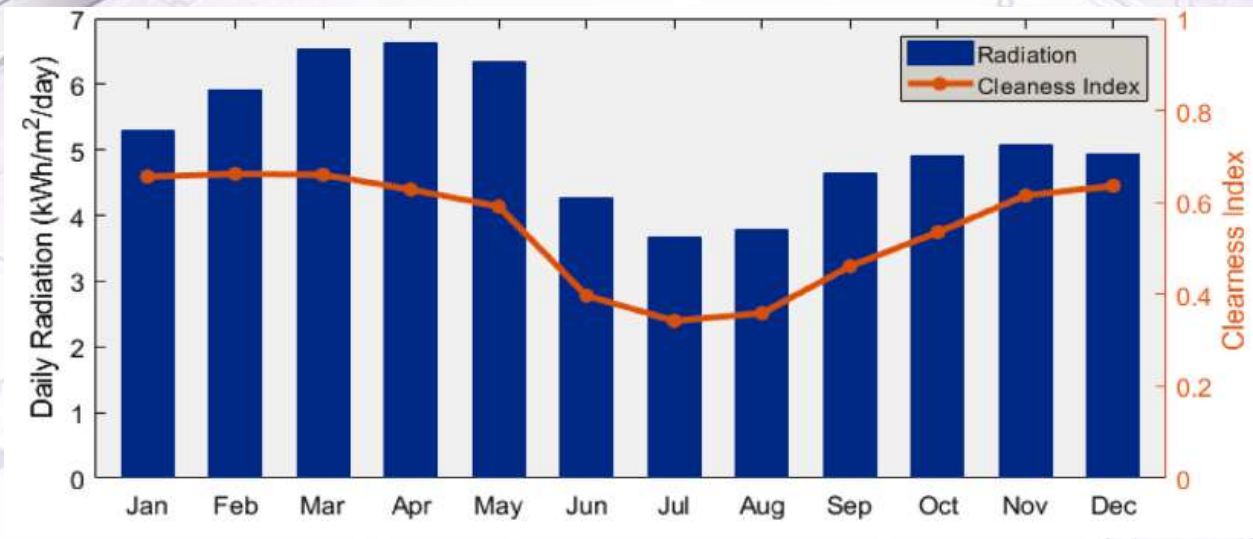
Hozirgi kunda toza va barqaror energiyaga bo‘lgan global e’tibor uning ko‘plab ekologik afzalliklari sababli jadal sur’atlarda ortib bormoqda [2]. Xususan, shamol va quyosh energiyasi energiya bozorini dekarbonizatsiya qilishda muhim rol o‘ynaydi. Biroq ushbu energiya manbalarining hududlar bo‘yicha notekis taqsimlanganligi sababli shamol va quyosh elektr stansiyalari uchun eng maqbul joylarni aniqlash murakkab vazifa hisoblanadi.

So‘nggi yillarda gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimlari elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojni qondirishning eng maqbul yechimi sifatida shakllanmoqda, ayniqsa elektr tarmog‘ini kengaytirish qiyin bo‘lgan va ekologik masalalar muhim ahamiyat kasb etadigan hududlarda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi Indoneziyaning Sharqiy Yava hududi uchun mos keladigan standart komponentlarning eng samarali kombinatsiyasini aniqlashdan iborat. Shu maqsadda to‘rtta fotoelektrik (PV) panel modeli, to‘rtta shamol turbina varianti va ikkita akkumulyator turi tanlab olindi hamda HOMER dasturi yordamida tizimning barcha mumkin bo‘lgan konfiguratsiyalari 32 ta ssenariy (Sen) bo‘yicha modellashtirildi.

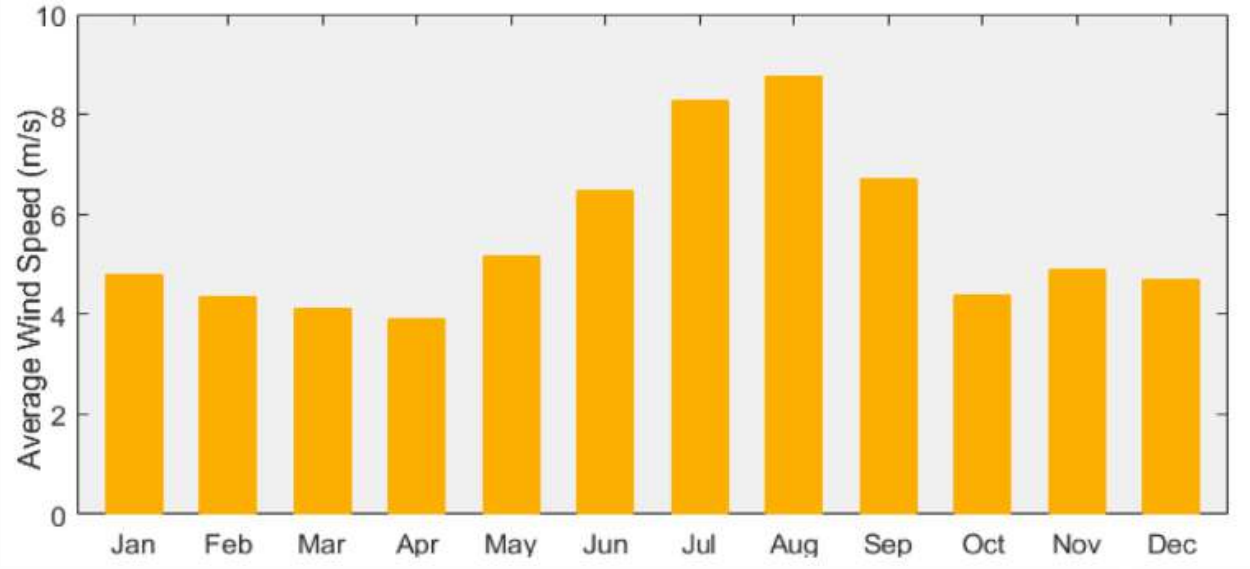
Mazkur bo‘limda avvalo tadqiqot olib borilgan hudud, yuklama (iste’mol) ko‘rsatkichlari va qayta tiklanuvchi energiya manbalari haqida ma’lumot beriladi. So‘ngra tizim komponentlarining — shamol turbinalari, PV panellar, akkumulyatorlar va generatorlarning — texnik xususiyatlari muhokama qilinadi. Keyin taklif etilgan ssenariylar keltiriladi va yakunida MCDM (ko‘p mezonli qaror qabul qilish) usuli hamda uning muqobil variantlari va mezonlari tahlil qilinadi.

ISSN 3030-3907



1-Rasm Oylik quyosh radiatsiyasi darajasi [2].

21.47'N, 80 ° 08'00.15'E da joylashgan sinov maydoni uchun NREL ma'lumotlar bazasi 15 metr balandlikdagi anemometr uyasi balandligida o‘lchangan shamol manbalari ma'lumotlaridan foydalangan holda tuzilgan [4]. Ma'lumotlar yuqoridagi 2-rasmda ko‘rsatilganidek, o‘rtacha shamol tezligi 5,51 m / s ni ko‘rsatadi.



2-rasm Shamol tezligi [3].

Ushbu tadqiqot Iroqning Diyala universiteti Muhandislik kolleji dekanat binosini elektr energiyasi bilan ta’minlash uchun tarmoqqa ulangan (on-grid) gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimining (HRES) texnik-iqtisodiy jihatdan samarali ekanligini tasdiqladi [5].

Iroqning Diyala hududida joylashgan universitet binosi misolida olib borilgan amaliy tadqiqot elektr ta’minotini yuqori darajadagi barqarorlik asosida ta’minlash uchun elektr tarmog‘i bilan integratsiyalashgan HRES majmuasining texnologik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini aniqlashga qaratilgan [6].

ISSN 3030-3907

Quyidagi bo‘limlarda HRES tizimining optimal konfiguratsiyasini aniqlash jarayoni batafsil bayon etiladi. HRES tahlili natijasida *t* vaqt momentida ishlab chiqarilgan elektr energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{HRES,(t)} = P_{pv,t} + P_{WT,t} + P_{BT,t} + P_{grid,t} \quad (3)$$

Gibrid energiya tizimida birlamchi energiya manbalari sifatida fotoelektr panellar (PV) va shamol turbinalari qo‘llaniladi. Quyoshli kunning soatlari davomida PV modullar maksimal quvvatda ishlaydi. Shamol tezligi yetarli bo‘lgan hollarda esa shamol turbinalari qo‘shimcha elektr energiyasi ishlab chiqaradi. PV panellar va shamol turbinalari tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi, avvalo iste’molchi yuklamasini qondirishga yo‘naltiriladi.

36-maktabning umumiy elektr quvvati 24,5 kW ni tashkil etadi. Maktabning kuniga o‘rtacha 8 soat faoliyat yuritishini hisobga olsak, uning sutkalik elektr energiyasi iste’moli quyidagicha aniqlanadi.

Obyekt tavsifi (36-maktab)

Turi: Ayrim fanlar chuqurlashtirib o‘qitiladigan (ixtisoslashtirilgan) umumta’lim maktabi.

Tom yopma maydoni: 100 m × 60 m = 6000 m²

Xonalar: Sinf xonalari, ma’muriy xonalar, laboratoriyalar, sport zali va oshxona (standart maktab konfiguratsiyasi)

Quyosh panellari uchun amaliy maydon: tom maydonining taxminan 70 % → 4200 m².Standart quyosh paneli maydoni: 1,7 m².Rejalashtirilgan o‘rnatiladigan panellar soni: 40 dona

Monokristalli quyosh panellari yagona kristall quyma (ingot)dan kesib olingan yupqa quyosh elementlaridan tayyorlanadi. Har bir element bitta kristalldan ishlab chiqarilganligi sababli ular “mono” (yagona) kristalli deb ataladi. Ushbu turdagi panellar yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, cheklangan maydonda ko‘proq elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi [7].

1-Jadval

Monokristalli panellarning xarakteristikalari

Parametr	**Qiymati**
Model	Jinko Tiger Neo 580W
Nominal quvvat	580 W
Maksimal quvvat kuchlanishi	~43,3 V
Maksimal quvvat oqimi	~13,38 A
Ochiq zanjir kuchlanishi	~52,3 V
Qisqa tutashuv toki	~14,0 A
Modul samaradorligi	~22,4 %

ISSN 3030-3907

Element turi	N-turdagi monokristalli, 144 ta element
O‘lchamlari	2278 × 1134 × 35 mm
Og‘irligi	~27 kg
Ishlash harorati oralig‘i	−40 °C dan +70 °C gacha
Maksimal tizim kuchlanishi	1500 V (IEC)
Quvvat toleransiyasi	0 ~ +3 %

Ushbu N-turdagi monokristalli quyosh panellari yuqori samaradorlikka ega bo‘lib (~21–22 %) Qoraqalpog‘iston hududiga xos bo‘lgan keskin harorat sharoitlarida ishonchli ishlash uchun mo‘ljallangan. Panellarning ish harorati oralig‘i −40 °C dan +70 °C gacha bo‘lib, bu ularning ekstremal iqlim sharoitlarida barqaror ishlashini ta’minlaydi (1-jadval).Quyosh panellari yil davomida quyosh nurlanishi intensivligi, mavsumiy o‘zgarishlar hamda ob-havo sharoitlariga bog‘liq holda elektr energiyasi ishlab chiqaradi [8].

40 dona quyosh panelidan iborat tizimning umumiy o‘rnatilgan quvvati taxminan 34–35 kWp ni tashkil etadi va bu maktabning elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojining sezilarli qismini qoplash imkonini beradi. Quyosh panellarining uzoq muddatli ishonchliligi ishlab chiqaruvchi tomonidan taqdim etilgan 12 yillik mahsulot kafolati hamda 30 yillik chiziqli energiya ishlab chiqarish kafolati bilan tasdiqlanadi.Mazkur ma’lumotlar tizimning yillik energiya ishlab chiqarish salohiyatini, mavsumiy ishlash samaradorligini va maktab uchun barqaror energiya ta’minotiga qo‘shadigan hissasini kompleks tahlil qilish imkonini beradi. Shuningdek, ushbu natijalar quyosh va shamol energiyasini birlashtirgan gibrid tizimlar bilan solishtirish orqali Qoraqalpog‘iston kabi qurg‘oqchil hududlarda optimal energiya boshqaruvi strategiyalarini aniqlash uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [9]. Tizim **Fixed Tilted Plane (qotirilgan qiyalikli tekislik)** turida tanlangan. Hisob-kitoblarga ko‘ra, quyosh panellarining optimal qiyalik burchagi **36°**, azimut burchagi esa **16° (g‘arb tomonga og‘ish)** etib belgilangan. Ushbu qiymatlar hududning geografik kengligiga mos ravishda yillik quyosh nurlanishini maksimal darajada qabul qilish maqsadida aniqlangan.

Pastki qismdagi grafiklarda yillik nurlanish hosildorligining qiyalik va yo‘nalishga bog‘liqligi tasvirlangan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, 36° qiyalikda tizim maksimal samaradorlikka yaqin ishlaydi. Yo‘nalish bo‘yicha esa janubga yaqin, biroz g‘arb tomonga og‘ish optimal natija beradi (3-rasm).

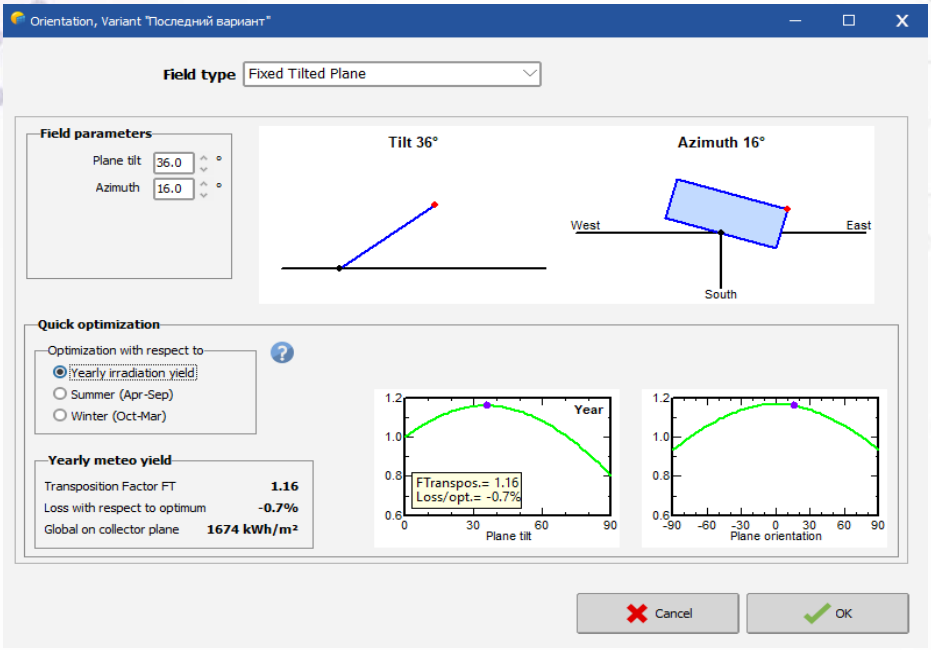
Hisoblangan ko‘rsatkichlar quyidagicha:

Transpozitsiya koeffitsienti (ET): 1.16

Optimal qiymatdan yo‘qotish: –0.7%

ISSN 3030-3907

Kollektor tekisligiga tushuvchi global nurlanish: 1674 kWh/m²



3-rasm. Jinko Tiger Neo 580W 40 panellarni joylashtirish

Maktab tom maydoni yil davomida quyosh nurlanishiga to‘siqsiz ochiq bo‘lib, bu fotoelektr tizimning barqaror va samarali ishlashini ta’minlaydi. Panellarning joylashuvi va qiyalik burchagi hududning geografik sharoitlarini inobatga olgan holda optimallashtirilgan bo‘lib, yillik elektr energiyasi ishlab chiqarishni maksimal darajada oshirishga xizmat qiladi. Ushbu joylashtirish soyalanishni minimallashtiradi, tabiiy shamollanishni yaxshilaydi hamda issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirib, tizimning umumiy samaradorligini oshiradi.

Fotoelektr panellar massivi maktab binosining tekis tom qismiga o‘rnatilgan bo‘lib, mavjud foydali maydon to‘liq darajada ishlatilgan holda quyosh energiyasini maksimal darajada yig‘ish imkoniyati yaratilgan. Modullar janub tomonga yo‘naltirilgan (azimut ≈ 180°), bu esa Qoraqalpog‘iston hududining geografik sharoitlari uchun eng maqbul yo‘nalish hisoblanadi. Hududiy quyosh geometriyasiga asoslanib 20–25° oralig‘idagi doimiy qiyalik burchagi tanlangan bo‘lib, bu modul yuzasiga tushuvchi yillik quyosh nurlanishini oshirish bilan birga mavsumiy soyalanish ta’sirini kamaytiradi [10]. O‘rnatish konstruksiyasi korroziyaga chidamli materiallardan tayyorlangan bo‘lib, Qoraqalpog‘iston cho‘l hududiga xos bo‘lgan yuqori yozgi haroratlar va vaqti-vaqti bilan kuzatiladigan kuchli shamol yuklamalarida mexanik barqarorlikni ta’minlaydi. Issiqlik boshqaruvi panellar ostida tabiiy konveksiya hisobiga amalga oshiriladi, bu esa quyosh elementlarining ish haroratini samarali diapazonda ushlab turib, tizimning umumiy ishlash samaradorligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

2-Jadval

Quyosh panel quvvati

Hisoblash	Natija
Umumiy quvvat:	580 W × 40 = 23,200 W = 23.2 kW
Umumiy og‘irlik:	27 kg × 40 = 1080 kg
Umumiy maydon:	2.278 m × 1.134 m = 2.58 m² × 40 = 103.2 m²

40 dona Jinko Tiger Neo 580W fotovoltaik moduldan qurilgan quyosh energiyasi tizimining texnik xususiyatlarini to‘liq yoritib beradi. Umumiy o‘rnatilgan quvvati 23,2 kVt bo‘lgan ushbu konfiguratsiya maktablar, tijorat binolari, fermer xo‘jaliklari, uzoq hududlardagi obyektlar va o‘rta o‘lchamdagi turar-joy tizimlari uchun yuqori darajada energiya ishlab chiqarishni ta’minlay oladi.O‘rnatish uchun kerak bo‘lgan umumiy maydon taxminan 103 m² ni tashkil etad. Shuningdek, tizimning umumiy og‘irligi 1080 kg ni tashkil qiladi, shuning uchun xavfsizlik va uzoq muddatli ishlashni ta’minlash uchun mos yuk ko‘tarish tahlili o‘tkazilishi muhimdir.Tiger Neo seriyasi yuqori samarali N-tipli monokristalli hujayralardan foydalanganligi sababli, energiya aylanishi yuqori, degradatsiya darajasi past va yuqori haroratli muhitlarda ishlash samaradorligi yaxshiroqdir. Bu esa 23,2 kVt tizimni kuchli quyosh nuri va o‘zgaruvchan iqlim sharoitlariga ega hududlar uchun ishonchli va bardoshli tanlovga aylantiradi [11].

Ushbu umumiy xususiyatlar tizimning maydon talablarini, struktura bo‘yicha hisob-kitoblarni, o‘rnatish rejalarini va kutilayotgan ishlash samaradorligini aniqlashga yordam beradi. Bunday ma’lumotlar optimal va uzoq muddatli quyosh energiyasi yechimini loyihalashda muhim ahamiyatga ega.

$$P_{pv} = G \cdot A_{pv} \cdot \eta_{pv} \qquad (5)$$

P_{pv} -PV panel quvvati (Watt, W), G — quyosh nurlanishi (irradiance, W/m²), A_{pv} — panel yuzasi (m²), η_{pv} — panel samaradorligi (%)

Tizim samaradorligini hisoblash;

$$P_{pvreal} = P_{pv} \cdot F_d \qquad (6)$$

F_d -tizim samaradorligini kamaytiruvchi omil (0.75–0.9 odatda)

Shamol elektr stantsiyasi – bu shamol energiyasini kinetik (mexanik) energiyadan elektr energiyasiga aylantiradigan energiya ishlab chiqarish tizimidir. Shamol turbinasida ishlab chiqarilgan energiya iste’molchilarga tarmoq orqali yetkaziladi yoki batareyalarda saqlanadi.

Shamol elektr stantsiyalari ikki asosiy turdagi turbinalardan foydalanadi: Rotor shamol yo‘nalishi bilan parallel ravishda joylashtirilgan. U yuqori samaradorlikka ega va katta quvvat tizimlari uchun mos keladi. Shu bilan birga, katta o‘rnatish maydonini talab qiladi.Kungratdagi maktab uchun, bu hududda

ISSN 3030-3907

o‘rtacha shamol tezligi nisbatan past bo‘lib 4,5 m/s oralig‘ida ekanligi inobatga olinsa, kichik o‘lchamdagi shamol energiyasi tizimini strategik tarzda joriy etish texnik jihatdan mumkin va ekologik jihatdan foydalidir.Past shamol tezligi sharoitida modeli bo‘lgan bitta gorizontal o‘qli shamol turbinasini o‘rnatish ilmiy jihatdan tavsiya etiladi. Ushbu konfiguratsiya energiya hosil qilishni optimallashtirish bilan birga, maktab hududida struktura xavfsizligi va maydon jihatidan amaliylikni ta’minlaydi.

Shamol generatori 5 kVt turbina taxminan 2,5 m/s shamol tezligida elektr energiyasini ishlab chiqarishni boshlay oladi, bu esa minimal shamol sharoitida ham ishlashni kafolatlaydi. Joriy shamol tezligiga qarab, bitta turbina oyiga taxminan 366–732 kVt·soat energiya hosil qilishi mumkin.

Ushbu konfiguratsiya nafaqat maktabning energiya ehtiyojlarini yuqori ishonchlilik bilan qondiradi, balki fotovoltaik quyosh panellari kabi boshqa energiya manbalarini o‘z ichiga olgan kengroq gibrid tizimga barqaror qo‘shimcha hissani ta’minlaydi. Bitta turbina ishlatilishi energiya ishlab chiqarishni taqsimlash imkonini beradi, bitta birlikka bog‘liqlikni kamaytiradi va tizimning umumiy chidamliligini oshiradi.

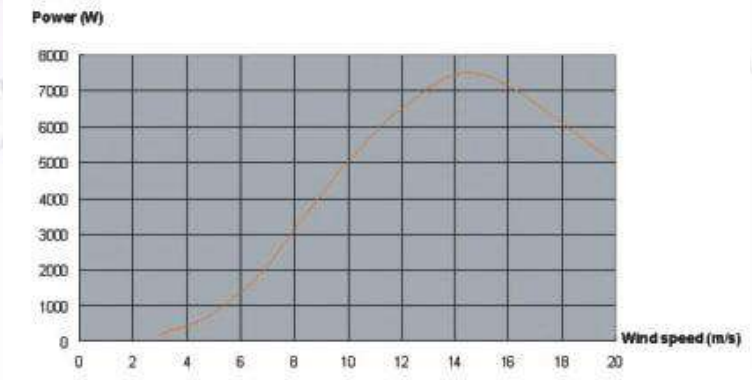
Shuningdek, muhandislik va operatsion nuqtai nazardan, taklif etilgan o‘rnatish har bir turbinaning xavfsiz mexanik chegaralarda ishlashini ta’minlaydi, struktura stressini va texnik xizmat ko‘rsatish ehtiyojlarini minimallashtiradi.

Shamol generatori 5 kVt gorizontal o‘qli shamol turbinasini o‘rnatish – maktabning energiya aralashmasiga qayta tiklanuvchi shamol energiyasini integratsiya qilishda ilmiy asosli, iqtisodiy jihatdan oqilona va texnik jihatdan amalga oshiriladigan yondashuvdir. Ushbu konfiguratsiya energiya hosil qilishni maksimal darajaga chiqaradi, ekologik barqarorlikni qo‘llab-quvvatlaydi va operatsion xavfsizlikni ta’minlaydi, shu bilan maktabning oyiga energiya iste’molini qondira oladigan gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimi uchun ishonchli asos yaratadi.

Hududning shamol energiyasi potensiali – bu ma’lum balandlikdagi shamol oqimining umumiy energiyasi bilan belgilanadi. Shamol energiyasi potensialini baholash jarayoni shamol ma’lumotlarini foydalanish mumkin bo‘lgan ko‘rsatkichlarga aylantirishni o‘z ichiga oladi. Bu barcha o‘lchangan parametrlarni mustaqil va stasionar deb hisoblash imkonini beradi.

$$V_{o‘rt} = \frac{\sum V_i}{n} = \frac{4.7+4.2+4.6+4.5}{4} = \frac{18}{4} = 4.5 \text{ m/s} \qquad (7)$$

ISSN 3030-3907



4-rasm. Shamol turbinasi quvvat grafigi

Shamol energiyasi shamol tezligining kubik funksiyasiga bog‘liq. Shuning uchun, shamol tezligidagi kichik o‘zgarishlar ham ishlab chiqariladigan quvvatga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shamol tezligi ikki baravar oshsa, ishlab chiqariladigan quvvat bir necha barobar ortadi. Shu sababli, shamoldagi hatto ozgina o‘zgarishlarga ham e’tibor berish zarur, chunki ular shamol turbinasining samaradorligiga katta ta’sir ko‘rsatishi mumkin.Turbina yerga o‘rnatilganda, yerning xususiyatlari ham hisobga olinishi lozim. Bo‘sh qumli tuproq yoki turli xil, o‘zgaruvchan iqlim sharoitida osongina o‘zgaradigan tuproqlar, turbina poydevorini mustahkamlash choralarini talab qiladi, masalan, ustunlar (pilalar) qo‘llash. Buning sababi shundaki, ish vaqtida shamol turbinasida sezilarli tebranishlar va uning tayanch elementlarining harakati yuz beradi.

O‘rnatish joyini tanlayotganda, shamol generatori bilan qo‘shimcha elektr uskunalari orasidagi masofani hisobga olish kerak. Masofa qancha qisqa bo‘lsa, kabel uzunligi ham shuncha qisqa bo‘ladi va uzatishda energiya yo‘qotilishi kamayadi. Agar masofa katta bo‘lsa, uzatishda kabelning kesimi kattaroq bo‘lishi ma’qul.Shamol generatorini o‘rnatish malakali xodimlar tomonidan amalga oshirilishi, ish davomida barcha zarur talablar va xavfsizlik qoidalariga qat’iy rioya qilinishi shart.5 kVt gorizontal shamol generatori maktab hududiga o‘rnatilganda, uning minorasi poydevorida taxminan 2,7 m² maydonni egallaydi. Bundan tashqari, minoraning 30° burchak ostida o‘rnatilishini va barqarorligini hisobga olsak, egallangan umumiy maydon taxminan 194 m²ni tashkil qiladi. Atrofida xavfsizlik zonasini saqlash zarur, bu esa binolar yoki o‘quvchilarga xavf tug‘dirmasligini ta’minlaydi.

Maydon S_m

$$S_M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}85^2}{4} = 2{,}7\ m^2 \qquad (8)$$

$$D_p = 2 \cdot h \cdot \sin\varphi = 2 \cdot 12 \cdot 0{,}5 = 12\ \text{m} \qquad (9)$$

$$S_P = S_{KB} = L_{KB}^2 = \frac{S_{okr}}{\pi \cdot 0{,}5} = \frac{\pi \cdot D_P^2}{\pi \cdot 4 \cdot 0{,}5} = \frac{D_P^2}{2} = \frac{12^2}{2} = 72\ \text{m}^2 \qquad (10)$$

ISSN 3030-3907

Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, bitta shamol turbinasini o‘rnatish uchun zarur bo‘lgan maydon 74,7 m² ni tashkil qiladi.

$$74.7\ m^2 \times 1 = 74.7\ m^2$$

Shamol turbinalarini o‘rnatishda quyidagi shartlar muhim hisoblanadi:

Joylashuv shamol tezligi yuqori bo‘lishi kerak,hudud tekis va baland bo‘lishi lozim.

Boshqa binolar elektr tarmoqlari yoki infratuzilmaga xalaqit bermasligi kerak.Ishlab chiqarish samaradorligi qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid energiya tizimlarini baholashning asosiy mezonlaridan biridir. Ushbu bo‘limda Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Kungrad tumani, 36-maktab uchun taklif etilgan quyosh-shamol gibrid tizimining iqtisodiy jihatlari tahlil qilinadi, ya’ni investitsiya xarajatlari, ishlash samaradorligi va moliyaviy samaradorlik ko‘rsatkichlari.

$$Z = (E_n K + C)/P \qquad (11)$$

Elektr ta'minoti ob'ektining P-o‘rnatilgan quvvati (kVt);

K- umumiy kapital qo‘yilmalar (so‘m)

3-jadval.

Gibrid quyosh-shamol tizimi uchun uskunalar narxlari jadvali

№	Mahsulot nomenklaturasi	Quvvati (Kw)	Miqdori(sumda)
1	Jinko quyosh paneli (~ 580 Vt 40 ta)	23	115 000 000
2	Shamol generatori (1 ta)	5	75 000 000
3	Umumiy kapital qiymati (CAPEX)		**190 000 000**

Quyosh paneli yillik elektr energiya ishlab chiqarishi (16) :$E_{PV} = P_{PV} \cdot H_{solar}$ (12)

$$E_{pv} = 23.2\ Kw \cdot 1650\ Kw = 38280\ \text{kWh/yi}$$

Shamol generatori yillik elektr energiya ishlab chiqarishi:

P_{sham} — real quvvat (V_o‘rta shamol tezligida),P_{nom}=5000Vt — nominal quvvat,$V_{o‘rta}$=4.5 m/s,V_{nom}=12 m/s nominal, Rotor diametri=6.2 m

Radius:6.2/2=3.1 m

$$A = \pi R^2 = 3.14 \cdot 3.1^2 = 30.2 m^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot p \cdot A \cdot C_p \cdot v^3 \qquad (13)$$

$$5000 = 0.5 \cdot 1.225 \cdot 30.2 \cdot C_P \cdot 11^3$$

$$C_p = 0.203$$

$$P = 0.5 \cdot 1.225 \cdot 30.2 \cdot 0.203 \cdot 4.5^3$$

$$P = 342\ W$$

ISSN 3030-3907

$$E = 0.342 \cdot 8760 = 2996\ Kwh/yil$$

Yillik energiya:$E_{shamol} = 263.5 \cdot 8760 = 2307\ kwh/yil$

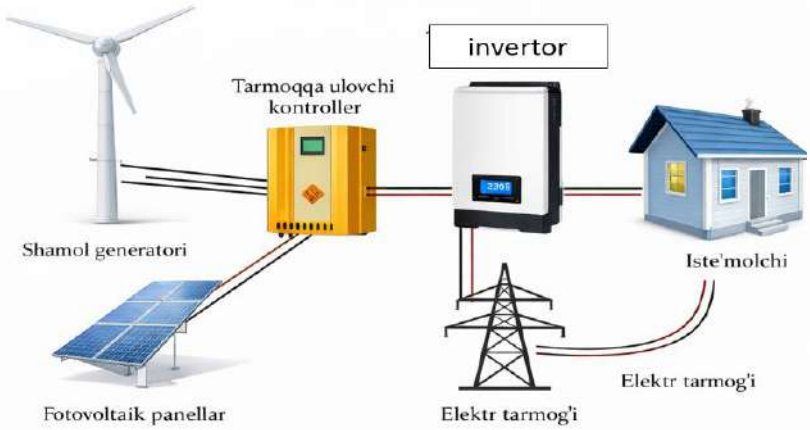
Umumiy yillik energiya:

$$E_{umumiy} = E_{pv} + E_{WT}$$=38280+2996 ≈41276 kWh/yil

Yillik daromad:

$$R_{year} = E_{total} \cdot C_{elektr} = 41276\ \times 400 \approx 16510400$$so‘m/yil

$$PP = \frac{CAPEX}{Syear} = \frac{190000000}{16510400} = 11.5\ yil \qquad (16)$$



5-rasm. Quyosh va Shamol energiyasidan birgalikda foydalanish

Mazkur loyiha umumta’lim maktabining elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyojini qisman yoki to‘liq qoplash maqsadida quyosh va shamol energiya manbalariga asoslangan gibrid elektr ta’minoti tizimini joriy etishni nazarda tutadi. Taklif etilayotgan tizim qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish orqali elektr energiyasi xarajatlarini kamaytirish, atrof-muhitga salbiy ta’sirni qisqartirish hamda barqaror energiya ta’minotini ta’minlashga qaratilgan.

Tizim tarkibiga shamol generatori va fotovoltaik panellar kiradi. Shamol generatori shamol kinetik energiyasini mexanik, so‘ngra elektr energiyasiga aylantiradi. Fotovoltaik panellar esa quyosh nurlanishi hisobiga doimiy tok (DC) elektr energiyasini hosil qiladi. Ushbu energiya manbalari iqlim sharoitlariga bog‘liq holda turli vaqtlarda faol ishlaydi, bu esa gibrid tizimning ishonchliligini oshiradi.

Shamol generatori va fotovoltaik panellardan olinadigan elektr energiyasi **tarmoqqa ulovchi kontroller** orqali boshqariladi. Kontroller energiya oqimini muvofiqlashtiradi, kuchlanish va tok parametrlarini barqarorlashtiradi hamda tizimning xavfsiz ishlashini ta’minlaydi. Keyingi bosqichda elektr energiyasi **tarmoqqa ulovchi invertor**ga uzatiladi. Invertor doimiy tokni o‘zgaruvchan tokka (AC) aylantirib, uni iste’molchi — ya’ni maktab binosining elektr tarmog‘iga uzatadi.

Hosil bo‘lgan elektr energiyasi avvalo maktabning ichki ehtiyojlari uchun sarflanadi. Agar ishlab chiqarilgan energiya miqdori iste’moldan ortiq bo‘lsa,

ISSN 3030-3907

ortiqcha energiyani umumiy elektr tarmog‘iga uzatish imkoniyati mavjud. Bu holat energiya samaradorligini oshiradi va iqtisodiy jihatdan qo‘shimcha foyda keltiradi.

Mazkur gibrid energiya tizimini maktab hududida joriy etish nafaqat iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali, balki o‘quvchilar uchun amaliy ta’limiy ahamiyatga ham ega. Ushbu loyiha qayta tiklanuvchi energiya manbalarini targ‘ib qilish, energiya tejash madaniyatini shakllantirish va barqaror rivojlanish tamoyillarini amaliyotga joriy etishga xizmat qiladi.

Quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid tizimning umumiy kapital qiymati 190 million so‘mni tashkil etadi. Loyihaning oddiy o‘zini oqlash muddati 11,7 yil bo‘lib, 25 yillik xizmat muddati davomida 16510400 million so‘m sof iqtisodiy foyda keltirdi. Gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimini joriy etish maktabning yillik elektr energiyasi xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Dastlabki investitsiya xarajatlariga qaramasdan, tizimning ekspluatatsiya muddati davomida yoqilg‘i xarajatlarining mavjud emasligi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarining pastligi loyihaning iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini ta’minlaydi.Bundan tashqari, ishlab chiqarilgan ortiqcha elektr energiyasini umumiy elektr tarmog‘iga uzatish imkoniyati mavjud bo‘lib, bu kelgusida maktab byudjetiga qo‘shimcha moliyaviy tushum manbai bo‘lishi mumkin.

XULOSA. Ushbu tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Kungrad tumani, 36-maktab misolida quyosh va shamol energiyasiga asoslangan gibrid energiya tizimining texnik, iqtisodiy va ekologik samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki: fotovoltaik panellar va gorizontal o‘qli shamol turbinalari integratsiyasi maktabning elektr energiyasi ehtiyojini qisman yoki to‘liq qoplash imkonini beradi. 40 dona Jinko Tiger Neo 580 W monokristalli quyosh paneli va bitta shamol generatori Bergey Exsel 5 kVt gorizontal shamol turbinasidan iborat tizim iqtisodiy tejashni ta’minlaydi. Loyihaning oddiy o‘zini oqlash muddati 11.5 yil bo‘lib, 25 yillik xizmat muddati davomida sof iqtisodiy foyda 6510400 million so‘mni tashkil qiladi.

Tahlil shuni ko‘rsatdiki, gibrid tizimlar bir necha energiya manbalarini birlashtirish orqali energiya ta’minotining uzluksizligini, ishonchliligini va umumiy samaradorligini oshiradi. Quyosh va shamol energiyasini birgalikda ishlatish mavsumiy va soatlik energiya ishlab chiqarishdagi o‘zgaruvchanlikni kamaytiradi, ortiqcha yoki yetishmayotgan energiya miqdorini minimallashtiradi. Shu bilan birga, tizim ekologik jihatdan toza bo‘lib, karbonat angidrid (CO_2) va boshqa zararli gazlar chiqarilishini sezilarli darajada kamaytiradi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid tizimlar chekka va izolyatsiyalangan hududlarda

ISSN 3030-3907

energiya ta’minotini ishonchli, ekologik barqaror va iqtisodiy jihatdan samarali tarzda tashkil etish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari ushbu hududlarda energiya boshqaruvi strategiyalarini ishlab chiqishda, shuningdek, boshqa maktablar va o‘rta o‘lchamdagi obyektlar uchun gibrid energiya tizimlarini loyihalashda muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Borowy B.S., Salameh Z.M. Shamol–quyosh gibrid tizimida akkumulyator va PV massivini optimal o‘lchamlashtirish metodologiyasi // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 1996. – 11(2). – B. 367–375.
2. Desideri U., Zepparelli F., Morettini V., Garroni E. Konsentrlangan quyosh energetikasi va fotoelektrik texnologiyalarni texnik va ekologik jihatdan taqqoslash // *Applied Energy*. 2013. – 102. – B. 765–784.
3. Heide D., Greiner M., von Bremen L., Hoffmann C. To‘liq qayta tiklanuvchi Yevropa energetika tizimida shamol va quyosh generatsiyasi ortiqchaligi sharoitida energiya saqlash ehtiyojini kamaytirish // *Renewable Energy*. 2011.
4. Yadav S., Kumar P., Kumar A. HOMER dasturi yordamida ko‘p energiya saqlash tizimli gibrid qayta tiklanuvchi energiya tizimining texnik-iqtisodiy bahosi // *Energy*. 2024. – 297. – 131231.
5. Samy M.M., Güven A.F. Tarmoqqa ulangan PV/shamol gibrid tizimlarini akkumulyator va superkondensator bilan optimal o‘lchamlashtirish // *Scientific Reports*. 2025. – 15. – 45658.
6. Wang Y., Chao Q., Zhao L. va boshq. Xitoyda shamol va fotoelektrik energiya salohiyatini baholash // *Carbon Neutrality*. 2022. – 1. – 15.
7. Mellit A., Kalogirou S.A. Fotoelektrik tizimlarda sun’iy intellekt usullaridan foydalanish // *Progress in Energy and Combustion Science*. 2008. – 34(5). – B. 574–632.
8. Kalogirou S.A. Quyosh energetikasi muhandisligi: jarayonlar va tizimlar. – 2-nashr. – Academic Press, 2014.
9. Lund H. Barqaror rivojlanish uchun qayta tiklanuvchi energiya strategiyalari // *Energy*. 2007. – 32(6). – B. 912–919.
10. Rehman S., El-Amin I. Uzoq hudud uchun quyosh PV–dizel–akkumulyator gibrid tizimini tadqiq etish // *Energy*. 2015. – 83. – B. 705–713.
11. Khan M.J., Iqbal M.T. Mustaqil (off-grid) gibrid energiya tizimlarini dastlabki texnik-iqtisodiy tahlili // *Renewable Energy*. 2005. – 30(6). – B. 835–854.
12. Diaf S., Notton G., Belhamel M., Haddadi M., Louche A. Turli meteorologik sharoitlarda PV/shamol gibrid tizimini loyihalash va optimallashtirish // *Applied Energy*. 2008. – 85(10). – B. 968–987.

ISSN 3030-3907

13. Kodirov D., Tursunov O., Talipova D. Energiya ta'minotida qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanishga tizimli yondashuv // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. – 614. – 012038.
14. Siddikov I., Temirov A. Gibrid energiya ta'minoti: resurslarni boshqarish va monitoring // *International Journal of Theoretical and Applied Digital Technologies*. 2024. – 7(1). – B. 59–65.
15. Rathod A.P.S., Mittal P., Kumar B. Hududga tushadigan quyosh nurlanishiga ta'sir qiluvchi omillar tahlili // ETCT xalqaro konferensiyasi materiallari. – IEEE, 2016.
16. Solar Engineering of Thermal Processes J.A. Duffie, W.A. Beckman Wiley, 4th Edition, 2013.
17. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application John F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers 2nd Edition, Wiley, 2010.

ISSN 3030-3907