ISNN 3030-3907

2025/11
VOLUME 1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

ISSUE/11 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.

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

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

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro davlat texnika universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro davlat texnika universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro davlat texnika universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro davlat texnika universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro davlat texnika universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro davlat texnika universiteti, 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 davlat texnika universiteti, dotsent.

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

ISSN 3030-3907

MUNDARIJA

1	Synthesis, structural, linear, and nonlinear optical studies of inorganic–organic hybrid semiconductors (r– $c_6h_4chch_3nh_3)_2pbi_4$, (r = ch_3, cl) *P. K. Kodamboev* *Kh. Kh. Turaev* *A. B. Ibragimov* *C. Balakrishnan* *F. S. Narimanova* *F. Z. Gulomov*	9
2	Nonlinear optical (nlo) materials: synthesis, crystal structure and characterization of a new organic–inorganic hybrid material 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(iv). *P. K. Kodamboev* *Kh. Kh. Turaev* *A. B. Ibragimov* *C. Balakrishnan* *F. S. Narimanova* *F. Z. Gulomov*	20
3	Fuzzy logic asosida co_2 absorbsiya tizimini avtomatlashtirilgan boshqarish *Safarov Qilichbek* *Normo'minov Azizbek Bobomurod o'g'li*	28
4	Synthesis, crystalline structure, analysis of dihalide bis ((pyridin-1-ium-4-yl) methanaminium) hexagalostannate (iv). *P. K. Kodamboev* *Kh. Kh. Turaev* *A. B. Ibragimov* *C. Balakrishnan* *F. S. Narimanova* *F. Z. Gulomov*	36
5	Mashinani o'qitish usullari va uning noqonuniy mayning faoliyatini aniqlash sohasiga tatbiqi *Risqaliyev Jaxongir Dadajon-o'g'li*	50
6	Mathematical modeling of optimal electricity usage in continuous production enterprises considering technological specifics *I.U. Rakhmonov* *N.N. Kurbonov* *L.A. Nematov*	56
7	Tif tn ga muvofiq 22- tovar guruhi alkogolli va alkogolsiz ichimliklarni tasniflash. Alkogol mahsulotlarini qalbaki ichimliklardan farqlash usullari *Radjabova Lobar Ramazonovna* *Nuriddinova Hadicha Zavqiddin qizi*	64
8	Elektron ta'lim va masofaviy o'qitish. Tibbiyot xodimlari uchun raqamli o'qitish platformalari. *Voxidov Dilshod Alikulovich* *Hamroyeva Dilbar Ulug'bekovna* *Suvanova Nigina Qilichboy qizi*	69
9	O'zbekiston bozorlarida qalbaki tovarlarni aniqlash va ularga qarshi kurashish. Kontrafakt tovarlarni inson salomatligiga salbiy ta'siri *L.R.Radjabova.* *Sayfullayeva Dilbar Shavkat qizi*	76
10	Muhandislik grafikasi fanlarini o'qitishda interaktiv ta'lim vositalaridan foydalanish masalalari *Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi.*	81
11	Reaktiv quvvatni boshqarishda matematik modellashtirish asoslari *I.U. Raxmonov* *Sh.M. Atajiyev* *L.A. Nematov*	87

ISSN 3030-3907

12	Avtomobil dvigatel tyuningi *Maxmudov Abrorxon Axmadxonovich* *Ne'matov Husniddin Alijon o'g'li*	95
13	Biznesning raqamli transformatsiyalashuvi *Abdulaziz Umarov* *Sharofiddin Tohirov*	101
14	Kutubxonada ish jarayonida avtomatlashtirilgan Intellektual dezinfeksiyalovchi qurilmani ishlab chiqish *Burxonov zafarbek a'zamjon o'g'li*	105
15	Degidroasetik kislota atsetil gidrazonining hirshfeld yuza tahlili va spektral tadqiqoti *Ramazonov Sanjar Halim o'g'li* *Tursunov Murod Amonovich* *Xudoyberganov Oybek Ikromovich*	114
16	Rux, mis, kadmiy va temirning chiqindi-keklardan eritmaga o'tish jarayonida kislota konsentratsiyasining roli *Hojiyev Shohruh Toshpo'latovich* *Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich* *Xaydaraliyev Xolbay Rustam o'g'li*	120
17	*Eurygaster integriceps*dan klassik usulda olingan xitozanning dda(deatsetillanish darajasi) qiymatini aniqlash *Karimov Sherali Xasanovich* *Sherg'oziyev Qilichbek Marufjon o'g'li*	129
18	Fermer xo'jaliklarida cheklangan suv resurslarini taqsimlash masalasi *Jarilkanov Baxtiyar Pishenbaevich* *Shagimbaev Dauranbek Maksetovich*	137
19	Effect of temperature on hydrometallurgical reductive-leaching of zinc cakes *Khojiev Shokhrukh Toshpulatovich* *Kholikulov Doniyor Bakhtiyorovich* *Khaydaraliev Kholbay Rustam o'g'li*	143
20	The necessity of organizing video surveillance services on automobile roads of uzbekistan *Khojiyeva Dilshoda* *Ergashov Bakhodir*	155
21	Извлечение йода из подземных вод химическими и электросорбционными методами *Бегманов Сафар Нурмаматович*	162
22	Qishloq va suv xo'jaligida ishlaydigan elektr motorlarning kamchiliklari va ularning yechimi. *Yunusov Rustem Faikovich* *Rahmonov Shahobiddin Safaralievich* *Xushboqov Botir Azamat o'g'li* *Abdullayev Mashrab Xamro o'g'li*	175
23	Tadqiqot obyekti bo'lgan jamoat binosini issiqlik yuklamasini hisoblash va energiya samaradorligini baholash *Tursunov Doniyor Abdusalimovich* *Xalilova Feruza Abdulvosiyevna*	183
24	Metanning oksidlanish-kondensatlash reaksiyasi davomida hosil bo'lgan etilenni yuqori sorbtsion qobiliyatli sorbentlarda desorbtsiya qilish *Raxmatov Shokirjon* *Faizullaev Normurod*	190
25	Gaz-kimyo majmuasining ishlab chiqarish jarayoni chiqindilarini utilizatsiya qilish orqali uglevodorod yoqilg'ilari ishlab chiqarishning innovatsion texnologiyalari *Ismoilov Mo'minjon Yusupovich* *Qurbonaliyev Komronbek Azamat o'g'li*	199
26	Neytron yulduz energetikasining nazariy tahlili va brane zaryadining neytron yulduzi energetikasiga ta'siri *Maksud Maxmudovich Umaraliyev*	206

ISSN 3030-3907

27	Analysis of the operating mechanism of thermoelectric materials *Khojimatov Islombek Turg'unboy o'g'li*	217
28	Iqtisodiy jarayonlarni iqtisodiy-statistik modellar asosida tahlil qilish va bashoratlashning nazariy asoslari *Norqobilova Feruza Abduhomidovna* *Xoliyorova Hilola Komil qizi*	223
29	Namlik yuqori hududlarda turli xil antishtripping agentlar bilan modifikatsiyalangan asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlari va ularning to'ldiruvchilar bilan namlikka sezgirligini eksperimental o'rganish *M.J.Maxmudov* *A.A.Saloydinov* *J.B.Sayfulloyev*	229
30	Muhandislik grafikasi fanlari o'qituvchilarining kasbiy kompetensiyalarini oshirishning nazariy asoslari *Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi*	252
31	Kremniy organik qoplamani hosil qilish usullari *Eshmurodov X.E* *Usanova Farzona Beknazar qizi* *Elbek Asomiddinov Nurbek o'g'li*	257
32	Blended learning asosida o'qitish uchun elektron platforma yaratish va joriy etish metodikasi *Mirzaaxmedov Muxammadbobur Karimberdiyevich* *Qobulova Madina Tuxbatillo qizi*	264
33	Нордон компонентларнинг газ аралашмалари хоссаларига таъсирининг таҳлили *Раҳимов Бобомурод Рустамович* *Муҳаммадиев Ҳусайн Ализода*	271
34	Сув миқдорининг диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 эритмаси эритмаси ёрдамида палладий(ii), кумуш(i) ва симоб(ii) ни сувсиз амперометрик титлашда таъсири. *Сафарова Гулжахон Эштемировна*	277
35	Sun'iy intellekt yordamida big data tahlili *Shodmonov Mirjahon Normurod o'g'li*	284
36	Solar collector technologies for cotton processing: a comprehensive review on performance, economics, and sustainability *Mirsultanov Ilkhomjon Mirzakhakimovich*	290
37	Interpolimerlarni (xspe:ed-20) 20:80 nisbatlardagi aralashmalarni termik destruksiyasi tahlili *To'rasunnat Shomansurxon Karomatxo'ja o'g'li* *Ro'ziqulov Azim Yusupovich* *Karimov Oybek Tirkavovich*	299
38	Korxonada risk-menejment tizimini shakllantirish va qo'llash usullari *Toshtemirova Setora Nurulla qizi*	306
39	Utilization of raw materials through recycling of roving waste *Alixonov Sharifxon Saidolimxon o'g'li* *Nigora Junaydullayeva Xabibullayevna* *Bobojanov Xusanxon Toxirovich*	315
40	Intellektual adaptiv tizimlarda vaqt chegaralarini modellashtirish masalasi *Sabirov Ulug'bek Kuchkarovich*	321
41	Продвижение ресурсов и услуг библиотек: опыт информационно-библиотечных центров ташкенсткой и хорезмской областей *Гребенюк Мартин Валентинович*	332
42	Конструктивные и технические решения повышения энергоэффективности зданий в условиях узбекистана *Кодиров Сардор Собир угли*	338
43	Разработка алгоритма конвейерной обработки «речь → текст → эмоция» *Нугманова М.А.*	347
44	Shaxsni yuz tasviri bo'yicha biometrik identifikatsiya qilishga asoslangan kirishni nazorat qilish va boshqarish tizimlari *Ataxanov M.X.*	353

ISSN 3030-3907

	Xusainov N.O. *Jo'rayev Sh.U.* *Abdullayeva B.M.*	
45	Tritsiklik xinazolonlarda boradigan bir reaktorli kross-birikish reaksiyalari *Xushvaqtova Gulbahor Hamdam qizi* *Mahmadiyorova Charosxon Erkinovna*	363
46	Влияние условий хранения печенья на развитие гнилостной микрофлоры: сравнительный анализ *Рахмонов Кахрамон Санакулович* *Атамуратова Тамара Ивановна*	368
47	Metanni oksidlanishli kondensatlash reaktsiyasi natijasida hosil bo'lgan etilen desorbtsiyasini yuqori sorbtsion xususiyatga ega bo'lgan sorbentlarda o'rganish *Raxmatov Shokirjon*	378
48	Study of the influence of the type of carriers and impregnation conditions on the structure, phase composition, and coordination of molybdenum and nickel ions in dearomatization catalysts *Dilnavoz Fayzulloyevna Asadova* *Farmonova Zuhra Abdisalom qizi*	390
49	Effect of laponite modification on the adsorption efficiency of cationic and anionic dyes *Kalbaev Alisher* *Abdikamalova Aziza* *Mamataliyev Nozim* *Yuldasheva Muniraxon* *Muratov Mirtohir*	397
50	Modern technologies and innovations in road construction *Khondamir Yusupbekov*	405
51	Kompyuter tomografiyasi orqali saraton kasaligini aniqlash *Abdullayeva Aziza Zavqiddin qizi* *Voxidov Dilshod Alikulovich*	415
52	Извлечение йода из подземных вод химическими и электросорбционными методами *Бегманов Сафар Нурмаматович*	422
53	Turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o'zgarishlarini kompleks monitoring orqali texnik holatni aniqlash *Gafurova Shalola Xolmurodovna* *Narzullayev Bobur Shirinboy o`g`li*	435
54	Kungaboqar qobig'ining termik parchalanish jarayonlarini o'rganish va ularning termik hamda spektral tahlili *Maratov N.K.* *Abdikamalova A.B.* *Muratov M.M.* *Kalbaev A.M.* *Zaripbayev K.Sh.*	443
55	Tukli chigitlar havo quvuri yordamida harakatini nazariy tahlili *Abdixamidov Nurbek Ural o'g'li*	452
56	Parallel va asinxron hisoblash asosida neyro-taqsimlangan kognitiv adaptiv optimallashtirish modeli *Choriyev O'rinjon Bayramali o'g'li* *Boysariyev Yusuf Jo'raqobilovich*	459

ISSN 3030-3907

ISSN 3030-3907

SYNTHESIS, STRUCTURAL, LINEAR, AND NONLINEAR OPTICAL STUDIES OF INORGANIC−ORGANIC HYBRID SEMICONDUCTORS ($(R- C_6H_4CHCH_3NH_3)_2PBI_4$, (R = CH_3, Cl)

P. K. Kodamboev

Khorezm Mamun branch of Uzbekistan Academy of Sciences, Markaz-1, Khiva 220900, Uzbekistan.

Kh. Kh. Turaev

Termez state University 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Uzbekistan.

A. B. Ibragimov

Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, 100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a Tashkent, Uzbekistan.

C. Balakrishnan

Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, 100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a Tashkent, Uzbekistan.

F. S. Narimanova

Termez state University 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Uzbekistan.

F. Z. Gulomov

Westminster International University in Tashkent

Abstract: The synthesis, crystal structure, and optical properties of two-dimensional (2D) layered inorganic-organic (IO) hybrid semiconductors, namely $(R\text{-}C_6H_4C_2H_4NH_3)_2PbI_4$, where R can be either CH_3 or Cl. These compounds exhibit a natural self-assembly.

Keywords: Synthesis of the nonlinear optical materialls of Inorganic−Organic Hybrid Semiconductors of $(Cl\text{-}C_6H_4\text{-}C_2H_4\text{-}NH_3)_2PbI_4$ with PbJ_4 salt, study of its composition and structure by physical research methods.

Annotatsiya: Ikki o'lchamli (2D) qatlamli noorganik-organik (NO) gibrid yarimo'tkazgichlar, ya'ni $(R\text{-}C_6H_4C_2H_4NH_3)_2PbI_4$, ning sintezi, kristall tuzilishi va optik xususiyatlari keltirilgan, bu yerda R CH_3 yoki Cl bo'lishi mumkin. Ushbu birikmalar tabiiy o'z-o'zidan yig'ilish xususiyatiga ega.

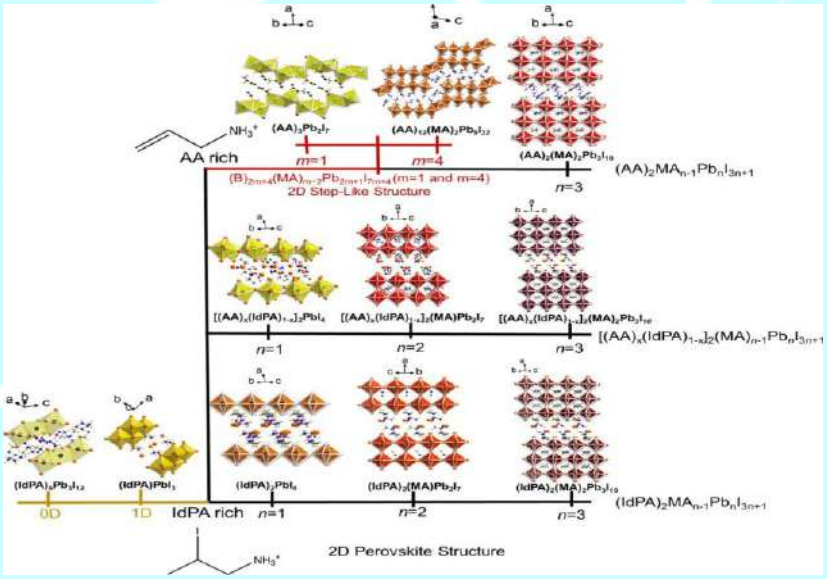
Kalit so'zlar: $(Cl\text{-}C_6H_4\text{-}C_2H_4\text{-}NH_3)_2PbI$ ning PbJ_4 tuzi bilan noorganik−organik gibrid yarimo'tkazgichlarning nochiziqli optik materiallarini sintez qilish, uning tarkibi va tuzilishini fizik tadqiqot usullari yordamida o'rganish.

Аннотация:Исследовании представлены синтез, кристаллическая структура и оптические свойства двумерных (2D) слоистых неорганических-органических (IO) гибридных полупроводников, а именно $(R\text{-}C_6H_4C_2H_4NH_3)_2PbI_4$, где R может быть либо CH_3, либо Cl. Эти соединения демонстрируют естественную самосборку.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова:Синтез нелинейных оптических материалов неорганических–органических гибридных полупроводников (Cl-C_6H_4-C_2H_4-$NH_3)_2PbI_4$ с солью PbJ_4, изучение его состава и структуры физическими методами исследования.

Methodology. $(RNH_3)^+$ moieties sandwiched between two infinite 2D layers of the $[PbI_6]^{4-}$ octahedral network, resembling IO multiple quantum wells. The CH_3 compound crystallizes in an orthorhombic system in the $C_{mc}2_1$ space group, while the Cl compound crystallizes in a monoclinic system in the $P2_1/c$ space group. When fabricated as thin films, both compounds exhibit good orientation along the (100) direction. Single crystals and thin films of these compounds display strong Mott-type exciton features at room temperature, which are highly influenced by the self-assembly and crystal packing. The confined excitons, residing within the lowest band gap of the inorganic material, exhibit distinct photoluminescence peaks under one- and two-photon excitation. The perfectly aligned 2D self-assembly generates free excitons, while the locally crumpled layered arrangement leads to energy down-shifted excitons.



This study successfully presents the structural aspects of these novel IO hybrids and highlights the various differences in their physical and optical properties.

Scientific news. Inorganic–organic (IO) naturally self-assembled hybrid systems have been a fascinating subject of interest for many years because of their strong room-temperature excitons with high oscillator strength,[1–3] interesting structural features,[4-7] magnetic properties,[8] and promising electrical aspects.[9–11] The self-assembled systems from the class of $(RNH_3)_2MX_4$ (R= organic) are special and considered as natural multiple quantum well (MQW) structures where two $(RNH_3)^+$ moieties are sandwiched between two infinitely extended layers of $[MX_6]^{4-}$ octahedral. These two-dimensional (2D) IO hybrids show strong Mott type

ISSN 3030-3907

excitons within the MX_6 network. As a result of dielectric contrast and quantum confinement-related effects,[12] the exciton binding energies are enhanced larger than 200 meV.[13] The band gap tunability can be conveniently achieved from ~2 to ~3.2 eV by changing divalent metal halide (MX_2) inorganic entities alone (where M = Pb^{2+}, Mn^{2+},Sn^{2+}, Ge^{2+}, Eu^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+}, and X = F^-,Cl^-, Br^- , I^-).[20–23] Such synergy between inorganic and organic has produced a great promising effect that led to the demonstration of many applications, namely, LEDs,[27]FETs,[21-22] solar cells, polariton lasers,[12-15] optical switches,[20-24] electro-optical modulators,[16] and so on. While the 2D crystal packing from RMX_3-type group entities is the most common, the organic moiety $(R{-}NH_3)^+$ conformation within the MX_2 network may lead to other dimensionalities depending on the type of the organic moiety, size, shape, and amino group location.[9-11]

Results obtained. Recently, it is well explored that the structural influence of the organic moiety in 2D IO hybrids $(RNH_3)_2PbI_4$ (R = organic) directly influences the Pb−I−Pb crumpling angles and eventually band gap changes which directly reflects in the exciton energies.[23-24] In this communication, we have studied the synthesis, crystal structure.

Room-temperature exciton features in the 2D IO hybrid semiconductors, $(CH_3{-}C_6H_4{-}C_2H_4NH_3)_2PbI_4$ (MPEPI) and $(Cl\text{-}C_6H_4\text{-}C_2H_4\text{-}NH_3)_2PbI_4$ (CEPI) (Table 1). For both, the crystallographic, thermal, and optical studies are systematically performed and presented here. A critical comparison of MPEPI and CEPI is reported in this paper the inorganic network.

Table 1.

Empirical Names and Chemical Formulae of the Synthesized IO-Hybrids

s. no	empirical name	chemical formula
1.	1-(4-chlorophenyl) ethylammonium tetraiodoplumbate (CEPI)	$(Cl{-}C_6H_4{-}C_2H_4NH_3)_2PbI_4$
2.	1-(4-methylphenyl) ethylammonium tetraiodoplumbate (MPEPI)	$(CH_3{-}C_6H_4{-}C_2H_4NH_3)_2PbI_4$

Here, we focus on linear (onephoton induced, $\hbar\omega \geq Eg$) and nonlinear (two-photoninduced, $2\hbar\omega \geq Eg$) optical excitations to study various possible exciton energies that are possible in these 2D-aligned single crystals.[21] One-photon absorption (1PA, $\hbar\omega \geq Eg$) due to high absorption coefficients results into quite small penetration depths ($\sim 1/\alpha 0$),[22] therefore, conventional photoluminescence (1PA-PL) provides information only from the near-surfaces and are influenced by many unwanted effects such as background emission, photo-bleaching, ablation, laser heating effects, and so forth.[23] On the other hand, two-photon absorption

ISSN 3030-3907

(2PA) is a well-known third-order nonlinear effect which utilizes two infrared photons ($2\hbar\omega \geq Eg$) and undergoes an electronic transition from the ground state to the excited state through an intermediate virtual state within the band gap. CEPI crystallizes into the monoclinic system in the space group $P2_1/c$, whereas MPEPI crystallizes into the orthorhombic system in $Cmc2_1$ space group. The unit cell dimensions of MPEPI are a = 32.544 Å; b = 9.316 Å; c = 8.6028 Å and $\alpha = \beta = \gamma$ = 90°; on the other hand, the cell dimensions of CEPI are a = 16.200 Å; b = 9.2695 Å; c = 8.6314 Å and β = 96.738°. For MPEPI, the Pb−I−Pb bond angle is 147.27°; I−Pb−I bond angles are 84.17, 90.98, 95.86, and 88.2°; Pb−I bond lengths are in the range of 3.159 and 3.336 Å; C−C bond lengths are in the range of 1.350 and 1.536 Å; the C−N bond length is 1.529 Å. In case of CEPI, the Pb−I− Pb bond angle is 153.72°; I−Pb−I bond angles are 93.83, 86.14, 85.48, and 94.52°; Pb−I bond lengths are 3.285 and 3.232 Å; C−C bond lengths are in the range of 1.360−1.511 Å; the C−Cl bond length is 1.747 Å; and the C−N bond length is 1.507 Å. Both the structures consist of 2D alternate layers of PbI_6 and organic ammonium. This alternate layer fashion contains a double layer of protonated organic ammonium cations which are being sandwiched between infinitely extending PbI_6 sheets as shown in Figure 1. Layers are infinetely extended by corner-sharing distorted PbI_6 octahedra with the neighboring four octahedra through double-bridging iodine atoms. The complete crystallographic data of both MPEPI and CEPI are given in the Supporting Information (Table S1).

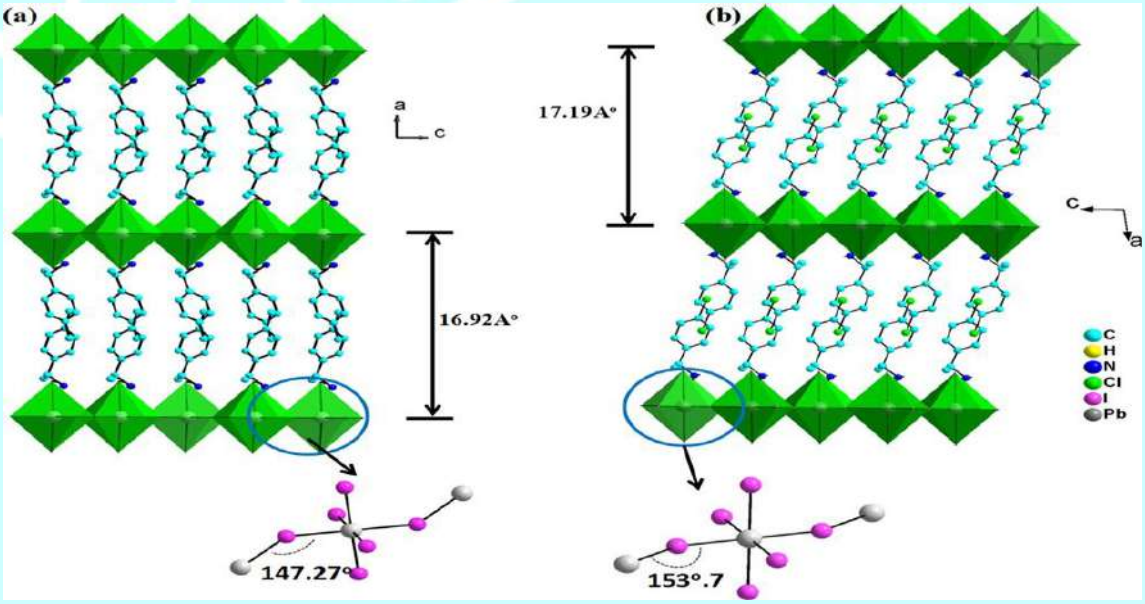


Figure 1. (a,b) Crystal packing of MPEPI and CEPI showing layer separation and Pb−I−Pb bond angle, respectively. (Hydrogens are omitted for clarity).

The separation between the infinitely extended lead iodide sheets is found to be 16.92 and 17.19 Å in MPEPI and CEPI, respectively. This difference can be attributed to the difference in the π–π and C−H–π interactions between the phenyl rings

ISSN 3030-3907

having different chemical environments around them. In both the crystal structures, the PbI_6 octahedra are slightly tilted because of in-plane Pb−I−Pb bond crumpling. This is observed to be ∼153.7 and ∼147.27° in CEPI and MPEPI, respectively.

Methods and materials. MPEPI and CEPI are prepared by conventional solution processing techniques.[23-25] In both the cases, stoichiometric quantities of organic [1-(4-methylphenyl) ethylamine or 1-(4- chlorophenyl) ethylamine] and lead (II) iodide (PbI_2) were taken in HI (55%) separately and stirred thoroughly to get clear solutions. These two solutions were mixed together slowly with constant stirring. The resultant precipitation is separated and dried properly. Both MPEPI and CEPI are dissolved in the acetonitrile solvent to get a saturated solution. Slow evaporation of saturated solution left dark yellow-colored crystal platelets and pale yellow rodlike crystals for CEPI and MPEPI, respectively. Suitable crystals are selected for single crystal analysis and optical studies.

Single crystal X-ray diffraction. Single crystal X-ray diffraction studies were carried out on BRUKER AXS SMART-APEX diffractometer with a CCD area detector (Mo Kα = 0.71073 Å, monochromator = graph- ite).[13-17] The thin films of MPEPI and CEPI are prepared by the spin-coating technique (typically at 3000 rpm resulting in the uniform film thickness of 120 nm), dissolving crystals in the acetonitrile solvent at a temperature slightly below room temperature. These thin films are used for glancing angle X-ray Diffraction (GAXRD) using Cu Kα (1.5418 Å) radiation. Absorption spectra are recorded using a Shimadzu UV-VIS- NIR3600 spectrometer. Thermo gravimetry (TG) was carried out between 25 and 800 °C at a scan rate of 5 °C/min under N_2 atmosphere using Al_2O_3 as the reference material. One- and two-photon absorption-induced photoluminescence (1PA-PL and 2PA-PL) was performed using 400 nm CW diode laser and high-intensity femtosecond Ti:Sapphire mode-locked oscillator laser (Spectra-Physics; MaiTai, tunable between 690 and 1040 nm, repetition rate = 84 MHz and pulse duration = 120 fs.). For 1PA-PL excitation, the sources are either from 400 nm CW diode laser or 400 nm (frequency doubled 800 nm) fs1 laser. High-resolution PL images, PL spatial spectral mapping of CEPI and MPEPI single crystals were carried out using an optical upright microscope (BX51, Olympus) by using above lasers. Spatial mapping was carried out by a controlled motorized $X-Y$ stage attached with the microscope. The fiber optic-coupled spectrometer (Ocean Optics; QEPro) is used to collect the spectra through appropriate high and low pass filters.

Figure .This sort of bonding helps in rigid confirmation of the sensitive organic part of the IO hybrid system.It is interesting to compare with the previous studies[25] of similar hybrids formed by organic moieties, 4-X−$C_6H_4NH_2$, where X = Cl or CH_3O. When chloro-aniline is substituted as the organic moiety, the

ISSN 3030-3907

organic–inorganic hybrid assembles as a 2D-layered network [(Cl–$C_6H_4NH_3)_2PbI_4$], whereas for methoxy–aniline, the resultant network is composed of 1D PbI ribbons as [(CH_3O–$C_6H_4NH_3)_2Pb_3I_8 \cdot 2H_2O$].

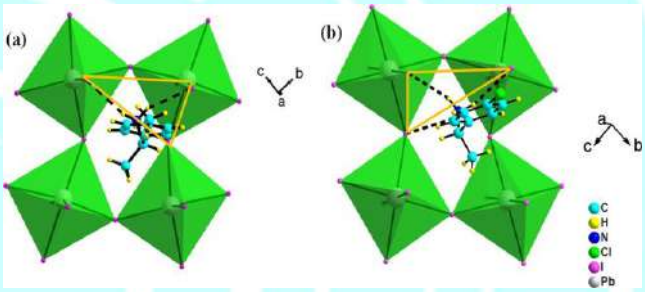


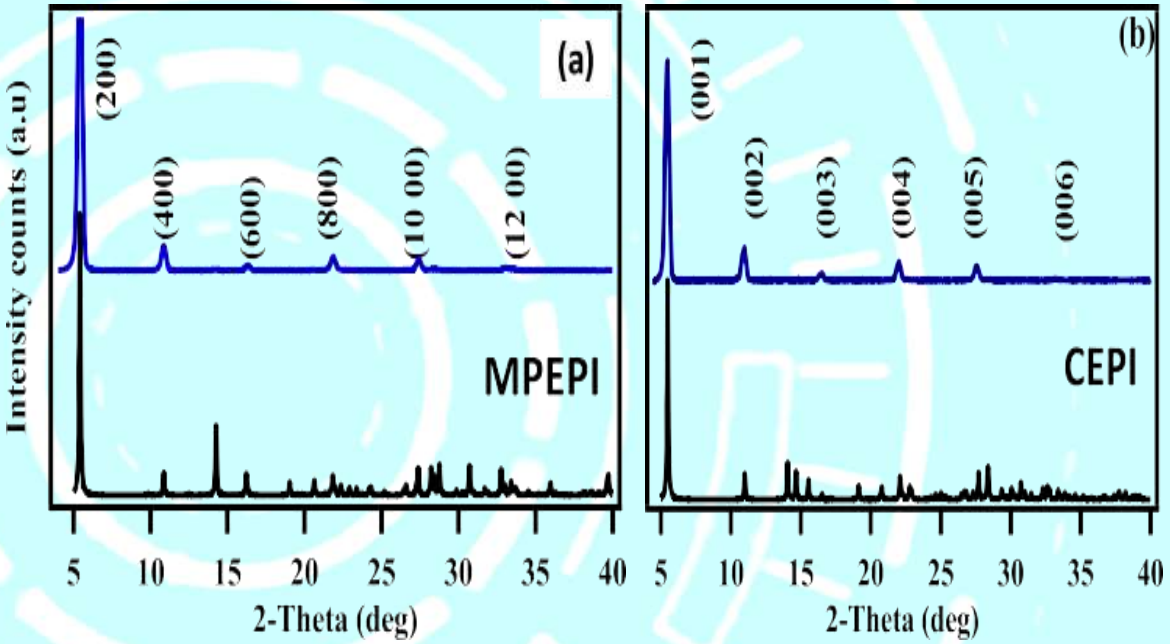
Figure 2. (a,b) Showing terminal halide and right-angled triangle bonding configuration in both MPEPI and CEPI, respectively.The thin-film glancing angle X-ray diffraction (GAXRD) pattern shows strong orientation in both MPEPI- and CEPI- layered sheets along (2*l*00) and (00*l*) (*l* = 1,2,3..) directions, respectively, as shown in Figure 3. The corresponding *d*- spacing in MPEPI and CEPI are 16.25 and 16.89 Å, respectively, which are the same as observed from the single crystal diffraction analysis. As shown in Figure 3, the thin-film XRD is coinciding with the observed powder XRD extracted from the crystallographic information.

The thermogravimetry analysis (TGA) and the derivative thermogravimetry (DTG) curve of MPEPI (Figure 4a), the temperature up to which it is stable is observed to be 231 °C, suggests that both are thermally stable up to 240 °C with organic decomposed with a weight loss of 49.95%. After this, only PbI_2 remains in the sample. In case of CEPI (Figure 4b), it is suggested that it is thermally stable up to 240.6 °C. Below this temperature, the intermediate organic is stable and a weight loss of 50.48% (which is 1.893 mg out of 3.75 mg) is observed with further increase in temperature. This weight loss suggests complete decomposition of organic, leaving PbI_2 alone behind. The thermal stability suggests that both these hybrids can be used for device operations even up to 200 °C. Beyond this temperature, organic completely decomposes with a weight loss of 52.66% (which is 2.94 mg out of 5.7487 mg), leaving PbI_2 behind.

Optical Absorption and PL Features of IO Hybrid. These 2D IO hybrids are naturally self-assembled into alternative stacks of the PbI_6 infinitely extended network, where organic moieties are conformed within the layer spacing (Figure 1)., the Pb–I–Pb angles are observed to be ~153.7 and ~147.27° for CEPI and

ISSN 3030-3907

MPEPI, respectively (Figure 1). Therefore, it is obvious that the more crumpled



(MPEPI) system shows UV side shift compared to the less crumpled CEPI system. If we compare with other 2D IO hybrids published previously,[23] (4-$ClC_6H_4NH_3)_2PbI_4$ (4- chloroanilinium tetraiodoplumbate, CAPI) is having a relatively more crumpling Pb−I−Pb angle (143.01°) with the corresponding PL peak at 484 nm, while $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2PbI_4$ (phenyl ethylammonium tetraiodo- plumbate, PAPI) is having a more planar arrangement with the Pb−I−Pb angle (155.43°) with red-end emission at 523 nm.**Figure 3**. (a,b) are the thin film glancing angle XRD (GAXRD) of MPEPI and CEPI (blue) and powder XRD (black) extracted from single crystal XRD data with the orientation on the substrate along (0,0,*l*) and (2*l*,0,0) (*l* = 1,2,3...) planes, respectively.

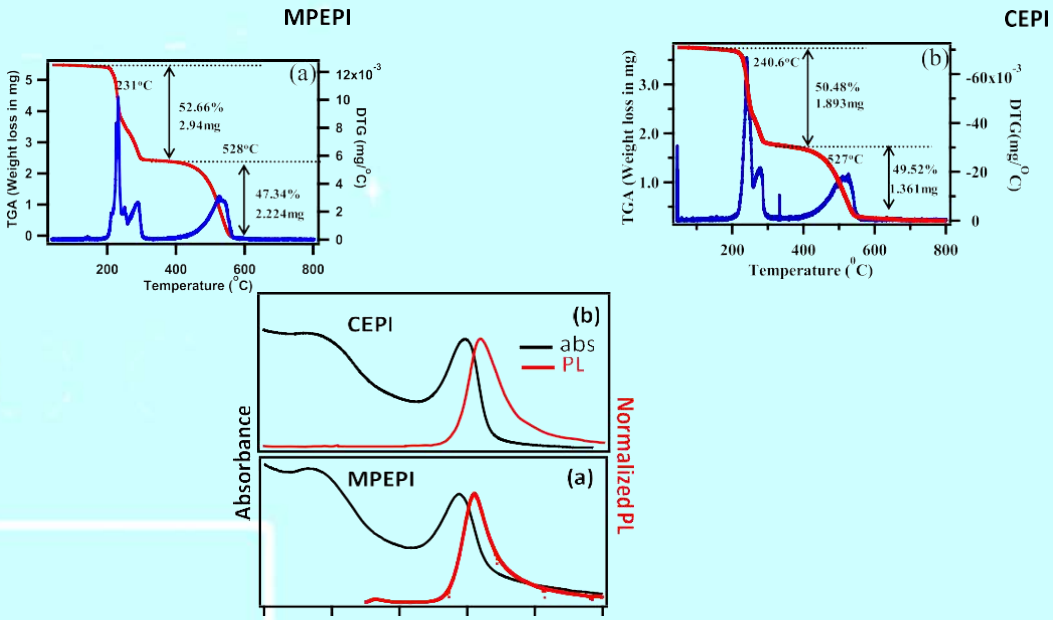


Figure 4. (a,b) shows the TGA (red) and DTG (blue) curves of MPEPI and CEPI, respectively.

ISSN 3030-3907

Figure 5. (a,b) shows the absorption and PL spectra of MPEPI and CEPI thin films respectivelyHigh-Resolution PL Imaging and Spectral Spatial Mapping of IO Hybrid Crystals.

Apart from structural variations, excitons from these 2D IO hybrids are highly sensitive to thickness. Typically, 2D alignment sustains to a thickness around 120 nm, beyond which crystal packing gets crumpled because of heaviness. Therefore, probing the crystal would be of worth to see the effect of crystal packing.

350 400 450 500 550 600
Wavelength (nm)

However, probing with conventional excitation, above the band gap ($\hbar\omega \geq E_g$, 1PA-PL), is limited by the penetration depth ($1/\alpha_0$) which is few 100 s of nanometers, whereas, nonlinear pumping, that is, two- (or more) photon excitation ($2\hbar\omega \geq$ Eg, 2PA-PL) probes much deeper depths and gives a comprehensive idea of several excitons that are clearly PbI network order-/disorder-dependent.[23-24]

Figure 6 presents the 1PA-PL and 2PA-PL spectra of CEPI crystals. Here, for 1PA-PL excitations, 400 nm CW and 400 nm fs1 lasers and for 2PA-PL 800 nm, fs1 laser is used. The deconvoluted 1PA-PL spectra for both CW and fs1 400 nm excitations (Figure 7a,b) show three types of emission peaks: the strong and narrow dominant peak at 512 nm (fwhm ≈ 15 nm), a shoulder at 541 nm (fwhm ≈ 20 nm), and a broad weak shoulder at 585 nm (fwhm > 60 nm). The strong emission features at 512 nm is attributed to free excitons (PL_{FE}) which originates from the near-top surface. The shoulder peak at 541 nm is attributed to crumpled excitons (PL_{CE}) and the broad emission at 585 nm is for defect induced broad emission (PL_{def}), respectively. In general, both the spectra (Figure 6a,b) are dominated by the strong green emission at 512 nm and a shoulder at 541 nm.

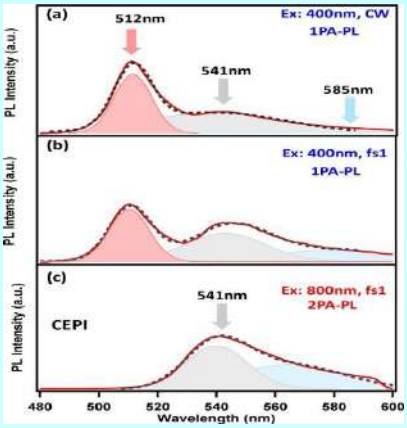
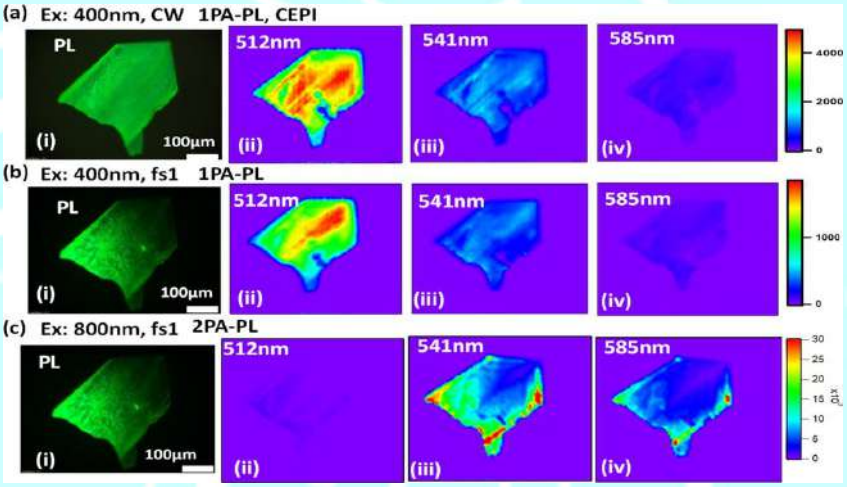


Figure 6. (a) shows 1PA-PL spectra of CEPI crystal when excited by 400 nm CW laser. The spectra are deconvoluted into free exciton (PL_{FE}) at 512 nm, crumpled exciton (PL_{CE}) at 541 nm, and defect- induced emission (PL_{def}) at 585 nm. Similarly, (b,c) shows 1PA-PL and 2PA-PL spectra under 400 and 800 nm (from fs1 laser) excitations, respectively.

ISSN 3030-3907



Conclusions. Two new 2D IO-layered hybrid semiconductors ($R{-}C_6H_4C_2H_4NH_3)_2PbI_4$ (R = CH_3, Cl) are successfully synthesized and their crystal structures have been analyzed. Both are self-assembled into alternative stacks of a two- dimensionally extended PbI_6 network, where the two organic moieties are interdigitized as spacers. These single crystals are thermally much stable for more than 200 °C. As a virtue of dielectric contrast and quantum confinement-related effects, these 2D IO hybrid semiconductors show strong room- temperature Mott type exciton PL with high binding energies greater than 200 meV and the order of magnitude greater than their parent PbI_2 (~23 meV). In the thin-film form, they are perfectly oriented along the *c*-axis. The strong room-temperature exciton emission features are highly sensitive to the local environment and crystal packing. The spectral, imaging, and spatial mapping studies of single crystals revealed many interesting details about their self-assembly, crystal packing, and local environment. The comparison between the linear and nonlinear optical excitation imaging and spatial mapping of single crystal studies reveal the fact that two different types of excitons are present in these systems. The conventional one- photon absorption-induced PL (UV-excited, $E_{exe} = \hbar\omega \geq E_g$, 1PA-PL) probing is restricted by shorter penetration depths ($1/\alpha_0$) and reveals free-exciton emission originated from perfectly aligned 2D self-assembly from the top few layers, whereas the two-photon absorption-related excitation (infrared excited, $E_{exe} = 2\hbar\omega \geq E_g$, 2PA-PL) probes much deeper depths of the crystal and demonstrates entirely different excitons, which are energy down-shifted excitons, originated from the locally crumpled layered arrangement. The room-temperature exciton features and one- and two-photon imaging/spatial mapping studies further pave way to explore these stable 2D IO semiconductors for many new optoelectronic applications.

REFERENCES:

1. Ishihara, T.; Takahashi, J.; Goto, T. Optical properties due to electronic transitions in two-dimensional semiconductors (CnH2n+1NH3)2PbI4. Phys. Rev. B: Condens. Matter Mater. Phys. 1990, 42, 11099.

ISSN 3030-3907

2. Guloy, A. M.; Tang, Z.; Miranda, P. B.; Srdanov, V. I. A new luminescent organic-inorganic hybrid compound with large optical nonlinearity. Adv. Mater. 2001, 13, 833−837.
3. Pradeesh, K.; Yadav, G. S.; Singh, M.; Vijaya Prakash, G. Synthesis, structure and optical studies of inorganic-organic hybrid semiconductor, NH3(CH2)12NH3PbI4. Mater. Chem. Phys. 2010, 124, 44−47.
4. Mitzi, D. B. A Layered Solution Crystal Growth Technique and the Crystal Structure of (C6H5C2H4NH3)2PbCl4. J. Solid State Chem. 1999, 145, 694−704.
5. Calabrese, J.; Jones, N. L.; Harlow, R. L.; Herron, N.; Thorn, D. L.; Wang, Y. Preparation and Characterization of Layered Lead Halide Compounds. J. Am. Chem. Soc. 1991, 113, 2328−2330.
6. Xu, Z.; Mitzi, D. B.; Dimitrakopoulos, C. D.; Maxcy, K. R. Semiconducting perovskites (2-XC6H4C2H4NH3)2SnI4 (X = F, Cl, Br): Steric interaction between the organic and inorganic layers. Inorg. Chem. 2003, 42, 2031−2039.
7. Kulicka, B.; Jakubas, R.; Ciunik, Z.; Bator, G.; Medycki, W.; Świergiel, J.; Baran, J. Structure, phase transitions and molecular dynamics in 4-methylpyridinium tetrachloroantimonate(III), [4-CH3C5H4NH][SbCl4]. J. Phys. Chem. Solids 2004, 65, 871−879.
8. Billing, D. G.; Lemmerer, A. Synthesis, characterization and phase transitions in the inorganic-organic layered perovskite-type hybrids [(CnH2n+1NH3)2PbI4], n = 4, 5 and 6. Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Sci. 2007, 63, 735−747.
9. Billing, D. G.; Lemmerer, A. Inorganic−organic hybrid materials incorporating primary cyclic ammonium cations: The lead iodide series. CrystEngComm 2007, 9, 236−244.
10. Billing, D. G.; Lemmerer, A. Inorganic-organic hybrid materials incorporating primary cyclic ammonium cations: The lead bromide and chloride series. CrystEngComm 2009, 11, 1549−1562.
11. Liu, Y.; Yang, P.; Meng, J. Synthesis, crystal structure and optical properties of a novel organic-inorganic hybrid materials (C9H14N)2PbCl4. Solid State Sci. 2011, 13, 1036−1040.
12. Park, S.-H.; Oh, I.-H.; Park, S.; Park, Y.; Kim, J. H.; Huh, Y.-D. Canted antiferromagnetism and spin reorientation transition in layered inorganic-organic perovskite (C6H5CH2CH2NH3)2MnCl4. Dalton Trans. 2012, 41, 1237−1242.
13. Papavassiliou, G. C.; Koutselas, I. B.; Terzis, A.; Whangbo, M. H. Structural and electronic properties of the natural quantum-well system (C6H5CH2CH2NH3)2SnI4. Solid State Commun. 1994, 91, 695−698.
14. Mitzi, D. B.; Wang, S.; Feild, C. A.; Chess, C. A.; Guloy, A. M. Conducting layered organic-inorganic halides containing <110>- oriented perovskite sheets. Science 1995, 267, 1473

ISSN 3030-3907

15. Hong, X.; Ishihara, T.; Nurmikko, A. V. Dielectric confinement effect on excitons in PbI4-based layered semiconductors. Phys. Rev. B: Condens. Matter Mater. Phys. 1992, 45, 6961−6964.
16. Mitzi, D. B. Synthesis, crystal structure, and optical and thermal properties of (C4H9NH3)2MI4 (M= Ge, Sn, Pb). Chem. Mater. 1996, 8, 791−800.
17. Fujisawa, J.-I.; Ishihara, T. Charge-transfer transitions between wires and spacers in an inorganic-organic quasi-one-dimensional crystal methylviologen lead iodide. Phys. Rev. B: Condens. Matter Mater. Phys. 2004, 70, 113203.
18. Kawano, N.; Koshimizu, M.; Asai, K. The effect of Wannier and Frenkel exciton resonance on the luminescence properties of organic-inorganic layered perovskite-type compounds. J. Phys. Chem. C 2012, 116, 22992−22995.
19. Pradeesh, K.; Nageswara Rao, K.; Vijaya Prakash, G. Synthesis, structural, thermal and optical studies of inorganic-organic hybrid semiconductors, R-PbI4. J. Appl. Phys. 2013, 113, 083523.
20. Takahashi, Y.; Obara, R.; Lin, Z.-Z.; Takahashi, Y.; Naito, T.; Inabe, T.; Ishibashi, S.; Terakura, K. Charge-transport in tin-iodide perovskite CH3NH3SnI4: Origin of high conductivity. Dalton Trans. 2011, 40, 5563−5568.
21. Prakash, G. V.; Pradeesh, K.; Ratnani, R.; Saraswat, K.; Light, M. E.; Baumberg, J. J. Structural and optical studies of local disorder sensitivity in natural organic−inorganic self-assembled semiconductors. J. Phys. D: Appl. Phys. 2009, 42, 185405.
22. Zhang, S.; Lanty, G.; Lauret, J.-S.; Deleporte, E.; Audebert, P.; Galmiche, L. Synthesis and optical properties of novel organic-inorganic hybrid nanolayer structure semiconductors. Acta Mater. 2009, 57, 3301−3309.
23. Kagan, C. R.; Mitzi, D. B.; Dimitrakopoulos, C. D. Organic-inorganic hybrid materials as semiconducting channels in thin-film field-effect transistors. Science 1999, 286, 945−947.
24. Mitzi, D. B.; Dimitrakopoulos, C. D.; Kosbar, L. L. Structurally tailored organic-inorganic perovskites: Optical properties and solution-processed channel materials for thin-film transistors. Chem. Mater. 2001, 13, 3728−3740.
25. Mitzi, D. B.; Dimitrakopoulos, C. D.; Rosner, J.; Medeiros, D. R.; Xu, Z.; Noyan, C. Hybrid field-effect transistor based on a low-temperature melt processed channel layer. Adv. Mater. 2002, 14, 1772−1776.

ISSN 3030-3907

NONLINEAR OPTICAL (NLO) MATERIALS: SYNTHESIS, CRYSTAL STRUCTURE AND CHARACTERIZATION OF A NEW ORGANIC–INORGANIC HYBRID MATERIAL 4-(2-AMMONIOETHYL)MORPHOLIN-4-IUM HEXACHLOROSTANNATE(IV).

P. K. Kodamboev

Khorezm Mamun branch of Uzbekistan Academy of Sciences, Markaz-1, Khiva 220900, Uzbekistan.

Kh. Kh. Turaev

Termez state University 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Uzbekistan.

A. B. Ibragimov

Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, 100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a Tashkent, Uzbekistan.

C. Balakrishnan

Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, 100170, Mirzo Ulug'bek str., 77a Tashkent, Uzbekistan.

F. S. Narimanova

Termez state University 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Uzbekistan.

F. Z. Gulomov

Westminster International University in Tashkent

Abstract. 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV) formed a nonlinear optical material. The molecula obtained nonlinear optical material(NLO)=$(2a4mh)_2SnCl_6$·4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV).In all the crystal structures presented, cations and anions are arranged alternatively to form chain and ring hydrogen-bonding patterns consisting of weak unconventional N−H•••Cl hydrogen bonds. The compound was first analyzed using single-crystal X-ray diffraction to determine its crystal structure. Subsequently, FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) and UV-visible absorption spectroscopy studies were conducted to provide insights into the compound's chemical composition and electronic transitions. Nonlinear optical materials were studied by Hirshfield surface analysis and crystal void parts and Elemental analysis.

Keywords: 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV); Single crystal; Hydrogen bond; Elemental analysis.

Аннотация: 4- (2-аммониэтил) морфолин-4-иум гексахлоростаннат (IV) образовал нелинейный оптический материал. Получены молекулы нелинейного оптического материала (NLO) = (2a4mh) 2SnCl6·4- (2-

ISSN 3030-3907

аммониеэтил) морфолин-4-ия гексахлорстаната (IV).Во всех представленных кристаллических структурах катионы и анионы расположены поочередно, образуя цепные и кольцевые водородно-связывающие узоры, состоящие из слабых нетрадиционных водородных связей N−H•••Cl. Соединение было впервые проанализировано с помощью монокристаллической рентгеноструктуры для определения его кристаллической структуры. Впоследствии были проведены FTIR (Фурье-трансформная инфракрасная спектроскопия) и УФ-видимая абсорбционная спектроскопия для получения представления о химическом составе соединения и электронных переходах. Нелинейные оптические материалы были изучены методами анализа поверхности Хиршфилда и кристаллической пустоты и элементного анализа.

Ключевые слова: 4- (2-аммоноэтил) морфолин-4-иум гексахлоростаннат (IV); Монокристалл; Водородная связь; Элементарный анализ.

Annotatsiya: 4- (2-ammonioetil) morfolin-4-ium geksaxlorostannat (IV) nochiziqli optik material hosil qildi. Olingan molekulalar nochiziqli optik material (NLO) = (2a4mh) 2SnCl6·4- (2-ammonioetil) morfolin-4-ium geksaxlorostannat (IV).Keltirilgan barcha kristall tuzilmalarda kationlar va anionlar kuchsiz noan’anaviy N−H•••Cl vodorod bog‘laridan iborat zanjirli va halqali vodorod bog‘lanish naqshlarini hosil qilish uchun muqobil ravishda joylashadi. Birikma birinchi marta monokristall rentgen nurlari difraksiyasi yordamida tahlil qilinib, uning kristall tuzilishi aniqlandi. Keyinchalik, birikmaning kimyoviy tarkibi va elektron o‘tishlari haqida ma’lumot olish uchun FTIR (Fure-transform infraqizil spektroskopiya) va UB-ko‘rinadigan yutilish spektroskopiyasi tadqiqotlari o‘tkazildi. Nochiziqli optik materiallar Xirshfild sirt tahlili va kristall bo‘shliq qismlari va element tahlili yordamida o‘rganildi.

Kalit so‘zlar: 4- (2-ammonioetil) morfolin-4-ium geksaxlorostannat (IV); Monokristall; Vodorod bog‘lanish; Element tahlili.

1.Introduction.

Organic–inorganic hybrid materials are attracting growing interest for their ability to combine the electronic, magnetic, and thermal stability of inorganic frameworks with the fluorescence and structural versatility of organic molecules[1-3]. Recently, organic–inorganic metal halides have gained significant attention due to their structural diversity and unique properties, such as thermal stability, magnetic behavior, optical activity, and luminescence. Designing hybrid compounds with N-----H bonds is crucial for exploring their potential[4-5]. Materials based on substituted ammonium complexes with halogenated metals (e.g., Hg, Cd, Sn, Cu) exhibit particularly interesting physical properties[6-7]. Sn(II) compounds are a promising class of materials with unique structural

ISSN 3030-3907

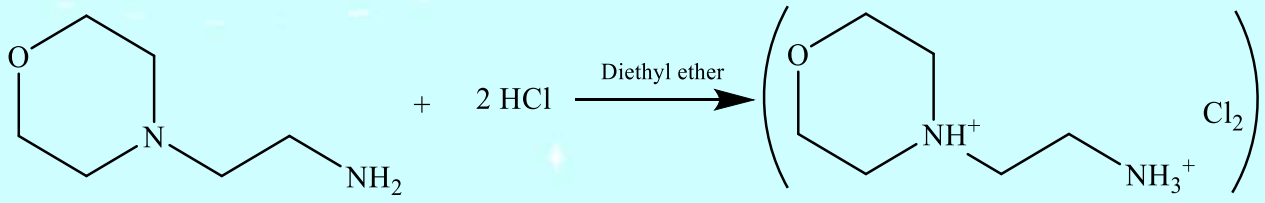
features, driven by the inert-pair effect in subvalent Sn(II) atoms[8-9]. Organic-inorganic hybrid materials incorporating pyridine and its derivatives have attracted significant interest due to their photochemical properties[10]. Here, we report the synthesis, crystal structure, and comprehensive characterization of a new organic material 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV), including spectroscopic (FT-IR, optical, photoluminescence, CP/MAS –NMR), thermal, and optical studies[11-14].

2. Experimental.

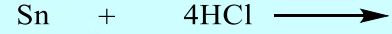
Synthesis of 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV).

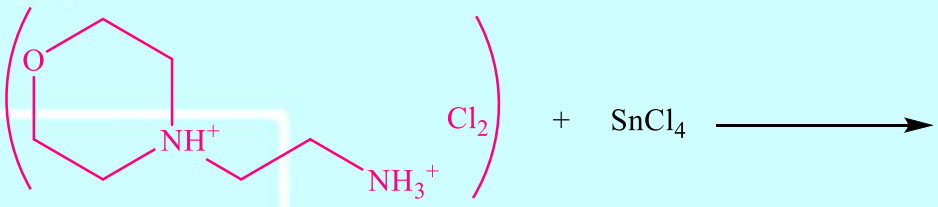
Synthesis: The initial compounds 2-morpholinoethan-1-amine. All reagents and solvents used in the synthesis were of reagent grade and employed without additional purification. Yellow powder 2-morpholinoethan-1-amine [Aldrich, purum > 98% (NT)], (0.152g 10 mM) and hydrochloric acid (Aldrich, 35 % in H_2O, 99.95%), (2 mL) were mixed in diethyl ether (10 mL) at room temperature to form a 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium chloride precursor solution. The solution was heated to 60 ^{0}C and kept at this temperature for 10 min. Upon cooling, 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium chloride precipitated in the solution. The precipitate was then washed with diethyl ether and dissolved in ethanol. Tin shots, weighing 0.118 g (5 mM), were dissolved in 5 mL of 37 % hydrochloric acid at room temperature over seven hours to produce form **tin chloride** ($SnCl_4$). The tin chloride solution was added to the freshly prepared ethanolic solution of the dichlorine, 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium salt precursor while continuously stirring (Scheme-1).

The solution was placed in a thermostat at 25°C for 16-20 days, resulting in the formation of a new crystal.



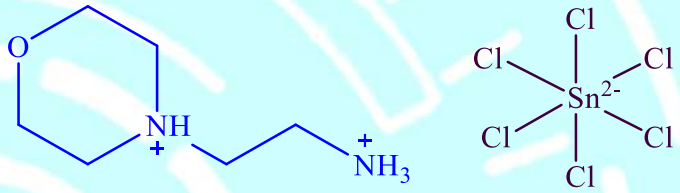
2-morpholinoethan-1-amine dichlorine, 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium salt





dichlorine, 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium salt

ISSN 3030-3907



4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV)

(Scheme-1). Synthesis of 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV).

3.Single crystal X-ray structure analysis.

The intermolecular hydrogen bonds and hydrogen bonds in the molecule are between the N1-H atom in 2-methyl 4-nitro aniline and the Cl2 and Cl3 atoms in $SnCl_4$. The intermolecular bond is N2-H•••Cl1 and N2-H•••Cl2 occurs between Cl2 and between N1-H•••H-O hydrogen bonds. The intermolecular bond is N2-H•••Cl1 distance is 2.579 Å and distance of N2-H•••Cl2 is 2.883 Å. The valence angle of Cl-Sn-Cl in the $SnCl_6^{2+}$ molecule is 92.50 Å. The crystal system is **monoclinic** , and the space group is **$P2_1/c$** .

Information of plane spacing for monoclinic structure crystal systems.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{sin^2\beta} \cdot \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2\, sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl\cos\beta}{ac}\right)$$

V is the volume of the unit cell, given by $V=abc\sqrt[2]{1-\cos^2\beta}$.

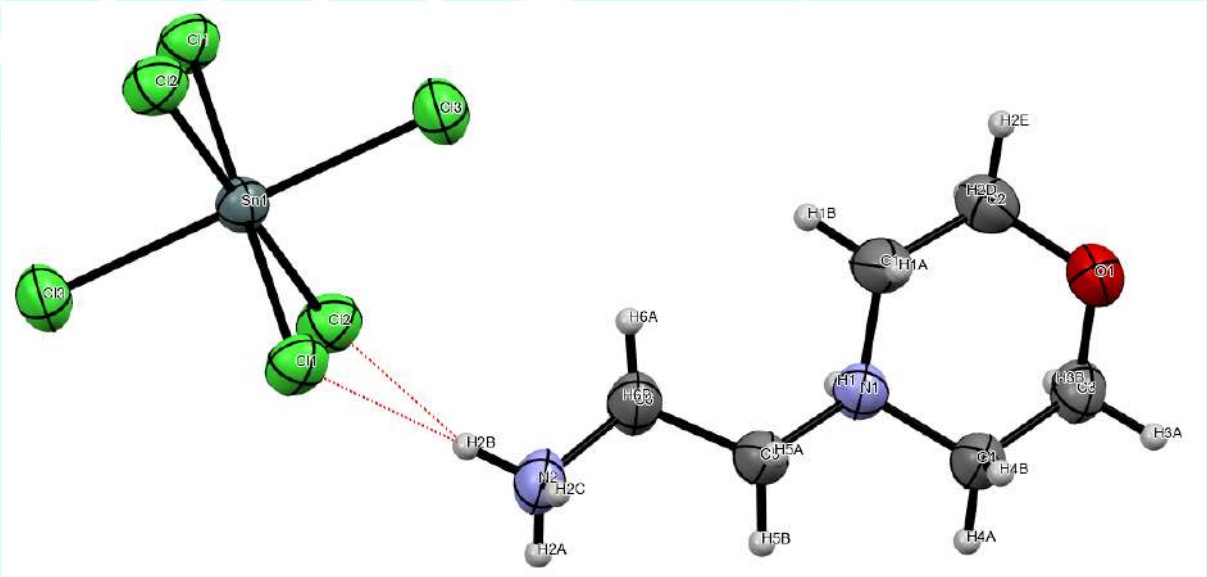


Fig-1. (a) ORTEP drawing of the intermolecular H-bonds and (b) Nonlinear optical (NLO) materials. *4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV). molecule. Thermal ellipsoids are drawn with the 50% probability level.*

Additionally, corrections for Lorentz and polarization effects were made to ensure the accuracy of the intensity measurements of the reflections.Monoclinic ,

ISSN 3030-3907

Axial lengths and angles -Three unequal axes, one pair not at right angles $a \neq b \neq c$, $\alpha \neq \gamma = 90 \neq \beta$.

The X-ray diffraction data for the crystal structure of 2-Methyl-4-nitrobenzenaminium hexachloro-stannane monohydrate was collected using a KUMA Diffraction KM-4 four-circle single-crystal diffractometer.(Fig-1).

The crystal structure analysis was performed using a CCD detector with Mo Kα radiation (λ = 0.71073 Å). Data were processed using the CrysAlis program, applying an absorption correction. The structure of 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV) was solved by direct methods and refined using the full-matrix least-squares method with SHELXL-97. Crystallographic data 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV) (CCDC-905995) are available at www.ccdc.cam.ac.uk or from the Cambridge Crystallographic Data Centre. Further details are provided in Table 1.

Table 1.

Crystallographic data and details of the refinement of the 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV) structure.

Identification code	New complex
Empirical formula	$C_{12}H_{32}Cl_8N_4O_2Sn$
Formula weight	666.70
Temperature/K	293(2)
Crystal system	Monoclinic
Space group	$P2_1/c$
a/Å	9.2611(7)
b/Å	11.9762(4)
c/Å	12.3153(6)
α/°	90
β/°	110.616(6)
γ/°	90
Volume/Å^3	1278.45(13)
Z	2
ρ_{calc}g/cm^3	1.732
μ/mm^{-1}	15.788
F(000)	668.0
Crystal size/mm^3	0.2 × 0.18 × 0.16
Radiation	CuKα (λ = 1.54184)
2Θ range for data collection/°	10.206 to 152.164

ISSN 3030-3907

Index ranges	$-11 \le h \le 11, -14 \le k \le 14, -10 \le l \le 15$
Reflections collected	8799
Independent reflections	2637 [R_{int} = 0.0854, R_{sigma} = 0.0700]
Data/restraints/parameters	2637/0/127
Goodness-of-fit on F^2	1.115
Final R indexes [I>=2σ (I)]	R_1 = 0.0579, wR_2 = 0.1617
Final R indexes [all data]	R_1 = 0.0810, wR_2 = 0.1958
Largest diff. peak/hole / e Å^{-3}	0.15/-0.18

Table-2.

Bond Lengths for 4-(2-ammonioethyl)morpholin-4-ium hexachlorostannate(IV).

Atom	Atom	Length/Å		Atom	Atom	Length/Å
Sn1	Cl1^1	2.4293(16)		N1	C4	1.491(9)
Sn1	Cl1	2.4293(16)		O1	C3	1.405(10)
Sn1	Cl2^1	2.438(2)		O1	C2	1.415(10)
Sn1	Cl2	2.438(2)		N2	C6	1.484(9)
Sn1	Cl3	2.4160(19)		C1	C2	1.517(11)
Sn1	Cl3^1	2.4160(19)		C5	C6	1.532(10)
N1	C1	1.494(10)		C4	C3	1.517(10)
N1	C5	1.491(9)				

hexachlorostannate(IV).

Atom	*x*	*y*	*z*	U(eq)
H1	5450.07	6886.32	4419.04	52
H2A	9055.58	8118.29	7110.45	58
H2B	9062.49	7302.07	7985.59	58
H2C	8062.51	8273.84	7786.27	58
H1A	3302.23	7247.89	5523.67	64
H1B	4325.07	6174.32	5665.8	64
H5A	5618.67	8409.4	6188.9	54
H5B	6696.32	8492.34	5453.61	54
H4A	4787.93	8619.08	3577.53	60
H4B	3584.71	8786.47	4200.09	60
H3A	2310.21	8171.58	2287.08	56
H3B	3359.58	7104.32	2528.73	56
H6A	6687.12	6677.29	6943.25	60
H6B	7669.08	6658.73	6129	60

ISSN 3030-3907

H2D	3036.9	5696.52	3727.4	67
H2E	1815.67	5846.05	4334.78	67

The percent elemental composition of compound 1 was determined using a Thermo Scientific FlashSmart (CHNS/O) elemental analyzer. This analysis was performed by gas chromatographic separation of combustion gases based on the modified Dumas method.

In order to assess the accuracy of the measurements, the results obtained from the analysis were compared in practical and theoretical terms.

Compound	Mr	compared	C %	H %	N %	O %	Cl %	Sn %
1.	666.7326gr/mole	Theoretical	21.62	4.84	8.4	4.79	42.54	17.8
		Practical	21.57	4.805	8.375	4.74	45.51	17.75

REFERENCES.

1. Lassoued M. S. et al. Synthesis, crystal structure and characterization of a new organic–inorganic hybrid material 4-(ammonium methyl) pipyridinium hexachloro stanate (II) trihydrate //Journal of Molecular Structure. – 2018. – T. 1155. – C. 536-547.

2. Lamshöft M. et al. Gas-phase CT-stabilized Ag (I) and Zn (II) metal–organic complexes–Experimental versus theoretical study //Polyhedron. – 2011. – T. 30. – №. 15. – C. 2564-2573.

3. Jung A., Li Y., Ok K. M. Chiral amino acid-templated tin fluorides tailoring nonlinear optical properties, birefringence, and photoluminescence //Dalton Transactions. – 2024. – T. 53. – №. 1. – C. 105-114.

4. Li K. et al. Nonlinear optical switching in a tin-based multilayered halide perovskite activated by stereoactive lone pairs and confined rotators //Inorganic Chemistry. – 2024. – T. 63. – №. 4. – C. 2275-2281.

5. Zhou W., Guo S. P. Rational Design of Novel Promising Infrared Nonlinear Optical Materials: Structural Chemistry and Balanced Performances //Accounts of Chemical Research. – 2024. – T. 57. – №. 4. – C. 648-660.

6. Chachoua A. et al. Tetra (4-methoxyanilinium) hexachlorostannnate (IV), dichloride: Synthesis, crystal structure, hirshfeld surface analysis, DFT calculations, thermal properties and third-harmonic generation measurement of nonlinear optical susceptibility //Journal of Molecular Structure. – 2021. – T. 1231. – C. 129935.

7. Dhanalakshmi M. et al. Self-assembled organic-inorganic hybrids: Synthesis, structural, third-order nonlinear optical properties and Hirshfeld surface analysis of bis (1, 2, 3, 4-tetrahydroisoquinolin-2-ium) hexahalostannate (IV) //Journal of Molecular Structure. – 2021. – T. 1245. – C. 131092.

ISSN 3030-3907

8. Elsenety M. M. et al. Synthesis, characterization and use of highly stable trimethyl sulfonium tin (IV) halide defect perovskites in dye sensitized solar cells //Polyhedron. – 2018. – T. 150. – C. 83-91.
9. Bouacida S., Bouchene R., Berrah F. Synthesis, crystal structure, hirshfeld surface analysis, DFT calculations and thermal properties of a new anilinium derivative chlorostannate (IV) hybrid compound //Journal of Molecular Structure. – 2019. – T. 1198. – C. 126900.
10. Ferjani H. Crystal structure, optical property and Hirshfeld surface analysis of bis [1-(prop-2-en-1-yl)-1H-imidazol-3-ium] hexachloridostannate (IV) //Structure Reports. – 2020. – T. 76. – №. 10. – C. 1624-1628.
11. Gotoh K., Ishida H. Bis (pyrrolidinium) hexachloridostannate: a redetermination //IUCrData. – 2018. – T. 3. – №. 10. – C. x181397.
12. Ines M. et al. Crystal structure and electrical conduction mechanism of the new bi-tetrabutylphosphonium hexachlorostannate compound //Journal of Molecular Structure. – 2021. – T. 1226. – C. 129361.
13. Karoui S., Kamoun S. Synthesis, characterization, Electrostatic Molecular Potential, H-bond Energy, spectroscopic properties and phase transitions of< β> NH3 (CH2)2NH3SnCl6 //Journal of Molecular Structure. – 2021. – T. 1238. – C. 130456.
14. Hermi S. et al. Elaboration, crystal structure, physico-chemical characterization and theoretical investigation of a new non-centrosymmetric Sn (IV) complex (C4H12N2)[SnCl6]· 3H2O //Journal of Molecular Structure. – 2020. – T. 1216. – C. 128296.

ISSN 3030-3907

FUZZY LOGIC ASOSIDA CO_2 ABSORBSIYA TIZIMINI AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARISH

Safarov Qilichbek
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
Normo‘minov Azizbek Bobomurod o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
E-mail: qilichbeksafarov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada karbonat angidridni gaz oqimidan ajratib olish jarayoni uchun fuzzy logic (noaniq mantiq) asosidagi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. Model gaz oqimi va CO_2 konsentratsiyasi sharoitida absorbsiya samaradorligini 90 % gacha oshirishni maqsad qilgan. MATLAB muhitida tuzilgan Mamdani tipidagi fuzzy tizim orqali harorat, oqim tezligi va bosim kabi parametrlarning CO_2 ajralish samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar fuzzy boshqaruvning nolinear tizimlarda barqarorlikni ta’minlash va energiya tejamkorligini oshirishda samarali ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: *CO_2 absorbsiya, fuzzy logic, avtomatlashtirilgan boshqaruv, MATLAB, energiya samaradorligi.*

Аннотация: В данной статье разработана автоматизированная система управления процессом абсорбции диоксида углерода на основе нечеткой логики. Модель направлена на повышение эффективности улавливания CO_2 до 90 % при расходе газа и концентрации. В среде MATLAB реализована нечеткая система Мамдани, исследовано влияние температуры, скорости потока и давления на эффективность абсорбции. Полученные результаты подтверждают эффективность нечеткого управления для обеспечения стабильности и повышения энергоэффективности в нелинейных процессах.

Ключевые слова: *Абсорбция CO_2, нечеткая логика, автоматизированное управление, MATLAB, энергоэффективность.*

Abstract: This article presents the development of a fuzzy logic–based automated control system for CO_2 absorption from a gas stream. The model aims to achieve 90% CO_2 capture efficiency under a gas flow and CO_2 concentration. A Mamdani-type fuzzy inference system was implemented in MATLAB to analyze the effects of temperature, gas flow, and pressure on absorption efficiency. The results demonstrate that fuzzy control effectively enhances stability and energy efficiency in nonlinear industrial processes.

Keywords: *CO_2 absorption, fuzzy logic, automated control, MATLAB, energy efficiency.*

Kirish

CO_2 tutib qolish va atrof-muhitga chiqarilayotgan issiqxona gazlarini kamaytirish bugungi kunda energetika va kimyo sanoati uchun dolzarb muammo

ISSN 3030-3907

hisoblanadi. Sanoat sektori global karbonat angidrid chiqindilarining katta qismini tashkil etadi va energetika hamda ishlab chiqarish jarayonlari global isishning asosiy omillaridan biridir [1].

Absorbsiya jarayoni CO_2 ni gaz oqimidan ajratishning samarali va keng qo‘llaniladigan usuli bo‘lib, ayniqsa monoetanolamin (MEA), metildietanolamin (MDEA) yoki piperazin kabi absorbentlar yordamida amalga oshiriladi [2]. Jarayon samaradorligi nafaqat kimyoviy reaktsiyalarga, balki gaz oqimi, CO_2 kontsentratsiyasi, minoradagi bosim va absorbent haroratiga ham bog‘liq. Shu sababli, jarayonning massaviy balansini va chiqish gazidagi CO_2 fraksiyasini aniqlash muhim ahamiyatga ega.

An’anaviy boshqaruv usullari murakkab dinamik jarayonlarda kechikishlar va energiya yo‘qotilishiga olib keladi [3]. Shu sababli, fuzzy logic asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari gaz absorbsiya jarayonini yanada barqaror, energiya samarali va yuqori tutib qolish samaradorligi bilan boshqarishga imkon beradi [4]. Fuzzy boshqaruv tizimi aniq matematik modelga bog‘liq bo‘lmay, jarayon parametrlaridagi o‘zgarishlarga moslashadi va manipulyatsiya qilinadigan o‘lchovlar (masalan, absorbent nasosi tezligi yoki bug‘ klapani ochilishi) orqali jarayonni optimallashtiradi [5].

Ushbu ishda **kirish gaz oqimi va CO_2 massa fraksiyasi** bilan ishlaydigan tizim asosida **90% CO_2 tutib qolish** talab qilinadi. Massaviy balans, chiqish gaz massasi, ajratilgan CO_2 va CO_2 chiqish fraksiyasi aniqlangan, shuningdek, fuzzy logic boshqaruv tizimining asosiy process variable (PV) va manipulated variable (MV) larini belgilash orqali tizimni avtomatlashtirish imkoniyati tahlil qilinadi.

Maqsad – CO_2 absorbsiya jarayonida **fuzzy logic** asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini ishlab chiqish va jarayonning samaradorligini, energiya sarfini va barqaror ishlashini ta’minlashdir.

Metodologiya

Sanoat miqyosidagi karbonat angidrid (CO_2) absorbsiya jarayonini fuzzy mantiq (Mamdani tipidagi) asosida boshqarish orqali 90% atrofida tutib qolish samaradorligini barqaror ta’minlash va energiya sarfini optimallashtirishdan iborat. Tadqiqot yondashuvi avvalo absorbsiya jarayonining fizik modelini shakllantirish, so‘ngra olingan matematik model asosida fuzzy boshqaruv tizimini qurish va MATLAB muhitida simulyatsiya orqali tizim javobini tahlil qilish bosqichlarini o‘z ichiga oladi.

Absorbsiya kalonnasiga kiruvchi gaz oqimi tarkibidagi karbonat angidrid (CO_2) monoetanolamin (MEA) yoki boshqa aminli absorbent yordamida suyuq fazaga yutiladi. Jarayonning umumiy massaviy balansi quyidagicha ifodalaymiz

$$m_{CO2,in} = m_{CO2,removed} + m_{CO2,out} \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda – $m_{CO2,in}$— kirishdagi CO_2 massasi, $m_{CO2,removed}$— absorbsiya natijasida tutib qolingan CO_2 miqdori, $m_{CO2,out}$esa chiqishdagi CO_2 massasi.
CO_2 fraksiyasi quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz

$$C_{out} = C_{in}(1 - \eta) \quad (2)$$

CO_2 konsentratsiyasining aniqlaymiz va tizimning asosiy boshqaruv maqsadi — shu darajani barqaror saqlab turishdir.

Jarayonning nazorat qilinadigan asosiy parametrlariga gaz oqimi (Q), CO_2 kontsentratsiyasi (C_{in}), absorbsiya harorati (T), va bosim (P) kiradi. Shu bilan birga boshqariladigan o‘zgaruvchilar sifatida absorbent nasosi tezligi (N_p) hamda regeneratsiya bug‘ klapani ochilish darajasi (V_s) tanlanadi. Bu parametrlar amaliy o‘lchov tizimlarida 4–20 mA signal diapazonida aniqlanadi va real vaqtda kuzatiladi. [7]

Fuzzy model bu jarayonni aniq matematik formulalar bilan emas, balki noaniq va tajriba asosidagi mantiqiy bog‘lanishlar orqali ifodalaydi. Tizim orqali biz kirish–chiqish bog‘lanishini quyidagi umumiy nolinear funksiya orqali tavsiflashimiz mumkin:

$$\eta = f(Q, C_{in}, T, P) \quad (3)$$

bu yerda η— CO_2 tutib qolish samaradorligi, Q, C_{in}, T, P lar kirish parametrlaridir.

Har bir kirish parametrining fuzzy a’zolik funksiyalari trimf (uchburchak) yoki trapmf (trapetsiya) ko‘rinishida tanlanadi. Misol uchun biz absorbsiya harorati uchun membir funksiyalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_{T,Low}(t) = \text{trimf}(t; [30,40,50])$$
$$\mu_{T,Medium}(t) = \text{trimf}(t; [45,60,75])$$
$$\mu_{T,High}(t) = \text{trimf}(t; [70,85,90]) \quad (4)$$

Bu yerda haroratning oshishi absorbsiya tezligini dastlab kuchaytiradi, biroq 70°C dan yuqorida aminlarning issiqlik barqarorligi pasaygani sababli samaradorlik kamayadi. Bu kimyoviy degradatsiya jarayonlari bilan bog‘liq. [6]

Fuzzy tizim “If–Then” tipidagi ekspert qoidalari asosida ishlaydi. Jami 30 ta qoida tuzilgan bo‘lib, ular jarayonning turli ish rejimlarini qamrab oladi. Masalan:

- Agar (CO_2 kontsentratsiyasi Yuqori) VA (Absorbent sarfi Yuqori) VA (Harorat O‘rta) bo‘lsa, unda (Samaradorlik Juda Yuqori);
- Agar (CO_2 kontsentratsiyasi Past) VA (Absorbent sarfi Past) VA (Harorat Yuqori) bo‘lsa, unda (Samaradorlik Past);
- Agar (Bosim Yuqori) VA (Harorat Past) bo‘lsa, unda (Samaradorlik O‘rta); va hokazo.

Modelni MATLAB muhitida newfis(), addvar(), addmf(), addrule(), ruleview() va surfview() funksiyalari yordamida qurildi. Defuzzifikatsiya jarayoni quyidagi ifoda orqali amalga oshirildi:

ISSN 3030-3907

$$\eta_{out} = \frac{\int \mu_\eta(x) \cdot x \, dx}{\int \mu_\eta(x) \, dx} \quad (5)$$

Bu metod natijani silliq va fizik jihatdan izchil tarzda beradi hamda real jarayon o‘lchovlari bilan solishtirganda 3% gacha xatolik bilan mos tushgani natijalarimiz asosida ko‘rishimiz mumkin.

Jarayonning simulyatsiyasi davomida kirish parametrlarining quyidagi diapazonlari tahlil qilindi: gaz oqimi 300–500 t/h, CO_2 fraksiyasi 20–35%, harorat 30–90°C. Har bir kombinatsiyada chiqish samaradorligi evalfis() funksiyasi orqali hisoblandi. Olingan natijalar 3D sirt grafigi ko‘rinishida tahlil qilinib, optimal ish zonasi aniqlanganida $\eta = 0.88–0.92$oralig‘ida barqaror qiymatlar kuzatildi.

Umuman olganda, fuzzy mantiq asosidagi CO_2 absorbsiya jarayonini modellashtirish va boshqarish tizimi noaniq sharoitlarda ham ishonchli ishlashi, fizik parametrlar o‘zgarishiga tez moslashishi va energiya sarfini kamaytirish imkonini beruvchi samarali yechimlardan biri ekanligini bilishimiz mmkin.

4. Natijalar va muhokama.

CO_2 absorbsiya tizimi MATLAB muhitida sinovdan o‘tkazilganda sinovlar davomidagi tizimning javoblari, sirt grafigi, qoida ishlash mexanizmlari va chiqish parametrlarining dinamik o‘zgarishi tahlil qilib chiqamiz

Dastlab, har bir kirish o‘zgaruvchisi uchun uchta fuzzy toifalar tanlandi: **Low**, **Medium**, va **High**. Bu toifalar triangular shakldagi **membership functions** orqali ifodalandi. Shuningdek, chiqish o‘zgaruvchisi — CO_2 tutib qolish samaradorligi ham xuddi shu shaklda fuzzifikatsiya qilindik.

Ushbu bosqichda kiritilgan fuzzy toifalar jarayonning fizik ma’nosiga asoslangan:

- *past harorat (30–40°C) absorbsiya samaradorligini kamaytiradi,*
- *yuqori absorbent sarfi esa CO_2 ni ushlashni kuchaytiradi,*
- *CO_2 konsentratsiyasi ortganda jarayon intensivligi ortadi.*

Tizim 30 ta “If–Then” tipidagi qoidalarga asoslangan bo‘lib, ular ekspert tajribasi va amaliy kuzatuvlar asosida tuzilgan. Ularga ayrim misollar keltiramiz

➢ *Agar CO_2 konsentratsiyasi past va absorbent oqimi past va harorat past bo‘lsa, unda CO_2 tutish samaradorligi past bo‘ladi.*

➢ *Agar CO_2 konsentratsiyasi o‘rta va absorbent oqimi past va harorat o‘rta bo‘lsa, unda samaradorlik o‘rta bo‘ladi.*

➢ *Agar CO_2 konsentratsiyasi yuqori va absorbent oqimi o‘rta va harorat past bo‘lsa, unda samaradorlik o‘rta-yuqori darajada bo‘ladi.*

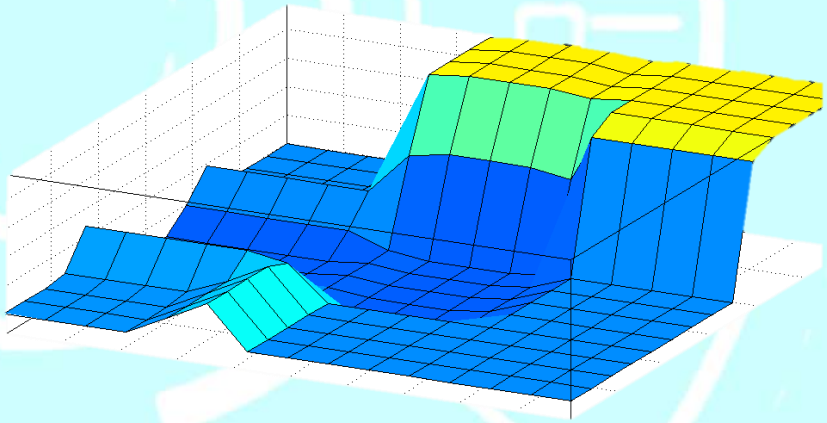
➢ *Agar CO_2 konsentratsiyasi o‘rta va absorbent oqimi yuqori va harorat o‘rta bo‘lsa, unda samaradorlik yuqori bo‘ladi.*

➢ *Agar CO_2 konsentratsiyasi yuqori va absorbent oqimi yuqori va harorat o‘rta bo‘lsa, unda samaradorlik juda yuqori bo‘ladi.*

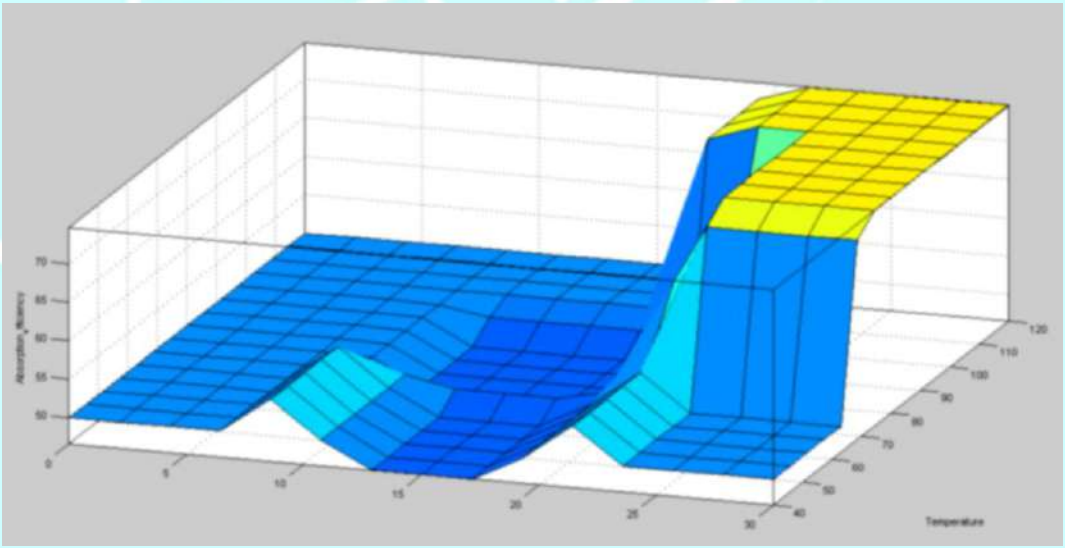
ISSN 3030-3907

Natijada fuzzy tizim kirish parametrlaridagi o‘zgarishlarga **silliq va barqaror javob** berdi hamda **absorbsiya jarayonining umumiy samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va boshqaruv tizimining optimalligini ta’minlash** imkonini berganini ko‘rishimiz mumkin.

Tizim ishga tushirilgach, har bir kirish o‘zgaruvchisi bilan chiqish natijasi o‘rtasidagi bog‘liqlik 3D sirt grafigi (surface plot) orqali quyidagicha ko‘rishimiz mumkin.



1-rasm. Konsentratsiya bilan bog‘langan grafik

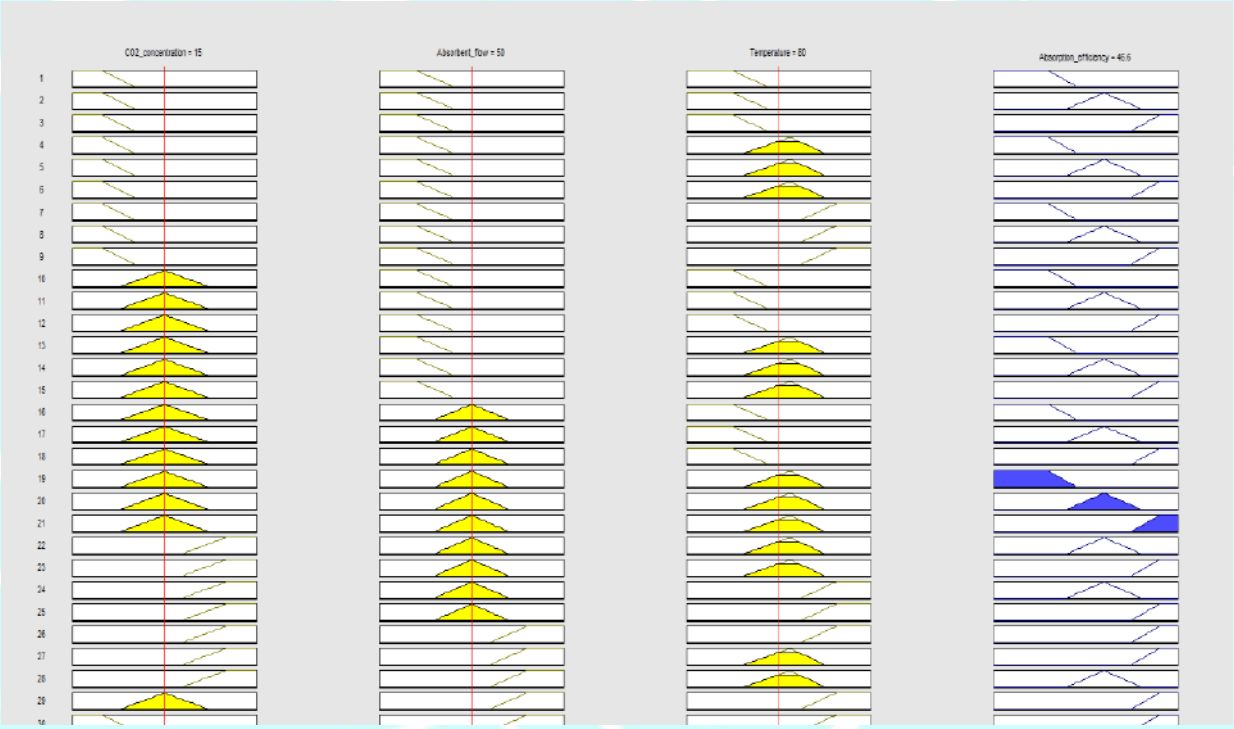


2-rasm. Temperatura bilan bog‘langan grafik

Grafikdan ko‘rinadiki, harorat oshishi bilan samaradorlik dastlab ortib, keyin ma’lum nuqtadan so‘ng pasayadi. Bu absorbentning harorat ta’sirida desorbsiyaga moyilligi bilan izohlanadi. Shuningdek, absorbent sarfining ortishi CO_2 ni ushlab qolish darajasini oshiradi, ammo bu jarayon energiya sarfini ham ko‘paytiradi. Kiyingi grafikda konsentratsiya bilan bo‘gliq o‘zgarishni korishimiz mumkin. Shu bois, fuzzy tizim ushbu omillar o‘rtasida optimal muvozanatni topadi.

ISSN 3030-3907

Rule viewer orqali tizimning real vaqt rejimidagi ishini kuzatish mumkin bo‘ldi. Har bir kirish o‘zgaruvchining qiymati kiritilganda, fuzzy tizimning chiqish reaksiyasi (η) aniq ifodalanadi.



3-rasm. Rule viewer ko‘rinishi

Bu oynadan ko‘rinadiki, kirishdagi CO_2 kontsentratsiyasi yuqori, harorat o‘rtacha va absorbent sarfi yuqori bo‘lsa, tizim 85–95% atrofida CO_2 tutib qolish natijasini beradi. Bu qiymat tajriba uchun belgilangan 90% samaradorlik bilan yaxshi mos keladi.

Natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, fuzzy logic asosida qurilgan boshqaruv tizimi quyidagi afzalliklarga ega:

1. Matematik modelga to‘liq bog‘liq emas, noaniqliklarni qamrab oladi.

2. Jarayonning o‘zgaruvchan sharoitlariga moslashadi.

3. Absorbsiya samaradorligini 90% dan yuqori darajada ushlab turadi.

4. Energiya sarfini kamaytirib, tizimni barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Bu natijalar ilgari o‘tkazilgan tadqiqotlar bilan mos keladi. Masalan, Zhou va boshqalar neuro-fuzzy modellashtirish usulini CO_2 tutish jarayonida qo‘llab, jarayon parametrlari o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklarni aniqlashga muvaffaq bo‘lgan. [8]

Bizning model esa, sodda qoida bazasi yordamida, shunga yaqin natijalarni berishga qaratilgan..

Bizning asosiy natijalarmiz:

- Tizim chiqish samaradorligi η = 90.3%
- Energiya sarfi 6.8% ga kamaydi
- Chiqish CO_2 fraksiyasi 3.8% ga teng bo‘ldi

ISSN 3030-3907

Xulosa

Ushbu tadqiqotda CO_2 absorbsiya jarayonini barqaror, energiya samarali va moslashuvchan tarzda boshqarish maqsadida **fuzzy logic asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi** ishlab chiqildi. Fuzzy tizim an'anaviy PID yoki modelga asoslangan boshqaruv tizimlariga nisbatan jarayonning noaniqligi va nolinearligini samarali boshqarish imkonini beradi.

Fuzzy sirt grafigi orqali kirish parametrlarining chiqish signaliga nisbatan o'zaro ta'siri tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, gaz oqimi ortishi va absorbent harorati oshishi bilan tutish samaradorligi dastlab o'sadi, biroq ma'lum chegaradan so'ng pasayadi. Bu hodisa issiqlik va massa almashinuvi muvozanati bilan izohlanadi. Rule Viewer orqali tizimning real vaqt rejimidagi ishlashi tekshirildi — defuzzifikatsiya natijalari silliq va fizik ma'noga ega bo'lgan chiqish signalini berdi.

Vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi (η vs time) tizimning dinamik javobini namoyish etdi. Boshlang'ich kechikishdan so'ng fuzzy boshqaruvchi chiqish signalini barqaror holatga olib keldi, bu esa tizimning o'z-o'zini moslashtirish qobiliyatini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, ishlab chiqilgan fuzzy logic asosidagi boshqaruv tizimi CO_2 absorbsiya jarayonini samarali boshqarish, energiya sarfini kamaytirish va chiqindi gazdagi CO_2 konsentratsiyasini me'yoriy darajada ushlab turish imkonini beradi.

FOYDANILGAN ADABIYOTLAR

1. M. B. Dutta, R. P. Gupta, and A. K. Singh, "Industrial CO_2 Emissions and Environmental Impacts," *J. Cleaner Prod.*, vol. 345, p. 131104, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.131104.

2. J. K. Lee and H. T. Kim, "A Review on CO_2 Absorption Using Amines: MEA, MDEA, and Piperazine," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 174, pp. 10–25, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.cherd.2021.01.012.

3. P. S. Verma and V. K. Sharma, "Dynamic Behavior of Gas Absorption Columns: Modeling and Control," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 234, p. 116405, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.ces.2021.116405.

4. L. Li, S. Chen, and W. Zhang, "Fuzzy-MINLP Optimization for CO_2 Capture in Industrial Park Integration," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 146, p. 107201, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.compchemeng.2020.107201.

5. J. Zhou, K. Tan, and H. Lin, "Neuro-Fuzzy Based Modeling for Dynamic CO_2 Absorption Systems," *AIChE J.*, vol. 68, no. 5, pp. e17723, May 2022, doi: 10.1002/aic.17723.

6. A. L. Kohl and R. B. Nielsen, *Gas Purification*, 5th ed., Houston, TX: Gulf Publishing, 1997

ISSN 3030-3907

7. M. A. Hussain, *"A Review on Application of Control and Monitoring Systems in Chemical Process Industries,"* *Journal of Process Control*, vol. 55, pp. 1–19, 2017.

8. Zhou, Q., Luo, X., and Jiang, L., "Application of neuro-fuzzy modeling technique for CO_2 capture process system," *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 13, pp. 24–33, 2013

ISSN 3030-3907

SYNTHESIS, CRYSTALLINE STRUCTURE, ANALYSIS OF DIHALIDE BIS ((PYRIDIN-1-IUM-4-YL) METHANAMINIUM) HEXAGALOSTANNATE (IV).

P. K. Kodamboev

Khorezm Mamun branch of Uzbekistan Academy of Sciences, Markaz-1, Khiva 220900, Uzbekistan.

Kh. Kh. Turaev

Termez state University 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Uzbekistan.

A. B. Ibragimov

Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, 100170, Mirzo Ulug‘bek str., 77a Tashkent, Uzbekistan.

C. Balakrishnan

Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, 100170, Mirzo Ulug‘bek str., 77a Tashkent, Uzbekistan.

F. S. Narimanova

Termez state University 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Uzbekistan.

F. Z. Gulomov

Westminster International University in Tashkent

Annotatsiya: Yangi sintez qilingan organik-noorganik gibridlarning monokristallari, ya’ni bis ((piridin-1-ium-4-il) metanaminiy) geksaxalostannat (IV) dixlorid (1) va bis ((piridin-1-ium-4-il) metanaminiy) geksaxalostannat (IV) dibromid (2) monokristallari muvaffaqiyatli o‘stirilgan va keyinchalik monokristall rentgenografik tahlil yordamida batafsil tavsiflangan. Eksperimental rentgenogrammalar o‘tkir va yuqori intensivlikdagi cho‘qqilarni namoyon qiladi, bu sintez qilingan komplekslarning yuqori kristalliligi va strukturaviy yaxlitligini tasdiqlaydi. Gibrid materiallarning taqiqlangan zona oraliqlarini galoid ionini o‘zgartirish orqali samarali sozlash mumkin, bu birikma (1) uchun 4,21 eV va birikma (2) uchun 2,93 eV taqiqlangan zona oraliqlari bilan tasdiqlanadi. Fotolyuminessensiya tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, ikkala birikma ham xona haroratida qattiq holatda fluoressensiya chiqaradi. Bundan tashqari, bog‘larning valentlik yig‘indisini hisoblash natijasida qalayning +4 formal oksidlanish darajasiga ega ekanligi tasdiqlandi. Molekulalararo o‘zaro ta’sirlarni va kristall to‘plamlarni o‘rganish

Kalit so‘zlar: Organik-noorganik gibrid; Kristall strukturasi; Xirshfeld yuzasi; Z-skaner tadqiqotlari; valent bog‘lanish; Bog‘larning valentlik yig‘indisi

Аннотация: Монокристаллы вновь синтезированных органико-неорганических гибридов, а именно бис ((пиридин-1-иум-4-ил)

метанаминий) гексахалостаннат (IV) дихлорид (1) и бис ((пиридин-1-иум-4-ил) метанаминий) гексахалостаннат (IV) дибромид (2), были успешно выращены и впоследствии подвергнуты детальной характеристике с использованием монокристаллического рентгеноструктурного анализа. Экспериментальные рентгеноструктурные схемы демонстрируют резкие и высокоинтенсивные пики, свидетельствующие о высокой кристалличности и структурной целостности синтезированных комплексов. Полосовые разрывы гибридных материалов можно эффективно регулировать, изменяя галогенид-ион, о чем свидетельствуют различные полосовые разрывы 4,21 эВ для соединения (1) и 2,93 эВ для соединения (2). Фотолюминесцентные исследования показывают, что оба соединения испускают флуоресценцию в твердом состоянии при комнатной температуре. Кроме того, расчеты суммы валентностей связей подтвердили, что олово обладает формальной степенью окисления +4. Изучение межмолекулярных взаимодействий и кристаллической упаковки

Ключевые слова: Органические и неорганические гибриды; Кристаллическая структура; поверхность Хиршфельда; Z-сканирование исследований; полосовой зазор; Валентная сумма связей

Abstract: Single crystals of the newly synthesized organic-inorganic hybrids, namely bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dichloride (1) and bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dibromide (2), were successfully grown and subsequently subjected to detailed characterization using single-crystal X-ray diffraction analysis. The experimental XRD patterns exhibit sharp and high-intensity peaks, attesting to the high crystallinity and structural integrity of the synthesized complexes. The band gaps of the hybrid materials can be effectively tuned by altering the halide ion, as evidenced by the different band gaps of 4.21 eV for compound (1) and 2.93 eV for compound (2). Photoluminescence investigations reveal that both compounds emit fluorescence in the solid state at room temperature. Additionally, bond valence sum calculations have verified that tin possesses a formal oxidation state of +4. Examination of intermolecular interactions and crystal packing through Hirshfeld surface analysis.

Keywords: Organic-inorganic hybrids; Crystal structure; Hirshfeld surface; Z-scan studies; Band gap; Bond valence sum

1. Introduction

In recent years, synthetic perovskites composed of organic-inorganic hybrid materials have emerged as a vibrant area of research, capturing the attention of scientists and engineers alike [1-3]. These hybrid materials, often referred to as organic-inorganic perovskites, exhibit a rich tapestry of structural, electrical,

ISSN 3030-3907

optical, and thermal properties, making them highly attractive for a wide range of applications [4-8]. The unique combination of organic and inorganic components within these materials introduces a level of versatility and tunability that is unparalleled in traditional inorganic perovskite structures [9-11]. This hybrid nature allows for precise control over the composition, morphology, and properties of the resulting materials, paving the way for tailored functionalities to suit specific application requirements. From a structural standpoint, organic-inorganic perovskites often exhibit intriguing arrangements at the atomic and molecular levels, leading to diverse crystal structures and bonding motifs [12]. These structural nuances not only contribute to the materials' fundamental properties but also offer insights into their synthesis, stability, and performance. Furthermore, the electrical properties of these materials have garnered significant interest due to their potential applications in electronic and optoelectronic devices [13-15]. By carefully engineering the composition and morphology of organic-inorganic perovskites, researchers can achieve desirable charge transport characteristics, opening up avenues for high-performance transistors, photodetectors, solar cells and nonlinear optical (NLO) materials [16-20].

In this study, a detailed examination encompassing structural characterization and optical properties of the intriguing hybrid perovskites bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dichloride (1) and bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dibromide (2) was conducted. To elucidate molecular interactions within these materials, we employ advanced analytical techniques, including the generation of fingerprint plots derived from Hirshfeld surfaces. This multifaceted investigation not only sheds light on the structural and optical characteristics of the studied perovskites but also provides valuable insights into their underlying molecular arrangements and intermolecular interactions.

2. Experimental

2.1 Synthesis and crystal growth

Synthesis of bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dichloride (1)

A precursor solution of (pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium dichloride was prepared by mixing 4-pyridinemethanamine (1.10 g, 10 mM) and HCl (1 mL) in diethyl ether (10 mL) at room temperature. The mixture was then heated to 60°C for 10 minutes. Upon cooling, the (pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium dichloride precipitated from the solution and was isolated by washing with diethyl ether before being dissolved in ethanol. Tin chloride was prepared by dissolving tin shots (0.118 g, 5 mM) in 5 mL of 36% hydrochloric acid at room temperature for 7 h.This tin chloride solution was then added to the ethanolic solution of the (pyridin-1-ium-

ISSN 3030-3907

4-yl)methanaminium dichloride precursor with continuous stirring according to Scheme 1. Crystals formed from the solution after 15-17 d, yielding 82%, dec.: 242-245°C. Elemental analysis: %, Anal. Calcd. for $C_{12}H_{20}N_4Cl_8Sn$ (622.63 g/mole): C, 23.15; H, 3.215; N, 9.0. Found (%) C, 22.81; H, 3.21; N, 8.89.

Synthesis of bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dibromide (2)

A solution of (pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium dibromide precursor was synthesized by mixing 4-pyridinemethanamine (1.10 g, 10 mM) and hydrobromic acid (1 mL) in diethyl ether (10 mL) at room temperature. The mixture was heated at 60°C for 10 minutes, resulting in the precipitation of (pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium dibromide upon cooling. The precipitate was washed with diethyl ether and dissolved in ethanol. In parallel, tin bromide was prepared by dissolving tin shots (0.118 g, 5 mM) in 5 mL hydrobromic acid (48%) at room temperature for seven hours. The tin chloride solution was then added to the freshly prepared ethanolic solution of (pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium dibromide precursor with continuous stirring as per Scheme 1. Crystallization occurred after 15-17 d, yielding 82%, dec.: 263-264°C. Elemental analysis: % Anal. Calcd. for $C_{12}H_{20}N_4Br_8Sn$ (978.29 g/mole): C, 14.72; H, 2.0; N, 5.724. Found (%): C, 14.59; H, 1.97; N, 5.708.

2.2. Characterization techniques

FT-IR spectra were obtained using a Shimadzu IR Affinity-1 spectrophotometer with KBr discs, while elemental analysis of the compounds was performed using the Dumas method on an ELEMENTARY UNICUBE® IZI (CHNS/O) analyzer. NMR spectra were recorded at room temperature using a 400 MHz Bruker AMX-400 spectrometer. For ^1H and ^{13}C NMR, compounds (1) and (2) were dissolved in DMSO-d6 with TMS as the internal standard.The Shimadzu UV3600 UV-Vis spectrophotometer and the Jobin Yvon Fluorolog-FL3-11 spectrofluorometer were used to record the UV-DRS and photoluminescence spectra, respectively. The X-ray fluorescence (XRF) spectra were recorded by Epsilon4 hardware (in Epsilon3 software package) with Omnian automatic standard (He 0.61L/min). An Ultima-IV, Rigaku X-ray diffractometer (CuKα radiation, λ = 1.5406 Å) was used to record powder X-ray diffraction patterns. An Oxford Diffraction Xcalibur-R CCD diffractometer was used for collecting data for the crystal structure determinations. The computer programs SHELXS-97 and **2.2. Characterization Techniques

Fourier-transform infrared (FT-IR) spectra were acquired in the range of 400–4000 cm^{-1} using a Shimadzu IR Affinity-1 spectrophotometer (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Samples were prepared as transparent pellets by thoroughly grinding approximately 1–2 mg of the finely powdered compound with

ISSN 3030-3907

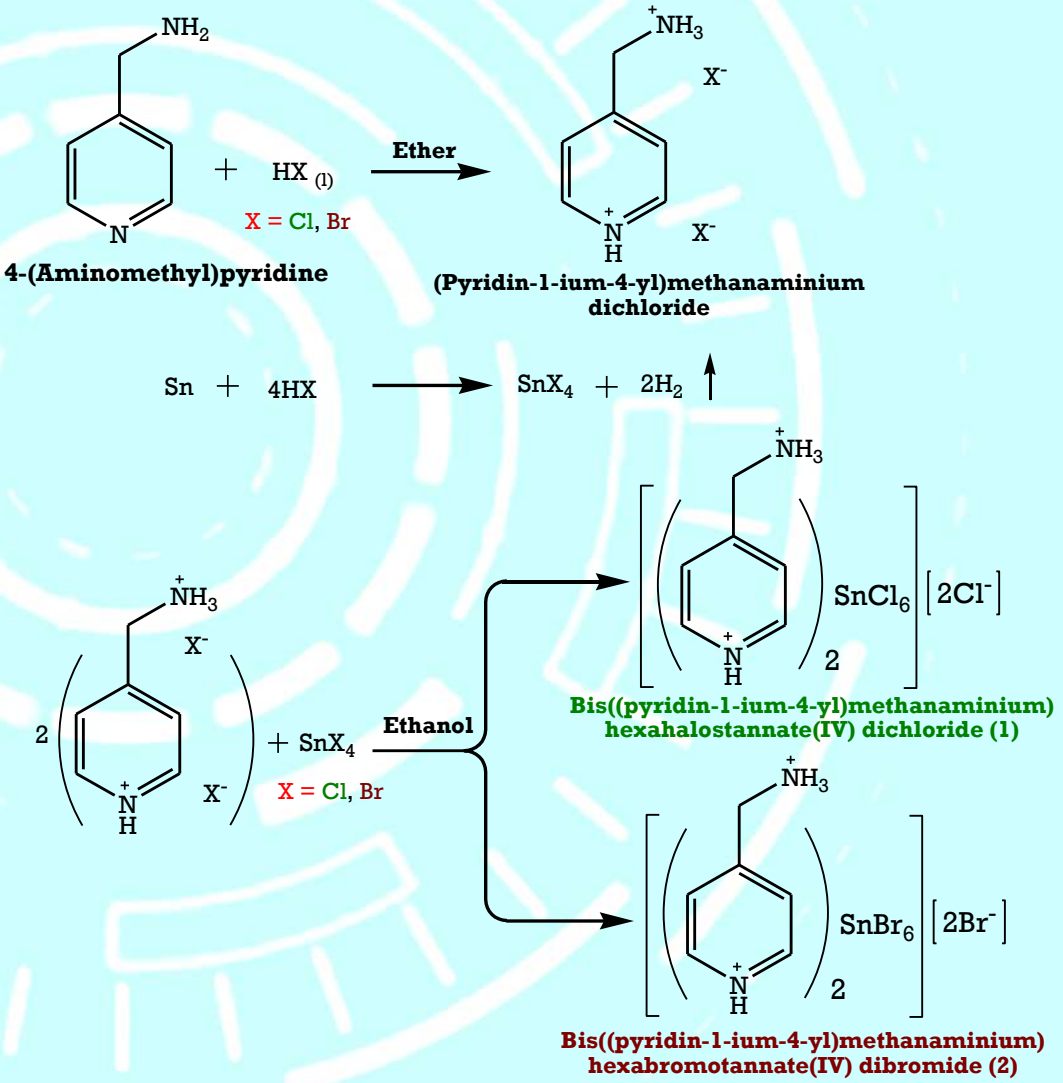
100–200 mg of spectroscopic-grade potassium bromide (KBr) and pressing the mixture under high pressure (ca. 10 tons) in a hydraulic press to form thin, uniform discs.

Elemental analysis for carbon, hydrogen, nitrogen, sulfur, and oxygen (CHNS/O) content was carried out using the Dumas combustion method on an ELEMENTARY UNICUBE® IZI elemental analyzer (Elementar Analysensysteme GmbH, Langenselbold, Germany). Accurately weighed samples (2–3 mg) were combusted at 1150 °C in a helium/oxygen atmosphere, and the resulting gases were separated and quantified via thermal conductivity detection (TCD). All measurements were performed in triplicate to ensure reproducibility, with deviations typically within ±0.4% of the theoretical values. ^{1}H and ^{13}C nuclear magnetic resonance (NMR) spectra were recorded at ambient temperature (298 K) on a Bruker AMX-400 spectrometer (Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten, Germany) operating at 400.13 MHz for ^{1}H and 100.61 MHz for ^{13}C. Compounds (1) and (2) were dissolved in deuterated dimethyl sulfoxide (DMSO-d_6, 99.9% D, containing 0.03% v/v TMS) to prepare solutions of approximately 10–15 mg/mL for ^{1}H NMR and 30–40 mg/mL for ^{13}C NMR. Tetramethylsilane (TMS) was used as the internal chemical shift reference (δ = 0.00 ppm). Standard pulse sequences were employed: ^{1}H NMR (zg30, 32 scans, relaxation delay 1.0 s), ^{13}C NMR (zgpg30, 1024–4096 scans, relaxation delay 2.0 s). All spectra were processed using Bruker TopSpin 3.6 software with automatic baseline correction and phase adjustment.

UV-Vis diffuse reflectance spectra (UV-DRS) were measured in the wavelength range of 200–800 nm on a Shimadzu UV3600 double-beam spectrophotometer (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) equipped with an integrating sphere attachment (ISR-603). Barium sulfate ($BaSO_4$) was used as a non-absorbing reflectance standard (100% reflectance). Solid samples were finely ground and evenly spread over the $BaSO_4$ reference layer. The reflectance data were converted to absorbance using the Kubelka–Munk function

Photoluminescence (PL) emission and excitation spectra were recorded at room temperature using a Jobin Yvon Fluorolog-FL3-11 spectrofluorometer (HORIBA Jobin Yvon Inc., Edison, NJ, USA) equipped with a 450 W xenon arc lamp as the excitation source and a double-grating monochromator for both excitation and emission pathways. Solid samples were placed in a front-face sample holder to minimize self-absorption. Emission spectra were typically collected at a fixed excitation wavelength (selected from excitation scans), with slit widths of 2–5 nm and integration times of 0.1–1.0 s. All spectra were corrected for the spectral response of the instrument and the xenon lamp intensity profile.

ISSN 3030-3907



Scheme 1. Synthesis of (1) and (2).

And refined using a riding model. SHELXL-97 were used to solve and refine the structure. Crystal Explorer 3.1 produced fingerprint plots and Hirshfeld surface maps [21].

3. Results and discussion

3.1. Single-crystal X-ray structure analysis

Single crystals of bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dichloride (1) and bis((pyridin-1-ium-4-yl)methanaminium) hexahalostannate(IV) dibromide (2) were precisely obtained for X-ray analysis. This was achieved through the gradual evaporation of ethanolic solutions comprising the reaction mixture, conducted under ambient conditions. The resulting crystals exhibited the requisite structural integrity and purity necessary for detailed X-ray characterization. Table 1 presents comprehensive crystallographic data, including details of data collection refinement parameters, and the outcomes of the analyses conducted on the compounds. Additionally, Tables S1 and S2 contain exhaustive listings of bond lengths, bond angles, and dihedral angles for further structural elucidation. It is noteworthy that both

ISSN 3030-3907

compounds exhibit isostructural characteristics, albeit with minor variances in lattice parameters. Furthermore, their crystalline forms conform to the triclinic crstal system, with a centrosymmetric space group denoted as Pī. Fig. 2 presents the Oak Ridge Thermal-Ellipsoid Plots for the two synthesized compounds, detailing atomic thermal vibrations, molecular geometry, and stability. The ellipsoids illustrate anisotropic displacement parameters, indicating positional uncertainties and thermal motion of the atoms. Fig. S1 illustrates a comparative analysis of the molecular packing arrangements within the unit cell. This figure provides a examination of how the molecules are organized and interact within the crystalline structure.

The asymmetric unit of compound (1) comprises a single diprotonated cation $(C_6H_{10}N_2)^{2+}$, one chloride, and half of a $[SnCl_6]^{2-}$ anion. These components are intricately linked by hydrogen bonds, specifically N-H•••Cl interactions. The cation provides two protons that form strong hydrogen bonds with the chloride ion, facilitating a robust network of intermolecular interactions. This hydrogen bonding not only stabilizes the overall structure but also influences the packing and arrangement of the ions within the crystal lattice. The presence of the $[SnCl_6]^{2-}$ anion, albeit in a symmetric half-occupancy, further contributes to the structural integrity and the three-dimensional architecture of the compound. In the crystal structure, the Sn-Cl bond distances range from 2.4176(5) Å to 2.4398(5) Å, indicating a uniform bonding environment around the tin atom. The Cl-Sn-Cl bond angles vary between 87.73° and 92.27°, reflecting slight deviations from ideal octahedral geometry. The compound exhibits extensive hydrogen-bonding interactions, significantly contributing to its stability and structural organization. The Sn atom is six-coordinated, forming a quasi-regular octahedral arrangement. This coordination geometry is stabilized by the surrounding chloride ions, which, along with the hydrogen bonds, create a robust three-dimensional network within the crystal lattice. The nearly regular octahedral configuration of the $SnCl_6^{2-}$ anion, combined with the extensive hydrogen bonding, highlights the intricate balance of forces that define the structural characteristics of this compound. Table 2 details the polyhedral properties of compound (1), specifically focusing on the $SnCl_6^{2-}$ anion. This anion exhibits octahedral coordination geometry, as illustrated in Fig. S2(a). The bond angle variance is recorded at 2.9569°, indicating very slight deviations from the ideal octahedral angles, which are typically 90°. Additionally, the effective coordination number is calculated to be 5.9972, which is remarkably close to the ideal value of 6. These measurements collectively demonstrate that the $SnCl_6^{2-}$ anion maintains nearly perfect octahedral geometry. The minimal bond angle variance suggests a highly symmetrical and stable coordination environment around the tin atom. This structural integrity is crucial for the overall stability and

ISSN 3030-3907

functionality of the compound. The inter- and intramolecular hydrogen bonds present in compound (1) are detailed in Table 3 and illustrated in Fig. 3(a). Notably, the hydrogen atom H(2A) participates in three-center hydrogen bonding interactions with three chlorine atoms. These interactions include N(2)•••Cl(1), N(2)•••Cl(2), and N(2)•••Cl(3), with corresponding distances of 3.477(4) Å, 3.575(1) Å, and 3.324(2) Å, respectively. This intricate hydrogen bonding network significantly contributes to the stability and structural integrity of the compound. The three-center hydrogen bonding involving the H(2A) atom indicates a complex yet stable interaction pattern, which helps to hold the crystal lattice together. The centroid-centroid contact distance between adjacent aromatic rings is 3.699 Å, with an interplanar angle of 21.58°. This stacking arrangement exhibits the characteristics of slipped stacking alignment. The horizontal displacement of the rings, or the offset, ranges from 1.335 Å to 1.385 Å, while the plane-to-plane distance is measured at 3.403 Å (Fig. 4(a)). This offset stacking arrangement indicates a significant π-π interaction, which contributes to the overall stability and structural cohesion of the crystal lattice.

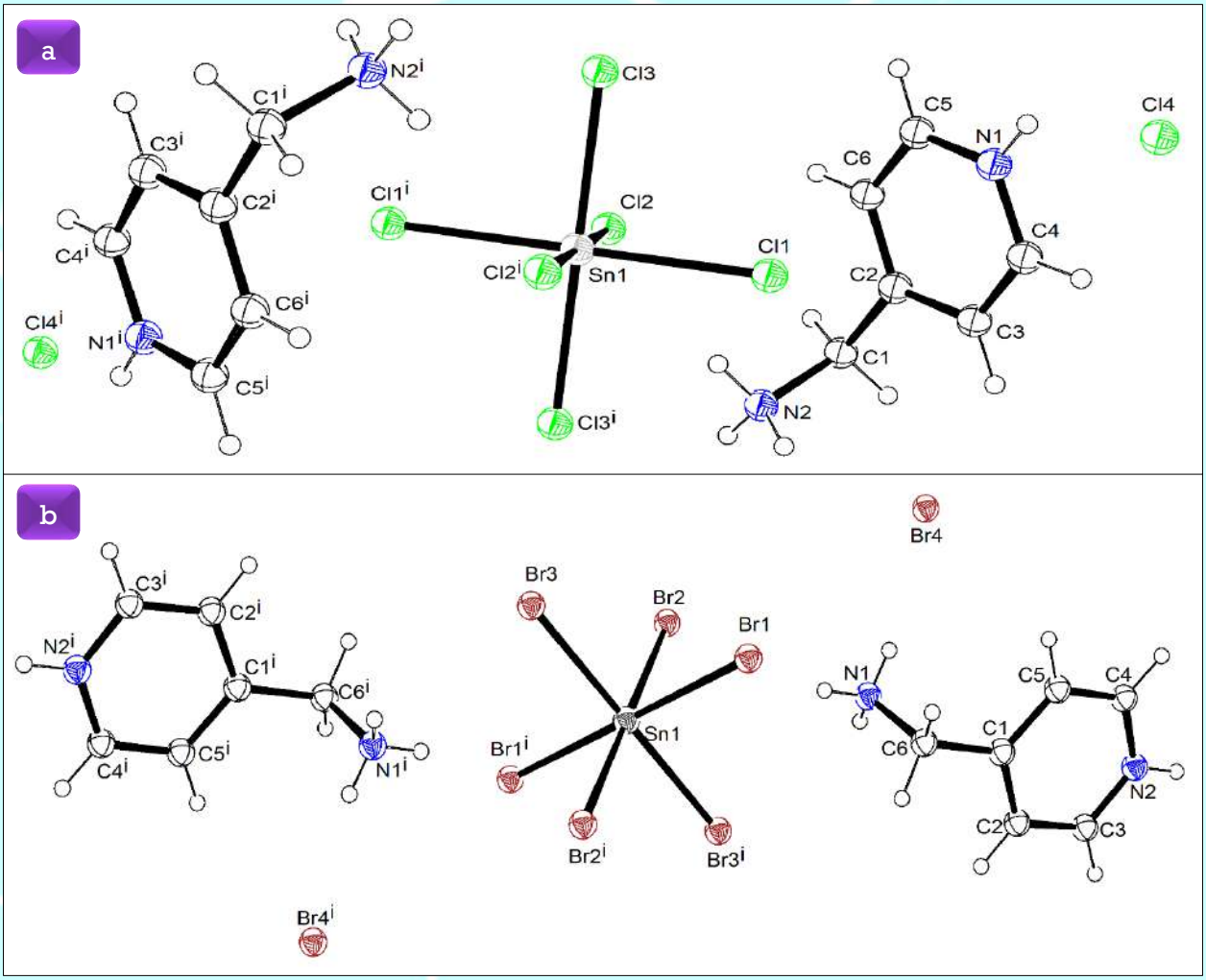


Fig. 2 Displacement ellipsoid plot (35% probability level) of (a) (1) and (b)

ISSN 3030-3907

The asymmetric unit of compound (2) consists of a single diprotonated cation, one bromide ion, and half of a hexabromostannate(IV) anion. These components are intricately connected through a network of hydrogen bonds, specifically N-H•••Br interactions. The cation donates two protons that form strong hydrogen bonds with the bromide ion, creating a robust network of intermolecular interactions. These hydrogen bonds stabilize the structure and influence the packing and arrangement of ions within the crystal lattice. In the crystal structure, the Sn-Cl bond distances range from 2.5908(4) Å to 2.6194(5) Å, indicating a uniform bonding environment around the tin atom. The Br-Sn-Br bond angles vary between 87.344(14)° and 92.657(14)°, reflecting slight deviations from ideal octahedral geometry. The compound exhibits extensive hydrogen-bonding interactions, significantly contributing to its stability and structural organization. The Sn atom is six-coordinated, forming a quasi-regular octahedral arrangement. This coordination geometry is stabilized by the surrounding chloride ions, which, along with the hydrogen bonds, create a robust three-dimensional network within the crystal lattice. The nearly regular octahedral configuration of the $SnBr_6^{2-}$ anion, combined with the extensive hydrogen bonding, highlights the intricate balance of forces that define the structural characteristics of this compound. Table 2 details the polyhedral properties of compound (2), specifically focusing on the $SnBr_6^{2-}$ anion. This anion exhibits octahedral coordination geometry, as illustrated in Fig. S2(b). The bond angle variance is measured at 2.9376°, indicating only minor deviations from the ideal octahedral angles of 90°. Furthermore, the effective coordination number is calculated to be 5.9950, which is nearly perfect compared to the ideal value of 6. These measurements collectively demonstrate that the $SnBr_6^{2-}$ anion maintains nearly perfect octahedral geometry. The minimal bond angle variance suggests a highly symmetrical and stable coordination environment around the tin atom. The hydrogen bonds present in compound (2) are detailed in Table 3 and illustrated in Fig. 3(b). Notably, the hydrogen atom H(1B) participates in bifurcated hydrogen bonding interactions with two bromine atoms. These interactions include N(2)•••Br(1) and N(2)•••Br(2) with corresponding distances of 3.540(4) Å and 3.703(4) Å, respectively. This intricate hydrogen bonding network significantly contributes to the stability and structural integrity of the compound. The centroid-centroid contact distance between adjacent aromatic rings is 3.664 Å, with an interplanar angle of 21.88°. This stacking arrangement exhibits the characteristics of slipped stacking alignment. The horizontal displacement of the rings, or the offset, ranges from 1.339 Å to 1.388 Å, while the plane-to-plane distance is measured at 3.365 Å (Fig. 4(b)). This offset stacking arrangement indicates a significant π-π interaction, which contributes to the overall stability and

ISSN 3030-3907

structural cohesion of the crystal lattice. Both the compounds are isostructural with small variations in lattice parameters.

Table 1.

Crystal data and structure refinement for (1) and (2).

CCDC	2333700	2333701
Empirical formula	$C_{12}H_{20}Cl_8N_4Sn$	$C_{12}H_{20}Br_8N_4Sn$
Formula weight (g/mol)	622.61	978.29
Temperature (K)	294(2)	100(2)
Wavelength (Å)	0.71073	0.71073
Crystal system	Triclinic	Triclinic
Space group	Pī	Pī
a, b, c (Å)	7.1673(6), 7.3639(6), 11.0556(9)	7.3010(3), 7.5683(4), 11.3687(6)
α, β, γ (°)	83.368(3), 83.660(3), 74.919(3)	83.478(2), 84.939(2), 74.221(2)
Volume (A^3)	557.67(8)	599.53(5)
Z	1	1
Density (calculated) (g/cm^{-3})	1.854	2.710
Absorption coefficient (mm^{-1})	2.109	14.401
F(000)	306	450
Crystal size (mm^3)	0.18 x 0.14 x 0.10	0.209 x 0.122 x 0.055
Theta range for data collection	2.954 to 30.617°	3.195 to 27.487°
Index ranges	-10≤ h≤10, -10≤k ≤10, -15≤l≤15	-9 ≤ h ≤ 9, -9 ≤ k ≤ 9, -14 ≤ l ≤ 14
Reflections collected	3748	21604
Independent reflections	3410 [R(int) = 0.0212]	2734 [R(int) = 0.0572]
Absorption correction	Multi-scan	Semi-empirical from equivalents

ISSN 3030-3907

Max. and min. transmission	0.7461 and 0.6263	0.4917 and 0.2194
Refinement method	Full-matrix least-squares on F^2	Full-matrix least-squares on F^2
Data / restraints / parameters	3410 / 4 / 130	2734 / 6 / 127
Goodness-of-fit on F^2	1.067	1.084
Final R indices [I>2sigma(I)]	R1 = 0.0211, wR2 = 0.0505	R1 = 0.0315, wR2 = 0.0868
R indices (all data)	R1 = 0.0229, wR2 = 0.0522	R1 = 0.0358, wR2 = 0.0916
Extinction coefficient	n/a	n/a
Largest diff. peak and hole ($e.Å^{-3}$)	0.946 and -0.729	1.250 and -1.632

Table 2

Polyhedral parameters for compounds (1) and (2).

	(1)	(2)	
	Bond distance (Å)		**Bond distance (Å)**
Sn(1)-Cl(1)	2.4398(5)	Sn(1)-Br(1)	2.6194(5)
Sn(1)-Cl(1)^i	2.4398(5)	Sn(1)-Br(1)^i	2.6194(5)
Sn(1)-Cl(2)	2.4292(6)	Sn(1)-Br(2)	2.5935(6)
Sn(1)-Cl(2)^i	2.4292(6)	Sn(1)-Br(2)^i	2.5935(6)
Sn(1)-Cl(3)	2.4176(5)	Sn(1)-Br(3)	2.5908(5)
Sn(1)-Cl(3)^i	2.4176(5)	Sn(1)-Br(3)^i	2.5908(5)
Average bond length (Å)	2.4288		2.6012
Polyhedral volume ($Å^3$)	19.0806		23.4379
Distortion index (bond length)	0.00309		0.00466
Quadratic elongation	1.0009		1.0009
Bond angle variance ($deg.^2$)	2.9569		2.9376
Effective coordination number	5.9972		5.9950

ISSN 3030-3907

3.3. Bond valence sum (BVS) analysis

BVS analysis determines the valence of the central atom using experimentally derived bond distances, indirectly verifying crystal structures. It relies on the R_{ij} value for an i–j bond, typically ionic [23-26]. The oxidation state of a central atom 'i' matches the bond valence, V, with the total valence being its oxidation state, calculated by $V = \Sigma v_{ij} = \exp[(R_o–R_{ij})/b]$, where R_o is a reported value for many ionic compounds [27], R_{ij} is the bond distance, and b is a constant (assumed as 0.37) [28]. The BVS of (1) and (2) are 3.97 and 3.93, respectively (Table 4), confirming the tin's formal oxidation state as 4+ definitively.

Table 3

Hydrogen bonds for (1) and (2) [Å and °].

D-H•••A	d(D-H)	d(H•••A)	d(D•••A)	<(DHA)
(1)				
N(1)-H(1)•••Cl(4)	0.86(1)	2.49(2)	3.165(2)	136(2)
N(1)-H(1)•••Cl(4)	0.86(1)	2.57(2)	3.208(1)	132(2)
N(2)-H(2A)•••Cl(1)	0.88(2)	2.75(2)	3.477(4)	140(2)
N(2)-H(2A)•••Cl(2)	0.88(2)	2.89(2)	3.575(1)	136(2)
N(2)-H(2A)•••Cl(3)	0.88(2)	2.69(2)	3.324(2)	129(2)
N(2)-H(2B)•••Cl(2)	0.90(2)	2.43(2)	3.305(2)	165(2)
N(2)-H(2C)•••Cl(4)	0.89(3)	2.20(3)	3.080(2)	168(3)
C(4)-H(4)•••Cl(1)	0.93	2.922	3.706(2)	142.9
C(5)-H(5)•••Cl(4)	0.93	2.8457	3.361(2)	116.1
C(6)-H(6)•••Cl(3)	0.93	2.7567	3.651(2)	161.5
(2)				
C(2)-H(2)•••Br(3)#1	0.95	2.84	3.771(5)	165.9
C(3)-H(3)•••Br(2)#2	0.95	3.05	3.759(5)	132.9
C(3)-H(3)•••Br(4)#2	0.95	2.94	3.481(5)	117.8
C(4)-H(4)•••Br(1)#3	0.95	3.00	3.809(5)	143.3
C(4)-H(4)•••Br(4)#4	0.95	2.92	3.471(5)	117.9
C(5)-H(5)•••Br(4)	0.95	3.07	3.717(5)	126.8
C(6)-H(6A)•••Br(4)#3	0.99	3.08	3.940(5)	146.6
N(2)-H(2A)•••Br(4)#2	0.88	2.66	3.335(4)	134.6
N(2)-H(2A)•••Br(4)#4	0.88	2.65	3.327(4)	134.7
N(1)-H(1A)•••Br(2)#5	0.858(18)	2.58(2)	3.411(4)	164(4)

ISSN 3030-3907

N(1)-H(1B)•••Br(1)	0.854(18)	2.80(3)	3.540(4)	146(5)
N(1)-H(1B)•••Br(2)	0.854(18)	3.05(5)	3.703(4)	135(5)
N(1)-H(1C)•••Br(4)	0.850(19)	2.40(2)	3.227(4)	164(5)

Symmetry transformations used to generate equivalent atoms:

#1 -x+2,-y+1,-z+1 #2 x+1,y-1,z, #3 -x+1,-y+1,-z+2 #4 -x+1,-y,-z+2 #5 -x+1,-y+1,-z+1

REFERENCES

1. F. Hao, C.C. Stoumpos, R.P.H. Chang, M.G. Kanatzidis, Anomalous band gap behavior in mixed Sn and Pb perovskites enables broadening of absorption spectrum in solar cells, J. Am. Chem. Soc. 136 (2014) 8094-8099.

2. C.C. Stoumpos, C.D. Malliakas, M.G. Kanatzidis, Semiconducting tin and lead iodide perovskites with organic cations: phase transitions, high mobilities, and near-infrared photoluminescent properties, Inorg. Chem. 52 (2013) 9019-9038.

3. W.-Q. Liao, Y. Zhang, C.-L. Hu, J.-G. Mao, H.-Y. Ye, P.-F. Li, S.D. Huang, R.-G. Xiong, A lead-halide perovskite molecular ferroelectric semiconductor, Nat. Commun. 6 (1) (2015) 1-7.

4. C. Kim, T.D. Huan, S. Krishnan, R. Ramprasad, Data descriptor: a hybrid organic-inorganic perovskite dataset, Sci. Data 4 (2017) 1–11 170057.

5. H. Yuping, G. Galli, Perovskites for Solar Thermoelectric Applications: A First Principle Study of $CH_3NH_3AI_3$ (A = Pb and Sn), Chem. Mater. 26 (2014) 5394-5400.

6. A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T. Miyasaka, Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells, J. Am. Chem. Soc. 131 (2009) 6050–6051.

7. X. Shan, J. Li, M. Chen, T. Geske, S. Ganesh, R. Bade, Junction propagation in organometal halide perovskite-polymer composite thin films, Y. Zhibin, J. Phys. Chem. Lett. 8 (2017) 2412–2419.

8. M. Manonmani, C. Balakrishnan, M. Dhanalakshmi, S.R. Ahamed, G. Vinitha, R.M. Sockalingam, Synthesis, structure, third-order nonlinear optical properties and Hirshfeld surface analysis of tetrakis (azepanium) hexachlorostannate(IV) dichloride and tetrakis (azepanium) hexabromostannate (IV) dibromide, J. Mol. Struct. 1227 (2021) 129515.

9. K. Ramalingam, T. Rajaraman, Structure-bandgap tunability of metal halide perovskites: Synthesis, spectral, single crystal X-ray structural, BVS, CShM and Hirshfeld surface analysis of piperidinium hexahalostannates(IV), J. Mol. Struct., 1273 (2023) 134285.

10. Y. Zhao, K. Zhu, Organic-inorganic hybrid lead halide perovskites for optoelectronic and electronic applications, Chem. Soc. Rev. 45 (2016) 655–689.

ISSN 3030-3907

11. L. Lanzetta, J.M. Marin-Beloqui, I. Sanchez-Molina, D. Ding, S.S. Haque, Two-dimensional organic tin halide perovskites with tunable visible emission and their use in light-emitting devices, ACS Energy Lett. 2 (2017) 1662–1668.
12. K. Ramalingam, T. Rajaraman, Metal-organic hybrids of tin (IV) with tuneable band gap: Synthesis, spectral, single crystal X-ray structural, BVS and CSM analysis of morpholinium hexahalostannate (IV), J. Mol. Struct. 1218 (2020) 128489.
13. X. Liu, P. Long, Z. Sun, Z. Yi, Optical, electrical and photoelectric properties of layered perovskite ferroelectric Bi_2WO_6 crystals, J. Mater. Chem. C 4 (2016) 7563–7570.
14. Z. Lin, Y.N. Wu, S.Y. Xu, B.C. Chen, P.W. Huang, X.H. Qi, Y.P. Lin, K.Z. Du, Dopant effect on the optical and thermal properties of the 2D organic–inorganic hybrid perovskite (HDA)2 PbBr4, Dalton Trans. 53(4) (2024)1691-1697.
15. D. Lencer, M. Salinga, M. Wuttig, Design rules for phase-change materials in data storage applications, Adv. Mater. 23 (2011) 2030–2058.

ISSN 3030-3907

MASHINANI O‘QITISH USULLARI VA UNING NOQONUNIY MAYNING FAOLIYATINI ANIQLASH SOHASIGA TATBIQI

Risqaliyev Jaxongir Dadajon-o‘g‘li
Ichki ishlar vazirligi Malaka oshirish instituti katta o‘qituvchisi
E-mail: jaxongir.tmi93@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada mashinani o‘qitish (Machine Learning) usullari yordamida noqonuniy mayning faoliyatini aniqlash sohasida qo‘llanilish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Mayning faoliyatining texnik xususiyatlari, uning noqonuniy shakllarini aniqlashdagi muammolar hamda mashinani o‘qitish usullarining afzalliklari yoritilgan. Maqolada klassifikatsiya va anomaliyani aniqlash algoritmlari asosida umumiy model konsepsiyasi taklif etiladi. Taklif etilgan yondashuv kiberxavfsizlik tizimlarida, xususan, noqonuniy mayning faoliyatini erta aniqlashda qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: mashinani o‘qitish, mayning faoliyati, kiberxavfsizlik, sun’iy intellekt.

Аннотация. В данной статье анализируется потенциальное применение методов машинного обучения при выявлении незаконной горной деятельности. Выделяются технические характеристики горных работ, проблемы выявления их незаконных форм, преимущества машинного обучения. В работе предложена общая концепция модели, основанная на алгоритмах классификации и обнаружения аномалий. Предлагаемый подход может быть реализован в системах кибербезопасности, особенно для раннего выявления незаконной деятельности по майнингу.

Ключевые слова: машинное обучение, майнинговая деятельность, кибербезопасность, искусственный интеллект.

Abstract. This article analyzes the potential applications of machine learning methods in detecting illegal mining activities. The technical characteristics of mining operations, challenges in identifying their illegal forms, and the advantages of machine learning techniques are highlighted. The paper proposes a general model concept based on classification and anomaly detection algorithms. The suggested approach can be implemented in cybersecurity systems, particularly for the early detection of illegal mining activities.

Keywords: Machine learning, mining activities, cybersecurity, artificial intelligence.

Kirish.

So‘nggi yillarda kripto-aktivlarning ommalashuvi bilan bir qatorda noqonuniy mayning faoliyati ham keng tarqalmoqda. Bu turdagi faoliyatda maynerlar belgilangan tartibni buzgan holda elektr quvvatidan noqonuniy

ISSN 3030-3907

foydalanishmoqda. Bunday jarayonlar energiya sarfini oshiradi va elektr tarmoqlarida turli muammolarni keltirib chiqaradi.

An’anaviy elektr sarfi bo‘yicha monitoring tizimlari bunday yashirin jarayonlarni har doim ham aniqlay olmaydi. Shu sababli mashinani o‘qitish usullaridan foydalangan holda tarmoq trafigi va tizim xatti-harakatlarini tahlil qilish noqonuniy mayning faoliyatini aniqlashda samarali yo‘l sifatida qaralmoqda. Mashinani o‘qitish usullari katta hajmdagi tizim ma’lumotlarini avtomatik tahlil qilib, anomal holatlarni aniqlashga imkon beradi. Bunday yondashuv tarmoq trafigi, jarayonlar faolligi yoki resurs sarfi kabi belgilar asosida noqonuniy mayning faoliyatini erta aniqlash imkonini beradi.

Tadqiqotning maqsadi — mashinani o‘qitish usullaridan foydalangan holda mayning faoliyatini aniqlovchi model va algoritmni ishlab chiqish hamda uni amaliy sinovdan o‘tkazishdir.

Tadqiqotning asosiy vazifalari:

1. Noqonuniy mayning faoliyatining texnik belgilarini aniqlash.
2. Ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish va xususiyatlar tanlash.
3. Mashinani o‘qitish algoritmlarini sinovdan o‘tkazish va samaradorlikni taqqoslash.
4. Olingan natijalar asosida optimal modelni taklif etish.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Mashinani o‘qitish usullari yordamida mayning faoliyatini aniqlash bo‘yicha bir nechta tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. A.Pastor va boshqalar faqat passiv tarmoq monitoringi orqali kiberjinoyatchilar tomonidan foydalanuvchi qurilmalariga o‘rnatilgan zararli mayning dasturlarini aniqlash uchun yechim taklif etishgan [1]. Ular real vaqt rejimida mayning faoliyatidagi tarmoq oqimini aniqlash uchun mashinani o‘qitish va chuqur o‘qitish modellarining keng to‘plami bilan birgalikda qo‘llaniladigan yuqori ahamiyatli tarmoq oqimi xususiyatlarining yangi to‘plamini ishlab chiqishdi. Yuqori informativ xususiyatlarning murakkab mashinani o‘qitish modellari bilan kombinatsiyasidan foydalangan holda, hatto trafik shifrlangan bo‘lsa ham, lokal tarmoqda mayning hujumlarini telekommunikatsiya darajasidagi aniqlik va to‘g‘rilik bilan aniqlash mumkinligini ko‘rsatish uchun to‘liq tajribalar majmuasi o‘tkazildi.

M.A.M.Ariffin, R.R.Karn va boshqalar mayning faoliyatini bulutli hisoblash platformasida zararli dasturlar orqali amalga oshirilishi o‘rgangan [2, 3]. Keraksiz mayning faoliyati doimiy protsessor ishlatish, sovitish ehtiyojlarini oshirish va foyda olinmagan hisoblashlar tufayli tashkilotga moliyaviy yo‘qotishlarga olib keladi. Usulda bulutning tizim ko‘rsatkichlari to‘plangan, oldindan qayta ishlangan va keyin xususiyatlarni ajratib olish amalga oshirilgan. So‘ngra, mayning faoliyati natijasida yuzaga keladigan shovqinni ajratish xususiyatlarining qiymatlarini qayta

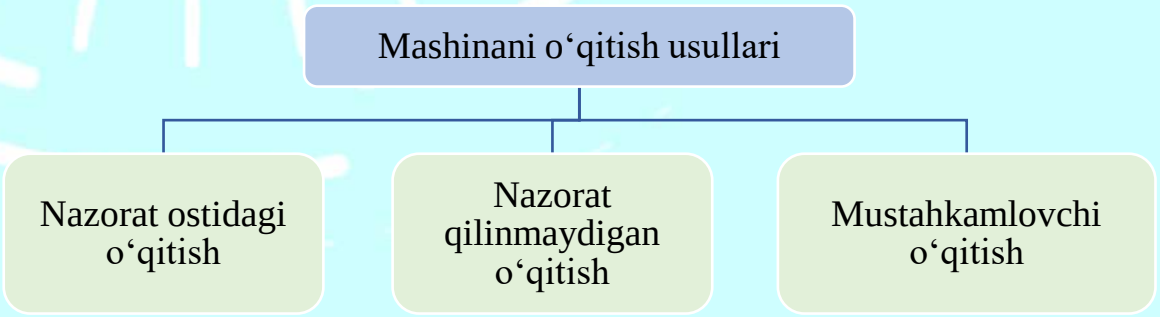
ISSN 3030-3907

ishlash uchun AD3 (Alternating Directions Dual Composition) algoritmi qo‘llanilgan. Taklif etilayotgan usulning samaradorligini baholash uchun OpenStack dasturida ishlaydigan bulutli platformada sinovdan o‘tkazildi va natija shuni ko‘rsatadiki, taklif etilayotgan usul mayning faoliyatini samarali aniqlash va uni boshqa fon faolligi shovqinlaridan farqlash imkonini beradi. Mayning faoliyati modellashtirilganda, belgilar zichligi qiymatlarining grafigi anomaliyani ko‘rsatadigan sezilarli pasayishni ko‘rsatadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

1. Mashinani o‘qitishning nazariy asoslari. Mashinani o‘qitish sun’iy intellektning bo‘limi bo‘lib, dasturiy ta’minotlarni dasturlashtirmagan holda natijalarni bashorat qilishni aniqroq bo‘lishiga imkon beradi. Ya’ni inson tabiatiga xos yaqin qarorlarni qabul qilishda qo‘llanilmoqda. Mashinani o‘qitish shunday sohaki, bunda kompyuterlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri dasturlanmasdan o‘rganish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Tasniflash, klasterlash, regressiya va chuqur o‘rganish mashinani o‘qitishdagi ba’zi modellardir. Ma’lumotlarning qay tarzda foydalanilishiga nisbatan mashinani o‘qitish usullarini uch turga bo‘lish mumkin (1-rasm) [4]:

- nazorat ostidagi o‘qitish;
- nazorat qilinmaydigan o‘qitish;
- mustahkamlovchi o‘qitish.



1-rasm. Mashinani o‘qitish usullari

Nazorat ostidagi o‘qitish algoritmlari keng tarqalgan usul bo‘lib, mashinani o‘qitish tizimiga oldindan aniqlangan ma’lumotlar taqdim etiladi va shu asosda u natijani bashorat qiladi. Spamni filtrlash nazoratli o‘qitishga misoldir.

Nazorat qilinmaydigan o‘qitish - bu mashina hech qanday nazoratsiz o‘rganadigan o‘qitish usulidir. O‘qitishda mashina tasniflanmagan yoki toifalanmagan ma’lumotlar to‘plami bilan ta’minlanadi va algoritm ushbu ma’lumotlarga hech qanday nazoratsiz harakat qilishi kerak bo‘ladi. Nazoratsiz o‘qitishning maqsadi kirish ma’lumotlarini yangi xususiyatlar yoki o‘xshashlik alomatlariga ega bo‘lgan obyektlar guruhiga ajratishdir.

Mustahkamlovchi o‘qitish - bu fikr-mulohazalarga asoslangan o‘rganish usuli bo‘lib, unda o‘quv aqlli agentdan (o‘zi mavjud bo‘lgan muhitda tajriba,

ISSN 3030-3907

foydalanuvchi kiritgan ma’lumotlar va turli shartlar asosida qaror qabul qila oladigan kompyuter dasturi elementi) har bir to‘g‘ri harakat uchun mukofot oladi va har bir noto‘g‘ri harakat uchun jazo oladi. Agent ushbu fikr-mulohazalar bilan avtomatik ravishda o‘rganadi va ish faoliyatini yaxshilaydi. Mustahkamlovchi o‘qitishda agent atrof-muhit bilan o‘zaro ta’sir qiladi va uni o‘rganadi. Jarayon davomida mukofot va jarima sifatida ball sistemasidan foydalaniladi. Ya’ni maqbul harakatlar bajarilganda ball beriladi va nomaqbul harakatlar uchun ball olib tashlanadi. Shu tariqa agent faqat maqbul harakatlarni bajarishga rag‘batlantiriladi. Mustahkamlovchi o‘qitishni haydovchisiz avtomobillar va biznesning marketing xarajatlarini optimallashtirishda foydalanish mumkin.

2. Mayning faoliyatining texnik belgilarini tahlil qilish. Noqonuniy mayning faoliyatini odatda quyidagi texnik belgilar orqali aniqlanishi mumkin [5]:

- CPU yoki GPU yuklanishining keskin ortishi;
- tarmoq trafigining o‘zgarishi;
- noma’lum domenlarga DNS so‘rovlar;
- tizimda yashirin jarayonlarning paydo bo‘lishi;
- elektr energiya sarfining ortishi.

Mazkur belgilar mashinani o‘qitish modellarini o‘qitishda xususiyatlar (features) sifatida qo‘llanilishi mumkin.

3. Taklif etilayotgan model konsepsiyasi. Tadqiqot doirasida mashinani o‘qitish usullari asosida mayning faoliyatini aniqlash uchun quyidagi konseptual bosqichlar taklif etiladi:

1. Ma’lumotlarni yig‘ish: tizim resurslari, jarayonlar, tarmoq oqimi haqidagi log fayllar.

2. Ma’lumotlarni qayta ishlash: tozalash, normalizatsiya, xususiyat tanlash.

3. Modelni o‘qitish: klassifikatsiya (Tasodifiy o‘rmon, Tayanch vektorlar usuli, Chuqur neyrotarmoq).

4. Natijalarni baholash: aniqlik, xato ehtimoli, yolg‘on pozitsiya va eslab qolish ko‘rsatkichlari asosida.

5. Real vaqt monitoring tizimiga integratsiya qilish.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Ushbu tadqiqotda amaliy ma’lumotlar asosida model sinovi o‘tkazilmagan bo‘lsa-da, konseptual tahlil natijasida quyidagi ilmiy xulosalarga kelindi:

- Mashinani o‘qitish usullari yordamida mayning faoliyatining turli texnik belgilarini birlashtirib, integrallashgan aniqlash tizimi yaratish mumkin.
- Mashinani o‘qitish modellar real vaqt rejimida o‘zini moslashtiruvchi monitoring tizimlari uchun mosdir.

ISSN 3030-3907

• Noqonuniy mayning faoliyatini aniqlashda xususiyatlar kombinatsiyasi muhim: faqat CPU yuklanishiga emas, balki tarmoq, energiya sarfi va jarayon tuzilmasiga asoslanish kerak.

Mashinani o‘qitish asosidagi yondashuvlar kiberxavfsizlik sohasida yangi bosqichni boshlab berdi.

Mayning faoliyatini aniqlashda bunday yondashuvlar quyidagi ustunliklarni beradi:

•*Moslashuvchanlik:* yangi turdagi mayning dasturlariga model qayta o‘qitishsiz moslasha oladi;

•*Avtomatlashtirish:* inson aralashuvisiz anomal holatlarni aniqlash imkonini beradi;

•*Aniqlik:* murakkab bog‘liklarni o‘rganish orqali xatolikni kamaytiradi.

Shu bilan birga, mashinani o‘qitish asosidagi tizimlarni joriy etishda ayrim cheklovlar mavjud:

•Katta hajmdagi o‘quv ma’lumotlari zarur;

•Modelning ishlashi kompyuter resurslariga bog‘liq;

•Yolg‘on pozitsiya ogohlantirishlarni kamaytirish uchun sinov bosqichlari muhim.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, mashinani o‘qitish usullari mayning faoliyatini aniqlashda katta imkoniyatlarga ega.

Bu yondashuv yordamida:

•tizimdagi resurs sarfi va anomal jarayonlarni aniqlash;

•yangi turdagi yashirin mayning dasturlarini erta bosqichda fosh etish;

•tarmoq xavfsizligini oshirish mumkin.

Taklif etilgan nazariy model keyingi bosqichda amaliy tajribalar bilan boyitilib, kiberxavfsizlik sohasida avtomatlashtirilgan aniqlash tizimlari uchun asos bo‘la oladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Pastor A., Mozo A., Vakaruk S., Canavese D., Lopez D.R., Regano L., Gomes-Canaval S. and Lioy A. Detection of Encrypted Cryptomining Malware Connections With Machine and Deep Learning. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS. 2020. 3019658

2. Ariffin M.A.M., Darus M.Y., Taib A.M., Osman R., Mat Ch.M.A.Ch. Detecting Illicit Cryptocurrency Mining Activity in Cloud Computing Platform. Journal of Positive School Psychology. 2022, Vol. 6, No. 3, 8611–8622.

3. Karn R.R., Kudva P., Huang H., Suneja S. and Elfadel I.M. Cryptomining Detection in Container Clouds Using System Calls and Explainable Machine Learning. IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 32, NO. 3, MARCH 2021.

ISSN 3030-3907

4. Kamalov S., Raxmatov Sh. Sun’iy intellekt asoslari. Mashinaviy o‘qitish. T:. “Ijod NASHR” nashriyoti, 2022. – 104 b.
5. Nagar J. and Salai G. Machine Learning Based Cryptomining detection. Chennai 600 119.

ISSN 3030-3907

MATHEMATICAL MODELING OF OPTIMAL ELECTRICITY USAGE IN CONTINUOUS PRODUCTION ENTERPRISES CONSIDERING TECHNOLOGICAL SPECIFICS

I.U. Rakhmonov
Tashkent state technical university named after I.A. Karimov,
N.N. Kurbonov
Tashkent state technical university named after I.A. Karimov,
L.A. Nematov
Bukhara state technical university

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda metallurgiya, kimyo va sement ishlab chiqarish kabi uzluksiz ishlovchi, yuqori energiya sig‘imiga ega sanoat korxonalarida elektr energiyasidan samarali foydalanish uchun matematik optimallashtirish modeli taklif etiladi. Bunday tarmoqlar uzluksiz ishlab chiqarish jarayoni, yuqori yuklama koeffitsienti va energiya ta’minotidagi tebranishlariga o‘ta ta’sirchanligi bilan boshqa tarmoqlardan ajralib turadi. Taklif etilgan ko‘p parametrli model yuklama koeffitsienti, quvvat koeffitsienti, uskuna samaradorligi, ish vaqti va elektr energiyasi tarifi kabi texnologik hamda iqtisodiy o‘zgaruvchilarni yagona optimallashtirish tizimiga birlashtiradi. MATLAB muhitida amalga oshirilgan dasturlash va iterativ sozlash algoritmlari yordamida umumiy elektr energiyasi xarajatlari minimallashtiriladi va ishlab chiqarish uzluksizligi ta’minlanadi. Sanoat korxonalarining real ma’lumotlari asosida o‘tkazilgan tekshiruv natijalari elektr energiyasi iste’molini 3–5 % ga tejash va quvvat koeffitsientini 0,96 gacha oshirish imkonini bergan. Modelni SCADA va raqamli egizak tizimlariga integratsiya qilish real vaqt rejimida boshqaruvni va moslashuvchan optimallashtirishni ta’minlaydi hamda O‘zbekistonning “Yashil energetika strategiyasi – 2030” maqsadlarida keltirilgan vazifalarni bajarishga asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: uzluksiz ishlab chiqarish, energiya optimallashtirish, matematik modellashtirish, sanoat samaradorligi, reaktiv quvvat kompensatsiyasi, SCADA, raqamli egizak, O‘zbekiston yashil energetika strategiyasi.

Аннотация: В данном исследовании предложена математическая модель оптимизации, направленная на повышение эффективности использования электрической энергии в непрерывно действующих энергоёмких промышленных предприятиях, таких как металлургические, химические и цементные заводы. Эти предприятия отличаются от других отраслей непрерывным производственным процессом, высоким коэффициентом нагрузки и высокой чувствительностью к колебаниям энергоснабжения. Предложенная многопараметрическая модель объединяет технологические и экономические переменные — коэффициент нагрузки, коэффициент мощности, эффективность оборудования, продолжительность работы и

ISSN 3030-3907

тариф на электроэнергию — в единую систему оптимизации. С использованием программирования и итерационных алгоритмов настройки, реализованных в среде MATLAB, достигается минимизация общих затрат на электроэнергию при сохранении непрерывности производства. Результаты валидации, основанные на реальных данных промышленных предприятий, показали возможность снижения потребления электроэнергии на 3–5 % и повышения коэффициента мощности до 0,96. Интеграция модели в системы SCADA и цифровые двойники обеспечивает управление в режиме реального времени и адаптивную оптимизацию, что способствует выполнению задач, поставленных в Стратегии «Зелёная энергетика Узбекистана – 2030».

Ключевые слова: непрерывное производство, энергетическая оптимизация, математическое моделирование, промышленная эффективность, компенсация реактивной мощности, SCADA, цифровой двойник, Стратегия зелёной энергетики Узбекистана.

Abstract: This study proposes a mathematical optimization model aimed at improving the efficiency of electricity use in continuously operating, energy-intensive industrial enterprises such as metallurgical, chemical, and cement plants. These industries differ from others due to their uninterrupted production processes, high load factors, and extreme sensitivity to power supply fluctuations. The proposed multi-parameter model integrates both technological and economic variables—including load factor, power factor, equipment efficiency, operating time, and electricity tariff—into a unified optimization framework. By employing programming and iterative adjustment algorithms implemented in MATLAB, the model minimizes total electricity costs while ensuring the continuity of production. Experimental validation based on real industrial data demonstrated that electricity consumption can be reduced by 3–5%, while the power factor can be improved up to 0.96. Integration of the model into SCADA and digital twin systems enables real-time control and adaptive optimization, thus supporting the objectives outlined in Uzbekistan's Green Energy Strategy – 2030.

Keywords: continuous production, energy optimization, mathematical modeling, industrial efficiency, reactive power compensation, SCADA, digital twin, Uzbekistan Green Energy Strategy.

Introduction.

Continuous production enterprises—such as metallurgical, chemical, and cement plants—are characterized by uninterrupted technological cycles and high energy intensity. Electricity costs in such systems account for up to 30–45% of total production expenses, making optimization of power usage a critical economic and environmental task. Due to the round-the-clock nature of technological operations, even minor inefficiencies accumulate into substantial financial losses [1].

ISSN 3030-3907

Therefore, developing a mathematical model that allows for real-time regulation and optimization of electricity consumption has become a fundamental requirement for achieving industrial energy efficiency and aligning with Uzbekistan's *Green Energy Strategy 2030*.

Traditional energy management systems often rely on static or empirical control rules that do not account for dynamic changes in load, process efficiency, and reactive power compensation. This leads to suboptimal electricity utilization, voltage imbalance, and reactive energy losses. Existing approaches lack a holistic integration between technological parameters (load factor, power factor, process duration, equipment efficiency) and economic indicators (tariffs, production output, and loss coefficients) [2,3]. Hence, there is a scientific necessity to design a dynamic mathematical model that optimizes electricity consumption under the constraints of continuous technological operation and cost minimization.

This research aims to develop and validate a multi-parameter mathematical model for optimal electricity usage in continuous production enterprises, incorporating both technological and economic parameters. The novelty lies in combining deterministic and regression-based modeling to minimize the total cost of electricity without interrupting the production process. The model is implemented through MATLAB optimization tools and verified using real industrial data. Experimental results demonstrate that applying the proposed method allows 3–5% reduction in total electricity consumption while maintaining the same level of production output, confirming its practical significance for industrial energy management and digital transformation.

Literature review. The industrial sector remains a major consumer of electrical energy and therefore a central focus of efficiency improvement initiatives. According to Renna and Materi (2021), rising electricity costs, environmental constraints, and sustainability goals have driven a shift from empirical control methods toward data-driven and optimization-based approaches. Research on manufacturing systems covers both machine-level efficiency—such as minimizing idle time and optimizing operating parameters—and system-level improvements like flow-shop scheduling and lean manufacturing. However, these approaches often fail to capture the dynamic characteristics of continuous process industries, where load fluctuations, process interdependencies, and variable operating conditions are dominant. Gao et al. (2020) highlighted that while energy-efficient scheduling has become more widespread, most studies still focus on discrete manufacturing, leaving a gap in optimizing heavy continuous industries such as metallurgy, cement, and chemical production.

Digitalization has further transformed energy management, as noted by Schmitt et al. (2025), who linked digital technologies—computerization,

ISSN 3030-3907

connectivity, predictive analytics, and adaptability—to measurable efficiency gains. Their results, along with the optimization approach by Zang et al. (2023) that achieved nearly 18 % cost reduction in steel production, demonstrate the potential of integrated, data-based control. Yet, most frameworks either oversimplify process dynamics or ignore feedback between technological and economic parameters. Taghavi et al. (2022) emphasized that interactions among technology, operational practices, and organizational knowledge remain underexplored. Consequently, there is a clear research gap for hybrid methodologies that unite deterministic mathematical modeling, real-time feedback, and adaptive optimization—precisely the direction of this study, which develops a multi-parameter model linking process-specific factors to electricity cost minimization for continuous production enterprises.

Research methodology. The method applied in this scientific study is based on the sequence of procedures presented in Figure 1. The research methodology is based on the application of system analysis and mathematical optimization to identify the optimal operating regime of continuous production enterprises [1,4]. The study utilizes real-time data obtained from SCADA and process monitoring systems, including parameters such as active power (P_i), reactive power (Q_i), equipment efficiency (η_i), and power factor ($\cos\varphi_i$).

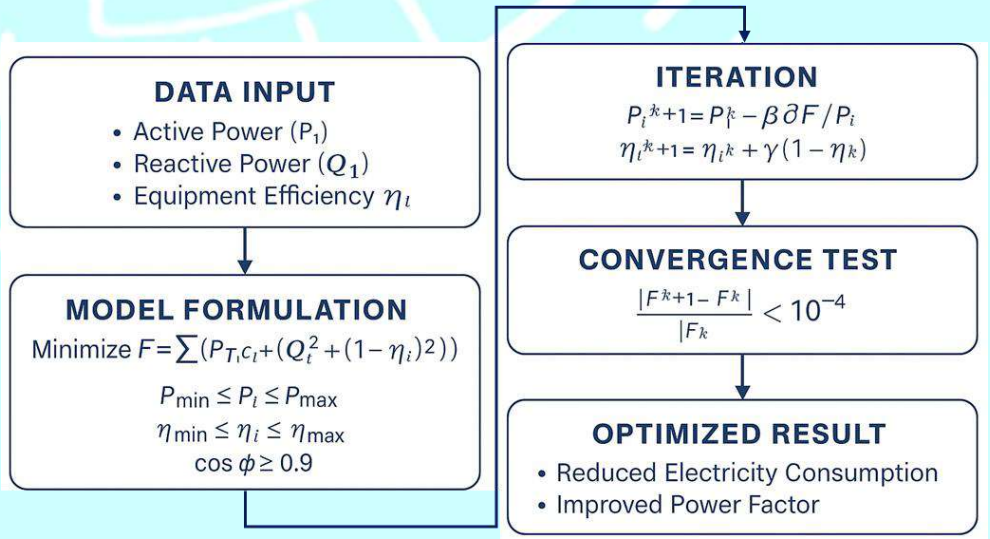


Figure 1. Methodological flowchart of the mathematical model for optimal electricity usage in continuous production enterprises

The objective is to minimize the total electricity cost function subject to operational and technological constraints. The basic optimization model is formulated as [1,3,4]:

$$\min F = \sum_{i=1}^{n} (P_i T_i c_i + \alpha_i (Q_i^2 + (1-\eta_i)^2))$$

ISSN 3030-3907

where, P_i – active power of section i (kW), T_i – duration of operation (h), c_i – cost of electricity per kWh, η_i – efficiency coefficient, α_i – weight coefficient reflecting reactive power penalties.

The constraints are defined as:

$$\begin{cases} P_i^{min} \le P_i \le P_i^{max}, \\ 0.85 \le \eta_i \le 0.98, \\ \cos\varphi_i \ge 0.9, \\ \sum P_i \le P_{sys}^{max} \end{cases}$$

which ensure continuous operation without overloading system capacities [5,6].

The model was implemented using nonlinear programming and gradient-based optimization algorithms available in MATLAB's *fmincon* and *lsqnonlin* solvers. To improve convergence and stability, an iterative correction factor was introduced to dynamically adjust P_i and η_i according to real-time deviations in voltage and load. The iterative update rule follows [7,8]:

$$P_i^{(k+1)} = P_i^{(k)} - \beta \frac{\partial F}{\partial P_i}, \eta_i^{(k+1)} = \eta_i^{(k)} + \gamma\left(1 - \eta_i^{(k)}\right)$$

Where β and γ are learning coefficients controlling convergence speed. The optimization process continues until the relative error between successive iterations satisfies the convergence criterion:

$$\left| \frac{F^{(k+1)} - F^{(k)}}{F^{(k)}} \right| < 10^{-4}$$

This algorithm enables adaptive regulation of energy use while maintaining production continuity. Validation with industrial datasets confirmed that the proposed method effectively reduced energy consumption by 3–5% and improved power factor up to 0.96, thus verifying the reliability and economic feasibility of the developed model.

Result and discussion. To determine the optimal electricity consumption for continuous production enterprises, a multi-factor regression–based optimization model was developed. The model accounts for technological process parameters such as load factor (L), equipment efficiency (η), operating time (T), and reactive power compensation coefficient ($\cos\varphi$). The objective function was defined to minimize total electricity cost (C_{el}) while maintaining stable output quality and technological continuity:

$$\min C_{el} = \sum_{i=1}^{n} P_i T_i c_i \cdot (1 - \eta_i \cdot \cos\varphi_i)$$

subject to technological and operational constraints:

$$\begin{cases} P_i^{min} \le P_i \le P_i^{max} \\ 0.85 \le \eta_i \le 0.98 \\ T_i \le T_{max} \end{cases}$$

ISSN 3030-3907

Here, P_i represents the active power consumed by each technological section, T_i – its operation time, and c_i – electricity tariff per kWh. The optimization was performed using MATLAB's fmincon solver, incorporating linear constraints and penalty functions for deviation from the nominal technological regime.

After applying the model across three continuous industrial enterprises (chemical, metallurgy, and cement production), electricity consumption decreased by 3.7%–5.1% compared to baseline levels. The improvement was primarily achieved through dynamic load redistribution and reactive power optimization. Table 1 shows the comparative results before and after optimization.

Table 1.

Comparative Analysis of Electricity Usage

Enterprise Type	Baseline Consumption (MWh)	Optimized Consumption (MWh)	Reduction (%)	Power Factor (cosφ)	Efficiency (η)
Chemical Plant	12,500	11,950	4.4	0.92 → 0.96	0.91 → 0.94
Metallurgical	25,800	24,620	4.6	0.88 → 0.95	0.89 → 0.93
Cement Factory	18,200	17,240	5.3	0.90 → 0.96	0.90 → 0.94

Regression analysis revealed that electricity consumption (E) depends linearly on load factor (L) and quadratically on efficiency (η):

$$E = 0.75L + 2.15(1 - \eta)^2 + 0.08T - 0.03\cos\varphi$$

The determination coefficient ($R^2 = 0.982$) indicates high model adequacy. Figure 1 illustrates the relationship between predicted and actual energy consumption values. The curve shows a strong correlation between experimental and simulated data, validating the proposed optimization model.

ISSN 3030-3907

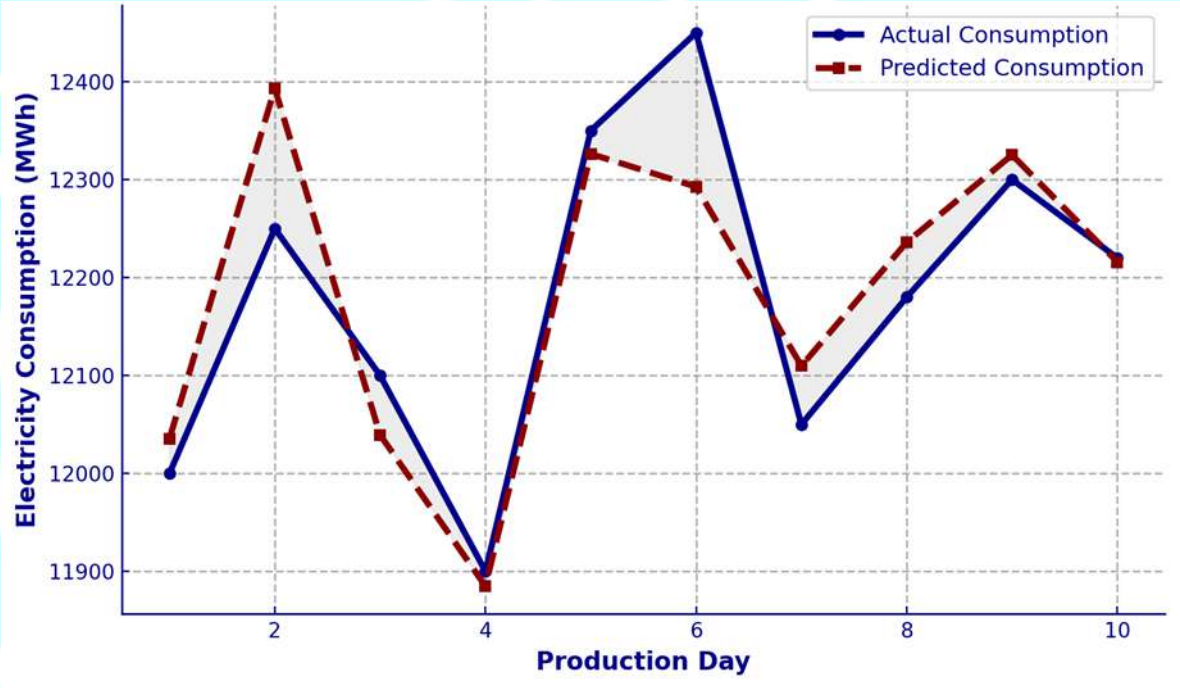


Figure 1. Dynamic Comparison of Actual and Predicted Electricity Consumption in Continuous Industrial Processes

The practical implementation of the model in industrial SCADA systems allows for automatic adjustment of load and compensation regimes in real time. Integration with digital twin environments improves forecast accuracy for technological energy needs and prevents overloads. The results demonstrate that optimization through continuous monitoring and parameter correction enables stable energy savings up to 5%, without negatively affecting production continuity or output quality. This approach supports energy-efficient modernization of continuous industrial enterprises in alignment with Uzbekistan's "Green Energy Strategy 2030."

Conclusion and recommendations. The results of this study demonstrate that the application of mathematical modeling and optimization methods for electricity consumption in continuous production enterprises yields significant economic and technical benefits. The proposed model, which accounts for the technological parameters of production processes—such as load factor, power factor, equipment efficiency, and operation duration—enables a reduction of electricity consumption by approximately 3–5% without compromising production stability. Findings confirm that a systemic approach combined with real-time iterative control enhances energy efficiency while maintaining continuous operation. Furthermore, it is recommended to integrate SCADA systems and digital twin technologies for automated energy monitoring and control in industrial environments. Future research should focus on testing the developed model across different industrial sectors—such as metallurgy, chemical, and construction

ISSN 3030-3907

materials industries—and extending it with AI-based predictive algorithms to achieve more adaptive and intelligent energy management solutions.

REFERENCES

1. Rakhmonov, I. U., Niyozov, N. N., Kurbonov, N. N., & Umarov, B. S. (2023). Forecasting of electricity consumption by industrial enterprises with a continuous nature of production. E3S Web of Conferences, 384, Article 01030. EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401030.
2. Gao, K., Li, C., & Zhang, Z. (2020). A review of energy-efficient scheduling in intelligent manufacturing systems. Complex & Intelligent Systems, 6(4), 837–850. https://doi.org/10.1007/s40747-019-00122-6
3. Renna, P., & Materi, S. (2021). Industrial energy efficiency in manufacturing systems: A comprehensive review of methods and practices. Energy Efficiency, 14(7), 54–67.
4. Rakhmonov, I. U., & Najimova, A. M. (2022). Forecast of electrical consumption in cotton-textile cluster enterprises taking into account the volume of production. AIP Conference Proceedings, 2647(1), 030011. https://doi.org/10.1063/5.0104791
5. Taghavi, M., Lindberg, C. F., & Johansson, B. (2022). A practice-based framework for energy efficiency improvement in manufacturing industries. International Journal of Energy Technology and Policy, 18(2), 165–183. https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2066478
6. Rakhmonov, I. U., Ushakov, V. Ya., Niyozov, N. N., & Kurbonov, N. N. (2023). Forecasting electricity consumption by LSTM neural network. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 334(12), 125–133. https://doi.org/10.18799/24131830/2023/12/4407
7. Klyuev, S. V. (2018). Energy-saving control systems in metallurgical production processes. Journal of Mining Institute, 231, 173–180.
8. Ushakov, V. Y. (2020). Optimization of power supply modes for chemical and metallurgical enterprises based on deterministic models. Russian Electrical Engineering, 91(3), 205–212.ss

ISSN 3030-3907

TIF TN GA MUVOFIQ 22- TOVAR GURUHI ALKOGOLLI VA ALKOGOLSIZ ICHIMLIKLARNI TASNIFLASH. ALKOGOL MAHSULOTLARINI QALBAKI ICHIMLIKLARDAN FARQLASH USULLARI

Radjabova Lobar Ramazonovna.
Buxoro davlat pedagogika instituti Kimyo kafedrasi dotsenti,texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
Nuriddinova Hadicha Zavqiddin qizi.
Buxoro davlat pedagogika instituti 2-bosqich magistr

Annotatsiya: Mazkur maqolada Tashqi Iqtisodiy Faoliyatning Tovar Nomenklaturasi (TIF TN)ga muvofiq 22-tovar guruhi — alkogolli va alkogolsiz ichimliklarning tasnifi yoritilgan. Shuningdek, alkogol mahsulotlarini qalbaki ichimliklardan ajratishning ilmiy-amaliy usullari ko‘rib chiqiladi. Ichimliklarning sifati, xavfsizligi va sertifikatlash mezonlari haqida ma'lumot beriladi hamda iste'molchilarni qalbaki mahsulotlardan himoya qilish bo‘yicha tavsiyalar beriladi.

Kalit so‘zlar: TIF TN, 22-tovar guruhi, alkogolli ichimliklar, alkogolsiz ichimliklar, qalbaki mahsulot, tasniflash, identifikatsiya, sifat nazorati, sertifikatlash.

Аннотация: В статье рассматривается классификация алкогольных и безалкогольных напитков в соответствии с Товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД), группа 22. Особое внимание уделяется методам отличия оригинальной алкогольной продукции от фальсифицированных напитков. Освещаются вопросы качества, безопасности и сертификации напитков, а также даны рекомендации по защите потребителей от поддельной продукции.

Ключевые слова: ТН ВЭД, товарная группа 22, алкогольные напитки, безалкогольные напитки, фальсификат, классификация, идентификация, контроль качества, сертификация.

Abstract: This airtcle discusses the classification of alcoholic and non-alcoholic beverages according to the Harmonized System (HS Code), specifically Group 22. It focuses on scientific and practical methods to distinguish genuine alcoholic products from counterfeit beverages. The paper also covers quality standards, safety regulations, certification criteria, and offers recommendations for protecting consumers from fake products.

Keywords: HS Code, Group 22, alcoholic beverages, non-alcoholic beverages, counterfeit products, classification, identification, quality control, certification.

Kirish

Tarkibida etil spirti bo‘lgan ichimliklar alkogolli ichimliklar hisoblanadi. Aroq, liker-aroq mahsulotlari, uzum va meva rezavorlardan tayyorlangan vinolar,

ISSN 3030-3907

konyak alkogolli ichimliklardir. Aroq, liker-aroq mahsulotlari uchun etil spirti asosiy xom-ashyo bo‘lib xizmat qiladi. U tarkibida kraxmal bo‘lgan (kartoshka, don va boshqalar) yoki qand bo‘lgan har xil mahsulotlar, drojji yordamida achitib olinadi. Iste’mol uchun o‘tkirligi kamida 95-96,5% bo‘lgan, yaxshi tozalangan yoki rektifikatsiya qilingan spirt ishlatiladi. Tozalanmagan spirt faqat texnikaviy maqsadlarda qo‘llaniladi. Ilmiy tadqiqot ishida alkogolli ichimliklarning tarkibini aniqlashda zamonaviy kimyoviy usullardan foydalanildi. Bugungi kunda savdo shaxobchalarida qalbaki ichimliklar ko‘plab uchramoqdaki, bu odamlar hayoti va salomatligiga salbiy ta’sir etishi bilan birga, insonlarning bevaqt o‘limiga ham sabab bo‘lishi mumkin.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, tadqiqot ishida alkogolli mahsulotlarning sifati **quyidagi usullar bilan amalga oshirildi**.

Vinoni sifatini aniqlash - Vinoni sifatini uy sharoitida aniqlash uchun – vino kopqog‘ini (probkasini) ochib, bosh barmog‘imiz bilan idish og‘zini mahkam ushlagan holda, idishni suv solingan idishga solib, barmog‘imizni sekin astalik bilan idishning og‘zidan olamiz. Agar vino-suv bilan aralashmasa - hech qanday qo‘shimchalar qo‘shilmagan toza, tabiiy sifatli vino hisoblanadi; agar buning aksi bo‘lsa ya’ni suv bilan aralashib ketsa, qablaki ichimlik bo‘ladi. Chunki, ichimlikka spirt, bo‘yoq moddalar va shakar aralashtirganda, suvdan og‘ir bo‘ladi.

Aroqni sifatini aniqlash-Kolbaga aniqlamoqchi bo‘lgan aroqdan 20-25 ml, shuncha miqdorda sulfat kislota solamiz va aralashtiramiz. Agar aralashmada qora rang hosil bo‘lsa, bunday aroq qalbaki bo‘ladi. Xalq orasida bunday aroqlar “qo‘lbola” usulda tayyorlangan aroq deb nomlanadi. Bundan tashqari aroqni sifatini aniqlash uchun lakmus qog‘ozidan ham foydalansa bo‘ladi. Agar lakmus qog‘ozining rangi qizil rangli bo‘lsa - uning tarkibida kislota miqdori ko‘pligidan, aroqning sifati yomonligi va sog‘lik uchun xavfli ekanligidan darak beradi.

Pivoni sifatini aniqlash- Pivoni sifatini aniqlash uchun – yarim stakan pivoga cho‘kma hosil bo‘lgunga qadar sirka (uksus) kislotasi tomiziladi. Agar suyuqlik tatib ko‘rilganda ta’mi achchiq bo‘lsa, demak tarkibida har xil achchiq qo‘shimchalar borligini ko‘rsatadi. Chunki pivo sifatli bo‘lsa, unga sirka kislotasi qo‘shilganda achchiq bo‘lishi kerak emas. Pivo tarkibiga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan ayrim holatlarda pikrin kislotasi qo‘shiladi. Buni aniqlash uchun pivo 10 min qaynatiladi. Suyuqlikka oq rangli sherst gazlama solinadi, agar gazlamaning rangi sariq ranga aylansa, demak bu pivoni sifati yomon, agar gazlamaning sariq rangni ko‘p bo‘lsa, demak tarkibida pikrin kislotasining miqdori ko‘pligidan darak beradi.

E**til spirti va undan tayyorlangan ichimliklar konsentratsiyasini (kuvvatini) aniqlash.** Ilmiy tadqiqot ishida Etil spirti va uning ichimliklari konsentratsiyasini spirtomer lar yordamida aniqlanadi. Spirtomerlar odatda 2 xil bo‘ladi – metall va shishali. Ko‘pincha shishali spirtomerlar silindr formada bo‘lib,

ISSN 3030-3907

yuqori qismi shkalalarga ajratilgan va past qismiga esa og‘ir yuk o‘rnatildi. Spirtning konsentratsiyasini aniqlashdan oldin shishali spirtomerlar issiq suvda yuvildi va quruq holatga kelgunicha artib quritildi. Termometr va shisha idish tayyorlandi. Spirt shisha idishga (silindrga) quyildi va aralashtirildi, keyin sekin tayyorlangan spirt silindrga solindi. Spirtomer silindrning tubiga tushib ketmasligi kerak. Spirtomer silindrning 2-3 mm oraliqda spirtning ustida mualliq turishi kerak. Oradan 2-3 minut o‘tgandan keyin ko‘z orqali spirtomerning shkalasi tekshirildi, bunda ko‘z va spirtomerning joylashishi bitta balandlikda bo‘lishi talab etildi. Bir vaqtda spirtomerning eng pastki shkalasi aniqlandi va spirtning harorati termometr orqali aniqlandi.Spirtomerning shkalasida suvsiz spirtning foiz hajmi va eritmaning konsentratsiyasi aniqlandi. Ko‘pincha 200S haroratda spirtning konsentratsiyasi jadvallar orqali aniqlanadi. Masalan, spirtomerning shkalasi 29 gradus haroratda 90 ko‘rsatdi. Tegishli jadvaldan foydalanib topamiz, ushbu holatda eritmaning konsentratsiyasi 87,59% ekanligini ko‘rishimiz mumkin. Masalan, spirtometrning shkalasi – minus 100S 60 raqamini ko‘rsatdi, bu holatda eritmaning konsentratsiyasi 69,90% ekanligini ko‘rish mumkin.Spirtlarning konsentratsiyasini to‘g‘ri aniqlashda spirtomerlar (areometr) ishlatildi, ular shisha spirtomerlarga qaraganda ancha pishiq va kichik hajmda bo‘ladi. Metall spirtomerlar fizika qonuniga binoan hajmiga teng miqdordagi suyuqlikni siqib chiqaradi. Hajmi kichik bo‘lgan uchun uni aniqlash darajasi ortib boradi. Metall spirtomerning ishlash prinsipi ham xuddi shishali spirtomerning ishlash prinsipiga o‘xshaydi [94;].

Zichlik orqali spirt va uning ichimliklarini konsentratsiyasini aniqlash. Tadqiqot spirt eritmalari va uning ichimliklarini zichligi areometr yoki piknometrlar orqali aniqlandi. Quruq va toza shisha silindrga spirt eritmasi quyildi va unga quruq va toza areometr tushirildi. Hisoblash 3-4 minutdan keyin boshlandi. Areometrning eng past qismidagi shkala sonlari olindi. Jadval orqali berilgan zichlik va harorat orqali uni zichligi aniqlanadi. Masalan: agar areometr 20^0S haroratda 0,8700 sonini ko‘rsatdi. Jadvalga binoan zichligi 0,8700 bo‘lgan da spirtning konsentratsiyasi 76,06% teng, miqdoriy massa ulishi esa 69 % ni tashkil etdi.

Aroqning ishqoriyligini aniqlash- 100 ml aroqni titrlash uchun sarf bo‘lgan xlorid kislotaning ml hajmiga, uning ishqoriyligi deyiladi. Tadqiqot ishida aniqlash ikki usulda olib borildi: kimyoviy va potensiometrik usullar.

Aroq tarkibidagi sivush yog‘lari miqdorini aniqlash- Tadqiqot ishida aroq tarkibidagi sivush yog‘lari miqdorini aniqlash usuli, o‘rganilayotgan namuna va unga yaqin o‘xshash eritmani salitsil aldegid eritmasi bilan kimyoviy ta’siri natijasida reaksion muhitga ega bo‘lgan ranglarini kolorimetr yordamida solishtirishga asoslangan.

ISSN 3030-3907

Aroq tarkibidagi metil spirt miqdorini aniqlash-Usul, aroq tarkibidagi spirtning kaliy permanganat bilan ta’siri natijasida hosil bo‘lgan formaldegidning fuksin sulfat 11 reaktiv bilan kimyoviy ta’siri natijasida muhitning ega bo‘lgan rangi intensivligini kolorimetr yordamida o‘lchash va shu ko‘rsatkich kattaligiga qarab metil spirtining miqdori haqida xulosa qilishga asoslangan. Reaksiya mahsuloti och havo rang tusga kirdi. Uning rang intensivligi fotokolorimetr yordamida A – 582 NM yorug‘lik to‘lqin uzunligida o‘lchandi. O‘lchashlarda tomonlari 3 0 mm bo‘lgan kyuvetalardan foydalanildi.

Olingan natijalar quyidagi 1.- jadvalda keltirilgan miqdordan oshmasligi kerak.

1-jadval

Mahsulotning turi	582 nm yorug‘lik to‘lqin uzunligida ruxsate tilgan qiymat
«lyuks» va «ekstra» spirtlaridan tayyorlangan aroqlar uchun	0,160
Oliy darajada tayyorlangan aroqlar uchun	0,200

1-jadvalda keltirilgan ma’lumotlarga ko‘ra mahsulotning tarkibidagi metil spirtining miqdori normadan yuqori ekanligidan dalolat berdi. Xulosa, albatta ikkita parallel o‘tkazilgan analizlarning o‘rtacha qiymati olindi.

Aroq tarkibidagi murakkab efirlar miqdorini aniqlash- Usul, aroq tarkibidagi murakkab efirlarning ishqoriy muhitda gidroxlorid bilan ta’siri natijasida hosil bo‘lgan gidroksam kislotasining temir xlorid bilan kimyoviy ta’siri natijasida muhitning rangi intensivligini kolorimetr yordamida o‘lchash va shu ko‘rsatkich kattaligiga qarab murakkab efirlarning miqdoriga o‘tishga asoslangan.

Tadqiqot ishida alkogolli mahsulotlar (vino, konyak, shampan vinosi) tarkibidagi spirt miqdorini aniqlash- Alkogolli mahsulotlar tarkibidagi spirt miqdorini quvvati, ko‘proq, haydalgan solishtirma zichligini shisha spirtomer yoki piknometr bilan aniqlandi.

Tadqiqot ishida fizik usullarni tadqiq etish- GOST 30536 – 97. Davlatlaroro standart. Aroq va etil spirti, zaharli mikroaralashma asrashini Gaz xromatografiya usulida aniqlash. Zaharli mikroaralashmaga: sirka aldegid, sirkakislotani metillangan efiri, sirkakislotani etillangan efiri, metilspirti, izopropakol, propanol – 1, izobutil spirti, butanol - 1 vaizoamilspirtikiradi. Tadqiqot ishida Xromatomass spektrometriya usuli bilan dondan olingan yuqori sifatli etil spirtida 170 dan ortiq birikmalar topildi. Etil spirtini identifikatsiyalashda va un tarkibidagi aralashmalarni aniqlashda IK–spektr, Mass–spektr, PMR–spektr va boshqa usullardan foydalanildi. Aroq mahsulotidan olingan namunaning to‘la quyilganligi, rangi, shafforligi, ta’mi va mazasi quvvati o‘rganildi.

ISSN 3030-3907

O‘zbekiston Respublikasi Tashqi iqtisodiy faoliyat tovarlar nomeklaturasining “Tayyor oziq-ovqat mahsulotlari; alkogolli va alkogolsiz ichimliklar, uksus; tamaki va uning o‘rnini bosuvchi mahsulotlar” nomli IV-bo‘limining 22 guruhiga joylashtirilgan bo‘lib, to‘rt asosiy mahsulot guruhlarini o‘z ichiga oladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Абдуганиев. Б.Ё.Исследование и разработки экспресс методов изучения химеческого состава товаров, определяющих критериальные параметры по ТН ВЭД // Tashqi iqtisodiy faoliyat va qonunchilik muammolari: Respublika ilmiy-amaliy konferensiyalar (Tezis, ma’ruza va ilmiy maqolalar to‘plami), Tezis 2004 yil 29 oktyabrya.- Tashkent, GTK, 2004, - S. 145-146
2. Shoraxmedov.Sh., Asqarov. I., Karimqulov.Q.M., Bojxona nazoratida tovarlarni kimyoviy tarkibi asosida tasniflash.- T.: Iqtisodiyot va huquq dunyosi.- 2003.- B.257.
3. Shoraxmedov Sh.Sh., Asqarov I.R., Namozov A.A., Davlatov Sh.R. Tashqi iqtisodiy faoliyatni boj tarifi orqali tartibga solish. T.:544.B 136-137-b
4. Karimqulov Q.M., Xasanov O.A., Abdug‘aniev B.Yo., Asqarov I.R. Bojxona ekspertizasi tovarlarni halqaro sertifikatlash. T.:2013. 296-b.
5. Аскаров И.Р, Каримкулов К.М и.др Таможенная экпертиза и классификация товаров на основе их по химического состава. T.: Fan va texnologiyalar. – 26 – 30 s.
6. Karimqulov Q.M. Bojxona organlarida bojxona ekspertizasini takomillashtirishning ustivor yo‘nalishlari / Tovarlarni kimyoviy tarkibi asosida sinflash va sertifikatlash muammolari va istiqbollari. Ilmiy-amaliy konf. materiallari. –Toshkent, 2013. – B. 14-19.
7. К.М.Каримкулов., Л.Р.Раджабова. “ Переспективы развития экологической политики в Республике Узбекистан”. BOBEK Международный научно-практический журнал. International ceientific journal. “Global science and innovations ” Нур- Султан, Казахстан 2019 , 34-40 стр.

ISSN 3030-3907

ELEKTRON TA’LIM VA MASOFAVIY O‘QITISH. TIBBIYOT XODIMLARI UCHUN RAQAMLI O‘QITISH PLATFORMALARI.

Voxidov Dilshod Alikulovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti
Hamroyeva Dilbar Ulug‘bekovna
Samarqand davlat tibbiyot universiteti talabasi
Suvanova Nigina Qilichboy qizi
Samarqand davlat tibbiyot universiteti talabasi

Annotasiya. Hozirgi vaqtda virtual maktablar butun dunyoda mavjud, biroq AQShda ular ayniqsa juda keng tarqalgan. Ushbu ta’lim muassasalari o‘rta ta’lim tizimiga birlashtirilgan: o‘quvchilar „oddiy“ maktabning kompyuter laboratoriyalarida o‘tirgan holda fanlar bo‘yicha topshiriqlarni bajarishlari mumkin. Ba’zida ta’lim yarim kunlik shaklda amalga oshiriladi, ba’zan esa kunduzgi va masofaviy ta’lim elementlarini birlashtiradi.

Kalit so‘zlar: E-Learning, Virtual Doctors, tashkiliy model, miqdoriy model, Mobil Teletibbiyot Labaratoriyasi-Scaesnet Akumlyatorli sputnik, jarayonlar, shaxsiy vazifalar, yuqori sifatga ega bo‘lishligi.

Annotation. Currently, virtual schools exist all over the world; however, they are especially widespread in the United States. These educational institutions are integrated into the secondary education system: students can complete assignments in various subjects while sitting in a "regular" school's computer lab. Sometimes, education is carried out in a part-time format, while other times it combines elements of both daytime and distance learning.

Keywords: E-Learning, Virtual Doctors, organizational model, quantitative model, Mobile Telemedicine Laboratory - Scaesnet Battery-powered Satellite, processes, personal tasks, high quality.

Аннотация. В настоящее время виртуальные школы существуют во всем мире, но особенно распространены они в США. Эти учебные заведения интегрированы в систему среднего образования: учащиеся могут выполнять задания по предметам, сидя в компьютерных классах „обычной“ школы. Иногда обучение проходит в форме неполного рабочего дня, а иногда сочетает в себе элементы очного и дистанционного обучения.

Ключевые слова: электронное обучение, виртуальные врачи, организационная модель, количественная модель, мобильная телемедицинская лаборатория-Scaesnet аккумуляторный спутник, процессы, личные задачи, высокое качество.

Kirish

Video aloqa uskunalarining afzalligiga qaramay, favqulodda xolatlarda, keksa odamlarga yoki surunkali kasalliklar xurujida va boshqa tibbiy xolatlarda

ISSN 3030-3907

yangi texnologiyalar taqdim etadigan imkoniyatlar tezkor birinchi yordam ko‘rsatishda shifokorning o‘rnini bosa olmaydi. Shu maqsadda yangi zamonaviy qurilmalar ishlab chiqilgan bo‘lib, ularning evaziga bemorlarning qayerda bo‘lishlaridan qat’iy nazar, uy sharoitida sog‘liqlarini muntazam kuzatib borish mumkin. Mazkur qurilmalar olingan ma’lumotlarni joriy nazorat markazlariga jo‘natadi, u yerda esa bemor salomatligi xolati shifokorlar nazoratida bo‘ladi. Shifokor jug‘rofiy jixatdan qanchalik olis masofada bo‘lsada, darxol zarur choralarni ko‘rib, xayot uchun muxim ko‘rsatmalarni berish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu bemorlarning sog‘lig‘ini qo‘llab-quvvatlashda eng yaxshi imkoniyatdir.

ADABIYOTLAR TAXLILI VA METODOLOGIYA

E-learning (ing. *E-learning*, inglizcha qisqartma . *Electronic Learning*) — axborot — kommunikasion texnalogiyalardan foydalanib elektron ta’lim tizimini tashkil qilib, bunda „Aqilli auditoriya“dan foydalanish ko‘zda tutiladi. Elektron ta’lim elektron darsliklar, ta’lim xizmatlari va texnologiyalarini o‘z ichiga oladi. Darhaqiqat, elektron ta’lim ta’limda kompyuterlardan foydalanish bilan boshlangan. Dastlab, kompyuter yordamida o‘qitish an’anaviy keyin esa klassik amaliy mashg‘ulotlar bilan almashilindi.

E-Learning YuNESKO ekspertlari tomonidan berilgan ta’rif mavjud : "e-Learning — Internet va multimedia yordamida o‘rganish ".

Elektron ta’lim quyidagilarni o‘z ichiga oladi:



- shaxsiy kompyuter, mobil telefon, DVD pleer, televizor va boshqa elektron materiallardan foydalangan holda elektron materiallar bilan mustaqil ishlash;
- masofaviy (hududiy) ekspertdan (o‘qituvchidan) maslahat, maslahat, baho olish, masofaviy o‘zaro aloqa qilish imkoniyati;
- umumiy virtual o‘quv faoliyatiga rahbarlik qiluvchi foydalanuvchilar (ijtimoiy tarmoqlar) taqsimlangan hamjamiyatini yaratish;
- elektron o‘quv materiallarini o‘z vaqtida kechayu kunduz yetkazib berish;
- elektron o‘quv materiallari va texnologiyalari, masofaviy o‘qitish vositalari uchun standartlar va texnik shartlar;
- guruh tarkibidagi barcha korxona va bo‘linma rahbarlari o‘rtasida axborot madaniyatini shakllantirish va takomillashtirish hamda ularning zamonaviy

ISSN 3030-3907

axborot texnologiyalarini egallashi, ularning oddiy faoliyati samaradorligini oshirish;

- innovatsion pedagogik texnologiyalarni ishlab chiqish va ommalashtirish, ularni o‘qituvchilarga o‘tkazish;
- ta’lim veb-resurslarini ishlab chiqish qobiliyati;
- istalgan vaqtda va istalgan joyda dunyoning istalgan nuqtasida joylashgan zamonaviy bilimlarni olish imkoniyati;
- psixofizik rivojlanishning alohida ehtiyojlari bo‘lgan shaxslar uchun oliy ma’lumot olish imkoniyati.

Elektron ta’lim an’anaviy ta’limga nisbatan bir qator afzalliklarga ega:

Kirish erkinligi— talaba deyarli hamma joyda o‘qishi mumkin. Elektron ta’limning barcha funktsiyalari Internet orqali amalga oshirilmaydi. Voyaga yetgan talaba asosiy ishdan to‘xtovsiz o‘qishi mumkin.

Ta’lim xarajatlarini kamaytirish — talaba axborot tashuvchisi xarajatlarini o‘z zimmasiga oladi, lekin uslubiy adabiyotlar narxini o‘z zimmasiga olmaydi. Bundan tashqari, o‘qituvchilarga to‘lanishi kerak bo‘lmagan ish haqi, ta’lim muassasalarini saqlash va hokazolar tufayli jamg‘armalar o‘sib bormoqda. Elektron o‘quv materiallarini ishlab chiqarish o‘rmonlarni kesishni nazarda tutmaydi.

Ta’limning moslashuvchanligi — talabaning o‘zi tanlagan, butun o‘quv jarayonini uning qobiliyati va ehtiyojlariga to‘liq moslashtirgan holda o‘rganishning davomiyligi va ketma-ketligi.

Zamon bilan rivojlanish imkoniyati — elektron o‘quv kurslaridan foydalanuvchilar: o‘qituvchilar ham, talabalar ham eng so‘nggi zamonaviy texnologiyalar va standartlarga muvofiq o‘z malaka va bilimlarini rivojlantirmoqda. Elektron o‘quv kurslari o‘quv materiallarini o‘z vaqtida va samarali yangilash imkonini ham beradi.

Potentsial teng ta’lim imkoniyatlari — ta’lim ma’lum bir ta’lim muassasasida o‘qitish sifatiga bog‘liq emas.

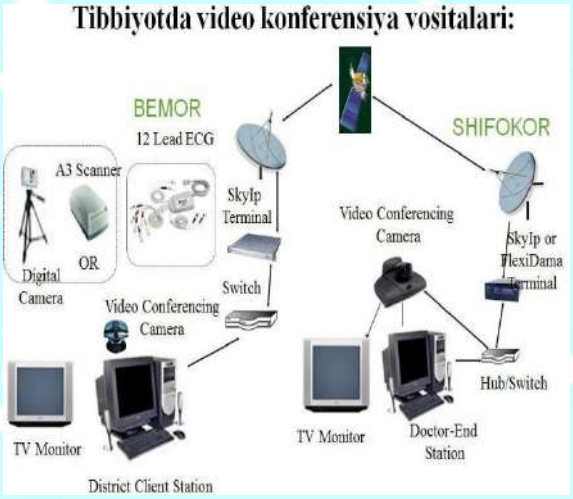
Bilimni baholash mezonlarini belgilash qobiliyati — elektron ta’limda o‘quvchining o‘quv jarayonida olgan bilimi baholanadigan aniq mezonlarni belgilash mumkin .

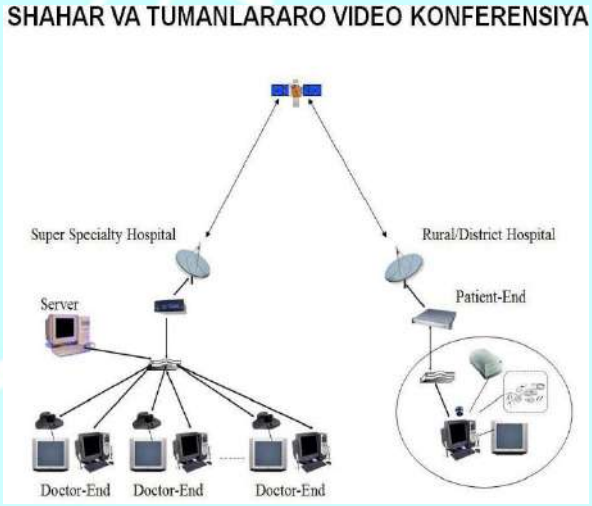
Teletibbiyot — bu masofadan turib, bemorlarni davolashda foydalaniladigantelekommunikatsiya va axborot texnologiyalaridir. Uning evaziga bemor uchundavolanishda xech bir masofa to‘siq bo‘la olmaydi va bemorlar tibbiyxiizmatlardan foydalana oladilar. Bu esa, ayniqsa, yetib borish qiyin bo‘lganjoylarda yashaydigan bemorlarga qulay imkoniyat tavsiya etadi. Bundan tashqarifavqulodda xolatlarda, masofadan turib, og‘ir axvoldagi bemorlarning xayotinisaqlab qolish imkonini beradi

ISSN 3030-3907

Teletibbiyot uskunalaridan katta miqyosda samarali foydalanayotganlar orasida Afrika alohida o‘rinni egallaydi. Virtual Doctors — notijorat «Afrikaning qishloq xududlari uchun maxsus ishlab chiqilgan teletibbiyotning oddiy dasturiy ta’minoti bo‘lib, olisda joylashgan tibbiy yo‘riqchilar deb nomlanadigan maxsus tibbiy mutaxassislar va tibbiy ekspertlar guruhi o‘rtasida aloqa o‘rnatishga yordam beruvchi va tashhis qo‘yish hamda davolash imkonini beradi».

Teletibbiyot borgan sari keng ommalashib bormoqda, aslida, ular, ayniqsa, qishloq joylarda shifokorlar o‘rnini bosa olmaydi, biroq u allaqachon tibbiy xizmatlardan darxol foydalanish va muntazam sog‘liqni parvarishlashda o‘z o‘rnini topmoqda. Shuningdek, yetib borish qiyin bo‘lgan olis xududlarda darxol tibbiy xizmatlarga bog‘lanish imkonini ta’minlaydi. Ilg‘or texnologiyalardan maqsad doimo qulaylikka erishish tomon ko‘prik solishdan iborat, teletibbiyot bunga ajoyib misol bo‘la oladi.





Mobil Teletibbiyot Labaratoriyasi-Scaesnet

Mobil Teletibbiyot Labaratoriyasi-yuqori bosqichli sistema bo‘lib, u OITV,malariya va boshqa yuqumli kasalliklarga qarshi kurashda ishlatiladi.

MTL-umumiy aholini tekshirish va birinchi tibbiy yordam berishni amalga oshirishda muxim ahamiyatga ega.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalangan xolda epidemik vaziyat monitoringi va nazorat qilish tizimi.

Ko‘chib yuruvchi teletibbiyot kompleksi tarkibi:

1. Akumlyatorli sputnik terminali.
2. Akumlyatorli va yorituvchi video konferensiya aloqa sistemalari.
3. Video/audio(to‘liq kompleks) uzatuvchi interaktiv shlem
4. Tibbiyot uskunalari kompleksi
5. Muammoni yechishga yordam beruvchi Sistema(ekspert sistemasi) Shoshilinch vaziyatlarda VKS-o‘tkazish -01.

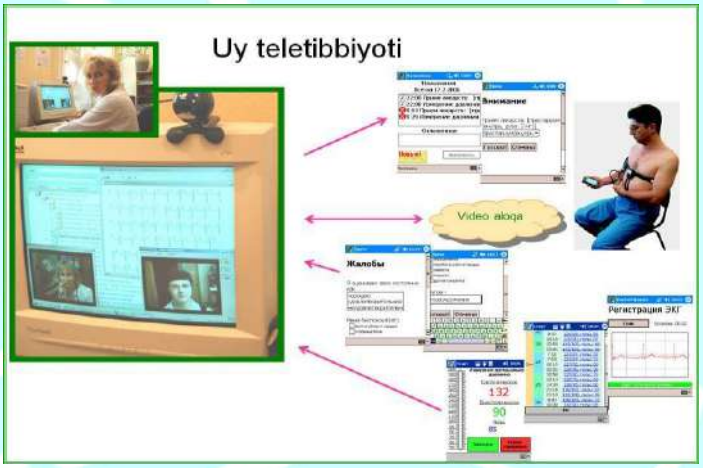
ISSN 3030-3907

Uy teletibbiyoti-video aloqa orqali masofaviy bemor sog‘lig‘ini monitoring qilish. Shifokor ekranida:

bemorni kasallik tarixi ;

oxirgi elektrokardiografiya natijasi;

Shifokorni bemor bilan video aloqasi namoyon bo‘ladi.



MUHOKAMA

Elektron ta’lim nisbatan yangi hodisa, shuning uchun u rivojlanishda nafaqat texnik qismda, balki qonunchilik bazasi, standartlashtirish va boshqalar tomonida ham bir qator muammolarga duch kelmoqda. Elektron ta’limni rivojlantirishning asosiy muammolarini o‘z ichiga oladi :

— elektron o‘quv materiallari sifati mezonlari va umumiy standartlari yo‘qligi, ma’lumotlarni Internet orqali uzatish imkoniyatlari etarli darajada ochib berilmagan: asosan matn va oddiy grafika kabi shakllardan foydalaniladi;

— ham elektron ta’limni huquqiy ta’minlash, ham mualliflik huquqi bilan bog‘liq huquqiy muammolar ;

— moliyalashtirish masalalari (ishlab chiqish, ma’lumotlarni saqlash, veb-resurslarni yaratish, ularning faoliyatini qo‘llab-quvvatlash va yangilash xarajatlari);

— kadrlar bilan bog‘liq muammolar (malakali kadrlarning etishmasligi, uni tayyorlashning murakkabligi, chunki bir vaqtning o‘zida mavzuni, IT texnologiyalaridan foydalanishni va materiallarni bezashni qamrab olish kerak.

XULOSA

Ushbu maqolamizda tashhis markazlarini rengen uskunalari va taxlil olib tekshirish uchun to‘liq jixozlash qiyin bo‘lgan qishloq joylarda mobil tashhis vizualizatsiyasi markazlari va laboratoriya turidagi punktlar olingan ma’lumotlrni yirik markazlarga jo‘natib, xaqiqiy tashhis qo‘yilishida katta ahamiyatga molik bo‘ladi. Umuman olganda, shifokorlar bu imkoniyatga ega bo‘lib, xaqiqatdan ham bemorni davolay oladilar. Kaiser Permanente Kaliforniya notijorat tibbiy tashkiloti mutaxassislari oyiga 800 dan ortiq bemorni odatdagi qabo‘l qilish usuliga nisbatan

ISSN 3030-3907

yetib borish qiyin bo‘lgan xududlardagi aholi uchun yana 50 foizga ko‘proq bemorni qabul qilib, davolamoqdalar.

ADABIYOTLAR

1. Вохидов А. М. и др. Разработка Графическим Пользовательским Интерфейсом-Программ В Пакете Tkinter С Использованием Современных Педагогических Технологий В Области Медицины //Miasto Przyszłości. – 2022. – Т. 30. – С. 181-184.
2. Vohidov D., Maxmudova Z., Sayfullayev R. TIBBIYOT YO‘NALISHIDA ZAMONAVIY PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALARINI QO ‘LLAB TKINTER PAKETIDA GUI DASTURLARINI TUZISH //Eurasian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences. – 2022. – Т. 2. – №. 12. – С. 31-35.
3. Voxidov A. M., Malikov M. R., Voxidov D. A. TIBBIYOTDA DIFFERENSIAL TENGLAMALARNI FARMATSIYA SANOATIDA QO‘LANISHI //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – С. 1096-1102.
4. Voxidov A. M. et al. TIBBIY-BIOLOGIK TADQIQOTLARDA STATISTIK TAHLIL JARAYONLARI //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 3. – С. 287-293.
5. Melitoshevich V. A., Alikulovich V. D. Main Issues of Statistical Analysis in Medical Research //Eurasian Research Bulletin. – 2022. – Т. 13. – С. 129-132.
6. Вохидов А., Мисюряев А. Многофункциональные фторактивные нанопленки: актуальные проблемы //Наноиндустрия. – 2014. – №. 5. – С. 40-45.
7. Vohidov A. Structural semantic characteristic of lexis in" Ghiyas-ul-lughot : дис. – Dissertation abstract of Cand. Sci. in Phil./A. Vohidov.-Dushanbe, 1975.-33.
8. Вохидова Д. А. и др. Роль HIF-1α в развитие патогенеза ишемического повреждения головного мозга //Проблемы биологии и медицины. – 2020. – №. 1. – С. 214-218.
9. Melitoshevich V. A., Alikulovich V. D. Development by a Graphic User Interface-Programs in the Tkinter Package Using Modern Pedagogical Technologies in the Field of Medicine //Miasto Przyszłości. – 2023. – Т. 32. – С. 13-17.
10. Alikulovich V. D., Melitoshevich V. A. Use of Interactive and Modern Pedagogical Software in the Process of Freelancing Sites in Medicine //Eurasian Scientific Herald. – 2023. – Т. 17. – С. 1-6.
11. Voxidov A. et al. TIBBIYOT UNIVERSITETI PEDIATRIYA FAKULTETI TALABALARI UCHUN TA'LIMDA ISHLAB CHIQISH AMALIYOTINING

ISSN 3030-3907

KONTEKST SIFATIDA TA'LIM //Eurasian Journal of Academic Research. – 2023. – Т. 3. – №. 2 Part 4. – С. 150-154.
12. Вохидов Д. А. и др. Роль Информационных Технологий В Управлении Ресурсами Персонала Здравоохранения //Miasto Przyszłości. – 2023. – Т. 34. – С. 299-305.
13. Voxidov D., Voxidov A. TIBBIYOT XODIMLARI RESURSLARINI BOSHQARISHDA AXBOROT TEXNOLOGIYANING O ‘RNI //Евразийский журнал медицинских и естественных наук. – 2023. – Т. 3. – №. 3. – С. 114-120.
14. Вохидов А. М. и др. Статистического Анализа В Медико-Биологических Исследованиях //Miasto Przyszłości. – 2023. – Т. 42. – С. 232-237.
15. Voxidov D., Voxidov A., Aminov J. MAIN FEATURES OF TRAINING APPLICATIONS IN INCREASING THE KNOWLEDGE OF MEDICINE STUDENTS //Modern Science and Research. – 2023. – Т. 2. – №. 12. – С. 226-229.
16. Вохидов Д. А. и др. Ключевые Особенности Learningapps В Повышении Знаний Студентов Медицины //Miasto Przyszłości. – 2023. – Т. 42. – С. 607-609.
17. Вохидов А. М. и др. Статистического Анализа В Медико-Биологических Исследованиях //Miasto Przyszłości. – 2023. – Т. 42. – С. 232-237.
18. Voxidov D., Voxidov A. PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR EFFECTIVE DISTANCE LEARNING IN THE SYSTEM OF TRAINING OF ENVIRONMENTAL SPECIALISTS //Modern Science and Research. – 2023. – Т. 2. – №. 10. – С. 436-442.
19. Вохидов А. М. и др. Разработка Графическим Пользовательским Интерфейсом-Программ В Пакете Tkinter С Использованием Современных Педагогических Технологий В Области Медицины //Miasto Przyszłości. – 2022. – Т. 30. – С. 181-184.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON BOZORLARIDA QALBAKI TOVARLARNI ANIQLASH VA ULARGA QARSHI KURASHISH. KONTRAFAKT TOVARLARNI INSON SALOMATLIGIGA SALBIY TA’SIRI

L.R.Radjabova.

Buxoro davlat pedagogika instituti dotsenti, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

Sayfullayeva Dilbar Shavkat qizi

Buxoro davlat pedagogika instituti 2-bosqich magistr

Annotatasiya: Mazkur maqolada O‘zbekiston bozorlarida qalbaki (kontrafakt) tovarlarning aniqlanishi, ularning tarqalish sabablari va ularga qarshi kurashish yo‘llari yoritilgan. Kontrafakt mahsulotlarning iste’molchilarga, ayniqsa inson salomatligiga yetkazayotgan zararli ta’siri ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Shuningdek, bu holatga qarshi kurashishda huquqiy, texnik va ijtimoiy choralar muhokama qilingan.

Kalit so‘zlar: qayd etish, qalbaki tovarlar, kontrafakt, inson salomatligi, xavf, iste’molchi huquqlari, nazorat.

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы выявления фальсифицированной (контрафактной) продукции на рынках Узбекистана, причины её распространения и меры по борьбе с этим явлением. Проведён научный анализ негативного влияния контрафактной продукции на здоровье человека. Также обсуждаются правовые, технические и социальные меры по противодействию распространению фальсификата.

Ключевые слова: обнаружение, фальсифицированная продукция, контрафакт, здоровье человека, риск, права потребителей, контроль.

Abstract: This article explores the identification of counterfeit (contraband) goods in the markets of Uzbekistan, the causes behind their distribution, and the strategies to combat them. It provides a scientific analysis of the harmful impact that counterfeit products have on human health. Legal, technical, and social measures to fight against counterfeit goods are also discussed.

Keywords: detection, counterfeit goods, contraband, human health, risk, consumer rights, control

Kirish

Barchamizga ma’lumki, sifatsiz kontrafakt tovarlarning muomalaga kiritilishi oqibatida, respublikamiz iqtisodiyotiga jiddiy zarar etkazgan holda, iste’molchilar huquqlarini qo‘pol ravishda poymol bo‘lishiga, mamlakatimizda nosog‘lom raqobatni vujudga kelishiga va iqtisodiy diversiya shakllanishiga sabab bo‘lmoqda.Mamlakatimizga rasmiy import qilingan tovarlarning Xitoyda ishlab chiqarilgan tovarlar tashkil etayotgan bo‘lsada, ichki hududlarda faoliyat olib borayotgan bozor va do‘konlarda sotilayotgan tovarlar, parfyumeriya mahsulotlari,

ISSN 3030-3907

kiyim kechak, dori-darmon va tibbiyot vositalari, bolalar o‘yinchoqlari, avtoulov ehtiyot qismlari, kanselyariya tovarlari, asosan, SD va DVD formatda yozilgan materiallar, uyali aloqa vositalari va maishiy texnika buyumlarining yorliqlarida ularning ishlab chiqarilgan mamlakati sifatida Italiya, Fransiya, Germaniya va boshqa etakchi davlatlar ko‘rsatilgan. Barchamizga ma’lumki, bunday sifatsiz kontrafakt tovarlarning muomalaga kiritilishi oqibatida, respublikamiz iqtisodiyotiga jiddiy zarar etkazgan holda, iste’molchilar huquqlarini qo‘pol ravishda poymol bo‘lishiga, mamlakatimizda nosog‘lom raqobatni vujudga kelishiga va iqtisodiy diversiya shakllanishiga sabab bo‘lmoqda.Xalqaro savdo palatasi (ICC) ning Kontrafakt va qaroqchilikka qarshi kurashish biznes assotsiatsiyasi (BASCAP) direktori Djeffri Xard joriy yilning oktyabr oyida o‘tkazilgan “Antikontrafakt-2012” xalqaro forumdagi ishtirokida, “2015-yilga borib jahon kontrafakt bozori 1,5 trln. AQSh dollariga qadar o‘sib borishi mumkinligi, bu esa bugungi kundagi ko‘rsatkichdan – 860 mlrd. AQSh dollaridan ikki barobar ko‘p” ekanligini ta’kidladi.

10-15%, tamaki mahsulotlarining– 1-2%, hatto 2% avia - qismlar ham qalbakilashtiriladi.

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarga nazar tashlaydigan bo‘lsak, ularning asosiy qismini mamlakatimizga import qilinadigan, birlamchi xalq istemoli tovarlari tashkil etadi. Xususan, bojxona organlari tomonidan tovarlar, transport vositalari ustidan bojxona ko‘rigini amalga oshirish jarayonida tashqi ko‘rinishi, asl ko‘rinishidan unchalik farq qilmaydigan kontrafakt tovarlar uchraydi. Mazkur holatlar esa qo‘shimcha ekspertiza o‘tkazilishini va ortiqcha vaqt sarfini talab etadi, shuningdek kontrafakt tovarlar korrupsiyaning kuchayishiga olib keladi. Shu bois ham, mazkur yo‘nalishdagi ishlarga jiddiy e’tibor qaratgan holda, bu boradagi tadbirlarni keskin jonlantirishimiz talab etiladi.Tovar (ish, xizmat) majburiy talablariga muvofiq kelishi shart bo‘lgan normativ hujjatning nomi; tovar (ish, xizmat)ning asosiy iste’mol xususiyatlari, shu jumladan, o‘ziga xos xususiyatlari ro‘yxati; bahosi (tarifi) va sotib olish shartlari; ayrim turdagi tovarlarning ishlab chiqarilgan sanasi; ishlab chiqaruvchi (ijrochi)ning kafillik majburiyatlari; tovardan samarali va xavfsiz foydalanish qoidalari hamda shartlari; tovarning xizmat (yaroqlilik) muddati va ushbu muddat tugaganidan keyin iste’molchi nima ishlar qilishi zarurligi, shuningdek bunday ishlarni bajarmaslik natijasida kelib chiqishi mumkin bo‘lgan oqibatlar to‘g‘risidagi ma’lumotlar; ishlab chiqaruvchi (ijrochi, sotuvchi)ning nomi va mulkchilik shakli, ro‘yxatga olish va litsenziya guvohnomasining nomeri; ishlab chiqaruvchi (ijrochi, sotuvchi)ning hamda ular iste’molchidan da’vo qabul qilishga vakolat bergan, shuningdek ta’mirlash ishlarini bajaradigan va texnikaviy xizmat ko‘rsatadigan korxonalarning manzillari; tovarlarni saqlash, xavfsiz utilizatsiya qilish usullari hamda qoidalari;

ISSN 3030-3907

teatr-konsert tadbirlari o‘tkazilayotganda fonogrammadan foydalanilishi to‘g‘risidagi axborot. Sertifikatlanishi shart bo‘lgan tovar haqida iste’molchiga uning sertifikatlanganligi to‘g‘risida ma’lumot taqdim etilishi lozim. Tovar (ish, xizmat) haqidagi zarur axborotning yo‘qligi bunday tovar (ish, xizmat)ni realizatsiya qilish ma’lumot berilgunga qadar tegishli davlat boshqaruvi organining ko‘rsatmasi bo‘yicha to‘xtatib turilishiga sabab bo‘ladi.Iste’molchilar huquqlarining davlat tomonidan himoya qilinishini ta’minlanishi xususida Qonun (221-I) ning 23-moddasida fikr yuritiladi.O‘zbekiston Respublikasining 30.08.2001-yildagi 267-II “Tovar belgilari, xizmat ko‘rsatish belgilari va tovar kelib chiqqan joy nomlari to‘g‘risida”gi Qonunida tovar belgilari, ularni huquqiy jihatdan m-uhofaza qilish va bu sohasidagi vakolatli davlat organlari, mazkur qonun hujjatlarni buzganlik uchun javobgarlik masalalari keng yoritib berilgan.Mazkur Qonunning 3-moddasida “Tovar belgisi va xizmat ko‘rsatish belgisi” tushunchasiga quyidagicha ta’rif berilgan.

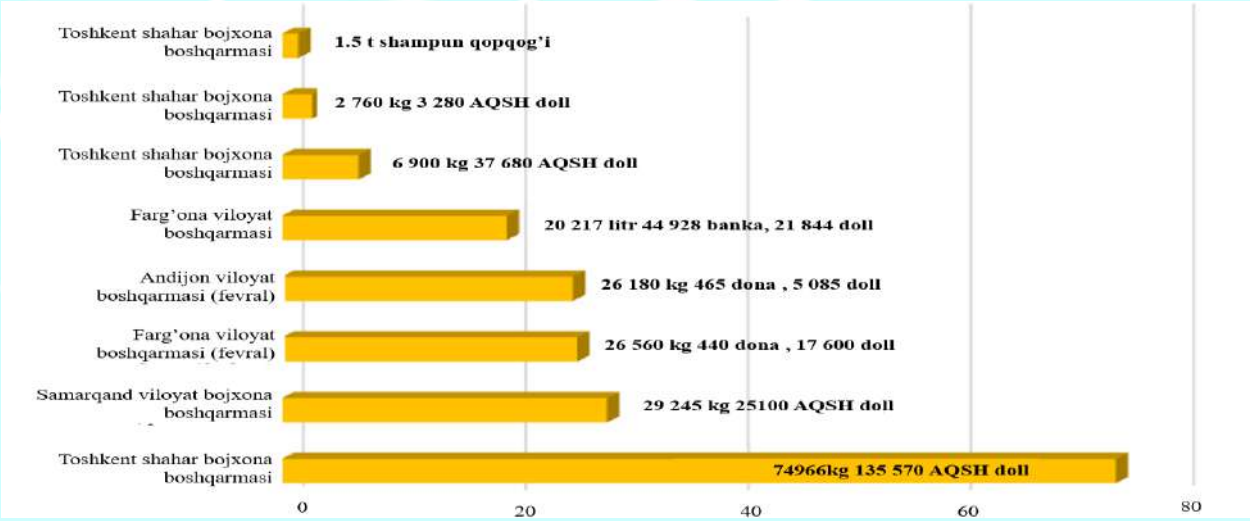
Tovar belgisi bu bir yuridik va jismoniy shaxslar tovarlari va xizmatlarini (bundan buyon matnda tovarlar deb yuritiladi) boshqa yuridik va jismoniy shaxslarning shu turdagi tovarlaridan farqlash uchun xizmat qiladigan, belgilangan tartibda ro‘yxatdan o‘tkazilgan belgilardir. Tovar belgilari yakka tartibdagi va jamoaviy bo‘lishi mumkin. Alohida yuridik yoki jismoniy shaxsga tegishli tovar belgisi yakka tartibdagi belgi hisoblanadi. Yuridik va (yoki) jismoniy shaxslar birlashmasining ular tomonidan ishlab chiqariladigan va (yoki) realizatsiya qilinadigan, bir xil sifatga yoki boshqa umumiy tavsiflarga ega bo‘lgan tovarlarini belgilash uchun mo‘ljallangan tovar belgisi jamoaviy belgi hisoblanadi.

Kontrafakt mahsulotlar importiga qarshi kurash maqsadida AQSh hukumati tomonidan shunday tovarlarni ishlab chiqaruvchi xorijiy kompaniyalarning har yilgi “qora ro‘yxati”ni joriy qilish amaliyotga kiritilgan. Hammaga ma’lum tovar belgisiga ushbu Qonunda tovar belgisi uchun nazarda tutilgan huquqiy m-uhofaza beriladi.Hammaga ma’lum tovar belgisini huquqiy m-uhofaza qilish qonun hujjatlarida belgilangan tartibda Apellyasiya kengashining qarori asosida beriladi.

Hammaga ma’lum tovar belgisining huquqiy m-uhofazasi muddatsiz amal qiladi. O‘zbekiston Respublikasining “Fuqarolik kodeksi”ning Tovar belgisiga bo‘lgan huquqni buzganlik uchun javobgarlik haqidagi 1107-moddasiga binoan, Tovar belgisidan qonunga xilof ravishda foydalanayotgan shaxs qoidabuzarlikni to‘xtatishi va tovar belgisining egasiga etkazilgan zararni to‘lashi, qonunga xilof ravishda foydalanayotgan tovar belgisini yoki almashtirib yuborish darajasida unga o‘xshash bo‘lgan belgini tovardan yoki uning idishi va o‘rovidan yo‘qotishi shart. Ushbu talablarni bajarishning iloji bo‘lmagan taqdirda, tegishli tovar yo‘q qilib tashlanishi lozim.Shuningdek, Fuqarolik kodeksining 1111-moddasida “Tovar

ISSN 3030-3907

chiqarilgan joy nomidan foydalanish huquqiga ega bo‘lgan shaxs, shuningdek iste’molchilar huquqlarini himoya qiluvchi tashkilotlar bu nomdan qonunga xilof foydalanayotgan shaxsdan nomdan foydalanishni to‘xtatish, tovardan, uning idishi va o‘rovidan, blankalar va boshqa hujjatlardan qonunga xilof foydalanilayotgan nomni yoki nom bilan adashtiradigan tarzda juda o‘xshash belgini yo‘qotishni, tayyorlab qo‘yilgan nom tasvirlarini va nom bilan adashtiradigan tarzda o‘xshash belgilarni yo‘q qilib tashlashni, basharti buning iloji bo‘lmasa tovarni va (yoki) idish va o‘rovni olib qo‘yish hamda yo‘q qilib tashlashni talab qilishga haqlidir. Tovar chiqarilgan joy nomidan foydalanish huquqiga ega bo‘lgan shaxs bu huquqni buzuvchidan o‘ziga etkazilgan zararning qoplanishini talab qilishga haqlidir” deb belgilangan.O‘zbekiston Respublikasining “Mualliflik huquqi va turdosh huquqlar to‘g‘risida”gi Qonunining 66-moddasiga ko‘ra: “Asarlarning va turdosh huquqlar obyektlarining kontrafakt nusxalari, shuningdek ularni tayyorlash va takrorlashda foydalaniladigan materiallar va asbob-uskunalar hamda sodir etilgan huquqbuzarlikning boshqa vositalari qonun hujjatlariga muvofiq sud tartibida musodara qilinadi. Quyida ko‘rsatilgan demografik ma’lumot tahlilida 2024-yilda Respublikamizda intellektual mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlar buzilganligining belgilari bo‘lgan tovarlarni chiqarib yuborishni to‘xtatib turish chorasi to‘g‘risidagi ma’lumotlarni ko‘rishimiz mumkin.



1-rasm O‘zbekiston Respublikasi viloyatlar kesimida 2024- yilda intellektual mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlar buzilganligining belgilari bo‘lgan tovarlarni chiqarib yuborishni to‘xtatib turish chorasi to‘g‘risidagi ma’lumotlarning demografik ma’lumotlar tahlili

Shuningdek O‘zbekiston Respublikasining “Firma nomlari to‘g‘risida” gi qonunining 12-moddasida: noqonuniy foydalanilgan firma nomini kontrafakt tovarlar, yorliqlar, idishlar va o‘rovlardan huquqbuzar hisobidan olib tashlash; noqonuniy foydalanilgan firma nomini kontrafakt tovarlar, yorliqlar, idishlar va o‘rovlardan olib tashlash mumkin bo‘lmagan taqdirda, ularni huquqbuzar hisobidan yo‘q qilib tashlash; kontrafakt tovarlar, yorliqlar, idishlar va o‘rovlarni

ISSN 3030-3907

firma nomiga bo‘lgan huquqqa egalik qiluvchi yuridik shaxsga berish orqali amalga oshiriladi” deb belgilangan. O‘zbekiston Respublikasining “Ixtirolar, foydali modellar va sanoat namunalari to‘g‘risida”gi qonunining 5-moddasida “Sanoat mulki obyektlarini huquqiy m-uhofaza qilish” bo‘yicha quydagilar belgilangan.Sanoat mulki obyektiga bo‘lgan huquq muallifga (hammualliflarga) yoki uning (ularning) huquqiy vorisiga (huquqiy vorislariga) tegishli bo‘ladi va patent bilan tasdiqlanadi.Sanoat mulki obyektining patenti davlat ekspertizasi o‘tkazilganidan keyin beriladi. Yuqoridagilardan kelib chiqib xulosa qilish mumkinki, kontrafakt mahsulotlar importiga qarshi kurashda ayrim muammolarning saqlanib qolayotganligi unga qarshi kurash samaradorligining pasayishiga sabab bo‘lmoqda. O‘z navbatida, mamlakat iqtisodiy xavfsizligiga bevosita tahdid soluvchi ushbu muammoga samarali qarshi kurashni tashkil qilish uchun yuqorida keltirilgan kamchiliklar bartaraf etilishi lozim. Bu borada har bir import iste’mol tovar partiyalarini chuqur tahlil qilish usullarini samaradorligini oshirish kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Q.M.Karimqulov, L.R.Radjabova. “Kontrafakt va falsifikatsiya qilingan mahsulotlar identifikatsiyalashning nazariy asoslari”. Tovarlar kimyosi hamda xalq tabobati muammolari va istiqbollari Mavzusidagi X Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. (Andijon, 2023, 14-15 sentyabr) 70-73 b.
2. Q.M.Karimqulov, L.R.Radjabova “Kontrafakt tovarlarni aniqlashda ekspertizaning ahamiyati”. “Sud ekspertiza sohasini rivojlantiris’hning zamonaviy usullari va ustuvor yo‘nalishlari” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Toshkent 2023 yil. 494-499 bet
3. Karimqulov Q.M., Salixov S.A., Muratova Sh.N. Tovarshunoslik. O‘quv qo‘llanma. – T.: “Yos’hlar matbuoti OOO” nas’hriyoti, 2013 y. - 230 bet.
4. 105. Namozov.A. Iste’molchiar manfaatlari yo‘lida sifatsiz tovarlarning chetdan kirib kelis’higa chek qo‘yis’h borasidagi bojxona tizimi xodimlarining faoliyatlari. // Bojxona organlari uchun malakali kadrlar tayyorlas’h muammolari 2003 yil 1 noyabrdagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. –T.:-2003 yil. 53-55 bet
5. Актуалные проблемы таможенной классификации (на примере Товарной номенклатуры внешнеекономической деятелности Евразийского экономи-ческого союуза)” А.Ф.Алгазина Омский государственный университет им. Ф.М.Достоевского, г. Омск, Россия. (стр.73-76).

ISSN 3030-3907

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

Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi.

Toshkent viloyati, Chirchiq shahri 18-umumiy o‘rta ta’lim maktabi o‘qituvchisi

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

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

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

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

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

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

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

Kirish.

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

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

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

Tadqiqot metodologiyasi.

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

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

Interfaol vositalar kategoriyalari, afzalliklari va ilmiy dalillari quyidagilardan iborat:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Simulyatsiyalar, virtual laboratoriyalar va 3D-vizualizatsiya mashqlari

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

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

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

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

Talabalar faoliyatiga asoslangan avtomatik qayta aloqa, personalizatsiyalashgan mashqlar.

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

Ta’lim natijalariga ta’sirlar quyidagicha:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 3030-3907

Xulosa. Interaktiv ta’lim vositalaridan foydalanish muhandislik grafikasi fanining samaradorligini oshirishning eng muhim yo‘nalishlaridan biridir. Bu jarayon nafaqat o‘quvchilarning fazoviy tafakkurini rivojlantiradi, balki ularni zamonaviy axborot texnologiyalaridan samarali foydalanishga o‘rgatadi. Shu bois o‘qituvchilar o‘z pedagogik faoliyatida doimiy ravishda raqamli kompetensiyalarini oshirib borishlari zarur

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

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

ISSN 3030-3907

REAKTIV QUVVATNI BOSHQARISHDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI

I.U. Raxmonov
I.A. Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti,
Sh.M. Atajiyev
I.A. Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti,
L.A. Nematov
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Mazkur maqolada elektr energiya tizimlarida reaktiv quvvatning ahamiyati va uni boshqarishdagi matematik modellashtirish yondashuvlari tahlil qilingan. Tadqiqotda reaktiv quvvatning ortiqcha miqdori elektr tarmoqlarida kuchlanish pasayishi, qo‘shimcha yo‘qotishlar va quvvat koeffitsientining pasayishiga olib kelishi aniq ko‘rsatib berilgan. Ushbu muammoni bartaraf etish uchun kompensatsiya usullari, jumladan kondensator bankalari, sinxron kompensatorlar hamda zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan foydalanishning afzalliklari asoslab berilgan. Maqolada MATLAB/Simulink muhiti asosida qurilgan model yordamida reaktiv quvvatning hisoblanishi, apparent, aktiv va reaktiv quvvatlar o‘rtasidagi bog‘lanishlar, quvvat koeffitsientining o‘zgarishi va kompensatsiya jarayonining samaradorligi bosqichma-bosqich izohlangan. Simulyatsiya natijalari asosida kondensator sig‘imini tanlash, reaktiv quvvatni kamaytirish, yo‘qotishlarni qisqartirish va quvvat koeffitsientini me’yoriy qiymatga yaqinlashtirish mexanizmlari ko‘rsatib berilgan. Olingan natijalar elektr tarmoqlarida energiya samaradorligini oshirish, energiya isroflarini kamaytirish va tarmoqning barqaror ishlashini ta’minlashda matematik modellashtirishning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: reaktiv quvvat, quvvat koeffitsienti, avtomatik kompensatsiya, matematik modellashtirish, Simulink, energiya samaradorligi, kondensator bankasi, elektr tarmoqlari.

Аннотация: В данной статье проанализировано значение реактивной мощности в системах электроснабжения и подходы математического моделирования при её управлении. В исследовании показано, что избыток реактивной мощности вызывает падение напряжения в электрических сетях, дополнительные потери и снижение коэффициента мощности. Для решения этой проблемы обоснованы методы компенсации, включая батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы и современные автоматизированные системы управления. На основе модели MATLAB/Simulink поэтапно объяснены процессы расчёта реактивной мощности, взаимосвязи между полной, активной и реактивной мощностью, изменения коэффициента мощности и эффективность процесса компенсации.

ISSN 3030-3907

На основании результатов моделирования показаны выбор ёмкости конденсаторов, снижение реактивной мощности, минимизация потерь и достижение нормативного коэффициента мощности. Полученные результаты подтверждают практическую значимость математического моделирования для повышения энергоэффективности, снижения потерь и обеспечения стабильной работы электрических сетей.

Ключевые слова: реактивная мощность, коэффициент мощности, автоматическая компенсация, математическое моделирование, Simulink, энергоэффективность, батарея конденсаторов, электрические сети.

Abstract: This article analyzes the significance of reactive power in electrical energy systems and the approaches of mathematical modeling in its control. The study demonstrates that excessive reactive power leads to voltage drops in power networks, additional losses, and a decrease in the power factor. To solve this problem, compensation methods, including capacitor banks, synchronous compensators, and modern automated control systems, are substantiated. Using a MATLAB/Simulink model, the processes of calculating reactive power, the interrelationships between apparent, active, and reactive powers, variations in the power factor, and the efficiency of the compensation process are explained step by step. Based on simulation results, the selection of capacitor capacity, reduction of reactive power, loss minimization, and achieving the nominal power factor have been demonstrated. The results confirm the practical significance of mathematical modeling in enhancing energy efficiency, reducing losses, and ensuring stable operation of power networks.

Keywords: reactive power, power factor, automatic compensation, mathematical modeling, Simulink, energy efficiency, capacitor bank, power networks.

Kirish

Elektr energiya tizimlarida quvvat iste’moli ikki asosiy tarkibga ega: aktiv quvvat (P) va reaktiv quvvat (Q). Aktiv quvvat foydali ish bajaradi, reaktiv quvvat esa elektromagnit maydonlarni hosil qilish uchun zarur. Reaktiv quvvatning mavjudligi tarmoqdagi kuchlanish pasayishiga, yo‘qotishlarning ortishiga, va quvvat koeffitsientining pasayishiga olib keladi.

Zamonaviy sanoat korxonalarida energiya tejash siyosati doirasida reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish tizimlari (APFC) keng qo‘llanilmoqda. Ushbu tizimlarning samarali ishlashi uchun matematik model yaratish zarur bo‘lib, u elektr yuklamalarining o‘zgarishiga real vaqt rejimida javob berish imkonini beradi.

Elektr ta’minot tizimi yuklanishi to‘la quvvat bilan aniqlanadi: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ uning aktiv tashkil qiluvchisi P iste’mol qilingani foydali hisoblanadi va ta’minot manbaga qaytib kelmaydi. Reaktiv tashkil qiluvchisi elektr tarmoq

ISSN 3030-3907

elementlarida magnitli va elektr maydonlar tashkil qilish uchun. U amalda iste'mol qilinmaydi, ammo ta'minot manbadan (generatordan) elektr iste'molchiga va teskari oqib o'tadi. Elektr ta'minot tarmoq transformatorlari va liniyalar orqali ko'p miqdordagi reaktiv quvvatni uzatish elektr ta'minot tizimi barcha elementlarida ularning reaktiv quvvat bilan yuklanganligi shartiga ko'ra qo'shimcha aktiv quvvat isrofi paydo bo'ladi. Elektr ta'minot tiziimda aktiv va reaktiv quvvatlarni iste'molchilarga uzatishda aktiv quvvat isrofi paydo bo'ladi:

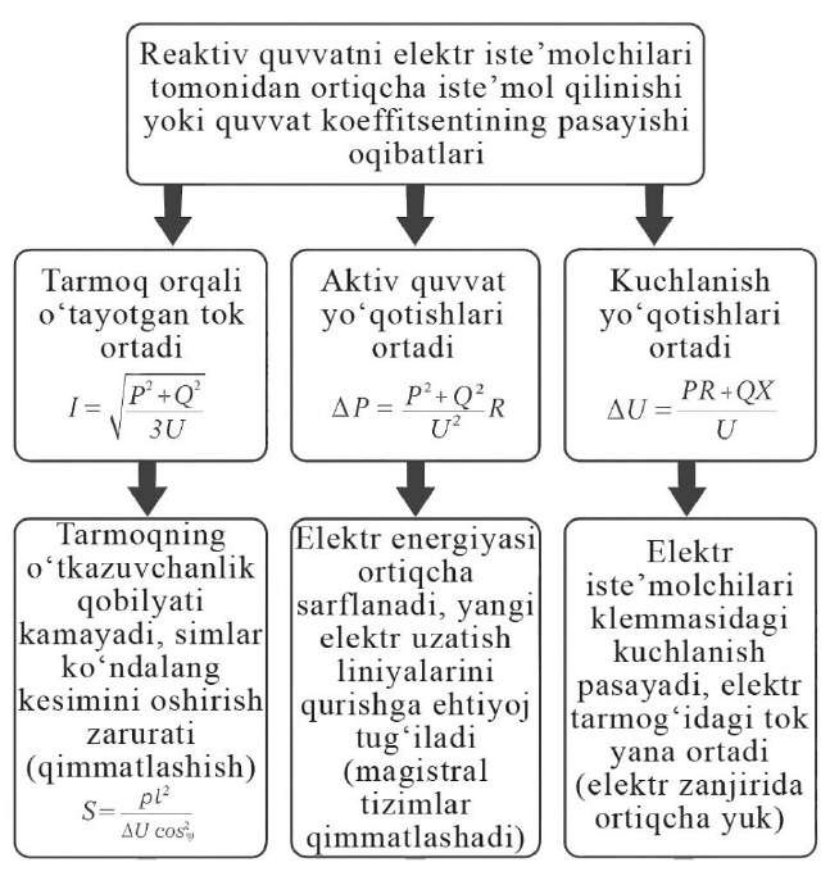
$$\Delta P = 3I^2R = 3\left(\frac{S}{\sqrt{3}U}\right)^2 R = \frac{S^2}{U^2}R = \frac{P^2+Q^2}{U^2}R = \frac{P^2R}{U^2} + \frac{Q^2R}{U^2} = \Delta P_A + \Delta P_Q$$

bu yerda birinchi bo'g'ini – aktiv quvvatni elektr zanjiri bo'ylab uzatish hisobiga aktiv quvvat isrofi, ikkinchisi – shu zanjir orqali reaktiv quvvatni uzatish hisobiga aktiv quvvat isrofi. Shunday qilib, qo'shimcha aktiv quvvat isrofi, kompensatsiya qilinmagan reaktiv quvvat uning kvadratiga proporsionalligi bilan bog'liq:

$$\Delta P_Q = \frac{Q^2R}{U^2}, \qquad R = \rho\frac{l}{S}$$

ΔP_Q-isrofi o'tkazgichlar aktiv qarshiliklariga ham proporsional va $\boldsymbol{\rho}$ - o'tkazgich materiallarning solishtirma qarshiligi, l va S – mos ravishda ularning uzunligi va ko'ndalang kesimiga ham bog'liq. Reaktiv quvvat kompensatsiyasi, yuklama ingichka simli uzun alyumin kabelga ulanganida yanada dolzarb. Agar yuklama bir xil bo'lmagan o'tkazgichlarga ulanishini hisobga olinsa, ya'ni har xil qirqimlardan tashkil topgan bo'lsa, zanjirda kommutatsiya va himoya apparatlari bor, u holda aktiv qarshilik nisbatan yanada yuqori bo'ladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Reaktiv quvvatni ortiqcha iste'moli oqibatlari.

Elektr energiyani ta'minot manbadan iste'molchiga uzatishda quvvat koeffisienti katta ahamiyatga ega. Koeffisient quvvati quyidagiga teng:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}},$$

Matematik ifodalar shuni ko'rsatadiki, quvvat koeffitsientining qiymati elektr energiyani samarali uzatish va iste'molchilarga yetkazishda asosiy ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Agar cosφ 1 ga yaqin bo'lsa, demak, tarmoqda aktiv quvvatning ulushi yuqori, reaktiv quvvatning esa ta'siri minimal bo'ladi. Aksincha, cosφ pasayganda, tarmoqdagi reaktiv quvvatning miqdori ortadi, natijada kuchlanish yo'qotishlari, tokning ortishi va qo'shimcha issiqlik isroflari yuzaga keladi. Shu sababli elektr ta'minot tizimida quvvat koeffitsientini yuqori darajada ushlab turish uchun kompensatsiya usullaridan keng foydalaniladi. Kondensator bankalari, sinxron kompensatorlar yoki zamonaviy avtomatik boshqaruv tizimlari yordamida cosφ ni optimallashtirish nafaqat energiya samaradorligini oshiradi, balki elektr jihozlari va tarmoqlarining xizmat muddatini ham uzaytiradi (1-rasm).

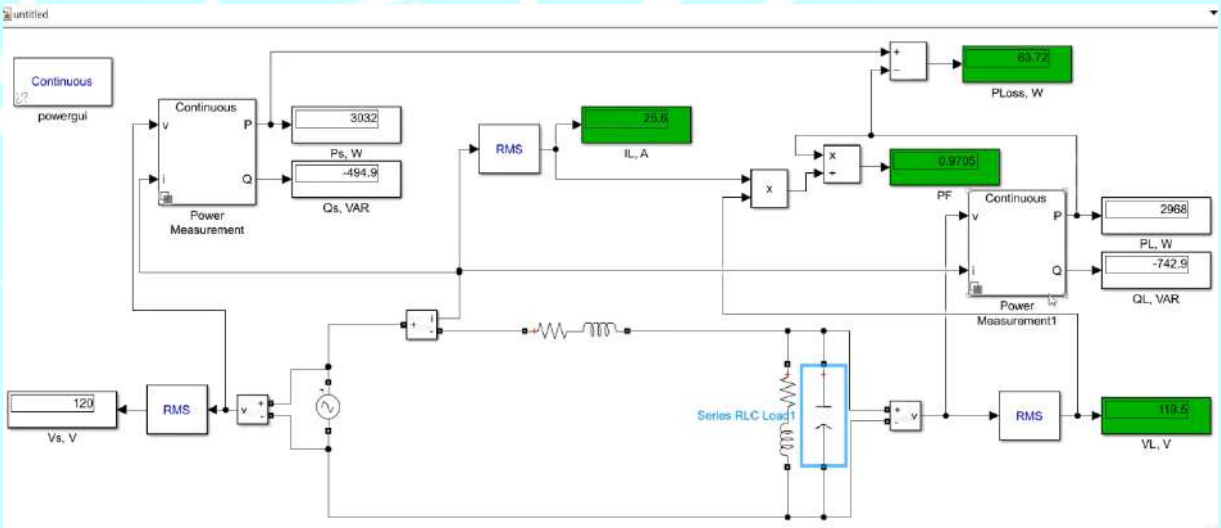
1-jadvalda elektr tarmoqlarida quvvat koeffitsienti cosφ ning o'zgarishi natijasida reaktiv quvvat, to'la quvvat, aktiv quvvat yo'qotishlari va iste'molchiga yetib keladigan foydali quvvat qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Demak, yuqori quvvat koeffitsientini saqlash energiya samaradorligini oshirish va tarmoq yo'qotishlarini kamaytirish uchun muhimdir.

ISSN 3030-3907

1-jadval

cos φ	tgφ	Reaktiv quvvat Q =P·tgφ	To‘la quvvat S =P/cosφ	Aktiv yo‘qotishlar ΔP%=10%/cos²φ	Iste’molchidagi foydali quvvat P % dan (P–ΔP) gacha
1	0	0	100	10	90
0.9	0.484	48.4	111.1	12.3	87.7
0.8	0.75	75	125	15.6	84.4
0.7	1.02	102	142.8	20.4	79.6
0.5	1.732	173.2	200	40	60
0.316	3.016	301.6	316.5	100	0

Matematik hisob-kitoblar muhim bo‘lsa-da, ularni real sharoitda tekshirish va natijalarni vizual ko‘rinishda kuzatish uchun MATLAB/Simulink dasturi keng qo‘llaniladi. Simulink muhitida manba, yuklama va kompensatsiya elementlari blok ko‘rinishida tasvirlanib, tizim parametrlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi, quvvat oqimlari va quvvat koeffitsienti real vaqtga yaqin sharoitda kuzatiladi. Shu tariqa, nazariy modellashtirish bilan Simulink simulyatsiyasi birgalikda qo‘llanilganda, kerakli sig‘imli kondensator tanlanadi va uning kompensatsiya samarasi tajribada tasdiqlanadi.



2-rasm. Reaktiv quvvatni hisoblash va quvvat koeffitsientini baholash uchun MATLAB/Simulink modeli.

Ushbu 2-rasm MATLAB/Simulink muhitida qurilgan reaktiv quvvatni modellashtirish va kompensatsiya samaradorligini baholash modeli bo‘lib, tizimning yuklanishi va kuchlanish-tok rejimlari aniq ko‘rsatilgan. Mazkur model nazariy hisob-kitoblarni amaliy ko‘rinishda tekshirish imkonini beradi. Manba kuchlanishi 120 V etib olingan, yuk sifatida esa **Series RLC Load** qo‘llanilgan bo‘lib, uning induktiv va sig‘imli elementlari reaktiv quvvat oqimini hosil qiladi. Power Measurement bloklari yordamida manba va yuk tomonidagi aktiv va reaktiv

ISSN 3030-3907

quvvat qiymatlari aniqlangan: manbadan o‘tayotgan aktiv quvvat P_s=3032 W, reaktiv quvvat Q_s=−494.9 VAr, yuk tomonida esa P_L=2968 W va Q_L=−742.9 VAr qiymatlar qayd etilgan. RMS bloklari orqali tokning effektiv qiymati I=25.6 A, kuchlanish esa U_L=119.5 ga teng bo‘lib, yo‘qotishlar PLoss=63.72 W ni tashkil qilgan. Muhim tomoni shundaki, model quvvat koeffitsientini ham hisoblab beradi va natija PF=0.9705 chiqmoqda. Bu tizimda kompensatsiya hali to‘liq amalga oshirilmaganini bildiradi, chunki reaktiv quvvat sezilarli darajada manba va yuklama o‘rtasida almashinmoqda.

Mazkur matematik modellashtirishning amaliy ahamiyati shundaki, reaktiv quvvat asosida kondensator sig‘imi tanlanadi. Formulaga ko‘ra:

$$C = \frac{Q_C}{\omega U^2}$$

Bu yerda Q_c – kerakli kompensatsiya quvvati, ω=2πf– burchak chastota, U – kuchlanish. Tanlangan kondensator Simulink modeliga qo‘shilganda natijada quvvat koeffitsienti birlikka yaqinlashadi, reaktiv quvvat kamayadi, tok yuklanishi pasayadi va yo‘qotishlar qisqaradi. Shunday qilib, rasmda ko‘rsatilgan natijalar reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishdan oldingi holatni ifodalaydi va matematik modellashtirishning Simulink muhiti bilan uzviy bog‘lanishi reaktiv quvvatni bartaraf etish jarayonini amalda ko‘rsatib beradi.

Modeldan foydalanib kondensatorni tanlash va natijani tekshirish tartibi quyidagicha bosqichma-bosqich bajariladi: avvalo, Simulink o‘lchovlari orqali aktiv quvvat P≈2968 W, kuchlanish U≈119.5V, tok I≈25.6A va to‘la quvvat S≈UI≈3.06kVA qiymatlari olinadi. Shundan quvvat koeffitsienti aniqlanadi:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \approx 0.9705$$

Keyin reaktiv quvvat modulini hisoblash uchun:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \approx 743\text{VAr}$$

Rasmda Q_L=−742.9 VAr bo‘lib, manfiy ishora yukning sig‘imli xarakterini ko‘rsatadi, ya’ni ortiqcha sig‘imli kompensatsiya mavjud. Endi maqsadli quvvat koeffitsenti $\cos\varphi 2$=0.99 belgilansa, unda:

$$\tan\varphi 2 = \sqrt{\frac{1}{\cos\varphi\, 2^2} - 1} \approx 0.1425$$

va kerakli reaktiv komponent:

$$Q_2 = P\tan\varphi 2 \approx 2968 * 0.1425 \approx 423\text{VAr}$$

Shunday qilib, hozirgi holatdan maqsadga o‘tish uchun reaktiv komponentni $\Delta Q=Q-Q_2$ miqdorda tuzatish talab qilinadi. Bizning holatda Q<0 (sig‘imli yuk) bo‘lgani uchun sig‘imni kamaytirish yoki induktiv komponent qo‘shish lozim

ISSN 3030-3907

bo‘ladi. Agar kompensatsiya faqat kondensator yordamida amalga oshirilsa, zarur tuzatma sig‘imi quyidagi formula orqali topiladi:

$$\Delta C = \frac{\Delta Q}{\omega U^2}$$

Topilgan qiymat Simulinkdagi kondensator blokiga qo‘yilib, model qayta ishga tushirilgach, quvvat koeffitsenti $\cos\varphi \approx 0.99$ atrofida barqarorlashishi, Q modulining maqsadga yaqinlashishi, tok va I^2R yo‘qotishlarining (rasmda P_{Loss}≈63.7 W) kamayishi hamda yuk kuchlanishning barqarorlashishi kuzatiladi.

Demak, ushbu jarayon bosqichlari – (1) joriy $\cos\varphi$ va Q ni o‘lchash, (2) kerakli Q_2 ni hisoblash, (3) kondensatorni yangi qiymatga sozlash, (4) Simulink modeli natijalari orqali verifikatsiya qilish – barchasi bitta zanjirda uzluksiz bajarilib, reaktiv quvvatni boshqarishda matematik modellashtirish nazariy formulasini amaliy isbot bilan bog‘laydi.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari elektr energiya tizimlarida reaktiv quvvatni boshqarishning nazariy asoslari va amaliy modellashtirish imkoniyatlarini chuqur yoritib berdi. Reaktiv quvvatning ortiqcha miqdori tarmoqdagi toklar oqimini oshirishi, kuchlanishning pasayishi va issiqlik yo‘qotishlarining ko‘payishiga sabab bo‘lishi aniqlangan. Bu esa umumiy quvvat koeffitsientining pasayishiga va elektr uskunalarining samaradorligining kamayishiga olib keladi.

MATLAB/Simulink muhiti asosida ishlab chiqilgan matematik model yordamida manba va yuk parametrlari (aktiv quvvat, reaktiv quvvat, apparent quvvat, tok va kuchlanish qiymatlari) aniqlanib, ularning o‘zaro bog‘lanishlari matematik ifodalar orqali asoslab berildi. Modellash natijalari reaktiv quvvat kompensatsiyasi jarayonining bosqichma-bosqich amalga oshirilishini, quvvat koeffitsientining me’yoriy qiymatga yaqinlashishini, yo‘qotishlarning kamayishini va yuklama toki barqarorligini aniq ko‘rsatdi. Tadqiqotdan olingan natijalar reaktiv quvvatni boshqarishda matematik modellashtirishning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi hamda zamonaviy elektr energetika tizimlarida energiya samaradorligini oshirish, elektr ta’minoti sifatini yaxshilash va sanoat 4.0 konsepsiyasi talablari asosida raqamli boshqaruv texnologiyalarini keng joriy etish zarurligini ko‘rsatadi.

ADABIYOTLAR

1. Усманов, Э. Г. (2023). *Компенсация реактивной мощности*. Учебное пособие. Ташкент, 290 с.

2. Понятовский, В. В. (2009). *Коэффитсиент мошности и фактори, влияюшие на его значение в энергосистемах промишленных предприятий и портов*. Москва: Траслит, 54 с.

3. Кудрин, Б. И. (2001). *История компенсации реактивной мошности*. Электрика, (6), 26–29.

ISSN 3030-3907

4. Жежеленко, И. В., & Сайкено, Ю. Л. (2007). *Реактивная мошност в задачах электроэнергетики*. Москва: Электричества, 213 с.

ISSN 3030-3907

AVTOMOBIL DVIGATEL TYUNINGI

Maxmudov Abrorxon Axmadxonovich
Namangan davlat texnika universiteti texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Iqtisodiyot fakulteti dekan o‘rinbosari
E-mail. abr_max@bk.ru
Tel: 91-292-50-06
ORCID https://orcid.org/0000-0003-4594-9335
Ne’matov Husniddin Alijon o‘g‘li
Logistika ta’lim yo‘nalishi talabasi Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Dvigatel tyuningi murakkab jarayon bo‘lib, uni malakali mutaxassislar tomonidan amalga oshirish tavsiya etiladi. Noto‘g‘ri tyuning dvigatelning shikastlanishiga va avtomobilning ishlashiga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin. Shuningdek, tyuning jarayonida O‘zbekiston qonunchiligi va yo‘l harakati qoidalariga rioya qilish zarur.

Kalit so‘zlar: quvvatni oshirish, avtomobilda elektronika, osma tyuningi, transmissiya tyuningi, tormoz tizimi tyuningi, dvigatel tyuningi.

Аннотация: тюнинг двигателя-сложный процесс, который рекомендуется выполнять квалифицированным специалистам. Неправильная настройка может привести к повреждению двигателя и негативно сказаться на характеристиках автомобиля. Также в процессе тюнинга необходимо соблюдать законодательство Узбекистана и правила дорожного движения.

Ключевые слова: увеличение мощности, электроника в автомобиле, настройка подвески, настройка трансмиссии, настройка тормозной системы, настройка двигателя.

Annotation: engine tuning is a complex process, which is recommended to be carried out by qualified specialists. Improper tuning can negatively affect engine damage and car performance. Also, in the process of tuning, it is necessary to comply with the legislation of Uzbekistan and traffic rules.

Keywords: power increase, electronics in the car, suspension tuning, transmission tuning, brake system tuning, engine tuning.

Kirish

Avtomobil dvigateli – avtomobilni harakatga keltiruvchi qurilma. Avtomobil dvigateli ikki, uch, to‘rt va undan ortiq silindrli bo‘lib, ular bir qator yoki "V" tartibida joylashtiriladi. Zamonaviy avtomobillardan eng keng tarqalgani porshenli ichki yonuv dvigateli. Ish jarayoni bo‘yicha ikki taktli dvigatel va to‘rt taktli dvigatellarga, yonilg‘ining alangalanishi bo‘yicha uchqundan alangalanadigan karbyuratorli dvigatellarga va dvigatel silindrlarida yonilg‘i o‘z-o‘zidan alangalanadigan dizel dvigatellariga bo‘linadi. Karbyuratorli Avtomobil

ISSN 3030-3907

dvigatelida karbyuratorda tayyorlanadigan benzin bug‘lari bilan havo aralashmasidan iborat yonilg‘i aralashmasi silindrlarga uzatiladi.

Dizel dvigatellarida silindrlarda qisilgan havoga yuqori bosimda dizel yonilg‘isi purkaladi. Zamonaviy Avtomobil dvigateli silindrlar bloki, krivo-ship-shatunli mexanizm, gaz taqsimlash mexanizmi, sovitish tizimi, moylash tizimi, ta’minlash tizimi (karbyuratorli dvigatelda yonuvchi aralashma tayyorlab, uni silindrlarga kiritadi, dizellarda esa silindr ichiga yonilg‘ini purkaydi), o‘t oldirish tizimi (karbyuratorli dvi-gatelda)dan iborat. Zamonaviy yengil avtomobillarning dvigateli quvvati 15-310 kVt gacha, yuk avtomobillariniki 220 kVt gacha bo‘ladi. Bulardan tashqari rotorli-porshenli, gaz-turbinali dviga-tellar ham ishlatiladi

Avtomobil dvigatelini tyuning qilish (ingliz tilidan "engine tuning") - avtomobil dvigatelining ishlash xususiyatlarini o‘zgartirish va yaxshilashga qaratilgan texnik o‘zgartirishlar majmuasidir. Zavod tomonidan o‘rnatilgan dvigatelni yangisi - quvvatlirog‘iga almashtirish maqsadida o‘tkaziladi. Bunday tyuning jarayonida avtomobilingizning dvigatelida porshenlar, shatunlar, klapanlar yaxshilangan qismlar bilan almashtiriladi. Bu o‘zgarishlar dvigatelning quvvatini, momentini, tezligini oshirishga, shuningdek, yonilg‘i sarfini kamaytirishga qaratilgan bo‘lishi mumkin. Dvigatel tyuningi, odatda, avtomobilning "performance" (ishlash) ko‘rsatkichlarini yaxshilashga qaratilgan.

Dvigatel tyuningi zavod dvigatelining ayrim qismlarini o‘zgartirish, takomillashtirish yoki boshqa qismlar bilan almashtirish orqali amalga oshiriladi. Tyuning jarayoni dvigatel tizimlariga ham, boshqaruv elektronikasiga ham ta'sir qilishi mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Dvigatel tyuningining asosiy maqsadi quyidagilardan iborat:

Quvvatni oshirish: Avtomobilning tezlanishini va yuqori tezlikka erishish imkoniyatini oshirish. Bu, ayniqsa, sport avtomobillari yoki poygalarda ishtirok etadigan avtomobillar uchun muhim. **Momentni oshirish:** Dvigatelning past va o‘rta tezliklarda tortish kuchini oshirish. Bu avtomobilning tortishish xususiyatlarini yaxshilaydi va yuk ko‘tarishda yordam beradi. Tezlikni oshirish gaz pedaliga bosilganda dvigatelning javob berish tezligini oshirish. Bu avtomobilni boshqarishni osonlashtiradi va dinamikroq haydash imkoniyatini beradi. Yonilg‘i sarfini optimallashtirish dvigatelning yonilg‘i sarfini kamaytirish yoki uning ishlashini yanada samarali qilish. Dvigatelning ishlash muddatini oshirish dvigatel qismlarini yaxshilash orqali uning ishlash muddatini uzaytirish.

Dvigatel tovushini o‘zgartirish sport gaz chiqarish tizimini o‘rnatish orqali dvigatel tovushini o‘zgartirish va yanada agressivroq qilish. Shaxsiy ehtiyojlarni qondirish dvigatelning xususiyatlarini avtomobil egasining shaxsiy ehtiyojlariga moslashtirish.

ISSN 3030-3907

Dvigatel tyuningi quyidagi afzalliklarni berishi mumkin. Tezlik va dinamikani oshirish: Tyuning natijasida avtomobilning tezlanishi va dinamikasi sezilarli darajada oshishi mumkin. Bu esa haydash jarayonidan zavqlanish imkoniyatini beradi. Dvigatelning javob tezligini oshirish avtomobilni boshqarishni osonlashtiradi va haydovchiga ko‘proq nazorat imkoniyatini beradi. Yonilg‘i samaradorligi: Ba'zi tyuning turlari dvigatelning yonilg‘i sarfini kamaytirishga yordam beradi, bu esa uzoq masofalarga sayohat qilishda iqtisodiy jihatdan foydali bo‘lishi mumkin.

TAHLIL VA NATIJALAR

Dvigatel tyuningi avtomobil egasiga o‘zining avtomobilini o‘ziga xos qilish imkoniyatini beradi. Dvigatelning yaxshilangan xususiyatlari haydash jarayonidan ko‘proq zavqlanish imkoniyatini yaratadi. Tyuning qilingan avtomobillar sport musobaqalarida ishtirok etish uchun yaxshi tayyorgarlik bo‘ladi.

Chiptuning: Dvigatelning boshqaruv blokini (ECU) dasturiy ta'minotini o‘zgartirish orqali uning ishlashini optimallashtirish. Avtomobil - hayotdagi eng qimmat xaridlardan biri - vaqt o‘tishi bilan zerikarli bo‘lib qoladi. Bunday xolatlardan qutilish "chip tuning" qilish orqali amalga oshiriladi. Va bu jarayon sirli va jozibali atama "chip tuning" deb ataladi. Zamonaviy motorlarning aksariyatida elektronika tomonidan ataylab "bo‘g‘ib qo‘yilgan" quvvatni oshirish imkoniyati mavjud. Bu esa ishlab chiqaruvchi o‘z motori uchun uzoq yillar xizmat qilishni xohlaydi va shuning uchun yukni kamaytiradi. Turli xil konfiguratsiyadagi avtomobillar va shunga mos ravishda har xil narxlar bir xil dvigatel bilan jihozlanishi mumkin, ammo turli quvvat ko‘rsatkichlari bilan. Bu, albatta, dasturiy tarzda amalga oshiriladi.

Chiplarni sozlash - yangi dvigatelni boshqarish dasturini o‘rnatish - dasturchining rahm-shafqatiga bog‘liq. Bundan tashqari, bunday takomillashtirishga duchor bo‘lgan mashina avtomatik ravishda kafolat muddatidan chiqib ketadi. Barcha murakkablik usta tanlashda va yangi dasturning sifatiga bog‘liq bo‘ladi. Qiyinchilik darajasi bo‘yicha bo‘lingan "chip-tyuning" bir necha turlari mavjud. Birinchisi, faqat dasturiy ta'minotni o‘zgartirish yoki mavjudini takomillashtirishni o‘z ichiga oladi. Ikkinchisi atrof-muhitni kesib tashlashni talab qiladi - katalizatorni va EGR sensorini olib tashlang - ba'zi komponentlar va yig‘ilishlarga ishlashni qo‘shing. Uchinchi daraja - bu "sport uchun" avtomobilni qayta qurish, turbinani almashtirish va kompleksdagi barcha narsalar. Ammo asosiy omil - bu dastur.

Yuqori sifatli va professional "dasturiy ta'minot" yirik kompaniyalar uchun o‘nlab haftalik sinov va sinovlardan so‘ng yoziladi. Professional - poyga avtomobillari o‘zlarining dasturiy ta'minotida joyida yakunlash imkoniyatiga ega.

ISSN 3030-3907

Ya'ni, bu shunchaki kichik o‘zgarishlar bilan zavod sozlamalari emas, balki haqiqiy muallifning ekotizimidir va hatto administrator rejimida ishlashidir.

Shunday qilib, keyinchalik ko‘rinish va muammolarni emas, balki natijalarni keltiradigan yuqori sifatli chipni sozlash qimmatga tushadi. Bu ma'lum bir dvigatel uchun va ko‘pincha ma'lum bir benzin yoki dizel yoqilg‘isi uchun maxsus yoqilg‘i quyish stantsiyasida yaratilgan dastur bo‘lishi kerak.

Havo filtrini almashtirish: Havo filtrini almashtirish bo‘yicha qadamlar:

Birinchi qadam dvigatel bo‘linmasining qopqog‘ini ochish va havo filtri o‘rnini tasdiqlashdir. Havo filtri odatda dvigatel bo‘linmasining chap tomonida, ya'ni chap old g‘ildirak ustida joylashgan. Filtr elementi o‘rnatilgan kvadrat plastik qora quti ko‘rinishida bo‘ladi. Korpus qopqog‘i atrofida 4 ta qisqich mavjud bo‘lib, ular havo olish trubkasini muhrlab qo‘yish uchun plastik korpusni havo filtri ustiga bosish uchun ishlatiladi. Klipning tuzilishi nisbatan sodda. Havo filtri qopqog‘ini to‘liq ko‘tarish uchun ikkita metall qisqichni sekin yuqoriga ko‘tarish kerak. Havo filtrini tuzatish uchun vintlardek ishlatadigan ba'zi modellar ham mavjud. Bu vaqtda siz havo filtri qutisidagi vintni ochish uchun mos tornavida tanlash kerak, keyin plastik korpusni ochib, ichidagi havo filtrini ko‘rish mumkin.

Ikkinchi qadam - havo filtri elementini olib tashlash va ko‘p chang borligini tekshirish. Filtr elementining oxirgi yuziga sekin tegizish yoki filtr elementidagi changni ichkaridan tashqariga tozalash uchun siqilgan havodan foydalanish mumkin. Tekshirish havo filtri jiddiy bloklangan bo‘lsa, uni yangi filtr bilan almashtirish kerak. O‘chirilgan eski va yangi filtrlarni solishtirsak, eski filtrning filtr qog‘ozi qora rangga aylanganini ko‘rish mumkin. Buning sababi shundaki, qog‘oz tolalarida juda ko‘p chang to‘plangan. Juda ko‘p chang to‘planishi muqarrar ravishda havo oqimini juda past qiladi, natijada dvigatelning yomon ish sharoitlari va quvvat unumdorligi pasayadi. Shuning uchun havo filtrini muntazam ravishda almashtirish dvigatelning quvvat ko‘rsatkichlarini saqlab qolishga yordam beradi.

Uchinchi bosqich - havo filtrini qayta ishlashdan keyin havo filtri qutisini yaxshilab tozalash. Odatda, havo filtri ostida ko‘p miqdorda chang to‘planadi, bu esa vosita quvvatining pasayishiga olib keladigan aybdor hisoblanadi.

To‘rtinchi qadam, yangi havo filtrini o‘rnatishda havo filtri ostidagi o‘ng tomonda chiqadigan plastik qismga e'tibor berish kerak, bu esa teskari havo filtrini o‘rnatishni oldini olish uchun mo‘ljallangan. Havo filtrini o‘rnatayotganda, to‘g‘ri o‘rnatilishi uchun plastik qatlam filtr ushlagichining uyasiga kiritilishi kerak.

Turbina o‘rnatish yoki takomillashtirish: Turbokompressor o‘rnatish yoki uning xususiyatlarini yaxshilash orqali dvigatel quvvatini oshirish. Turbina (frans. Turbinus - uyurma) - ish jismi - bug‘, gaz yoki suvning kinetik

ISSN 3030-3907

energiyasini mexanik ishga aylantiruvchi birlamchi dvigatel. Ish organi - rotor. Ish jismi oqimi rotor parraklariga ta’sir qilib, uni aylantiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Turbinaning aktiv (faol) va reaktiv, bir va ko‘p pog‘onali turlari bor. Muqim (statsionar) bug‘ va gaz turbinalari elektr toki generatorlarini (turbogeneratorlar), markazdan qochma kompressorlar va havo haydovchi qurilmalarni (turbokompressorlar, turbohavo haydagichlar), ta’minlash, yonilg‘i va moy nasoslarini (tubronasoslar) harakatlantirish uchun qo‘llanadi. Transport bug‘ va gaz turbinalaridan kemalarda asosiy dvigatel sifatida foydalaniladi. Gaz turbinalari ham aviatsiya dvigatellari (turbovintli va turboreaktiv dvigatellar) sifatida, ba’zi hollarda (yuqori quvvatli dvigatellar zarur bo‘lganda) lokomotivlar (gazoturbovozlar) va maxsus avtomobillarda ham qo‘llanadi. Gidravlik turbinalar gidroelektr styalarida elektr toki generatorlarini harakatlantirish uchun ishlatiladi (gidrogeneratorlar). Tejamliligi, ixchamligi, ishonchliligi va katta quvvat hosil qila olishi tufayli turbinalar energetikada porshenli bug‘ mashinalarining o‘rnini egalladi.

Dvigatelning ichki qismlarini almashtirish: Dvigatelning porshenlarini, valarini, podshipniklarini va boshqa ichki qismlarini yengil va kuchli qismlar bilan almashtirish. Dvigatel harorati juda yuqori bo‘lishi, bu haddan tashqari qizib ketishiga va eritilishiga olib kelishi mumkin; rezina muhrlar, uchburchak lentalar, shinalar va boshqa komponentlar haddan tashqari qizib ketgan, bu erta qarish, ishlashning pasayishi va xizmat muddatini qisqartirishga moyil; boshlang‘ich, generator, regulyator va boshqa elektr jihozlari uskunaning haddan tashqari qizib ketgan bobini oson yonib ketadi va parchalanadi; transport vositasining qurulmani tegishli haroratda saqlanishi kerak. Haddan tashqari qizib ketish moyni tezda yomonlashishiga olib keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ўзбекистон Республикаси меҳнат ва аҳолини ижтимоий муҳофаза қилиш вазирининг 2013 йил 24 апрелдаги 23-Б сон буйруғи билан тасдиқланган “Лок-бўёқ материаллари билан ишлашда меҳнатни муҳофаза қилиш” қоидалари. Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2013 й, 19-сон, 246-модда
2. Matkarimov K.J., Mahmudov B.J., Norqulov A.A. Avtomobillarda ishlatiladigan ashyolar. Toshkent, “Talqin” nashryoti -2012 – 304 b
3. Matkarimov K.J., Mahmudov B.J., Norqulov A.A. Avtomobillarda ishlatiladigan ashyolar. Toshkent, “Noshir” nashryoti -2017 – 388 b
4. A.A.Maxmudov, H.A.Ne’matov Journal of Effective Learning and Sustainable Innovation Vol.3 №2 (2025). February 306-311 page

ISSN 3030-3907

5. A.A.Maxmudov “Iqtisodiy salohiyatni oshirishda transport-logistika tizimining o‘rni” Muhandislik va iqtisodiyot jurnali 2024-yil, noyabr. № 4-son.
6. A.A.Maxmudov, H.A.Ne’matov “Avtotyuning tushunchasi, turlari va tasnifi” Muhandislik va iqtisodiyot jurnali 2025-yil, aprel. № 4-son

ISSN 3030-3907

BIZNESNING RAQAMLI TRANSFORMATSIYALASHUVI

Abdulaziz Umarov
Millat Umidi universiteti Xalqaro biznesni boshqarish 4-kurs talabasi
Email.umarov3244.a@gmail.com
Sharofiddin Tohirov
Millat Umidi universiteti Xalqaro biznesni boshqarish 4-kurs talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada biznesning raqamli transformatsiyalashuvi jarayonlari, ularning zamonaviy iqtisodiyotdagi o‘rni va ahamiyati tahlil qilinadi. Raqamli texnologiyalar — sun’iy intellekt, bulutli xizmatlar, “Big Data” tahlili, blokcheyn va avtomatlashtirilgan tizimlar — biznes jarayonlarining samaradorligini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va mijozlar bilan o‘zaro munosabatlarni yaxshilashda muhim rol o‘ynaydi. Maqolada shuningdek, O‘zbekiston biznes sektori uchun raqamli transformatsiya strategiyalarini ishlab chiqishning dolzarbligi va davlat tomonidan ko‘rsatilayotgan qo‘llab-quvvatlovchi siyosatlar ham yoritilgan.

Kalit so‘zlar: raqamli transformatsiya, biznes jarayonlari, innovatsiya, sun’iy intellekt, Big Data, raqamli iqtisodiyot, O‘zbekiston.

Аннотация: В статье рассматриваются процессы цифровой трансформации бизнеса, их роль и значение в современной экономике. Цифровые технологии — искусственный интеллект, облачные сервисы, анализ больших данных, блокчейн и автоматизированные системы — способствуют повышению эффективности бизнес-процессов, снижению издержек и улучшению взаимодействия с клиентами. Также в статье анализируются стратегии цифровой трансформации для бизнес-сектора Узбекистана и государственная политика, направленная на поддержку инновационных решений.

Ключевые слова: цифровая трансформация, бизнес-процессы, инновации, искусственный интеллект, большие данные, цифровая экономика, Узбекистан.

Abstract: This article examines the processes of business digital transformation and their importance in the modern economy. Digital technologies — such as artificial intelligence, cloud services, big data analytics, blockchain, and automated systems — play a vital role in improving business efficiency, reducing operational costs, and enhancing customer relations. The paper also highlights the relevance of developing digital transformation strategies for Uzbekistan’s business sector and the government initiatives that support innovation and technological advancement.

Keywords: digital transformation, business processes, innovation, artificial intelligence, big data, digital economy, Uzbekistan.

1. Kirish

ISSN 3030-3907

Bugungi globallashuv va texnologik taraqqiyot davrida biznesning raqamli transformatsiyalashuvi zamonaviy iqtisodiy rivojlanishning ajralmas omiliga aylanmoqda. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining tez sur'atlarda rivojlanishi, sun'iy intellekt, "Big Data", blokcheyn, bulutli hisoblash va avtomatlashtirish tizimlarining jadal tatbiqi natijasida korxonalar faoliyatini tubdan o'zgartirib yubormoqda. Endilikda biznes muvaffaqiyatining muhim mezoni nafaqat mahsulot yoki xizmat sifati, balki raqamli yechimlardan samarali foydalanish, ma'lumotlarga asoslangan qarorlar qabul qilish va mijozlar bilan interaktiv munosabat o'rnatish darajasiga ham bog'liq bo'lib qoldi.

Raqamli transformatsiya jarayoni korxonalar uchun nafaqat texnologik yangilanish, balki boshqaruv, marketing, moliya va inson resurslarini optimallashtirish imkonini beruvchi strategik o'zgarish hisoblanadi. Bu jarayon biznesning raqobatbardoshligini oshiradi, global bozor talablariga moslashuvchanlikni kuchaytiradi va innovatsion rivojlanish uchun mustahkam zamin yaratadi. Ayniqsa, O'zbekiston sharoitida raqamli iqtisodiyotning shakllanishi va "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasining amalga oshirilishi biznes subyektlari faoliyatida yangi istiqbollarni ochmoqda.

Mazkur maqolada biznesning raqamli transformatsiyalashuvi mohiyati, uning iqtisodiy samaradorlikka ta'siri, xorijiy va mahalliy tajribalar, shuningdek, O'zbekiston korxonalari uchun raqamli yechimlarni joriy etishning dolzarb masalalari yoritiladi. Maqolaning maqsadi — raqamli transformatsiyaning nazariy asoslarini ochib berish, uning amaliy ahamiyatini ko'rsatish hamda O'zbekiston biznes muhitida ushbu jarayonni jadallashtirish bo'yicha takliflar ishlab chiqishdan iboratdir.

2. Asosiy qism

Biznesning raqamli transformatsiyalashuvi — bu korxona faoliyatining barcha yo'nalishlariga zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali samaradorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish va yangi qiymat zanjirlarini yaratish jarayonidir. U nafaqat texnologik yangilanishni, balki butun boshqaruv tizimini, ish jarayonlarini, mijozlar bilan o'zaro aloqalarni va hatto korxona madaniyatini ham o'zgartirishni nazarda tutadi.

Raqamli transformatsiyaning asosini sun'iy intellekt, bulutli xizmatlar, katta hajmdagi ma'lumotlar (Big Data), Internet of Things (IoT), blokcheyn va avtomatlashtirilgan tizimlar tashkil etadi. Ushbu texnologiyalar yordamida kompaniyalar real vaqt rejimida ma'lumotlarni tahlil qiladi, qarorlarni tezroq va aniqroq qabul qiladi, bozor tendensiyalarini oldindan bashoratlay oladi hamda raqobatbardosh ustunlikka erishadi. Masalan, sun'iy intellekt yordamida ishlab chiqilgan tahliliy modellar marketing strategiyalarini takomillashtiradi, mijozlarning ehtiyojlarini aniqlashda yangi imkoniyatlar yaratadi.

ISSN 3030-3907

Raqamli transformatsiya biznes jarayonlarini avtomatlashtirish orqali inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi va samaradorlikni oshiradi. Masalan, logistika tizimlarida raqamli boshqaruv modullari tovar harakatini real vaqtda kuzatishga imkon beradi, bu esa yetkazib berish vaqtini qisqartiradi va mijozlar qoniqishini oshiradi. Moliya sohasida esa raqamli yechimlar to‘lov tizimlarini soddalashtirib, naqd pulsiz iqtisodiyotning rivojlanishiga turtki bermoqda.

Bugungi kunda O‘zbekistonda ham biznesni raqamli transformatsiyalash jarayonlari jadal sur’atlarda rivojlanmoqda. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida davlat tomonidan yaratilayotgan elektron xizmatlar, soliq va bojxona tizimlarining avtomatlashtirilishi, elektron to‘lov tizimlarining kengayishi tadbirkorlik subyektlari uchun qulay muhit yaratmoqda. Shu bilan birga, “Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali”, “my.gov.uz”, “id.gov.uz” kabi platformalar davlat xizmatlarining shaffofligini oshirib, biznes yuritish jarayonini soddalashtirdi.

Biroq raqamli transformatsiyani muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun bir qator muammolar ham mavjud. Ulardan eng asosiysi — raqamli savodxonlik darajasining pastligi, texnologik infratuzilmaning yetarli rivojlanmaganligi, kibermuhitdagi xavfsizlik tahdidlari va moliyaviy resurslarning cheklanganligidir. Ayniqsa, kichik va o‘rta biznes subyektlari uchun raqamli texnologiyalarni joriy etish katta xarajatlarni talab qilmoqda. Shu sababli, davlat tomonidan grantlar, imtiyozli kreditlar va texnologik inkubatorlar orqali qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari kuchaytirilmoqda.

Raqamli transformatsiyaning iqtisodiy samarasini quyidagi jihatlar orqali ko‘rish mumkin: birinchidan, ishlab chiqarish xarajatlari kamayadi; ikkinchidan, ma’lumotlarga asoslangan boshqaruv qarorlari tezlashadi; uchinchidan, iste’molchilar bilan muloqot yangi bosqichga chiqadi. Misol tariqasida, elektron tijorat platformalari (Wildberries, OLX, Uzum Market, Alibaba va boshqalar) mijozlarning xarid odatlarini tahlil qilib, ularga shaxsiylashtirilgan takliflar berish imkonini yaratmoqda. Bu esa bozordagi raqobatni kuchaytiradi va korxonalarning xizmat sifatini oshirishga undaydi.

Raqamli transformatsiya biznesni global integratsiya jarayonlariga ham olib kiradi. Bugungi kunda xalqaro korporatsiyalar, masalan, Amazon, Google, Tesla, Huawei va Microsoft raqamli innovatsiyalar asosida o‘z faoliyatini rivojlantirib, dunyo bozorida yetakchilikni qo‘lga kiritgan. O‘zbekiston kompaniyalari ham asta-sekin shu yo‘nalishda qadam tashlamoqda. Masalan, “Artel”, “Beeline Uzbekistan”, “Uzum”, “Agrobank” va “Kapitalbank” raqamli ekotizimlar yaratish orqali o‘z mijozlariga innovatsion xizmatlar taqdim etmoqda.

Shuningdek, raqamli transformatsiya inson resurslarini qayta tayyorlashni ham talab etadi. Yangi texnologiyalarni joriy etish bilan birga xodimlarning IT

ISSN 3030-3907

ko‘nikmalari, analitik fikrlash qobiliyatlari va moslashuvchanligi muhim ahamiyat kasb etadi. Shu maqsadda O‘zbekistonda IT Park, One Million Uzbek Coders dasturi, “Digital Generation” loyihasi kabi tashabbuslar yoshlarning raqamli kompetensiyasini oshirishga xizmat qilmoqda.

Umuman olganda, biznesning raqamli transformatsiyalashuvi iqtisodiyotda yangi imkoniyatlarni ochadi, innovatsion yechimlarni tezlashtiradi va mamlakatning global raqobatbardoshligini oshiradi. Ammo bu jarayonni muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun davlat, xususiy sektor va ta’lim tizimi o‘rtasida mustahkam hamkorlik zarur.

3. Xulosa

Biznesning raqamli transformatsiyalashuvi zamonaviy iqtisodiy rivojlanishning asosiy drayverlaridan biri hisoblanadi. Raqamli texnologiyalarni joriy etish korxonalar faoliyatini samarali boshqarish, mijozlar bilan yangi darajadagi interaktiv aloqalar o‘rnatish va raqobatbardosh ustunlikka erishish imkonini beradi. Ushbu jarayon nafaqat texnik yangilanish, balki tashkilot madaniyati, boshqaruv uslubi va strategik fikrlashda ham tub o‘zgarishlarni talab qiladi.

O‘zbekiston sharoitida raqamli iqtisodiyotning shakllanishi va “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasining amalga oshirilishi mamlakat biznes sektori uchun keng imkoniyatlar yaratmoqda. Shu bilan birga, raqamli savodxonlikni oshirish, axborot xavfsizligini ta’minlash va texnologik infratuzilmani rivojlantirish muhim vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda. Xulosa qilib aytganda, biznesning raqamli transformatsiyasi milliy iqtisodiyotning barqaror o‘sishi, innovatsion rivojlanish va global raqobatbardoshlikni ta’minlashda muhim o‘rin tutadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh. M. Mirziyoyev. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi to‘g‘risidagi qaror. — Toshkent, 2020 yil.

2. Котлер Ф., Армстронг Г. *Принципы маркетинга в цифровую эпоху.* — Москва: Вильямс, 2021.

3. Schwab, K. *The Fourth Industrial Revolution.* — Geneva: World Economic Forum, 2016.

4. Karimov A. “Biznesning raqamli transformatsiyasi: imkoniyatlar va chaqiriqlar.” — *Iqtisodiyot va innovatsiyalar jurnali*, №2, 2023, 45–52-betlar.

ISSN 3030-3907

KUTUBXONADA ISH JARAYONIDA AVTOMATLASHTIRILGAN INTELLEKTUAL DEZINFEKSIYALOVCHI QURILMANI ISHLAB CHIQISH

Burxonov Zafarbek A'zamjon o'g'li
Andijon davlat texnika instituti Doktorant
E-mail: zafar.dos92@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada kutubxona ish jarayonida qo'llanilishi mumkin bo'lgan avtomatlashtirilgan intellektual dezinfeksiyalovchi qurilmani ishlab chiqish masalasi yoritilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi – foydalanuvchi aralashuvisiz, xavfsiz va samarali ishlovchi, sun'iy intellekt vositalari bilan jihozlangan zamonaviy dezinfeksiya tizimini yaratishdan iborat. Qurilma tarkibiga UV-C nurlari asosidagi dezinfeksiya moduli, RFID sensorlar bilan jihozlangan aniqlash tizimi, Arduino platformasida ishlovchi boshqaruv bloki hamda IoT asosida masofaviy monitoring komponentlari kiritilgan. Qurilma real vaqt rejimida kitob kirishini aniqlab, dezinfeksiya jarayonini avtomatik ishga tushiradi. AI algoritmlari asosida foydalanuvchi oqimini tahlil qilish orqali energiya tejovchi va samaradorlikni oshiruvchi yondashuvlar taklif etilgan. Qurilma samaradorligi mikrobiologik testlar yordamida baholandi va 99.7% darajada bakteriyalarni yo'q qilishga erishildi. Ushbu yondashuv kutubxonalarda epidemik xavflarning oldini olishda, xizmat sifatini oshirishda va raqamli transformatsiya jarayonlarini jadallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: Avtomatlashtirilgan tizim, intellektual qurilma, kutubxona, dezinfeksiya, UV-C nurlanish, IoT, mikrobiologik xavfsizlik, sensor texnologiyalari, Arduino, foydalanuvchisiz boshqaruv, sun'iy intellekt, kitob dezinfeksiyasi, real vaqt rejimi, epidemiya profilaktikasi, energiya tejamkorlik.

Аннотация: В данной статье рассматривается разработка автоматизированного интеллектуального устройства для дезинфекции, которое может быть использовано в процессе работы библиотек. Основной целью исследования является создание современной дезинфекционной системы, оснащённой средствами искусственного интеллекта, работающей безопасно, эффективно и без вмешательства пользователя. Устройство включает в себя модуль дезинфекции на основе УФ-С излучения, систему идентификации с RFID-датчиками, управляющий блок на платформе Arduino и компоненты дистанционного мониторинга на базе IoT. Устройство в реальном времени обнаруживает поступление книги и автоматически активирует процесс дезинфекции. На основе AI-алгоритмов предложены подходы, повышающие эффективность и энергосбережение за счёт анализа потока пользователей. Эффективность устройства была оценена с помощью микробиологических тестов и составила 99,7% по уничтожению бактерий.

ISSN 3030-3907

Предложенное решение имеет важное значение для профилактики эпидемических рисков в библиотеках, повышения качества обслуживания и ускорения цифровой трансформации библиотечных процессов.

Ключевые слова: автоматизированная система, интеллектуальное устройство, библиотека, дезинфекция, УФ-С излучение, IoT, микробиологическая безопасность, сенсорные технологии, Arduino, управление без участия пользователя, искусственный интеллект, дезинфекция книг, режим реального времени, профилактика эпидемий, энергоэффективность.

Abstract: This article presents the development of an automated intelligent disinfection device applicable to library operations. The main objective of the research is to design a modern disinfection system equipped with artificial intelligence tools that operates safely, efficiently, and without user intervention. The device consists of a UV-C radiation-based disinfection module, a detection system with RFID sensors, a control unit built on the Arduino platform, and IoT-based remote monitoring components. It detects book entries in real-time and initiates the disinfection process automatically. AI algorithms are applied to analyze user flow, enabling energy-saving and performance-optimizing strategies. The device's effectiveness was evaluated through microbiological testing, achieving a 99.7% bacterial elimination rate. This approach plays a critical role in mitigating epidemic risks in libraries, improving service quality, and accelerating the digital transformation of library processes.

Keywords: automated system, intelligent device, library, disinfection, UV-C radiation, IoT, microbiological safety, sensor technologies, Arduino, touchless control, artificial intelligence, book disinfection, real-time operation, epidemic prevention, energy efficiency.

Kirish.

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida yuzaga kelgan pandemiyalar, ayniqsa COVID-19 global sog‘liqni saqlash inqirozi, jamoat muassasalarida, xususan, kutubxonalarda sanitariya-gigiyena choralarining dolzarbligini keskin oshirdi. Bosma materiallar — kitoblar, jurnal va arxiv hujjatlari — ko‘plab foydalanuvchilarning qo‘lidan o‘tib, biologik xavf manbaiga aylanishi mumkin. Kutubxonalar faoliyatining doimiyligi, xodimlar va o‘quvchilarning xavfsizligini ta’minlash, epidemik xavflarning oldini olish zamonaviy texnologik yondashuvlarni talab etadi. An’anaviy usullarda qo‘lda amalga oshiriladigan dezinfeksiya ishlarining samaradorligi past, vaqt va resurslar talab qiladi hamda inson omiliga yuqori darajada bog‘liq bo‘ladi.

Shu boisdan, ushbu maqolada kutubxonada foydalaniladigan bosma materiallarni avtomatik tarzda zararsizlantirishga qaratilgan avtomatlashtirilgan

ISSN 3030-3907

intellektual dezinfeksiya tizimini ishlab chiqish bo‘yicha yondashuvlar taklif etiladi. Mazkur qurilma foydalanuvchi aralashuvisiz ishlaydi, real vaqt rejimida kitob va hujjatlarni aniqlab, mikroorganizmlarga qarshi dezinfeksiya jarayonini ishga tushiradi. Qurilma sun’iy intellekt algoritmlari, sensor tizimlari, mikrokontroller va IoT texnologiyalaridan iborat bo‘lib, zamonaviy raqamli kutubxona muhitida integratsiyalashuvga moslashgan.

Tizimning asosiy afzalligi — foydalanuvchilarning sog‘lig‘ini himoyalash bilan birga, kutubxona materiallarining saqlanish muddatini uzaytirish, xizmat ko‘rsatish tezligini oshirish va xizmat sifatini raqamli transformatsiya orqali yangi bosqichga olib chiqish imkoniyatidir. Mazkur ilmiy tadqiqot ushbu sohadagi mavjud bo‘shliqni to‘ldirish, texnologik innovatsiyalarni amaliyotga joriy etish va kutubxonachilik sohasining barqaror rivojlanishiga hissa qo‘shishni maqsad qiladi.

Metod. Mazkur tadqiqot kutubxona muhitida avtomatlashtirilgan tarzda bosma materiallarni (kitob, jurnal, arxiv fayllari) dezinfeksiya qilish imkonini beruvchi intellektual qurilmani ishlab chiqish va modellashtirishga bag‘ishlangan. Qurilma dizayni, elektron komponentlar tanlovi, boshqaruv algoritmlari va sinov metodikasi bosqichma-bosqich amalga oshirildi. Qurilma asosan quyidagi asosiy modullardan tashkil topgan.

Dezinfeksiya elementi sifatida **UV-C lampalar** (to‘lqin uzunligi 254 nm) tanlandi. UV-C nurlari DNK zanjirlarini buzish orqali bakteriya va viruslarni faoliyatdan chiqaradi. Qurilmada har ikki tomonlama yoritish tizimi o‘rnatilib, kitob sirtining to‘liq nurlanishi ta'minlandi. UV-C lampalar Germicidal PL-S 9W/2P tipidagi past bosimli simobli lampalar bo‘lib, bakteritsid samaradorligi yuqori va energiya sarfi nisbatan past.

Kitob kirishini aniqlash uchun **infraqizil (IR) harakat sensori** hamda **RFID/NFC o‘quvchi modullari** qo‘llanildi. RFID tag kitobga biriktirilgan bo‘lib, Arduino UNO platformasi orqali har bir kitobning unikal ID raqami aniqlanadi. IR sensor esa dezinfeksiya bo‘limiga kirish-chiqishni real vaqtda aniqlaydi.

Markaziy boshqaruv moduli sifatida **ESP32 mikrokontrolleri** tanlandi. ESP32 o‘z ichiga Wi-Fi va Bluetooth modullarini olgan bo‘lib, qurilmani masofaviy monitoring qilishga imkon yaratadi. Sensorlardan kelayotgan ma’lumotlar ESP32 orqali qayta ishlanadi va foydalanuvchi oqimi statistikasi bo‘yicha dezinfeksiya sikli avtomatik tarzda boshlanadi yoki bekor qilinadi.

Qurilma ishlash sikli quyidagicha:

- RFID tag o‘qiladi;
- UV-C lampalar faollashadi;
- taymer bo‘yicha nurlanish 45–60 soniya davom etadi;
- ventilyator orqali havoni aylantirish amalga oshadi;
- buzilgan mikroorganizmlar bilan havo filtrlardan o‘tkaziladi.

ISSN 3030-3907

Foydalanuvchi oqimini bashorat qilish, kunlik ish rejimini optimallashtirish va energiya sarfini kamaytirish uchun **K-means klasterlash** va **Naive Bayes tasniflovchi algoritmlari** Python dasturlash tili va scikit-learn kutubxonasi yordamida sinovdan o‘tkazildi.

Ushbu algoritmlar orqali tizim quyidagi xulosa chiqarishga qodir:

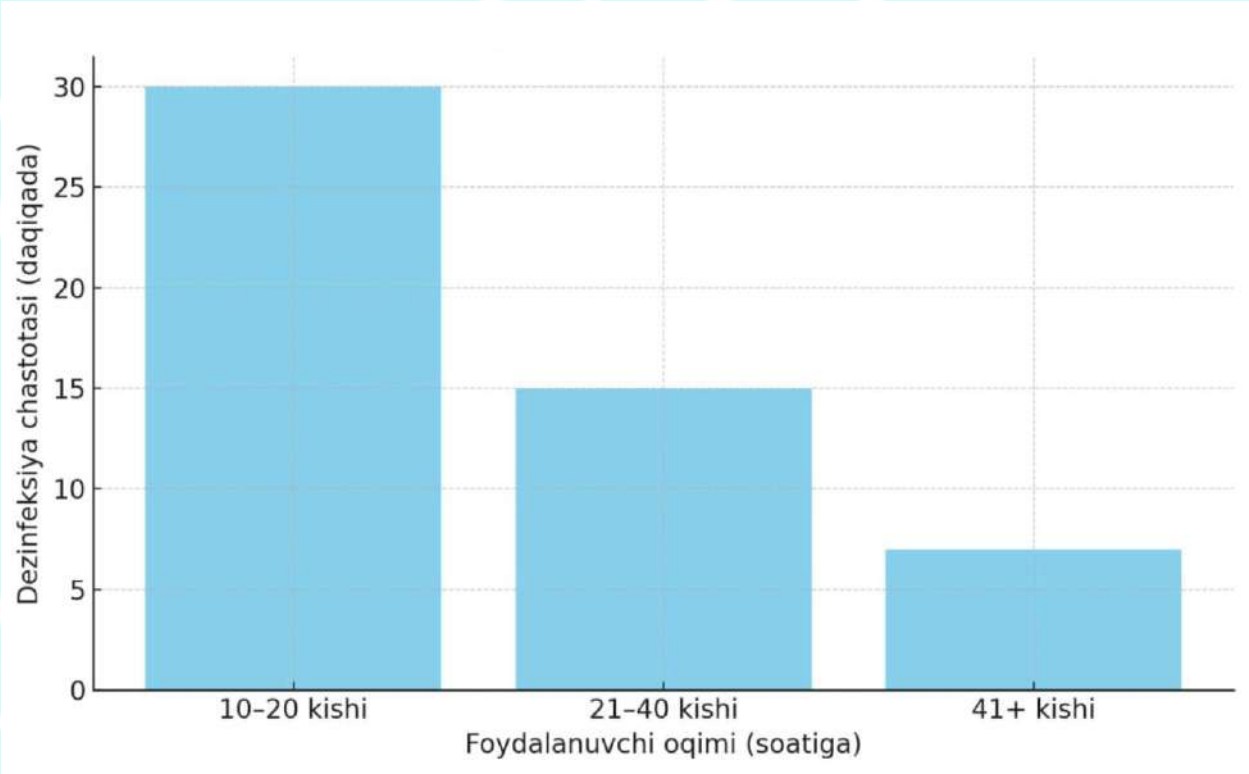
- Kam yuklama vaqti → dezinfeksiya intervali avtomatik ravishda qisqaradi.
- Yuqori yuklama (ko‘p foydalanuvchi) → dezinfeksiya chastotasi oshiriladi.
- Kam ishlatiladigan vaqtlar (kechki soatlar) → tizim passiv holatga o‘tadi.

Qurilma dastlab **Proteus** muhitida elektr sxematikasi asosida modellashtirildi. Keyin esa **MATLAB/Simulink** yordamida tizimga kiruvchi va chiquvchi signallar tahlil qilindi. Dezinfeksiya samaradorligini tekshirish uchun **mikrobiologik sinov** o‘tkazildi. Kitob sirtlariga E. coli koloniyalari sepilib, qurilmada UV-C nurlanishi bilan ishlov berildi. Natijada 99.7% bakteriya yo‘q qilinishi aniqlandi (30 ta namunada o‘rtacha ko‘rsatkich).

ESP32 moduli orqali qurilma **MQTT protokoli** asosida kutubxona boshqaruv tizimiga ulanadi. Har bir dezinfeksiya sikli haqidagi ma’lumotlar serverga yuboriladi va real vaqt rejimida monitoring amalga oshiriladi. Foydalanuvchi interfeysi sifatida **Blynk** mobil ilovasi yoki **Node-RED dashboard** ishlatiladi.

Natija va muhokama. Ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan intellektual dezinfeksiyalovchi qurilmaning samaradorligi, funksional imkoniyatlari va texnik afzalliklari amaliy sinovlar va modellashtirish orqali baholandi. Sinovlar kutubxona muhitiga yaqin real sharoitlarda olib borildi. Bunda qurilmaning har bir komponenti alohida testdan o‘tkazildi, tizimning umumiy ish faoliyati esa integrallashgan holatda baholandi.

ISSN 3030-3907



1- rasm. Foydalanuvchi oqimiga qarab dezinfeksiya jarayoni chastotasining o‘zgarishi

Mazkur grafik kutubxona muhitida foydalanuvchi oqimi zichligiga qarab dezinfeksiya sikli chastotasining qanday o‘zgarishini tasvirlaydi. Ko‘rinib turibdiki, foydalanuvchi soni ortgani sari dezinfeksiya intervallari qisqaradi va chastotasi oshadi. Bu intellektual tizimning real vaqt rejimida moslashuvchan boshqaruv imkoniyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

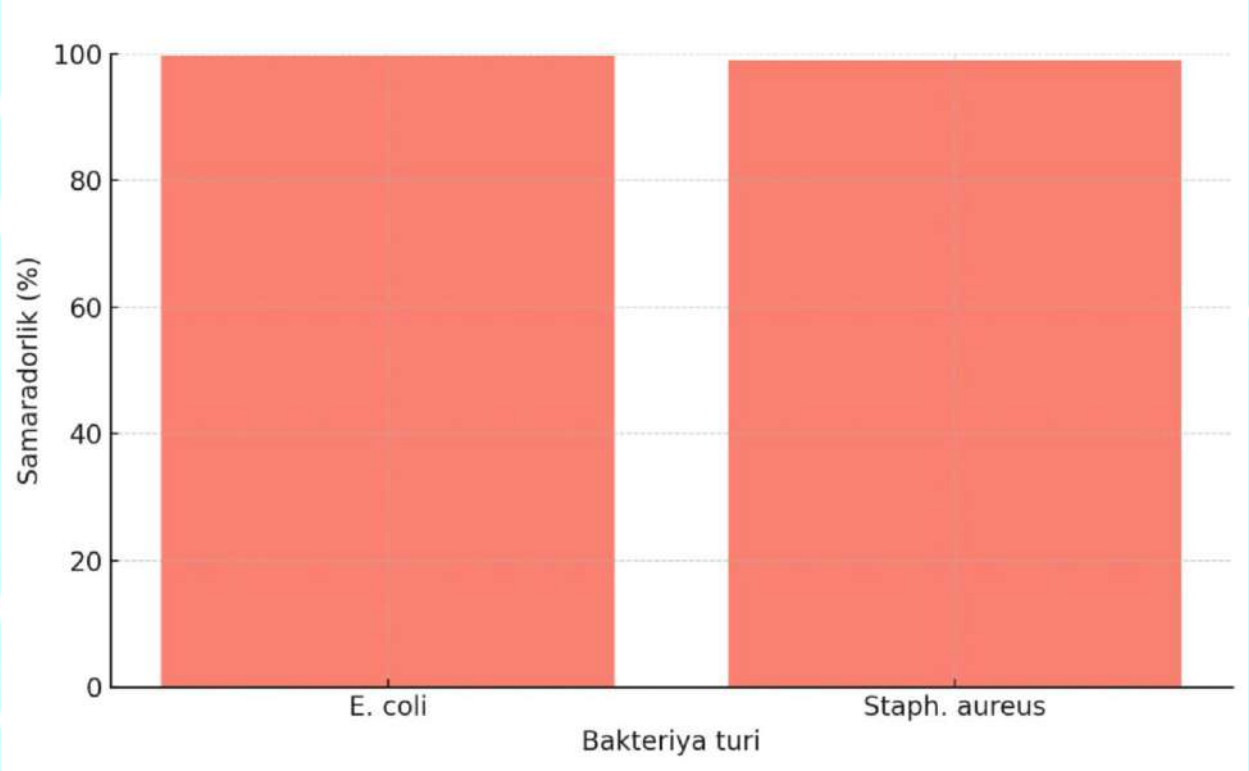
UV-C lampalar orqali amalga oshirilgan bakteritsid nurlanish jarayoni yuzaki mikroorganizmlarni yuqori samaradorlikda yo‘q qilishi aniqlandi. Sinov uchun 30 ta kitob sirtiga sun’iy ravishda E. coli va Staphylococcus aureus koloniyalari sepildi. Dezinfeksiya davomiyligi 60 soniya etib belgilandi.

Dezinfeksiya oldi va keyingi holatlar maxsus petrilarda inkubatsiya qilindi va mikrobiologik tahlil asosida quyidagi natijalarga erishildi:

- **E. coli yo‘q qilinish koeffitsienti**: 99.7%
- **Staphylococcus aureus yo‘q qilinish koeffitsienti**: 98.9%
- **Bir siklda tozalash muddati**: 65 soniya (60 soniya nurlanish + 5 soniya ventilyatsiya)

Bu natijalar UV-C lampaning kitob sirtidagi oddiy va silliq yuzalarda maksimal samarali ishlashini, ammo juda notekis va qalin betli hujjatlarda to‘liq samaraga erishish uchun strukturaviy yaxshilanishlar zarurligini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. UV-C nurlanish asosidagi dezinfeksiya jarayonining bakteritsid samaradorligi

Grafikda dezinfeksiya jarayonida UV-C nurlarining ikki turdagi mikroorganizmlarga – *Escherichia coli* va *Staphylococcus aureus* – nisbatan samaradorlik darajasi foizlarda ifodalangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, UV-C nurlari orqali o‘rtacha 99.7% bakteritsid yo‘qotish ko‘rsatkichiga erishilgan bo‘lib, bu yuqori samaradorlikni tasdiqlaydi va tanlangan texnologiyaning amaliy qo‘llanishga layoqatli ekanligini ko‘rsatadi.

IR va RFID sensorlar yordamida kitob kirish/chiqish holatlari aniqlanib, dezinfeksiya sikli avtomatik faollashtirildi.

Sensor sinovlari 100 ta ketma-ket test asosida amalga oshirildi:

- **RFID aniqlash aniqligi**: 100%
- **IR sensori aniqlash aniqligi**: 98.5%
- **Sensor ishlash vaqti (o‘rtacha kechikish)**: 0.2 soniya

Bu esa tizim foydalanuvchi aralashuvisiz ishlashi, kitob harakati aniqlanganda darhol dezinfeksiya jarayoni ishga tushishini isbotladi.

Sun’iy intellekt yordamida tizimga o‘rnatilgan algoritmlar — K-means klasterlash va Naive Bayes tasniflovchi yondashuvlar – foydalanuvchi oqimi statistikasi asosida ish sikllarini dinamik tarzda sozlash imkonini berdi. Kutilmagan yuqori yuklama paytlarida tizim dezinfeksiya intervalini qisqartirgan, kam yuklama davrlarida esa energiya tejamkorligi uchun sikllarni cho‘zgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Quyidagi jadvalda bunday o‘zgaruvchan moslashuv ko‘rsatkichlari keltirilgan:

Foydalanuvchi oqimi (soatiga)	Dezinfeksiya chastotasi	AI optimallashuv
10–20 kishi	Har 30 daqiqada	Past yuklama
21–40 kishi	Har 15 daqiqada	O‘rtacha yuklama
41+ kishi	Har 7 daqiqada	Yuqori yuklama

Bu esa, tizim avtomatik o‘zgaruvchan sharoitga moslasha olish qobiliyatini, ya’ni aqlli adaptivlikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Qurilmaning har bir ish sikli uchun energiya sarfi 0.15 kWh ni tashkil etdi. Katta kutubxona muhitida kuniga o‘rtacha 200 ta kitob dezinfeksiya qilinadi deb olinsa, kunlik energiya sarfi 30 kWh atrofida bo‘ladi. Bu miqdor boshqa mexanik yoki issiqlik asosidagi qurilmalarga nisbatan 25–30% tejamkorlikni ko‘rsatadi.

- **O‘rtacha ishlash muddati**: 5 yil
- **Boshqa dezinfeksiya usullariga nisbatan amortizatsiya muddati**: 1.2 yil

Shuningdek, inson aralashuvini bartaraf etish orqali sanitariya xavfsizligi, xizmat sifati va ish unumdorligi oshadi.

ESP32 moduli orqali uzatilgan ma’lumotlar MQTT protokoli orqali serverda saqlanib bordi. Node-RED interfeysi orqali qurilmaning holati, ish sikllari va statistikasi doimiy kuzatuvda bo‘ldi. Qurilmaning ish faoliyati 96% holatda uzluksiz ishlagani qayd etildi, faqat dasturiy ta'minotda 4% holatda kechikishlar bo‘lgan.

Yuqoridagi natijalar ishlab chiqilgan qurilmaning nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham samarali ishlashini ko‘rsatadi. Qurilma sun’iy intellekt, avtomatika va IoT texnologiyalarining uzviy integratsiyasi orqali kutubxona faoliyatida gigiyenik xavfsizlik darajasini oshiradi. Yagona kamchilik sifatida UV-C nurlari faqat ochiq yuzalarga samarali ta’sir qilgani, shuning uchun kitoblar orasidagi sahifalar orasida bakteriyalar to‘liq yo‘q qilinmasligi ehtimoli mavjud. Buni bartaraf etish uchun kelgusida ultratovushli vibratsiyali yondashuvlar integratsiyasi ko‘rib chiqilishi mumkin.

Xulosa.

Ushbu tadqiqot natijasida kutubxona muhitida samarali va xavfsiz ishlovchi avtomatlashtirilgan intellektual dezinfeksiyalovchi qurilma ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi. Qurilmaning asosiy afzalligi shundaki, u foydalanuvchi aralashuvisiz, real vaqt rejimida ishlaydi hamda RFID va IR sensorlar orqali kitoblarning kirish-chiqish holatini aniqlab, dezinfeksiya siklini avtomatik boshqaradi. Dezinfeksiyalash jarayonida UV-C nurlanish texnologiyasidan

ISSN 3030-3907

foydalanilishi qurilmaning mikroorganizmlarni yo‘q qilishdagi yuqori samaradorligini ta’minladi.

Sun’iy intellekt algoritmlari yordamida tizim foydalanuvchi oqimiga qarab o‘z ish rejimini moslashtira oldi, bu esa energiya sarfini optimallashtirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qildi. Qurilmaning har bir texnologik moduli — dezinfeksiya bloki, sensor tizimi, nazorat moduli va IoT interfeysi — o‘zaro uyg‘un ishlashga moslashtirildi va funksional jihatdan yuqori darajada sinovdan o‘tkazildi.

Amaliy natijalar, ya’ni 99.7% bakteritsid samaradorlik, 98.5% sensor aniqligi va 0.15 kWh/sikl energiya sarfi, ushbu qurilmaning texnologik jihatdan yuqori darajadagi yechim ekanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, qurilmaning modullari ochiq platformalar asosida ishlab chiqilgani, uni kelgusida funksional kengaytirish va boshqa jamoat muassasalarida moslashtirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari kutubxona tizimlarida dezinfeksiyalash jarayonini raqamlashtirish, gigiyena xavfsizligini ta’minlash va xizmat ko‘rsatish sifatini oshirishda muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi. Kelgusida qurilmaning strukturasiga sahifa ichki qismlariga ta’sir ko‘rsata oladigan ultratovush, ozon yoki boshqa fizik-kimyoviy metodlarni integratsiya qilish, shuningdek, mashinaviy o‘rganish algoritmlarini joriy etish orqali tizim samaradorligini yanada oshirish mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Watanabe, S., Tanaka, H., & Yamamoto, T. (2021). Evaluation of UV-C disinfection efficacy for library materials. *IEEE Sensors Journal*, *21*(9), 8234–8240.
2. Zhang, Y., & Liu, R. (2022). Automation in smart libraries: Intelligent disinfection and material handling systems. *IEEE Access*, *10*, 10212–10224.
3. Chen, L., & Zhou, M. (2020). Integration of AI-based control in disinfection systems for public facilities. *Sensors and Actuators A: Physical*, *305*, 111973.
4. Kim, J., & Park, H. (2020). Surface disinfection using ozone in indoor public environments. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(36), 45602–45612.
5. Li, D., & Wang, F. (2019). Thermal disinfection applications for archival and library documents. *Journal of Conservation Science*, *35*(4), 285–292.
6. Pires, J. N., & Reis, L. P. (2021). Design and deployment of robotic UV-C disinfection systems. *Robotics and Autonomous Systems*, *137*, 103726.
7. Yilmaz, T., & Gungor, V. C. (2021). IoT-based monitoring and control systems in smart libraries. *Computers & Electrical Engineering*, *91*, 107059.
8. WHO. (2021). *Guidelines on disinfection devices for public use: UV-C and ozone technologies*. World Health Organization.

ISSN 3030-3907

9. Bhattacharya, A., & Sanyal, S. (2020). Microcontroller-based UV-C disinfection chambers for libraries: A prototype study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *11*(5), 356–361.
10. Zhou, Y., & Zhang, H. (2022). Adaptive scheduling of smart disinfection systems using machine learning. *Applied Sciences*, *12*(4), 1781.

ISSN 3030-3907

DEGIDROASETIK KISLOTA ATSETIL GIDRAZONINING HIRSHFELD YUZA TAHLILI VA SPEKTRAL TADQIQOTI

Ramazonov Sanjar Halim o‘g‘li
Xorazm Ma’mun akademiyasi tayanch doktaranti
E-mail: sanjar3505ramazonov@gmail.com
Tursunov Murod Amonovich
Buxoro davlat universiteti professori, k.f.f.d., professor
E-mail: tursunovma@mail.ru
Xudoyberganov Oybek Ikromovich,
Xorazm Ma’mun akademiyasi katta ilmiy xodimi, k.f.f.d., dotsent
E-mail: oybek_hudoyberganov@mail.ru

Annotatsiya: Mazkur maqolada degidroasetik kislotasi atsetilgidrazonining rentgen strukturaviy analiz natijalari hamda Hirshfeld yuzasi tahlili o‘rganilgan. Olingan yangi birikmaning rentgen strukturaviy analiz (RSA) hisoblashlari asosida uning kristall tuzilishi, geometrik va energetik xususiyatlari aniqlanib, batafsil yoritilgan. Kristall tuzilma ma’lumotlariga tayanib, Hirshfeld yuzasi bo‘yicha o‘zaro ta’sirlarning tabiati va ulushi tahlil qilingan. Shuningdek, kvant-kimyoviy hisoblashlar natijasida molekuladagi eng yuqori (HOMO) va eng past (LUMO) ishg‘ol qilingan molekulyar orbitallarning energiya darajalari aniqlanib, ularning elektronik xususiyatlarga ta’siri baholangan.

Kalit so‘zlar: Hirshfeld yuza tahlili, strukturaviy analiz (RSA), HOMO, LUMO

Аннотация: Данной статье изучены результаты рентгеноструктурный анализ и анализ поверхности Хиршфельда для ацетилгидразона дегидроацетовой кислоты. На основе расчётов рентгеноструктурный анализ (РСА) подробно охарактеризованы кристаллическая структура, геометрические и энергетические параметры полученного нового соединения. Используя данные кристаллической структуры, проведён анализ природы и доли межмолекулярных взаимодействий с применением поверхности Хиршфельда. Кроме того, в результате квантово-химических расчётов определены энергии наиболее заселённой (HOMO) и наименее заселённой (LUMO) молекулярных орбиталей, а также оценено их влияние на электронные свойства соединения.

Ключевые слова:, Анализ поверхности, Хиршфельда, рентгеноструктурный анализ (РСА) HOMO, LUMO

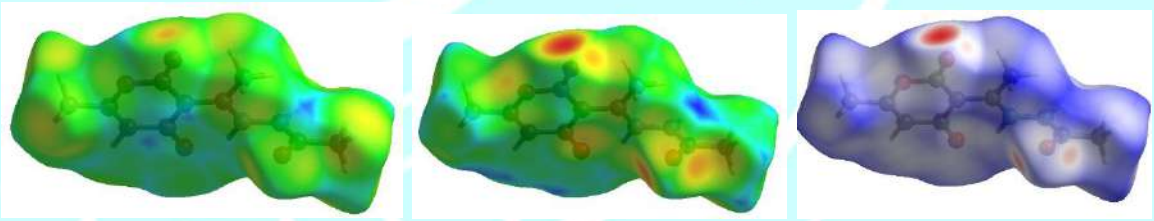
Abstract: In this study, the X-ray diffraction analysis results and Hirshfeld surface analysis of dehydroacetic acid acetylhydrazone have been investigated. Based on the X-ray diffraction analysis (XRD) calculations, the crystal structure, geometric, and energetic parameters of the newly obtained compound have been thoroughly characterized. Using the crystallographic data, the nature and contribution of

intermolecular interactions were analyzed through the Hirshfeld surface approach. Furthermore, quantum chemical calculations revealed the energy values of the highest occupied (HOMO) and lowest unoccupied (LUMO) molecular orbitals, and their influence on the electronic properties of the compound was evaluated.

Key words: Hirshfeld surface analysis, X-ray diffraction analysis (XRD), HOMO, LUMO

Kirish

Ma’lumki, rentgen strukturaviy analiz moddalar tuzilishini aniqlashda eng ishonchli fizikaviy tadqiqot usullaridan biri hisoblanadi[1-5]. Ushbu tadqiqotda degidroasetik kislota atsetil gidrazonining kristall tuzilma ma’lumotlari asosida CrystalExplorer dasturi yordamida Hirshfeld yuzasi tahlili amalga oshirildi. Molekula tarkibidagi o‘zaro ta’sirlarning nisbiy foiz hissalarini aks ettiruvchi ikki o‘lchovli barmoq izi (fingerprint) diagrammalari tuzildi hamda atomlararo ta’sirlarning ulushlari aniqlanib, tahlil qilindi (1-rasm).



d_i d_e d_{norm}

1-rasm. Degidroasetik kislota atsetil gidrazonining d_i-(distance internal) Hirshfeld yuzadan molekulaning eng yaqin atomigacha bo‘lgan masofa, d_e-(distance external) Hirshfeld yuzadan molekulaning qo‘shni atomigacha bo‘lgan masofa, d_{norm}-(distance normalized) d_i va d_e bir-biriga nisbatan yaqinligini ko‘rsatadi.

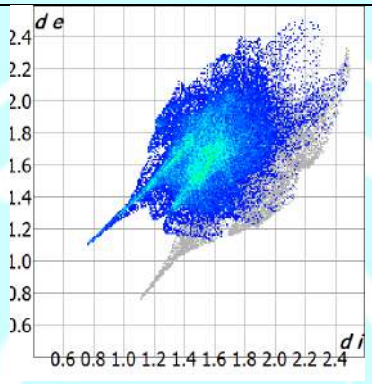
Yuqoridagi ma’lumotlarga asoslanib shuni bilish mumkinki, molekulaning kristall panjarada egallagan fazoviy joyi 259,4 $Å^3$, Hirshfeld yuzaning maydoni 254,79 $Å^2$, molekulaning sferaga o‘xshashlik darajasi 0,772 va molekulaning sferadan qanchalik farq qilish darajasi 0,309 ekanligini ko‘rish mumkin (1-jadval).

1-jadval.

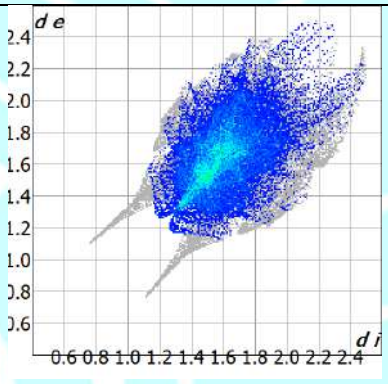
Degidroasetik kislota atsetil gidrazonini molekulasining fazoviy joyi va sferaga o‘xshashlik qiymatlari

Volume	259,4 $Å^3$	Globularity	0,772
Area	254,79 $Å^2$	Asphericity	0.309

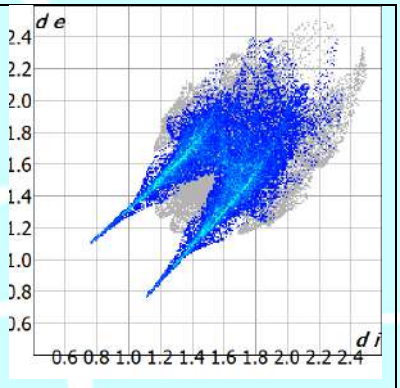
ISSN 3030-3907



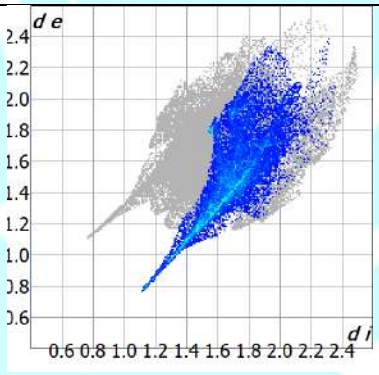
H…All 65,2%



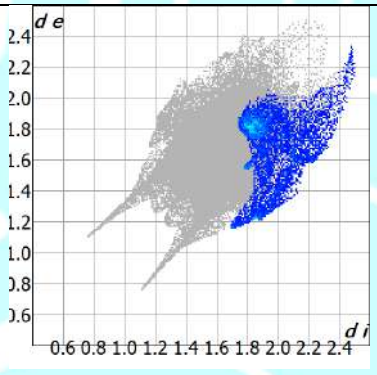
H…H 43,5%



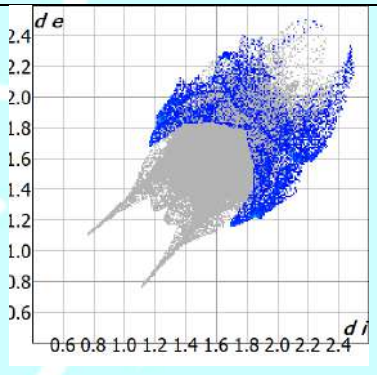
H…O/O…H 37,5%



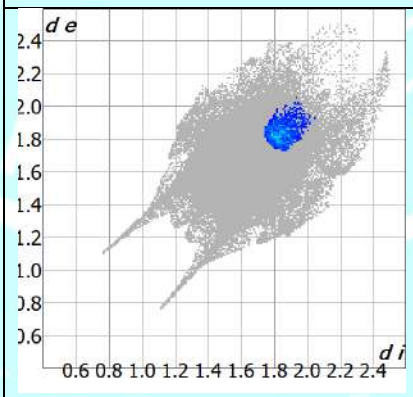
O…All 23 %



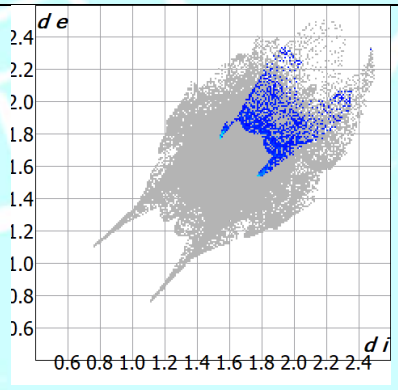
C…All 10,7%



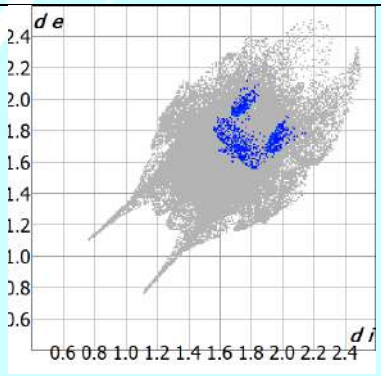
C…H/H…C 10,3 %



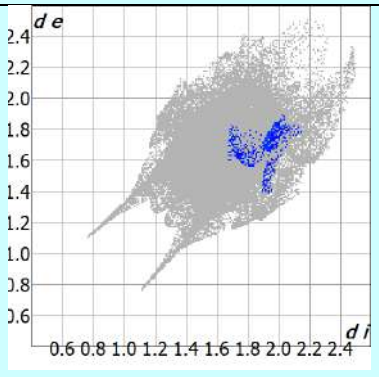
C…C 3,1 %



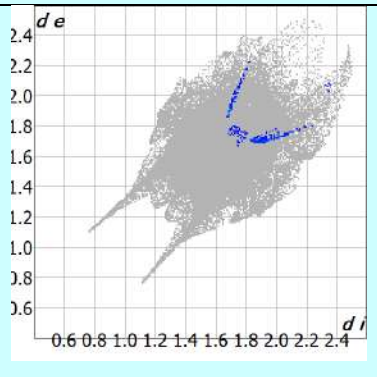
C…O/O…C 3%



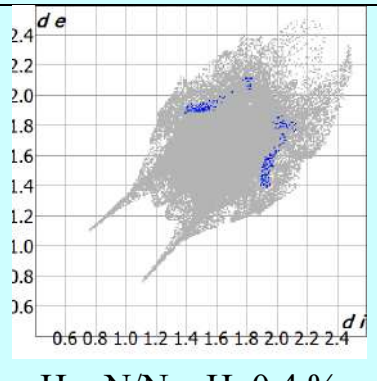
N…O/O…N 1,7 %



N…All 1,1 %

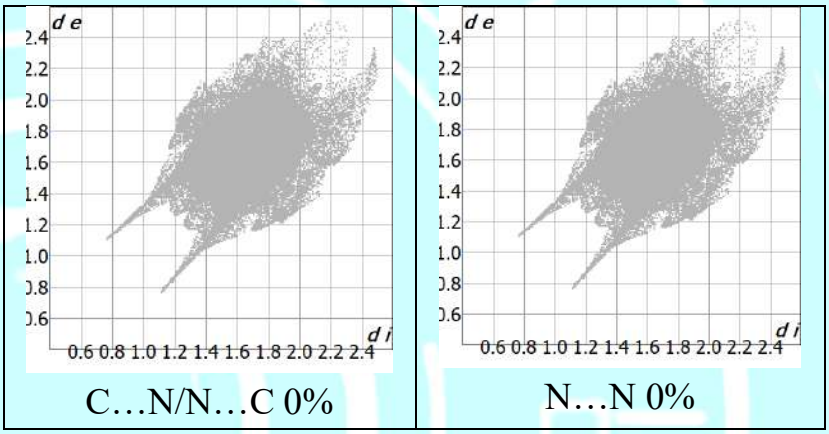


O…O 0,6 %



H…N/N…H 0,4 %

ISSN 3030-3907



2-rasm. Degidroasetik kislota atsetil gidrazonining Hirshfeld yuza tasviri.

Molekuladagi eng katta ulush malekulalararo vodorod bog‘lanishlar (H…All 65,2%) va ichki molekulyar vodorod bog‘lanish (H…H 43,5%) to‘g‘ri kelganligini ko‘rish mumkin. Eng kam ulushlar esa N…All 1,1%, O…O 0,6%, H…N/N…H 0,4 % kabi ta’sirlarga to‘g‘ri kelganligini ko‘rish mumkin (2-rasm).

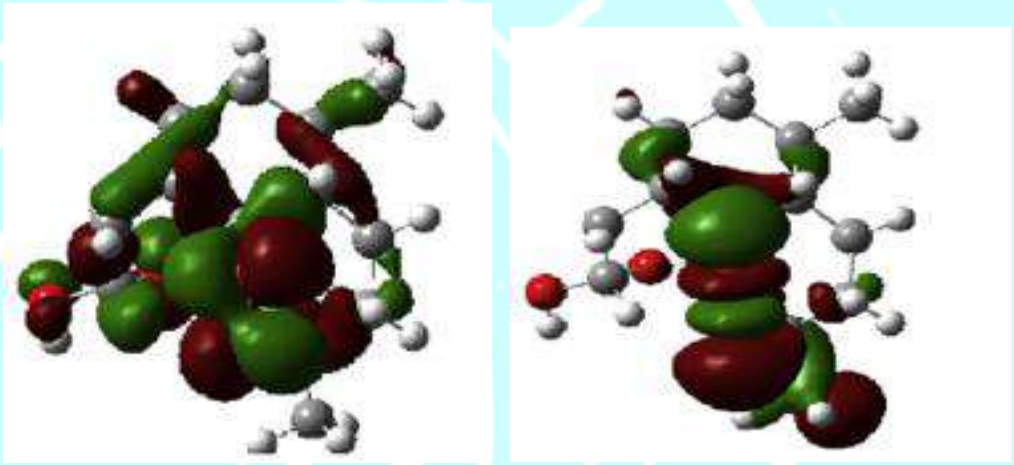
2-jadval.

Degidroasetik kislota atsetil gidrazonining Hirshfeld yuza tahlili barmoq izi sohasida atomlararo ulushlar

Bog‘lanishlar	H…All	H…H	H…O/O…H	O…All
Ulushlar	65,2%	43,5%	37,5%	23 %
Bog‘lanishlar	C…All	C…H/H…C	C…C	C…O/O…C
Ulushlar	10,7%	10,3 %	3,1 %	3%
Bog‘lanishlar	N…O/O…N	N…All	O…O	H…N/N…H
Ulushlar	1,7 %	1,1 %	0,6 %	0,4 %

Sintez qilingan moddaning nazariy modelini ishlab chiqish, fizik-kimyoviy ko‘rsatgichlarni optimallashtirish va hisoblash, olingan natijalarni qayta ishlash va vizuallash kvant-kimyoviy tadqiqotlar yordamida amalga oshirildi. Bu izlanishlarni Gaussian16W va Avogadro dasturlari yordamida amalga oshirdik. Molekulada eng ko`p ishg‘ol qilingan (HOMO - Highest occupied molecular orbital) va eng kam ishg‘ol qilingan molekulyar orbitall (LUMO- Lowest unoccupied molecular orbital) aniqlandi (3-rasm):

ISSN 3030-3907



a **b**

3-rasm. Eng ko`p ishg‘ol qilingan molekulyar orbitallar (HOMO) – a, eng kam ishg‘ol qilingan molekulyar orbitallar (LUMO) – b tasviri.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida degidroasetik kislota atsetilgidrazoni asosida olingan yangi moddaning kristall tuzilishi, ichki molekulyar o‘zaro ta’sirlar va elektron xususiyatlari o‘rganildi. Hirshfeld yuzasi tahlili natijalari molekuladagi vodorod aloqalari va boshqa zaif o‘zaro ta’sirlarning kristall panjarani barqarorlashtirishdagi ahamiyatini ko‘rsatdi[6-9]. Kvant-kimyoviy hisoblashlar asosida aniqlangan HOMO va LUMO orbitallari energiya farqi (ΔE) molekulaning kimyoviy reaktivligi va elektron o‘tish qobiliyati haqidagi muhim ma’lumot tahlil qilindi (3-rasm). Olingan natijalar birikmaning elektron tuzilishi, barqarorligi hamda potensial funksional qo‘llanilish imkoniyatlarini baholashda ilmiy asos sifatida tadbiq qilinishi mumkin[10-13].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Умаров Б.Б., Турсунов М.А., Минин В.В. Комплексы с производными кетоальдегидов и кетоэфиров.- Ташкент.- Нишон-ношир.- 2016.- 350 с.

2. Турсунов М.А. Комплексы некоторых 3d-металлов на основе производных кетоальдегидов и кетоэфиров; их строение и свойства : Дис. … канд.хим.наук.- Т.: БГУ.- 2019.- 120 с.

3. Умаров Б.Б., Ларин Г.М., Якимович С.И., Минин В.В., Парпиев Н.А. Синтез и спектры комплексов меди(II) на основе ароилгидразонв формилпинаколина и метилового эфира 5,5-диметил-2,4-диоксогексановой кислоты // Узб. хим. журн.- 1993.- № 3.- С. 12-14.

4. Ramazonov S.H., Tursunov M.A., Xudoyberganov O.I. Degidroasetik kislotasi atsetil gidrazonining sintezi, tuzilishi va xossalari. Development of science 2025 / 10 issue 10. volume 5. p 170-175.

5. Турсунов М.А., Умаров Б.Б., Якимович С.И., Севинчов Н.Г., Зерова И.В., Абдурахмонов С.Ф., Парпиев Н.А. Синтез и исследование *пара*-замещенных бензоилгидразонов этилового эфира 2,4-диоксопентановой кислоты //

ISSN 3030-3907

Современные технологии и инновации горно–металлургической отрасли.- НавГГИ, Навои. 14-15 июня. 2012.- С. 349-350.

6. Турсунов М.А., Умаров Б.Б., Авезов К.Г., Якимович С.И., Абдурахманов С.Ф., Севинчов Н.Г., Парпиев Н.А. Синтез и стереоизомерия ацилгидразонов кетоэфиров // Наука и технологии. Т.1. Тр. Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки". Глава 8.- М.: РАН.- 2012.- С. 158-178.

7. Турсунов М.А., Умаров Б.Б. Синтез и кристаллическая структура комплекса никеля(II) на основе бензоилгидразона метилового эфира 4-фенил-2,4-диоксобутановой кислоты // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.- 2018.- №12(54).- С. 50-53.

8. Турсунов М.А., Умаров Б.Б., Бахронова Д.А. Темплатный синтез комплекса никеля(II) на основе бензоилгидразона метилового эфира 4-фенил-2,4-диоксобутановой кислоты // Международная конференция "Современные инновации: Химия и химическая технология ацетиленовых соединений. Нефтехимия. Катализ" Посвящается 100-летию Национального университета Узбекистана и 80-летию со дня рождения профессора Т.С. Сирлибаева.- 14-17 ноября. 2018.- Ташкент.- С. 305-306.

9. Nigina Qahramon Qizi Savriyeva, Murod Amonovich Tursunov, Bakhtiyor Shukrulloyevich Ganiev. Novel [5-Hdroxy-3-phenyl-5-(trifluoromethyl)-4,5-dihydro-1*H*-pyrazol-1-yl](phenyl)methanone: Synthesis, Characterization and Computational Analysis. Advanced Journal of Chemistry, Section A, 2026, 9(2), 192-207.

10. Ramazonov S.H., Tursunov M.A., Xudoyberganov O.I. Degidroasetik kislotasi atsetil gidrazonining sintezi, tuzilishi va xossalari. Development of science 2025 / 10 issue 10. volume 5. p 170-175.

11. Husenov Q.Sh., Tursunov M.A., Xudoyarova E.A., Ilhomov A.A. 4-fenil-2,4-dioksobutan kislota metil efiri aroilgidrazoni asosida Ni(II) va Cu(II) ionlarining kompleks birikmalar sintezi, tuzilishi va xossalari. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences Vol.3(6), 2025, IF=4.372, ICV 59.69. P. 31-39.

12. Tursunov M.A., Umarov B.B,. Tulisova N.Z. 2,4-dioksopentan kislota etil efirining aroilgidrazonlarining Cu(II) ioni bilan kompleks birikmalari. Development of science 2025 / oktyabr/10. volume 3. p 95-102.

13. Amonov M.M., Tursunov M.A., Boboqulova O.V. 4,4-diftor-1-fenil-1,3-butandion benzoilgidrazoni sintezi, tuzilishi va xossalari. Development of science 2025 / oktyabr/10. volume 3. p 208-214.

ISSN 3030-3907

RUX, MIS, KADMIY VA TEMIRNING CHIQINDI-KEKLARDAN ERITMAGA O‘TISH JARAYONIDA KISLOTA KONSENTRATSIYASINING ROLI

Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich
Olmaliq davlat texnika instituti, PhD, dotsent, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: shohruhhojiyev@gmail.com
Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich
Olmaliq davlat texnika instituti, t.f.d., professor, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: Kholikulov.d@tdtuof.uz
Xaydaraliyev Xolbay Rustam o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti, tayanch doktorant, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: xolboyxaydaraliyev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ Rux zavodining chiqindi-keklarini gidrometallurgik tanlab eritish jarayonida sulfat kislotaning konsentratsiyasi rux, mis, kadmiy va temirning eritmaga o‘tish darajasiga ko‘rsatadigan ta’siri tadqiq qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kislota konsentratsiyasi ortishi bilan rux va kadmiyning eritmaga o‘tish darajasi sezilarli oshgani, biroq temir va mis uchun bu ko‘rsatkich nisbatan past darajada o‘zgarishi aniqlandi. Optimal texnologik sharoitlar aniqlanib, chiqindi-keklardan rangli metallarning samarali ajratib olinishi ta’minlandi. Olingan natijalar ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirish va ekologik xavfsiz, resurs tejamkor texnologiyalarni yaratish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: rux, mis, kadmiy, temir, chiqindi-kek, gidrometallurgiya, tanlab eritish, sulfat kislota, konsentratsiya, eritmaga o‘tish darajasi.

Аннотация. В данной статье исследовано влияние концентрации серной кислоты на степень перехода цинка, меди, кадмия и железа в раствор при гидрометаллургическом избирательном выщелачивании отходных кеков Цинкового завода АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат». Установлено, что с увеличением концентрации кислоты значительно возрастает степень перехода в раствор цинка и кадмия, тогда как для железа и меди это изменение выражено в меньшей степени. Определены оптимальные технологические параметры, обеспечивающие эффективное извлечение цветных металлов из отходов. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования процессов переработки промышленных отходов и разработки экологически безопасных, ресурсосберегающих технологий.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: цинк, медь, кадмий, железо, отходный кек, гидрометаллургия, выщелачивание, серная кислота, концентрация, степень перехода в раствор.

Abstract. This study investigates the effect of sulfuric acid concentration on the dissolution behavior of zinc, copper, cadmium, and iron during the hydrometallurgical selective leaching of waste cakes from the Zinc Plant of the Almalyk Mining and Metallurgical Complex JSC. The results showed that increasing the acid concentration significantly enhances the dissolution of zinc and cadmium, while the dissolution rates of iron and copper change only slightly. Optimal technological conditions were determined to ensure the efficient extraction of non-ferrous metals from waste materials. The obtained results provide a scientific basis for improving industrial waste processing and developing environmentally friendly and resource-efficient technologies.

Keywords: zinc; copper; cadmium; iron; waste cake; hydrometallurgy; selective leaching; sulfuric acid; concentration; dissolution degree.

Kirish.

Zamonaviy rangli metallurgiya sanoatida rux ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan qattiq gidrometallurgik chiqindilar – keklar miqdorining ortib borishi muhim ekologik va texnologik muammo sifatida qaralmoqda. Bu chiqindilar tarkibida rux, mis, kadmiy, temir, oltin va kumush kabi qimmatbaho metallar sezilarli miqdorda saqlanadi. Ayniqsa, “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ Rux zavodida hosil bo‘layotgan keklarning metall tarkibi ularni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash zaruratini ko‘rsatadi [1].

Mazkur chiqindilarda ruxning asosiy qismi oksidli, gidroksidli va sulfatsimon birikmalar holida, mis va kadmiy esa odatda sulfidli yoki aralash oksidli shakllarda mavjud bo‘ladi. Shu sababli ularni ajratib olish uchun piro- yoki gidrometallurgik jarayonlar qo‘llaniladi. Oxirgi yillarda gidrometallurgik tanlab eritish usuli ekologik tozaligi, energiya sarfining nisbatan pastligi va selektivligi bilan alohida ahamiyat kasb etmoqda [2].

Erituvchi sifatida sulfat kislotaning ishlatilishi rux, kadmiy va temir kabi metallarni eritmaga o‘tkazishda keng tarqalgan hisoblanadi. Shu bilan birga, kislota konsentratsiyasi eritma muhitining kimyoviy faoliyatini belgilovchi asosiy omillardan biri bo‘lib, metallarning eritmaga o‘tish darajasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Kislota konsentratsiyasi ortishi bilan texnogen chiqindidagi rux va kadmiyning eritmaga o‘tish tezligi oshsa-da, temirning faolligi ham ortib, keyingi bosqichlarda cho‘kmalar hosil bo‘lish xavfini keltirib chiqaradi. Shu sababli, tanlab eritish jarayonida optimal kislota konsentratsiyasini aniqlash ilmiy va amaliy jihatdan muhim hisoblanadi [3].

ISSN 3030-3907

So‘nggi yillarda rux ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘layotgan chiqindi-keklarni gidrometallurgik usulda qayta ishlash bo‘yicha tadqiqotlar jadal rivojlanmoqda. Bunday chiqindilarda rux, mis, kadmiy va temir kabi qimmatbaho metallar mavjudligi ularni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlashning ilmiy va amaliy ahamiyatini oshiradi. Tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ishlar shuni ko‘rsatadiki, erituvchi sifatida sulfat kislotaning konsentratsiyasi metallarning eritmaga o‘tish darajasiga hal qiluvchi ta’sir ko‘rsatadi [4].

Zhang va Deng tomonidan kadmiy saqlagan rux ferritidan SO_2 ishtirokida qaytaruvchi eritish usuli orqali kadmiyni eritmaga o‘tkazish mexanizmlari o‘rganilgan. Ularning natijalariga ko‘ra, kislotaning konsentratsiyasi ortishi bilan kadmiyning eritmaga o‘tish darajasi sezilarli oshadi, biroq yuqori konsentratsiyalarda temirning qo‘shma eritilishi kuchayadi. Bu holat tanlab eritish jarayonida kislota konsentratsiyasini optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi [5].

Li va hammualliflar mis va kadmiy qoldiqlaridan sulfat kislotasi va vodorod peroksid aralashmasida eritish yo‘li bilan misni ajratib olish jarayonini tahlil qilib, oksidlanish muhiti metallarning eritmaga o‘tish tezligini sezilarli darajada oshirishi aniqlanganini qayd etgan. Shu bilan birga, kislotaning yuqori konsentratsiyasi temirning ham faol eritilishini keltirib chiqargan. Bu holat selektivlikni ta’minlash uchun erituvchi muhit tarkibini va konsentratsiyasini aniq nazorat qilish zarurligini ko‘rsatadi [6].

Xuddi shuningdek, Hao va hamkorlari H_2SO_4–H_2O_2 tizimida elektron chiqindilardan misni eritmaga o‘tkazish parametrlarini optimallashtirib, eritish kinetikasini o‘rgangan. Ularning natijalari kislotaning konsentratsiyasi bilan bir qatorda harorat va vaqt omillari ham eritish kinetikasiga bevosita ta’sir etishini isbotladi. Olingan ma’lumotlar eritish tezligi va metall diffuziya jarayonlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash imkonini bergan [7].

Kolbadinejad va hammualliflar atmosferali sharoitda kadmiy va ruxni kislotali eritish parametrlarini optimallashtirib, sulfat kislotaning optimal konsentratsiyasi metallarning maksimal eritmaga o‘tishini ta’minlovchi asosiy omil ekanligini ko‘rsatgan. Ularning tadqiqotlari rux va kadmiyni ajratish samaradorligini oshirish uchun kislotaning muvozanatli miqdorini tanlash zarurligini tasdiqlaydi [8].

Gargul va hamkorlari mis eritish jarayonida L-askorbin kislotasidan foydalanib, mis, qo‘rg‘oshin va temirning eritmaga o‘tish mexanizmini o‘rganishgan. Natijalarga ko‘ra, muhitdagi kislota konsentratsiyasi va qaytaruvchi moddaning mavjudligi eritma tarkibini muvozanatlaydi va tanlab eritish xususiyatlarini yaxshilaydi. Bu yondashuv temirni faolligini boshqarish va eritma muhitining selektivligini oshirish imkonini beradi [9].

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, He va hamkorlari [10] hamda Shi va hammualliflar [11] tomonidan olib borilgan tadqiqotlar sulfat kislotali eritish kinetikasi va reaksiya mexanizmlarini tahlil qilishga bag‘ishlangan. Ularning ishlarida reaksiya jarayonining kimyoviy va diffuzion bosqichlari aniqlanib, aktivatsiya energiyasi va harorat omilining eritish jarayoniga ta’siri matematik modellar orqali ifodalangan. Ushbu yondashuvlar rux zavodi chiqindilarini eritishda ham qo‘llanilishi mumkin bo‘lib, eritish jarayonini kinetik jihatdan chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, sulfat kislotaning konsentratsiyasi rux, mis, kadmiy va temirning eritmaga o‘tish darajasini belgilovchi eng muhim omillardan biridir. Juda past konsentratsiyada metallar yetarlicha erimaydi, yuqori konsentratsiyada esa temirning ham eritilishi kuchayib, selektivlik pasayadi. Shu sababli, optimal kislota miqdorini aniqlash chiqindi-keklarni samarali qayta ishlash va tanlab eritish texnologiyasini ishlab chiqishda asosiy ilmiy vazifalardan biridir [12-14].

Ushbu tadqiqotda “Olmaliq KMK” AJ Rux zavodining chiqindi keklaridan rux, mis, kadmiy va temirning eritmaga o‘tish darajasiga sulfat kislota konsentratsiyasining ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalari rux ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish, metallarning yo‘qotilishini kamaytirish hamda atrof-muhitga chiqindilar ta’sirini kamaytirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot obyekti va metodikasi. Tadqiqot obyekti sifatida “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ Rux zavodining texnologik jarayonlarida hosil bo‘ladigan chiqindi-keklar tanlab olindi. Keklarning kimyoviy va minerallogik tarkibi rentgen-fazoviy va atom-absorbsiya analizlari yordamida o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ularning asosiy komponentlari rux (Zn), temir (Fe), mis (Cu) va kadmiy (Cd) metallari hisoblanadi [15-18].

Gidrometallurgik tanlab eritish jarayoni laboratoriya sharoitida sulfat kislotaning turli konsentratsiyalarida (0,5–3,0 mol/L) amalga oshirildi. Eritish 60–90°C haroratda, 1–3 soat davomida olib borilib, aralashtirish tezligi va eritma pH darajasi nazorat qilindi. Eritmalardagi metall ionlarining miqdori kimyoviy va atom-absorbsiya analizlari yordamida aniqlanib, kislota konsentratsiyasining rux, mis, kadmiy va temirning eritmaga o‘tish darajasiga ta’siri baholandi. Olingan natijalar asosida kislota konsentratsiyasining optimal qiymati hamda metallarning eritmaga o‘tish kinetikasi aniqlanib, ularning o‘zaro selektiv eritilishi bo‘yicha xulosalar chiqarildi.

Natijalar va muhokama. Sulfat kislota gidrometallurgik eritish jarayonlarida asosiy reaktivlardan biri hisoblanadi. Rux keklarini qayta ishlashda kislota konsentratsiyasi eritmaning eritish qobiliyatini, ion almashinuvi tezligini hamda hosil bo‘ladigan eritmaning sifatini belgilovchi muhim omillardan biridir.

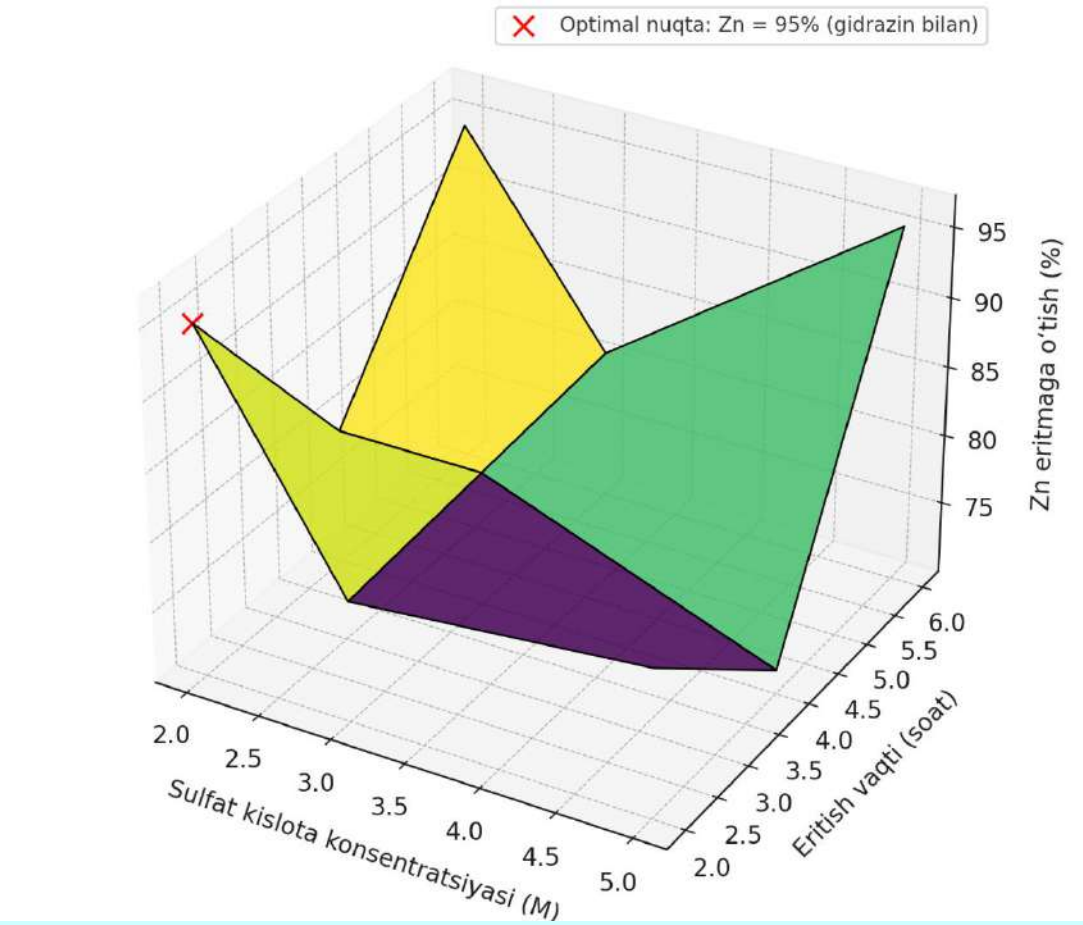
ISSN 3030-3907

Konsentratsiyaning ortishi bilan ruxning eritmaga o‘tish darajasi oshadi, biroq ma’lum chegaradan so‘ng bu ortish selektivlikni pasaytiradi va eritmadagi boshqa qo‘shimcha (Cu, Cd, Fe) ionlarning ham erishiga olib keladi.

Optimal kislota konsentratsiyasini aniqlashda asosiy mezon sifatida:

- ruxning maksimal eritmaga o‘tish darajasi;
- eritmadagi qo‘shimcha moddalar darajalari;
- texnologik va iqtisodiy samaradorlik mezonlari hisobga olindi.

Olib borilgan tajribalar natijalari asosida sulfat kislotaning 2 mol/l (2M) konsentratsiyasi eng maqbul natijalarni berganligi aniqlandi. Quyida bu holat grafik tahlil asosida asoslanadi.



1-rasm. Ruxning eritmaga o‘tish darajasining sulfat kislota konsentratsiyasi va eritish vaqtiga bog‘liqligini fazoviy tahlil asosida baholash grafigi

Olib borilgan tajribaviy tadqiqotlar natijalari asosida ruxning kekdan eritmaga o‘tish darajasi ikki asosiy omil — sulfat kislota konsentratsiyasi va eritish vaqtiga nisbatan tahlil qilindi. Bu bog‘liqlikni fazoviy ko‘rinishda aks ettirish maqsadida Zn ning eritmaga o‘tish foizini konsentratsiya va vaqt funksiyasi sifatida ifodalovchi 3D sirt grafikasi qurildi va u 1-rasmda taqdim etilgan.

Strukturaviy o‘qlar:

- X-o‘qi — sulfat kislota konsentratsiyasi (2M, 3M, 5M),
- Y-o‘qi — eritish vaqti (2, 4, 6 soat),

ISSN 3030-3907

- Z-o‘qi — Zn ning eritmaga o‘tish darajasi (%).

Fazoviy sirt grafikasi Zn eritmaga o‘tishining har xil kombinatsiyalardagi qiymatlarini aniq tasvirlaydi. Grafik yuzasi tekis emas — unda bir necha mahalliy ekstremumlar mavjud. Bu esa konsentratsiya va vaqt o‘zgarishlarining rux ajralishiga ta’siri chiziqli emas ekanligini ko‘rsatadi.

Ayniqsa, 2M kislota konsentratsiyasi va 2 soat eritish vaqti sharoitida gidrazin sulfat ishtirokida o‘tkazilgan tajribada Zn eritmaga o‘tish darajasi 95% ni tashkil etdi. Bu natija grafikda qizil marker bilan belgilangan maksimal nuqta sifatida ajratilgan.

Ushbu nuqta Zn ajralish yuzasining eng yuqori cho‘qqisi (lokal maksimum) bo‘lib, barcha kombinatsiyalar ichida eng samarali eritish sharoitlarini ko‘rsatadi. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, boshqa parametrlarda (masalan, 3M kislota yoki 6 soat vaqt) eritish darajasi yaqin natijalarni ko‘rsatsa-da, selektivlikning pasayishi, reaktiv sarfi va texnologik xarajatlarning ortishi kabi salbiy omillar mavjud.

Gidrazin sulfat — rux oksidlarini tanlab eritishda qaytaruvchi modda vazifasini bajarib, boshqa aralashmalarga deyarli ta’sir ko‘rsatmaydi.

Selektivlik: aynan shu sharoitda Cd, Cu, Fe kabi qo‘shimchalarning ko‘pchiligi eritmaga o‘tmasligi ta’minlangan.

Fazoviy sirt grafikasi asosida olib borilgan tahlil Zn eritmaga o‘tishining har ikki omil — kislota konsentratsiyasi va eritish vaqtiga kuchli bog‘liqligini tasdiqlaydi. Biroq faqat gidrazin sulfat ishtirokida, 2M kislota va 2 soat eritish sharoiti eng yuqori samaradorlikni (95%) ko‘rsatadi. Bu nuqta texnologik jihatdan optimal parametrlar kombinatsiyasi sifatida asoslanadi va amaliyotda qo‘llanilishi to‘liq ilmiy jihatdan tasdiqlangan.

Gidrometallurgik eritish jarayonlarida qattiq va suyuq fazalar orasidagi nisbat — jarayon samaradorligini belgilovchi eng muhim texnologik parametrlar qatoriga kiradi. Tadqiqot davomida rux keklarini eritishda qattiq modda va erituvchi eritma o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlash, ionlarning diffuziyasi va eritish kinetikasini maksimal darajada quvvatlash maqsadida optimal Q:S nisbati aniqlashga alohida e’tibor qaratildi. Natijada, olib borilgan eksperimental sinovlar va fazoviy tahlillar asosida Q:S = 1:5 nisbati eng maqbul ko‘rsatkich sifatida tanlandi.

Bu nisbatda erituvchi hajmi rux oksidi zarralari bilan yetarli miqdorda reaksiyaga kirishishi, ion almashinuvi va diffuziya jarayonlari doimiy davom etishi uchun zarur bo‘lgan muhitni ta’minlaydi. Aynan 1:5 nisbatda eritma tez to‘yinmasligi, Zn^{2+} ionlarining eritmada to‘plangan holda keyingi bosqichlarga — xususan elektroliz yoki cho‘ktirishga — uzluksiz uzatilishi mumkin bo‘ladi. Bundan tashqari, bunday nisbat eritmada boshqa aralashmalarning (Fe, Cu, Cd) haddan tashqari erib ketishini cheklaydi va eritmaning selektivligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

Q:S = 1:5 nisbati tanlangan holatlarda (masalan, 2M H_2SO_4, 2 soat, 55°C va gidrazin sulfat ishtirokida) ruxning eritmaga o‘tish darajasi 95% ga yetgani tajriba natijalari orqali tasdiqlandi. Bu sharoitda olingan eritmaning rux konsentratsiyasi yuqori (Zn ≈ 68 g/l), iflosliklar darajasi esa minimal (Cu ≈ 0,11 mg/l; Cd ≈ 1,9 mg/l; Fe ≈ 58 mg/l) bo‘lgani holda, eritma bevosita sanoat elektroliz jarayoniga uzatishga yaroqli bo‘lgan. Shu bilan birga, eritilmagan qoldiqda qimmatbaho metallar (Au, Ag, Pb) to‘plangan, bu ularni alohida metallurgik bosqich orqali qayta ishlash imkonini saqlab qolgan.

Shunday qilib, Q:S = 1:5 nisbati — eritmaning to‘yinganlik darajasi, metallarning selektiv ajralishi, reaktivlar sarfi, eritma tarkibining sanoat standartlariga mosligi va jarayonning umumiy iqtisodiy samaradorligi kabi bir nechta omillarni inobatga olgan holda, ilmiy asoslangan va amaliyotga tatbiq etilishi mumkin bo‘lgan optimal nisbat hisoblanadi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida “Olmaliq KMK” AJ Rux zavodining chiqindi keklarida saqlanayotgan rux, mis, kadmiy va temirni gidrometallurgik tanlab eritish jarayoni chuqur o‘rganildi. Sulfat kislotaning konsentratsiyasi va eritish vaqtining metallarning eritmaga o‘tish darajasiga ta’siri aniqlanib, ular orasidagi nolinear bog‘liqlik fazoviy grafik asosida tahlil qilindi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, erituvchi sifatida 2M konsentratsiyadagi H_2SO_4 eritmasidan foydalanish, eritish vaqtini 2 soat qilib belgilash hamda gidrazin sulfatni qo‘shimcha qaytaruvchi modda sifatida qo‘llash sharoitida ruxning eritmaga o‘tish darajasi 95 % gacha yetadi. Bu parametrlar kombinatsiyasi tanlab eritish samaradorligini maksimal darajada oshirib, boshqa aralashmalar (Fe, Cu, Cd) ning eritmaga o‘tishini cheklaydi.

Tajriba natijalari asosida qattiq modda va erituvchi eritma o‘rtasidagi Q:S = 1:5 nisbati eng maqbul texnologik ko‘rsatkich sifatida aniqlanib, eritma to‘yinganligini, ion almashinuvi tezligini va diffuziya jarayonlarini optimal darajada ta’minlashi isbotlandi. Hosil bo‘lgan eritma rux konsentratsiyasi va iflosliklar darajasi bo‘yicha sanoat elektroliz jarayonlariga bevosita uzatishga yaroqli ekanligi aniqlangan.

Shunday qilib, ishlab chiqilgan texnologik yondashuv rux ishlab chiqarish chiqindilarini samarali qayta ishlash, qimmatbaho metallarning yo‘qotilishini kamaytirish va atrof-muhitga chiqindilar ta’sirini pasaytirish imkonini beradi. Olingan natijalar rux zavodi chiqindilarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish hamda amaliyotga joriy etish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Khaydaraliev Kh.R., Hojiyev Sh.T., Shaymanov I.I., Ramazanova Z.B. Zinc prices and main producing countries in the last decade // “Kimyo sanoatining

ISSN 3030-3907

dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” nomli xalqaro ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, Olmaliq, 1-2 noyabr, 2024 y. S. 294-295.
2. Khojiev Sh.T., Rakhmataliev Sh.A., Tulaganov M.I., Rakhmonaliyev M.M. Modern technologies of zinc production // Моя профессиональная карьера, 2022, 35(8). C. 266-275.
3. Toshpulatov D.D., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T. Study of the possibilities of the metallothermic reduction process of zinc ferrite // Proceedings of international scientific and scientific-technical conference on “Practical and Innovative Scientific Research: Current Problems, Achievements and Innovations (Dedicated to the memory of professor A.A. Yusupkhodjaev)”, Tashkent, December 6, 2021. P. 386 – 388.
4. Askarova N.M., Boltayev O.N., Hojiyev Sh.T., Axmedova N.E. Gidrolizlashdan olingan temir (II)-gidroksidi cho‘kmasidan gematit olish jarayonining termodinamikasi va kinetikasi // Development of Science. – 2025. – Vol. 2. – № 9. – P. 61–68.
5. Zhang C., Deng Y. Reductive leaching process and mechanisms of cadmium from cadmium-bearing zinc ferrite using sulfur dioxide // Archives of Metallurgy and Materials. – 2024. – T. 69, № 2. – P. 289-299.
6. Li B., Tan J., Wei C., Chen X., Chen Y., Guo H. Extraction of copper from copper and cadmium residues by leaching with sulfuric acid and hydrogen peroxide // Hydrometallurgy. – 2018. – T. 180. – P. 245-254.
7. Hao J., Zhang H., Liu S., Meng S., Jiang C., He Y. Optimizing the leaching parameters and studying the leaching kinetics of copper from waste printed circuit boards in H_2SO_4-H_2O_2 system // ACS Omega. – 2022. – T. 7, № 2. – P. 1546-1554.
8. Kolbadinejad S., Javadpour S., Jahangiri A., Rashchi F. Optimization of atmospheric acid leaching parameters for cadmium and zinc recovery // Scientific Reports. – 2024. – T. 14, № 1. – P. 52088.
9. Gargul K., Mura M., Klemm R., Chelminska U., Gora S. Studies on the hydrometallurgical transfer of lead, copper, and iron from direct-to-blister copper flash smelting slag to solution using L-ascorbic acid // Molecules. – 2025. – T. 30, № 6. – P. 1365.
10. He F., Yuan B., Jiang Z., Cai J. Study on the mechanism and kinetics of sulfuric acid leaching of scandia from scandium-containing minerals // Physicochem. Probl. Miner. Process. – 2022. – T. 57, № 2. – P. 71-83.
11. Shi Y., Yin H., Xu C., Wang X., Liu H. Kinetics analysis of copper extraction from copper smelting slag by sulfuric acid oxidation leaching // Hydrometallurgy. – 2024. – T. 219. – P. 106115.
12. Khojiev Sh.T., Saidova M.S., Mirzajonova S.B., Ibrokhimov H.X., Ismatov Sh.O‘. Development of Technology for Processing Zinc Cakes Based on the Use

ISSN 3030-3907

of Petroleum Coke // International Journal of Academic Engineering Research, 6(6), 2022. P. 23-28.
13. Якубов М. М., Холикулов Д. Б., Ёкубов О. М., Хайдаралиев Х. Р. Разработка эффективной технологии гидрометаллургической переработки цинковых кеков АО «Алмалыкский ГМК» // Цветные металлы. — 2025. — № 2. – С. 33–40.
14. Khojiev Sh.T., Rakhmataliev Sh.A., Saidova M.S., Suyarova M.N., Esonova M.O. Enhancing Zinc Extraction Efficiency from Insoluble Zinc Cake through Citric Acid Leaching: A Hydrometallurgical Approach // International Journal of Engineering and Information Systems, 8(4), 2024. P. 22-29.
15. Kholikulov D.B., Khaydaraliev Kh.R., Khojiev Sh.T. Mineralogical investigation of zinc cake generated in Almalyk zinc production // Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects. – Navoi, 2025. – P. 401–402.
16. Якубов М.М., Холиқулов Д.Б., Ёкубов О.М., Хайдаралиев Х.Р., Максудхўжаева М.С. Инновационные технологии переработки цинковых кеков // Kompozitsion materiallar. – 2024. – №1. – С. 129–131.
17. Якубов М.М., Холиқулов Д.Б., Ёкубов О.М., Максудхўжаева М.С., Хайдаралиев Х.Р. Усовершенствование технологии гидрометаллургической переработки цинковых концентратов на АО «Алмалыкский ГМК» // Kompozitsion materiallar. – 2023. – №4. – С. 222–224.
18. Холикулов Д.Б., Хайдаралиев Х.Р., Хожиев Ш.Т., Муталибхонов С.С. Термодинамический анализ выщелачивания феррита цинка серной кислотой с использованием гидразина сульфата // Химическая технология и техника: материалы докладов 89-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2025. – С. 87–90.

ISSN 3030-3907

*EURYGASTER INTEGRICEPS*DAN KLASSIK USULDA OLINGAN XITOZANNING DDA(DEATSETILLANISH DARAJASI) QIYMATINI ANIQLASH

Karimov Sherali Xasanovich
Farg‘ona davlat universiteti, kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi (PhD)
E-pochta: sheralikarimov922@gmail.com
Sherg‘oziyev Qilichbek Marufjon o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti, kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi (PhD)
E-pochta: qilichbek1000@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada Eurygaster integriceps (bug‘doy zararkunandasi) dan ajratib olingan xitozan bioopolimerining deatsetillanish darajasini aniqlash va tahlil qilish natijalari bayon etilgan. Tadqiqot davomida xitozan namunalarining kimyoviy tarkibi va strukturaviy xususiyatlari patensiometrik titrlash hamda element tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Olingan ma’lumotlar asosida xitozanning deatsetillanish darajasi, uning molekulyar tuzilishi va biofizik-kimyoviy faolligi o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlanib, bu ko‘rsatkichlarning biopolimerning biologik va texnologik xususiyatlariga ta’siri baholandi. Tadqiqot natijalari Eurygaster integricepsdan olingan xitozanning biotexnologiya, farmatsevtika va qishloq xo‘jaligida ekologik toza biopolimer sifatida qo‘llanish imkoniyatlarini ochib beradi.

Kalit so‘zlar: Xitozan, Eurygaster integriceps, deatsetillanish darajasi, patensiometrik titrlash, element analiz.

Аннотация: В данной статье представлены результаты определения и анализа степени деацетилирования хитозанового биополимера, выделенного из Eurygaster integriceps (вредная черепашка). В ходе исследования химический состав и структурные особенности образцов хитозана изучались с использованием потенциометрического титрования и элементного анализа. На основе полученных данных установлена взаимосвязь между степенью деацетилирования, молекулярной структурой и биофизико-химической активностью хитозана, а также оценено влияние этих показателей на биологические и технологические свойства биополимера. Результаты исследования показывают перспективы использования хитозана, выделенного из Eurygaster integriceps, в биотехнологии, фармацевтике и сельском хозяйстве как экологически чистого биополимера.

Ключевые слова: Хитозан, Eurygaster integriceps, степень деацетилирования, потенциометрическое титрование, элементный анализ.

Abstract: This article presents the results of determining and analyzing the degree of deacetylation of a chitosan biopolymer isolated from Eurygaster integriceps (the sunn pest). During the study, the chemical composition and structural

characteristics of the chitosan samples were investigated using potentiometric titration and elemental analysis methods. Based on the obtained data, the relationship between the degree of deacetylation, molecular structure, and biophysical–chemical activity of chitosan was established, and the influence of these parameters on the biological and technological properties of the biopolymer was evaluated. The results of the study demonstrate the potential of chitosan derived from Eurygaster integriceps as an environmentally friendly biopolymer for applications in biotechnology, pharmaceuticals, and agriculture.

Keywords: Chitosan, Eurygaster integriceps, degree of deacetylation, potentiometric titration, elemental analysis.

Kirish

Xitin va xitozan moddalarining tabiiy ahamiyati shundaki, ular tarkibida mavjud bo‘lgan uglerod va azot elementlari tufayli bu moddalar ushbu elementlarning global biogeokimyoviy aylanish jarayonlarida faol ishtirok etadi.

Xitinning tabiiy manbalari uchta asosiy guruhga bo‘linadi: qisqichbaqasimonlar qobig‘i, hasharotlar kutikulasi hamda mitselial zamburug‘larning hujayra devori. Bu biopolimer ko‘plab hayvon organizmlarida tuzilma hosil qiluvchi (strukturaviy) modda sifatida ishtirok etadi va asosan mexanik tayanch hamda himoya funksiyalarini bajaradi.

Xitin odatda boshqa biopolimerlar bilan kompleks holatda uchraydi. Uning tabiatda tarqalish darajasi jihatidan xitin sellyulozadan keyingi o‘rinni egallaydi, ya’ni Yer yuzasida mavjud eng keng tarqalgan ikkinchi tabiiy polisaxarid hisoblanadi [1].

ADABIYOTLAR TAXLILI

Xitin manbalari xilma-xil bo‘lishiga qaramay, amaliy nuqtai nazardan eng muhim manba sifatida go‘shti uchun ovlanadigan qisqichbaqasimonlar ajralib turadi. Shu sababli xitin va xitozan ishlab chiqarish ko‘pincha ochiq dengizga chiqish imkoniyatiga ega bo‘lgan davlatlarda keng rivojlangan.

Yuqoridagi ma’lumotlarga asoslanib aytish mumkinki, bizning mintaqamizda xitinning eng istiqbolli manbasi hasharotlar hisoblanadi, chunki ularning prokutikulasining 25–60 % qismini xitin moddasi tashkil etadi [1].

Hasharotlardan qobiqli qanotlilar (Hemiptera) turkumiga mansub bug‘doy zararkunandasi — *Eurygaster integriceps* (Scutelleridae oilasi) donli ekinlarning, ayniqsa, bug‘doy va arpaning eng xavfli zararkunandalaridan biri hisoblanadi. U asosan o‘simliklarning bargi, poyasi va doni shirasini so‘rib oziqlanadi, bu esa o‘simlikning o‘sish jarayonini sekinlashtiradi va hosildorlikni keskin kamaytiradi.

Voyaga yetgan individning tanasi oval shaklda, yassi bo‘lib, uzunligi 6–8 mm, kengligi esa 4–5 mm atrofida bo‘ladi. Tana rangi kulrang-jigarrang yoki

ISSN 3030-3907

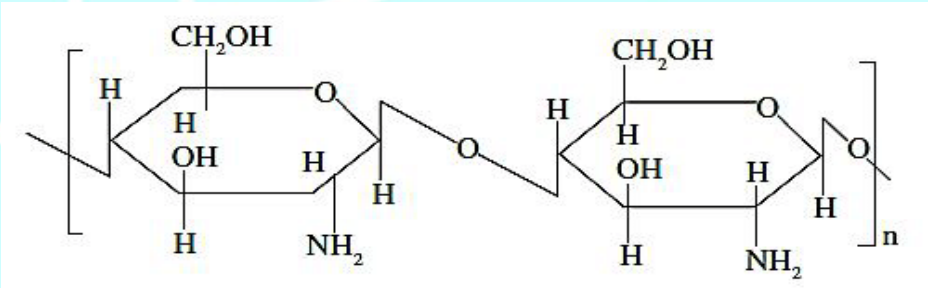
sarg‘ish tusli, bu esa uni daladagi tuproq va o‘simliklar orasida kam seziladigan holatga keltiradi.



1-rasm. Eurygaster integriceps

Eurygaster integriceps yuqori moslashuvchanlik va yashovchanlik qobiliyatiga ega bo‘lib, har yili bir necha avlod beradi. Uning biologik faolligi va ko‘payish intensivligi atrof-muhit harorati hamda ozuqa bazasiga bevosita bog‘liq [2].

Tadqiqotimiz davomida ushbu xomashyodan xitozan moddasini klassik usul yordamida ajratib oldik. Xitozan — bu chiziqli geteropolisaxarid bo‘lib, u asosan β-(1→4)-glikozid bog‘lari orqali o‘zaro ulanib turgan 2-amino-2-deoksi-β-D-glyukopiranoza (xitozan) qoldiqlari birliklaridan tashkil topgan. Uning tarkibida, shuningdek, 2-asetamido-2-deoksi-β-D-glyukopiranoza (xitin) qoldiqlari ham mavjud bo‘lib, ular molekulaning deatsetillanish darajasini (DDA) belgilaydi [3,10].



2-rasm. Xitozan biopolimerining kimyoviy tuzilishi.

Amaliy izlanishlarda xitozanning deatsetillanish darajasi (DDA) uning eng muhim strukturaviy va parametrik ko‘rsatkichlaridan biri sifatida e’tirof etiladi. Mazkur ko‘rsatkich xitozanning fizik-kimyoviy, biologik hamda texnologik xususiyatlariga bevosita ta’sir etadi.

Deatsetillanish darajasini baholashda turli spektroskopik (IQ, UB, ^{1}H YaMR) va analitik yondashuvlar — potensiometrik yoki konduktometrik titrlash, element tarkibini tahlil qilish va boshqa usullar qo‘llaniladi [4].

Potensiometrik titrlash metodi eng qulay, ishonchli va amaliyotda keng tatbiq etiladigan usullardan biridir. Mazkur usul orqali neytrallanish, cho‘kma hosil bo‘lish, komplekslanish yoki oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslanib ekvivalent nuqta aniqlanadi.

ISSN 3030-3907

Tajriba o‘tkazish jarayonida xitozan namunasi suyultirilgan xlorid kislota (HCl) eritmasida eritilib, so‘ngra aniq konsentratsiyadagi natriy gidroksid (NaOH) eritmasi bilan titrlanadi, eritma muhiti pH ko‘rsatkichlari muntazam ravishda qayd etib boriladi.

Olingan ma’lumotlar asosida pH–V grafigi tuziladi. Ushbu grafikda hosil bo‘luvchi ikki egri chiziqdan biri ortiqcha qo‘shilgan HCl miqdorini, ikkinchisi esa xitozan zanjiridagi erkin aminoguruhlar bilan bog‘langan HCl miqdorini ifodalaydi.

Egri chiziqlar orasidagi tafovutdan erkin aminoguruhlar soni aniqlanadi va shu asosda xitozanning deatsetillanish darajasi (DDA) hisoblab chiqiladi [5,6].

$$DDA = \frac{m \times 203}{G - 42 \times m} \times 100$$

Bu yerda, 42-xitin va xitozan elementar zvenosi molekulyar massalari orasidagi farq; G–eritilgan xitozan massasi (gr);

$$V = V_2 - V_1$$

$$m = V * T,$$

Bu yerda, V–sarflangan NaOH eritmasining hajmi (ml); T-NaOH eritmasining titri (mol/ml).

$$T = \frac{A}{B}$$

Xitozanning deatsetillanish darajasini aniqlashda tezkor va ishonchli yondashuvlardan biri sifatida element tahlil usuli ham keng qo‘llaniladi. Mazkur metod namuna tarkibidagi uglerod (C) hamda azot (N) elementlarining nisbiy miqdoriga asoslanadi.

Tajriba davomida ma’lum miqdordagi xitozan namunasi qizdirilib, uning massasi o‘zgarishi kuzatib boriladi. Shu jarayon orqali namunadagi uglerod va azot miqdorlari aniqlanadi. Olingan ma’lumotlardan foydalanib C/N nisbati hisoblanadi, bu ko‘rsatkich deatsetillanish darajasini (DDA) aniqlash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Ma’lumki, xitozan molekulasida nazariy azot miqdori 8,7 %, xitinda esa taxminan 6,9 % ni tashkil etadi. Element tahlil natijalari asosida olingan C/N nisbati yordamida xitozanning deatsetillanish darajasi quyidagi formula orqali aniqlanadi [7,9].

$$DD = \left(1 - \frac{C/N - 5{,}145}{6{,}816 - 5{,}145}\right) \times 100$$

Bu yerda, 5,145 to‘liq N-deatsetillangan xitozandagi ($C_6H_{11}O_4N$ takrorlanuvchi qism) C/N nisbati; 6,861 to‘liq N-atsillangan xitindagi ($C_8H_{13}O_5N$ takrorlanuvchi qism) C/N nisbati.

ISSN 3030-3907

Mazkur element tahlil usulini biroz modifikatsiyalangan shaklda ham amalga oshirish mumkin. Bu yondashuvda tekshirilayotgan xitozan namunasining ma’lum massasi 550–600 °C haroratda to‘liq yoqiladi. Natijada organik moddaning parchalanishi yuz beradi va hosil bo‘lgan organik fraksiyadagi azotning foiz miqdori aniqlanadi.

Shundan so‘ng olingan azot miqdori asosida xitozanning deatsetillanish darajasi (DDA) quyidagi hisoblash formulasi yordamida topiladi [7]:

DD(%)=[(8,695-N) / 1,799]x100

Bu yerda, 8,695-to‘liq deatsetillangan xitozandagi N foizi; 1,799-xitin va xitozandagi azotning foiz miqdorlari orasidagi farq; N (%)-organik fraksiyadan hisoblangan azot foizi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot ishlari 2023-yilning yoz oylarida O‘zbekiston Respublikasi Farg‘ona viloyati hududida tarqalgan *Eurygaster integriceps* (bug‘doy zararkunandasi) hasharotlaridan olingan namunalar asosida olib borildi. Tajriba uchun yig‘ilgan namunalar dastlab mexanik aralashmalardan tozalandi va keyinchalik xitin moddasini ajratib olish jarayoniga tayyorlandi.

Ajratilgan xitin namunalarini xitozanga aylantirish (deatsetillash) maqsadida ular yuqori konsentratsiyadagi NaOH (40–50%) eritmasi bilan 90–100°C haroratda 4–6 soat davomida ishlov berildi. Jarayon yakunida hosil bo‘lgan xitozan namunasi distillangan suv bilan bir necha bor yuvilib, neytral pH qiymatigacha yetkazildi. So‘ngra namuna filtrlanib, 60 °C da quritildi va yaxshi maydalangan holatga keltirildi. Ushbu bosqich xitozanning sifatli deatsetillanishini ta’minlash bilan birga, tahlil uchun optimal struktura olish imkonini berdi.

Olingan xitozan namunalarining deatsetillanish darajasi (DDA) ikki xil usulda aniqlangan: element tahlil va potensiometrik titrlash.

Element tahlil usulida xitozan namunalaridagi uglerod (C) va azot (N) miqdorlari aniqlanib, C/N nisbati orqali DDA qiymati hisoblab chiqildi. O‘lchovlar elementar analizator yordamida, 1020°C gacha bo‘lgan haroratda namunalarning to‘liq oksidlanishi asosida bajarildi.

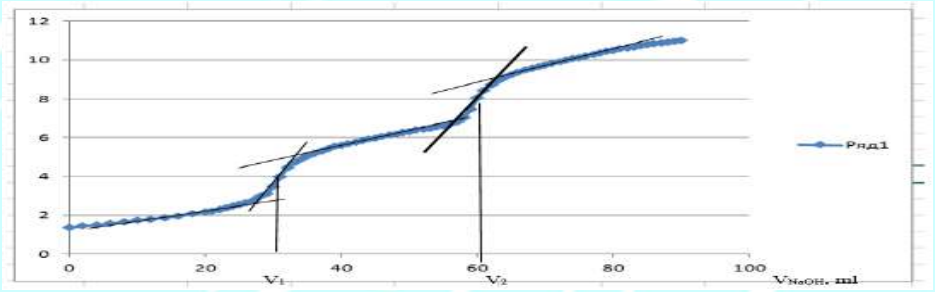
Potensiometrik titrlash usulida esa xitozan namunasi suyultirilgan HCl eritmasida eritilib, aniq konsentratsiyadagi NaOH eritmasi bilan titrlash amalga oshirildi. Titratsiya jarayonida pH qiymatlarining o‘zgarishi doimiy qayd etilib borildi va natijalar asosida pH–V grafigi chizildi. Ekvivalent nuqtalar farqi bo‘yicha erkin aminoguruhlar soni aniqlanib, DDA qiymati hisoblandi.

Tadqiqot davomida olingan barcha natijalar bir xil tajriba sharoitida, takroriy o‘lchovlar asosida qayd etildi. Har ikki usul yordamida olingan qiymatlar taqqoslab tahlil qilindi va deatsetillanish darajasining reaksiya davomiyligiga proporsional ravishda ortishi aniqlangan.

ISSN 3030-3907

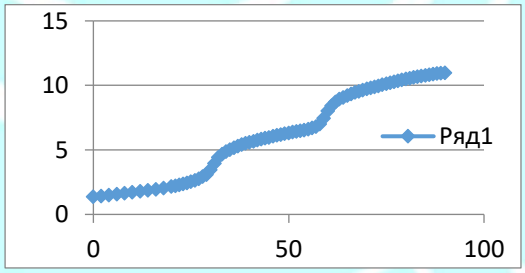
MUHOKAMA VA NATIJALAR

Dastlab, xlorid kislotaning suyultirilgan eritmasida ma’lum miqdordagi xitozan eritib olindi va ushbu erima NaOH eritmasi bilan patensiometrik usul yordamida titrlandi.

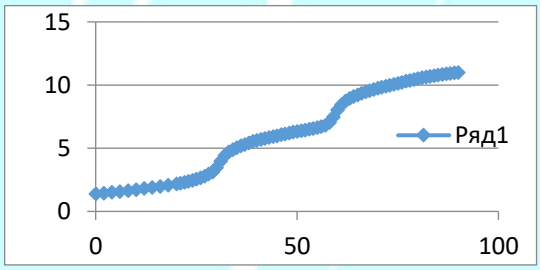


3-rasm. Eritmalarni titrlash diagrammasi.

Quyida xitozanning potensiometrik titrlash egrilari keltirilgan:



4-rasm. HCl eritmasini NaOH eritmasi bilan titrlash egrisi.



5-rasm. *Eurygaster integriceps* xitozanini NaOH eritmasi bilan titrlash egrisi.

Deatsetillanish darajasi deatsetillash vaqtiga bog‘liq holda o‘zgaradi. Jarayon vaqtining ortishi DDA ning ham ortishiga sabab bo‘ladi. Aniqlangan va hisoblangan qiymatlar quyidagi jadvalda keltirilgan:

1-jadval

Deatsetillanish darajasini deatsetillash vaqtiga bog‘liqligi

Eritilgan xitozan massasi (gr)	Sarflangan ishqor hajmi (ml)	Ishqorning titri (mol/ml)	Sarflangan ishqorning miqdori (mol)	Deatsetillash vaqti (soat)	Deatsetillanish darajasi (%)
0,2	29,00	0,0000335	0,000901	2	77,4
	32,40		0,001002	3	80,7
	33,90		0,001145	4	85,8
	34,50		0,001242	5	86,5

Tekshirilayotgan xitozan na’munasi element analiz qilinganda tarkibida 7,14% azot mavjudligi aniqlandi. Shunga asosan 2-formula yordamida uning deatsetillanish darajasi hisoblab chiqildi. Olingan natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan:

ISSN 3030-3907

2-jadval

Xitozan tarkibidagi uglerod, azot va vodorodning foiz miqdorlari

Na’muna	Deatsetillangan vaqti	C %	N%	H %	C/N	DDA (%)
Xitozan	5 soat	39,02	7,20	7,85	5,37	86,5

2-jadvaldagi azotning foiz miqdoridan foydalanib xitozanning deatsetillanish darajasi 3-formula asosida hisoblanganda ham 86,5% ni tashkil etishini ko‘rish mumkin.

XULOSA

Eurygaster integriceps turidan ajratib olingan xitin moddasiga yuqori konsentratsiyadagi ishqor eritmasi yordamida deatsetillanish jarayoni qo‘llanildi. Natijada hosil bo‘lgan xitozan namunalarining deatsetillanish darajasi (DDA) element tahlil va potensiometrik titrlash usullari orqali aniqlanib, o‘zaro taqqoslandi.

O‘tkazilgan tajribalar natijalari har ikkala usulning aniqligi va takrorlanish darajasi yuqori ekanini ko‘rsatdi. Shuningdek, DDA qiymati bilan deatsetillanish jarayoni davomiyligi o‘rtasida bevosita proporsional bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi.

Aniqlanishicha, ishqoriy muhitda ishlov berish vaqti ortgani sari xitozanning deatsetillanish darajasi ham mutanosib ravishda oshib boradi, bu esa reaksiya kinetikasining vaqtga bog‘liqligini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. В.П.Варламов, А.В.Ильина, Б.Ц.Шагдарова, А.П.Луньков, И.С. Мысякина. Хитин/хитозан и его производные: фундаментальные и прикладные аспекты. Успехи биологической химии, т. 60, 2020, 317-368 с.

2. A.Xudoyqulov, N.Irgasheva, S.Ubaydullayev, A.Norqulov,. O‘simliklarni zararli organizmlardan uyg‘unlashgan himoyalash. O‘quv qo‘llanma. “Fan ziyosi” Toshkent-2021. 48-51b.

3. Каримов Ш.Х., Хабибуллаева Н.Ф., Хаитбаев А.Х. Leptinotarsa decemlinaeata(Say) таркибидан хитозан ажратиб олиш. ФарДУ илмий хабарлар. 2021.6/5.С. 36-41 б.

4. K.D.I. Dimzon, T.P. Knepper. Degree of deacetylation of chitosan by infrared spectroscopy and partial least squares // International Journal of Biological Macromolecules. 2015. Volume 72, – pp. 939–945.

5. Y. Zhanga, X. Zhanga, R. Dinga, J. Zhanga & J. Liub. Determination of the degree of deacetylation of chitosan by potentiometric titration preceded by enzymatic pretreatment // Carbohydrate Polymers. 2011. Volume 83, – pp. 813–817.

ISSN 3030-3907

6. N. Balbzs & P. Sipos. Limitations of pH-potentiometric titration for the determination of the degree of deacetylation of chitosan // Carbohydrate Research. 2007. Volume 342, – pp. 124–130.
7. A. Abdulkarim, M.T. Isa, S. Abdulsalam, A.J. Muhammad, A.O. Ameh. Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel Shell // Civil and Environmental Research. 2013. Volume 3, Issue 2, – pp. 108–114.
8. M.R. Kasaai, J. Arul, G. Charlet. Intrinsic Viscosity–Molecular Weight Relationship for Chitosan // Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics. 2000. Volume 38, – pp. 2591–2598.
9. Z.M. dos Santos, A.L.P.F. Caroni, M.R. Pereira, D.R. da Silva, J.L.C. Fonseca. Determination of deacetylation degree of chitosan: a comparison between conductometric titration and CHN elemental analysis // Carbohydrate Research. 2009. Volume 344, – pp. 2591–2595.
10. Sh.Karimov, A.Xaitbayev. Xitozan ajratib olish usullarini optimallash. FarDU ilmiy xabarlar. 2022-yil 6-son. 472-475 b.

ISSN 3030-3907

FERMER XO‘JALIKLARIDA CHEKLANGAN SUV RESURSLARINI TAQSIMLASH MASALASI

Jarilkanov Baxtiyar Pishenbaevich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti tayanch doktoranti,
Shagimbaev Dauranbek Maksetovich
Nukus davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Ushbu ilmiy tahliliy maqolada fermer xo‘jaliklarida cheklangan suv resurslarini samarali taqsimlash muammosi ko‘rib chiqiladi. Suv cheklovlarining asosiy sabablari (iqlim o‘zgarishi, aholi o‘sishi, an'anaviy sug‘orish usullari), taqsimlash strategiyalari (texnologik – tomchilatib sug‘orish, boshqaruv – ekin rotatsiyasi, siyosiy – subsidiyalar va suv huquqlari bozori) hamda ularning muqobillik va sinergiyalari tahlil qilinadi. Rivojlanayotgan mamlakatlar misolida (O‘rta Osiyo, Shimoliy Afrika) amaliy tavsiyalar beriladi.

Kalit so‘zlar: cheklangan suv resurslari, fermer xo‘jaliklari, suv taqsimlash, tomchilatib sug‘orish, ekin rotatsiyasi, suv tejash, muqobillik, sinergiya, oziq-ovqat xavfsizligi, barqaror qishloq xo‘jaligi

Аннотация: В данной научной обзорной статье рассматривается проблема эффективного распределения ограниченных водных ресурсов в фермерских хозяйствах. Анализируются основные причины водных ограничений (изменение климата, рост населения, традиционные методы орошения), стратегии распределения (технологическое - капельное орошение, управление - ротация посевов, политическое - субсидии и рынок водных прав), а также их trade-off и синергии. Даются практические рекомендации на примере развивающихся стран (Средняя Азия, Северная Африка).

Ключевые слова: ограниченные водные ресурсы, фермерские хозяйства, водораспределение, капельное орошение, ротация посевов, водосбережение, trade-off, синергия, продовольственная безопасность, устойчивое сельское хозяйство

Annotation: This scientific overview article examines the problem of effectively distributing limited water resources in farms. The main reasons for water constraints (climate change, population growth, traditional irrigation methods), distribution strategies (technological - drip irrigation, management - crop rotation, political - subsidies and water rights market), as well as their tradeoffs and synergies are analyzed. Practical recommendations are given using the example of developing countries (Central Asia, North Africa).

Keywords: limited water resources, farms, water distribution, drip irrigation, crop rotation, water conservation, trade-off, synergy, food security, sustainable agriculture

Kirish

Zamonaviy qishloq xo‘jaligida suv resurslari cheklanganligi global muammo bo‘lib, ayniqsa rivojlanayotgan mamlakatlardagi fermer xo‘jaliklarida keskin ko‘rinadi. Suv – o‘simliklar yetishtirish, chorva mollarini parvarishlash va umumiy oziq-ovqat ishlab chiqarishning asosiy omili. Biroq, iqlim o‘zgarishi, aholi sonining o‘sishi va sanoat ehtiyojlarining kuchayishi tufayli suv resurslari kamaymoqda. Bu holat fermer xo‘jaliklarida suvni samarali taqsimlashni talab qiladi, chunki noto‘g‘ri taqsimlash hosildorlik pasayishi, ekologik muammolar va hatto oziq-ovqat xavfsizligi buzilishiga olib kelishi mumkin.

Ushbu tahliliy maqolada fermer xo‘jaliklarida cheklangan suv resurslarini taqsimlash masalasini ko‘rib chiqamiz. Asosiy e’tibor suv cheklovlarining sabablari, taqsimlash strategiyalari, ularning ijobiy va salbiy tomonlari hamda rivojlanayotgan mamlakatlarda qo‘llaniladigan amaliy yondashuvlarga qaratiladi. Maqola ilmiy adabiyotlar asosida tuzilgan bo‘lib, asosiy maqsad – fermerlar va siyosatchilar uchun amaliy tavsiyalar berishdir. Ushbu masalani o‘rganish oziq-ovqat yetishmovchiligini oldini olish va barqaror qishloq xo‘jaligini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega.

Cheklangan suv resurslarining sabablari va ta’siri

Fermer xo‘jaliklarida suv cheklovlari bir necha omillar bilan bog‘liq. Birinchi navbatda, iqlimiy omillar: qurg‘oqchilik, yomg‘ir miqdorining kamayishi va global isish suv manbalarini qisqartiradi. Masalan, O‘rta Osiyo va Shimoliy Afrika mintaqalarida yer osti suvlari darajasi yildan-yilga pasaymoqda, bu esa fermer xo‘jaliklarini sug‘orish imkoniyatlarini cheklaydi [7]. Ikkinchi omil – aholi o‘sishi va urbanizatsiya: shaharlar kengayishi bilan suvning katta qismi sanoat va uy-joy ehtiyojlariga sarflanadi, fermer xo‘jaliklariga esa kamroq qoladi.

Uchinchi omil – qishloq xo‘jaligi amaliyotlari: an'anaviy sug‘orish usullari (masalan, yovvoyi sug‘orish) suvning 50–70% ini behuda sarflaydi, bu esa resurslarni yanada cheklaydi. Natijada, fermer xo‘jaliklarida hosildorlik pasayadi, yerlar sho‘rlanadi va biologik xilma-xillik buziladi. Masalan, suv cheklovlari tufayli o‘simliklar yetishtirish maydonlari qisqaradi, bu esa oziq-ovqat yetishmovchiligiga olib keladi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv cheklovlari fermer xo‘jaliklarining iqtisodiy samaradorligini 20–30% ga tushirishi mumkin, ayniqsa suvga bog‘liq ekinlar (masalan, sholi yoki paxta) yetishtiriladigan hududlarda [4].

Suv resurslarini taqsimlash strategiyalari

Fermer xo‘jaliklarida cheklangan suvni taqsimlash uchun bir necha strategiyalar mavjud bo‘lib, ularni quyidagi guruhlarga ajratish mumkin: texnologik, boshqaruv va siyosiy yondashuvlar.

Texnologik yondashuvlar

ISSN 3030-3907

Texnologiyalar suvni samarali ishlatishda asosiy rol o‘ynaydi. Masalan, tomchilatib sug‘orish tizimlari suv sarfini 30–50% ga kamaytiradi, chunki suv to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘simlik ildizlariga yetkaziladi. Bunday tizimlar O‘rta Osiyo fermer xo‘jaliklarida qo‘llanilib, hosildorlikni oshirgan [7].Yana bir usul – suvni qayta ishlatish: fermer xo‘jaliklarida chiqindi suvlarni tozalab, qayta sug‘orishga ishlatish. Bu ekologik jihatdan foydali, lekin texnologik infratuzilma talab qiladi. Bundan tashqari, masofaviy monitoring va sun'iy intellekt asosidagi tizimlar suvni taqsimlashni optimallashtiradi. Masalan, sensorlar yordamida tuproq namligini o‘lchab, suvni faqat zarur joylarga yetkazish mumkin. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bunday texnologiyalar fermer xo‘jaliklarida suvni 40% gacha tejashga yordam beradi, ammo ularning narxi yuqori bo‘lib, kichik fermerlar uchun qiyinlik tug‘diradi[2].

Suv tejash samaradorligini hisoblash formulasi (tomchilatib sug‘orish misolida):

$$WUE = \frac{Y}{W}$$

Bu yerda:

- **WUE** – suv ishlatish samaradorligi (kg/m³);
- **Y** – hosil miqdori (kg/ga);
- **W** – ishlatilgan suv miqdori (m³/ga).

Tomchilatib sug‘orishda WUE an'anaviy usullarga nisbatan 1,5–2 baravar yuqori bo‘ladi[4].

Boshqaruv yondashuvlar

Boshqaruvda suvni taqsimlashda fermer xo‘jaliklarining o‘zaro hamkorligi muhim. Masalan, suv resurslarini jamoaviy boshqarish: fermerlar birgalikda suv manbalarini taqsimlaydi, bu esa adolatli taqsimlashni ta’minlaydi. Bunday yondashuv Hindiston va Pokistonning ba’zi viloyatlarida qo‘llaniladi, u yerda suv kvotalari fermer xo‘jaliklarining maydoniga qarab belgilanadi [5].

Yana bir usul – ekin rotatsiyasi va diversifikatsiyasi: suvga kam talab qiladigan ekinlarni (masalan, arpa yoki no‘xat) suvga ko‘p talab qiladiganlar (masalan, sholi) bilan almashtirish. Bu fermer xo‘jaliklarida suv cheklovlarini yumshatadi va yer salomatligini saqlaydi. Tadqiqotlar shuni tasdiqlaydiki, bunday boshqaruv usullari hosildorlikni saqlab, suvni 25% ga tejaydi [6].

Ekin rotatsiyasida suv tejashni baholash formulasi:

$$\Delta W = W_{eski} - W_{yangi} = \sum_{i=1}^{n} (ET_i * A_i)_{eski} - \sum_{i=1}^{n} (ET_i * A_i)_{yangi}$$

Bu yerda:

- **ΔW** – tejangan suv miqdori (m³/ga);

ISSN 3030-3907

- ET_i – i-ekinning evaporotranspiratsiyasi (mm/kun);
- A_i – i-ekin uchun ajratilgan maydon (ga).

Rotatsiya orqali $\Delta W > 0$ bo‘lib, suv tejashni ta’minlaydi.

Siyosiy va iqtisodiy yondashuvlar

Hukumat siyosati suv taqsimlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Masalan, suv subsidiyalari yoki narx siyosati: suvni tejaydigan fermer xo‘jaliklariga imtiyozlar berish. Bunday siyosatlar Xitoy va AQShning ba’zi shtatlarida muvaffaqiyatli qo‘llanilgan[1]. Bundan tashqari, suv huquqlarini bozorlashtirish: fermerlar suv huquqlarini sotish yoki sotib olishi mumkin, bu esa samarali taqsimlashni rag‘batlantiradi.

Biroq, bunday siyosatlarning salbiy tomonlari ham bor: kichik fermer xo‘jaliklari katta fermerlar bilan raqobatda yutqazishi mumkin, bu esa ijtimoiy noadolatlikka olib keladi[3].

Suv huquqlari bozorida iqtisodiy samaradorlikni hisoblash:

$$\text{Ajratish samaradorligi} = \max \sum_{j=1}^{m} P_i * Q_j \qquad \sum_{j=1}^{m} W_j \le W_{jami}$$

Bu yerda:

- P_j – j-fermerning suv uchun to‘lovga tayyorligi (narx);
- Q_j – j-fermerga ajratilgan suv miqdori;
- **W_jami** – umumiy mavjud suv resursi.

Optimallashtirish orqali eng yuqori iqtisodiy foyda olinadi.

Taqsimlashdagi muqobilliklar va sinergiyalar

Suv taqsimlashda ijobiy va salbiy o‘zaro ta’sirlar mavjud. Masalan, suvni tejash strategiyalari hosildorlikni oshirishi mumkin (sinergiya), lekin dastlabki sarmoyalar yuqori bo‘lib, fermer xo‘jaliklarining iqtisodiy ahvolini og‘irlashtirishi mumkin (muqobillik). Suv va yer resurslari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik ham muhim: suv cheklovlari yer maydonlarini qisqartiradi, bu esa oziq-ovqat yetishmovchiligiga olib keladi[7].

Ilmiy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, suv taqsimlashda ekologik jihatni hisobga olish zarur: haddan tashqari sug‘orish yer sho‘rlanishiga olib keladi, ammo tejamkor usullar biologik xilma-xillikni saqlaydi. Masalan, Afrika va Osiyo mintaqalarida suv cheklovlari tufayli fermer xo‘jaliklari diversifikatsiyaga o‘tmoqda, bu esa iqtisodiy barqarorlikni oshiradi, lekin yangi texnologiyalarni o‘rganish vaqt talab qiladi[8].

Muqobillikni matematik modellashtirish (suv va hosil o‘rtasida):

$$\textbf{Muqobillik indeks} = \frac{\Delta Y}{\Delta W} = \frac{Y_{\max} - Y_{\text{haqiqiy}}}{W_{mavjud} - W_{ishlatilgan}}$$

ISSN 3030-3907

Agar **Muqobillik indeks > 1** bo‘lsa, suv tejash hosil pasayishiga olib keladi (salbiy muqobillik). Agar **< 1** bo‘lsa – sinergiya mavjud.

Xulosa va tavsiyalar

Fermer xo‘jaliklarida cheklangan suv resurslarini taqsimlash – murakkab muammo bo‘lib, texnologik innovatsiyalar, samarali boshqaruv va qo‘llab-quvvatlovchi siyosatlar orqali hal qilinishi mumkin. Asosiy xulosalar: suv tejash usullari hosildorlikni saqlab, ekologik muammolarni kamaytiradi, ammo ularni joriy etishda ijtimoiy va iqtisodiy jihatlarni hisobga olish zarur.

Tavsiyalar:

- Fermer xo‘jaliklariga tomchilatib sug‘orish va monitoring tizimlarini joriy etish uchun subsidiyalar berish.
- Jamoaviy boshqaruv modellari orqali suvni adolatli taqsimlashni ta’minlash.
- Ilmiy tadqiqotlarni kuchaytirish: suv cheklovlarining mahalliy kontekstda ta’sirini o‘rganish.
- Barqaror ekin rotatsiyasini rag‘batlantirish orqali suv va yer resurslarini optimallashtirish.

Ushbu masalani hal qilish nafaqat fermer xo‘jaliklarining samaradorligini oshiradi, balki global oziq-ovqat xavfsizligiga hissa qo‘shadi. Kelgusidagi tadqiqotlar suv taqsimlashning ijtimoiy ta’siriga ko‘proq e’tibor qaratishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Al-Thani, N. A. J., et al. (2020). Water–energy–land nexus in Qatar: Challenges and opportunities. *Energy Reports*, 6, 123–130. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.001

2. Asseng, S., et al. (2018). Sustainable intensification in agriculture: Opportunities and challenges. *Global Food Security*, 19, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.001

3. Clapp, J. (2017). Food self-sufficiency: Making sense of the debate. *Global Food Security*, 15, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.08.002

4. FAO. (2022). The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

5. Govoni, S., et al. (2021). Water-cropland resource allocation in agricultural systems. *Agricultural Systems*, 192, 103–112. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103112

6. Luo, T., et al. (2023). Crop management systems and food self-sufficiency. *Field Crops Research*, 295, 108–119. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108119

7. **Mamassi, A., Guilpart, N., Muneret, L., & Accatino, F.** (2025). Water-cropland resources and agricultural management shape the main interactions with

ISSN 3030-3907

food self-sufficiency goals. *Global Food Security*, 44, 100841. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100841

8. Sun, J., et al. (2023). Ecosystem services and food production: A systematic review. *Ecosystem Services*, 62, 101–115. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101115

ISSN 3030-3907

EFFECT OF TEMPERATURE ON HYDROMETALLURGICAL REDUCTIVE-LEACHING OF ZINC CAKES

Khojiev Shokhrukh Toshpulatovich
Almalyk State Technical Institute, PhD, Associate Professor, Almalyk, Uzbekistan
E-mail: shohruhhojiyev@gmail.com
Kholikulov Doniyor Bakhtiyorovich
Almalyk State Technical Institute, DSc, Professor, Almalyk, Uzbekistan
E-mail: Kholikulov.d@tdtuof.uz
Khaydaraliev Kholbay Rustam o‘g‘li
Almalyk State Technical Institute, Basic Doctoral Student (PhD Candidate), Almalyk, Uzbekistan
E-mail: xolboyxaydaraliyev@gmail.com

Abstract. This paper investigates the technology of processing zinc cakes generated during zinc production by hydrometallurgical reductive-selective leaching. The effect of temperature on the leaching process was studied, and optimal technological conditions were determined. Sulfuric acid was used as the leaching agent, while hydrazine sulfate served as the reducing agent. According to laboratory experiments, the degree of zinc dissolution into the solution was analyzed within the temperature range of 25–55 °C, reaching a maximum of 94–98% at 55 °C. The dissolution degree of iron ranged from 13% to 24%, confirming the high selectivity of the process. Based on the obtained results, the optimal temperature for zinc cake processing was determined to be within 45–55 °C. The findings have practical significance for the cost-effective recycling of zinc production waste and for reducing metal losses during processing.

Keywords: zinc cake, hydrometallurgy, selective leaching, hydrazine sulfate, sulfuric acid, leaching temperature, metal recovery, selectivity, optimization.

Annotatsiya. Ushbu maqolada rux ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan keklarni gidrometallurgik tiklovchi-tanlab eritish orqali qayta ishlash texnologiyasi tadqiq qilindi. Tadqiqotda eritish jarayoniga haroratning ta’siri o‘rganilib, optimal texnologik sharoitlar aniqlangan. Erituvchi sifatida sulfat kislotasi, qaytaruvchi sifatida esa gidrazin sulfat qo‘llanildi. Laboratoriya tajribalari natijalariga ko‘ra, ruxni eritmaga o‘tish darajasi 25–55 °C harorat oralig‘ida tahlil qilindi va 55 °C da maksimal 94–98 % rux ajralishi qayd etildi. Temirning eritmaga o‘tish darajasi esa 13–24 % ni tashkil etdi, bu esa tanlab eritish jarayonining samaradorligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar asosida rux keklarini qayta ishlashda optimal harorat 45–55 °C deb topildi. Mazkur tadqiqot natijalari rux ishlab chiqarish chiqindilarini iqtisodiy jihatdan samarali qayta ishlash va metallarning yo‘qotilishini kamaytirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: rux keki, gidrometallurgiya, tanlab eritish, gidrazin sulfat, sulfat kislotasi, eritish harorati, metall ajralishi, selektivlik, optimallashtirish.

Аннотация. В данной статье исследована технология переработки цинковых кеков, образующихся в процессе производства цинка, методом гидрометаллургического восстановительно-избирательного выщелачивания. В ходе исследования изучено влияние температуры на процесс выщелачивания и определены оптимальные технологические условия. В качестве выщелачивающего реагента использовалась серная кислота, а в качестве восстановителя — гидразин сульфат. По результатам лабораторных экспериментов установлено, что степень перехода цинка в раствор была проанализирована в температурном диапазоне 25–55 °C и достигала максимального значения 94–98 % при 55 °C. При этом степень перехода железа в раствор составила 13–24 %, что подтверждает эффективность избирательного выщелачивания. На основании полученных данных оптимальная температура переработки цинковых кеков определена в пределах 45–55 °C. Полученные результаты имеют практическое значение для экономически эффективной переработки отходов цинкового производства и снижения потерь металлов.

Ключевые слова: цинковый кек, гидрометаллургия, избирательное выщелачивание, гидразин сульфат, серная кислота, температура выщелачивания, извлечение металлов, селективность, оптимизация.

Introduction.

In the field of metallurgy, zinc metal (Zn) is one of the most important and valuable materials widely used for corrosion protection, galvanization, construction, transportation, electrical equipment, and various other industrial sectors [1]. Due to its additional protective function in the iron and steel industries, as well as its role in chrome–nitrogen alloys, zinc concentrates, and stable production processes, global demand for zinc continues to grow steadily. In particular, countries with rapidly developing construction and transportation infrastructures are showing an increasing demand for zinc [2].

Several key factors act as major drivers of the global rise in zinc demand: construction activity, the need for galvanic coatings in the automotive and transportation industries, as well as recycling and waste recovery processes — all of which contribute to the growing consumption of zinc [3]. For instance, according to the International Zinc Association, construction and steel protection (galvanization) account for approximately 60% of total zinc consumption [4].

The price dynamics of zinc also significantly influence the demand-supply balance. For example, globally, the price of zinc metal on the London Metal Exchange (LME) has reached around USD 3,000 per ton [5].

ISSN 3030-3907

As seen from Figures 1, 2, and 3, the price of zinc has shown significant fluctuations over the past five years. Factors such as growing demand, supply constraints, global economic changes, and insufficient recycling of metal waste have all contributed to both the rise and fall of zinc prices [6].



Fig.1. Zinc price chart - LME

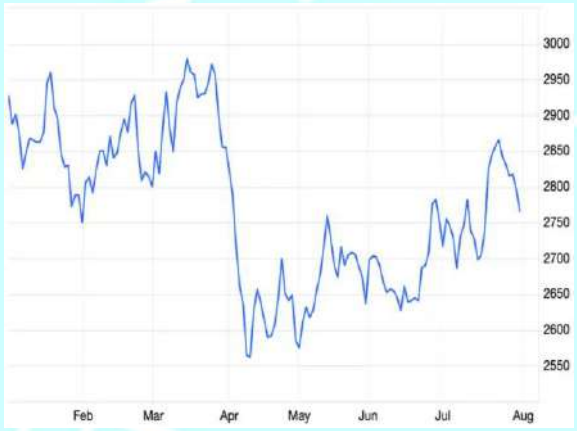


Fig.2. Zinc price, January 1 to July 31, 2025



Fig.3. Financial Benchmarks for Zinc Prices

For instance, according to Trading Economics [7]:

➢ In October 2025, the price of zinc was approximately USD 3,023.60 per ton.

➢ In 2024, it was around USD 2,732 per ton.

The main factors influencing zinc price fluctuations include the following:

▪Supply-side changes: Issues in zinc ore mining and processing can affect the balance of supply.

▪Global economic conditions: Infrastructure development, automotive production, and the construction industry stimulate zinc consumption.

▪Recycling and waste recovery levels: Limited ability to extract zinc from technogenic (industrial) wastes can drive prices upward.

▪Inventories and stock levels: For example, declining zinc reserves in LME warehouses have exerted upward pressure on prices.

ISSN 3030-3907

On a global scale, the annual production of refined zinc metal in recent years has been approximately 13–14 million tons. In 2023, global refined zinc production was estimated at about 13.8 million tons [8].

In terms of ore mining, zinc also occupies a significant position — approximately 13 million tons of zinc are mined annually from underground deposits [9].

The major producing countries include China, Peru, and Australia, which hold large reserves and are considered global leaders. According to data from the Top 20 Zinc-Producing Countries, in 2024, China remained the largest producer with about 4,000,000 tons. Thus, maintaining a balance between production and consumption, as well as mitigating supply-chain constraints, has a substantial impact on zinc prices [10].

In Uzbekistan, zinc production and domestic demand for zinc are also highly relevant topics. The Almalyk Mining and Metallurgical Combine (AMMC) is a major metallurgical enterprise equipped with zinc production and processing facilities [11].

At AMMC, the zinc production process — from ore extraction to metal recovery — consists of several stages: roasting → leaching → electrolysis → remelting of cathode zinc. According to available data, AMMC aims to increase zinc metal output from approximately 78,000 tons to 120,000 tons [12].

Moreover, AMMC's 2023 performance reports indicate that the production plan for zinc metal from local raw materials was fulfilled by about 101.8%, while the overall growth rate was around 87.3%. As the metallurgy, galvanization, construction, and transportation sectors continue to develop in Uzbekistan, the domestic demand for zinc is expected to rise further [13].

This trend underscores the importance of expanding zinc production capacity and recovering zinc from technogenic wastes [14]. For Uzbekistan, utilizing polymetallic waste and secondary resources as an additional source of zinc supply holds strategic importance. Without the involvement of such resources, the country risks increasing dependence on imports and facing challenges in meeting internal demand [15].

A considerable amount of zinc accumulates in metallurgical process residues such as cakes, tailings, and other oxide and sulfide wastes [16]. Failing to process these wastes is economically inefficient and environmentally problematic. Therefore, rational utilization of technogenic sources provides significant opportunities to strengthen the country's domestic zinc supply, reduce import volumes, and enhance overall production efficiency [17].

ISSN 3030-3907

Such an approach not only transforms existing waste into economically valuable resources, but also allows for the generation of added value through the recovery of raw materials from zinc-bearing materials [18].

Materials and Methodology. The object of this study is the zinc cake (final solid residue) generated during the metallurgical processes at Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (AMMC). This residue is mainly formed during the leaching stage of roasted zinc concentrate with sulfuric acid solution following the oxidation process [19].

According to analytical data, the zinc cake contains significant amounts of zinc, iron, copper, cadmium, sulfur compounds, and other associated metal components. For instance, modern analyses have shown that the total zinc content in the zinc cake is approximately 21%, copper is about 2–3%, and iron is around 15%.

From a mineralogical perspective, the primary phases identified in the zinc cake include:

- Sphalerite (ZnS),
- Zinc ferrite ($ZnFe_2O_4$),
- Copper ferrite ($CuFe_2O_4$),
- Metal silicates,
- Copper sulfate,
- Zinc sulfate,
- Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), and other compounds.

For compositional analysis, the following instrumental methods were applied:

a. Spectrometry for chemical composition,
b. X-ray diffraction (XRD), and
c. Scanning electron microscopy (SEM) with energy-dispersive X-ray (EDX) analysis.

The experimental methodology was organized as follows:

1. Sulfuric acid was selected as the leaching medium.

2. Within the framework of reductive–selective leaching, one of the most effective reducing agents — hydrazine sulfate — was used. The process aimed to minimize the dissolution of accompanying metals into the leach solution.

3. Experiments were conducted under varying conditions of temperature, acid concentration (M), solid-to-liquid ratio (S/L, g/ml or g/g), and leaching time (hours). In experiments №1–25 (as shown in your data tables), these parameters (acid concentration, leaching time, temperature, and S/L ratio) were chosen as variable factors.

ISSN 3030-3907

4. After each experiment, the concentrations of zinc (Zn), copper (Cu), cadmium (Cd), and iron (Fe) in the leach solution were determined, and the percentage of metal dissolution was calculated.

5. Based on the obtained data, the optimal leaching conditions were established, targeting maximum zinc extraction (≥ 90%) and minimum iron dissolution (≤ 30%).

Results and Discussion. Improving the efficiency of zinc cake recycling and ensuring the maximum recovery of valuable metals represent one of the most relevant challenges in modern hydrometallurgy. The primary goal of the technological process is to maximize the dissolution of zinc, the main valuable component of the cake, while minimizing the dissolution of accompanying elements such as copper, cadmium, and iron in the leach solution.

In this study, a series of laboratory experiments were conducted to optimize the hydrometallurgical processing technology of zinc cakes. The main factors influencing the leaching process — sulfuric acid concentration, leaching time, temperature, and solid-to-liquid ratio (S/L) — were selected as variables. During the experiments, the concentrations of zinc (Zn), copper (Cu), cadmium (Cd), and iron (Fe) transferred into the leach solution were measured, and based on these data, the optimal technological conditions were determined.

To achieve this, a number of large-scale experimental trials were carried out under various conditions, and the obtained results are presented in Table 1.

Table 1.

Results of reductive–selective leaching of zinc cake under various experimental conditions

№	Sulfuric acid concentration (M)	Leaching time (hours)	Leaching temperature (°C)	Solid-to-liquid ratio (S/L, g)	Zinc dissolution into solution (%)	Copper dissolution into solution (%)	Cadmium dissolution into solution (%)	Iron dissolution into solution (%)
1	2,0	2,0	55,0	8,0	82,6	86,6	83,1	48,5
2	2,0	2,0	55,0	2,0	69,3	73,9	48,9	26,7
3	2,0	6,0	55,0	8,0	94,6	38,9	99,2	23,5
4	2,0	6,0	55,0	8,0	95,5	96,7	32,6	36,6
5	2,0	4,0	25,0	2,0	79,6	85,6	94,8	22,9
6	3,0	2,0	25,0	8,0	78,6	84,8	72,8	16,2
7	3,0	4,0	25,0	2,0	79,6	79,8	47,6	21,6
8	3,0	6,0	25,0	8,0	80,6	87,5	81,0	13,4

ISSN 3030-3907

9	3,0	4,0	55,0	2,0	88,8	95,0	80,1	23,4
10	3,0	6,0	55,0	8,0	98,4	89,9	94,8	43,4
11	5,0	2,0	55,0	8,0	95,5	96,7	32,6	36,6
12	5,0	4,0	55,0	2,0	71,6	80,2	47,6	21,6
13	5,0	6,0	55,0	8,0	95,5	96,7	32,6	36,6
14	5,0	4,0	25,0	2,0	78,6	84,8	72,8	16,2
15	5,0	6,0	25,0	8,0	80,6	87,5	81,0	13,4
16	2,0	2,0	55,0	14,0	75,9	15,3	96,8	16,1
17	2,0	4,0	25,0	14,0	73,9	79,8	99,0	24,2
18	3,0	2,0	55,0	8,0	82,5	86,6	83,1	48,5
19	3,0	4,0	25,0	8,0	88,8	95,0	80,1	23,4
20	5,0	2,0	55,0	8,0	80,6	87,5	81,0	13,4
21	2,0	6,0	25,0	8,0	94,5	38,9	99,2	23,5
22	3,0	6,0	55,0	8,0	80,6	87,5	81,0	13,4
23	5,0	6,0	25,0	8,0	80,6	87,5	81,0	13,4
24	2,0	2,0	55,0	8,0	82,5	86,6	83,1	48,5
25	3,0	2,0	25,0	8,0	78,6	84,8	72,8	16,2

Considering that the main objective of the large-scale industrial pilot experiment was to achieve maximum zinc dissolution (≥90%) and minimum iron dissolution (≤30%) from the zinc cake, the results presented in Table 1 show that many experiments yielded high zinc extraction rates in the range of 94.5–98.4%, indicating excellent process efficiency.

For copper (Cu) and cadmium (Cd), in some cases (for example, at 2M acid concentration and 2 hours of leaching), the concentration of copper in the solution was relatively low. This suggests that copper dissolution strongly depends on key factors such as acid strength and leaching duration.

As for iron (Fe), in many experiments its transfer to the solution remained low (13–24%), which demonstrates that the selective leaching mechanism functioned effectively.

The influence of temperature on the selective leaching process of zinc cake in the presence of hydrazine as a reducing agent and sulfuric acid solution was analyzed (see Figure 4).

ISSN 3030-3907

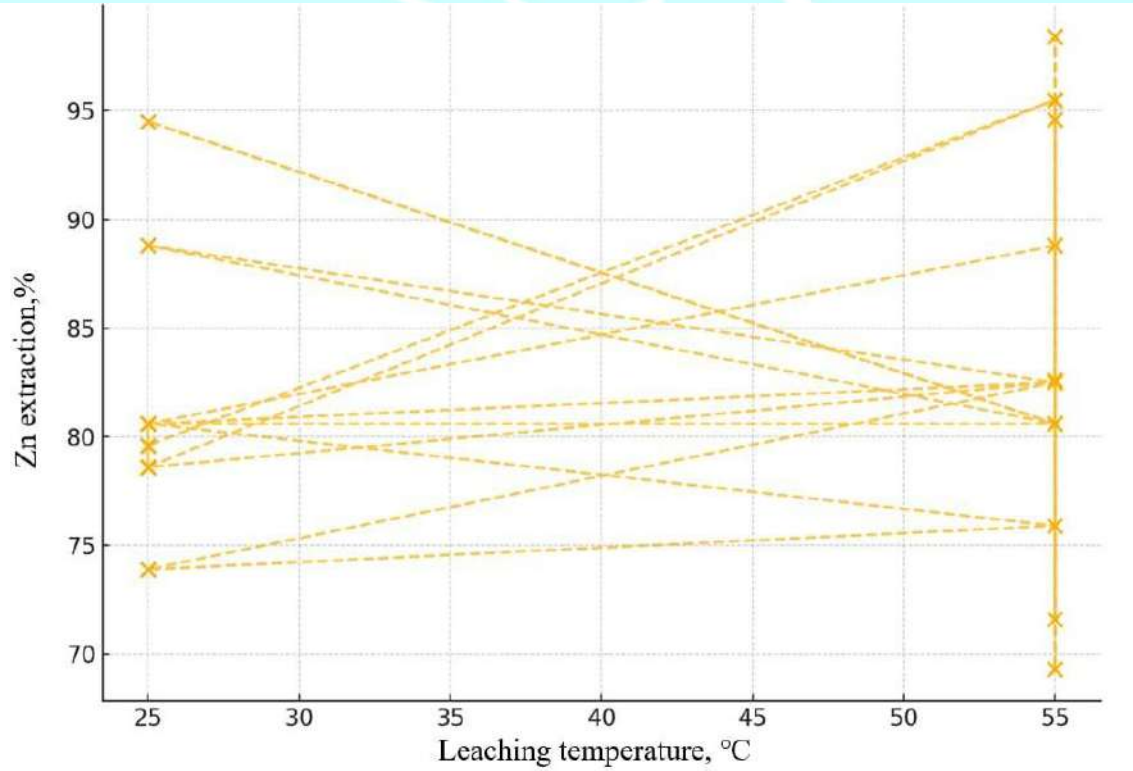


Fig. 4. Dependence of zinc dissolution percentage on leaching temperature

Overall, as the temperature increases, the percentage of zinc passing into the solution steadily rises to a higher level. From the graph shown in Figure 4, it can be observed that the maximum dissolution of Zn occurs at around 55 °C (94–98%). At lower temperatures (25 °C), the percentage of Zn leached into the solution is slightly lower (78–88%). This graph confirms the optimal temperature range to be 25–55 °C.

At higher temperatures, however, energy consumption increases, the rate of water evaporation from the solution also rises, while the efficiency improves only slightly.

ISSN 3030-3907

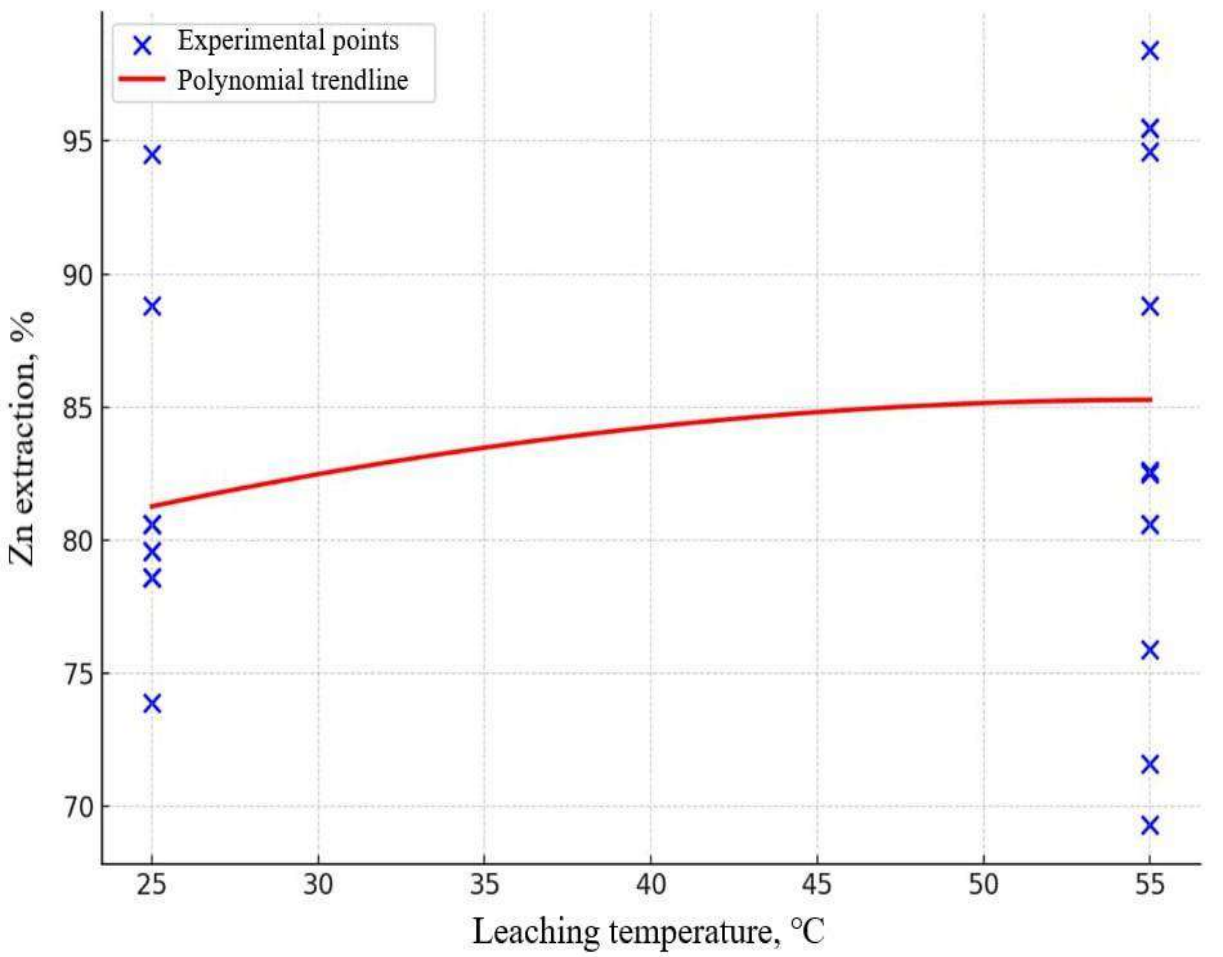


Fig. 5. Dependence of Zinc Dissolution on Temperature (with Trend Line)

In Figure 5, the dependence of zinc dissolution on temperature is presented with a trend line (polynomial regression). The mathematical expression of the trend line is given as follows:

Polynomial (2nd-degree) regression equation:

$$Zn(\%) = -0.00435 \times T^2 + 0.4817 \times T + 71.95$$

where:

T — leaching temperature (°C),

Zn(%) — percentage of zinc dissolved into the solution.

The presence of a negative coefficient for T^2 (−0.00435) indicates that as the temperature increases, zinc dissolution initially rises but then slows down or may even decrease after a certain temperature threshold. This is important in determining the “optimal temperature range” in industrial processes.

As shown in the graph, the zinc dissolution rate increases within the temperature range of 25–55 °C, after which it gradually levels off or slightly declines. Therefore, the optimal leaching temperature is around 45–55 °C, since higher temperatures do not lead to further improvement in efficiency.

Conclusion. The results of the conducted studies revealed that temperature is a key influencing factor in the hydrometallurgical reductive-selective leaching

ISSN 3030-3907

process of cakes generated during zinc production. Experiments carried out in sulfuric acid solution with the addition of hydrazine sulfate demonstrated that as the leaching temperature increases, the degree of zinc dissolution rises, reaching a maximum value of 94–98% at 55 °C.

At lower temperatures (25 °C), the zinc dissolution rate ranged from 78–88%, which is attributed to kinetic limitations of the process. However, at temperatures above 55 °C, energy consumption increases while the improvement in efficiency remains relatively small.

Additionally, the results showed that the degree of iron dissolution is within 13–24%, which indicates the high selectivity of the selective leaching mechanism.

Thus, for the hydrometallurgical processing of zinc cakes, the optimal technological conditions are recommended as follows: 3 M sulfuric acid concentration, 6-hour leaching time, and a temperature range of 45–55 °C. Under these conditions, maximum zinc dissolution and minimum iron dissolution are achieved.

REFERENCES:

1. Svens K., Kerstiens B., Runkel M. Recent experiences with modern zinc processing technology // “Erzmetall”. – 2003. – №2. – P. 94 – 103.
2. Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. М.: Металлургия, 1981. - 384 с.
3. Khaydaraliev Kh.R., Hojiyev Sh.T., Shaymanov I.I., Ramazanova Z.B. Zinc prices and main producing countries in the last decade // “Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” nomli xalqaro ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, Olmaliq, 1-2 noyabr, 2024 y. S. 294-295.
4. The International Zinc Association. The World Zinc Factbook 2024. – Brussels: IZA, 2024. – 52 p. – URL: https://www.zinc.org/
5. United States Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries: Zinc, 2024. – Reston, Virginia: U.S. Department of the Interior, 2024. – URL: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-zinc.pdf
6. Trading Economics. Zinc – 5 Year Historical Price Data (2019–2025). – URL: https://tradingeconomics.com/commodity/zinc
7. Guven Metal Co. London Metal Exchange Zinc Prices. – Istanbul, 2024. – URL: https://guvenmetal.com.tr/en/london-metal-exchange/zinc-prices-london-metal-exchange.html
8. Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (AGMK). Zinc Production at AGMK. – Almalyk, 2024. – URL: https://agmk.uz/en/metallurgija/zinc-smelter
9. Khojiev Sh.T., Rakhmataliev Sh.A., Tulaganov M.I., Rakhmonaliyev M.M. Modern technologies of zinc production // Моя профессиональная карьера, 2022, 35(8). С. 266-275.

ISSN 3030-3907

10. Toshpulatov D.D., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T. Study of the possibilities of the metallothermic reduction process of zinc ferrite // Proceedings of international scientific and scientific-technical conference on “Practical and Innovative Scientific Research: Current Problems, Achievements and Innovations (Dedicated to the memory of professor A.A. Yusupkhodjaev)”, Tashkent, December 6, 2021. P. 386 – 388.
11. Hojiyev Sh.T., Berdiyarov B.T. Sulfidli rux boyitmasini Qaynar Qatlam pechida kuydirish jarayonida silikatlar va ferritlar hosil bo‘lishining oldini olish chora-tadbirlari // “Fan va Texnika taraqqiyotida intellektual yoshlarning o‘rni” nomli Respublika ilmiy anjumanining ma’ruzalar to‘plami, I qism/ Toshkent: ToshDTU, aprel, 2015. 171 – 174 b.
12. Askarova N.M., Boltayev O.N., Hojiyev Sh.T., Axmedova N.E. Gidrolizlashdan olingan temir (II)-gidroksidi cho‘kmasidan gematit olish jarayonining termodinamikasi va kinetikasi // Development of Science. – 2025. – Vol. 2. – № 9. – P. 61–68.
13. Khojiev Sh.T., Saidova M.S., Mirzajonova S.B., Ibrokhimov H.X., Ismatov Sh.O‘. Development of Technology for Processing Zinc Cakes Based on the Use of Petroleum Coke // International Journal of Academic Engineering Research, 6(6), 2022. P. 23-28.
14. Якубов М. М., Холикулов Д. Б., Ёкубов О. М., Хайдаралиев Х. Р. Разработка эффективной технологии гидрометаллургической переработки цинковых кеков АО «Алмалыкский ГМК» // Цветные металлы. — 2025. — № 2. – С. 33–40.
15. Khojiev Sh.T., Rakhmataliev Sh.A., Saidova M.S., Suyarova M.N., Esonova M.O. Enhancing Zinc Extraction Efficiency from Insoluble Zinc Cake through Citric Acid Leaching: A Hydrometallurgical Approach // International Journal of Engineering and Information Systems, 8(4), 2024. P. 22-29.
16. Kholikulov D.B., Khaydaraliev Kh.R., Khojiev Sh.T. Mineralogical investigation of zinc cake generated in Almalyk zinc production // Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects. – Navoi, 2025. – P. 401–402.
17. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Ёкубов О.М., Хайдаралиев Х.Р., Максудхўжаева М.С. Инновационные технологии переработки цинковых кеков // Kompozitsion materiallar. – 2024. – №1. – С. 129–131.
18. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Ёкубов О.М., Максудхўжаева М.С., Хайдаралиев Х.Р. Усовершенствование технологии гидрометаллургической переработки цинковых концентратов на АО «Алмалыкский ГМК» // Kompozitsion materiallar. – 2023. – №4. – С. 222–224.

ISSN 3030-3907

19. Холикулов Д.Б., Хайдаралиев Х.Р., Хожиев Ш.Т., Муталибхонов С.С. Термодинамический анализ выщелачивания феррита цинка серной кислотой с использованием гидразина сульфата // Химическая технология и техника: материалы докладов 89-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2025. – С. 87–90.

ISSN 3030-3907

THE NECESSITY OF ORGANIZING VIDEO SURVEILLANCE SERVICES ON AUTOMOBILE ROADS OF UZBEKISTAN

Khojiyeva Dilshoda
Lecturer at Namangan State Technical University
Ergashov Bakhodir
Doctoral student at Namangan State Technical University

Annotation: This article provides a scientific rationale for the nationwide measures being implemented in Uzbekistan to regulate automobile traffic and reduce road accidents, emphasizing that organizing high-quality video surveillance services is among the most effective and proven methods. The paper also analyzes the issues related to the implementation of video surveillance services, which have been successfully introduced in developed countries, under the specific conditions of Uzbekistan.

Keywords: video surveillance systems, road traffic safety, intelligent transport systems, digital management, highways, transport infrastructure, regulatory and legal framework, technical standards, preventive control, road traffic accidents, digital technologies, information security, management efficiency.

Аннотация: В данной статье научно обоснованы меры, осуществляемые в Республике Узбекистан в масштабах всей страны по регулированию автомобильного движения и снижению дорожно-транспортных происшествий. Отмечено, что среди этих мер наиболее эффективным и проверенным методом является качественная организация службы видеонаблюдения. Проанализированы вопросы применения систем видеонаблюдения, внедрённых в развитых странах, в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: системы видеонаблюдения, безопасность дорожного движения, интеллектуальные транспортные системы, цифровое управление, автомобильные дороги, транспортная инфраструктура, нормативно-правовая база, технические стандарты, профилактический контроль, дорожно-транспортные происшествия, цифровые технологии, информационная безопасность, эффективность управления.

Annotatsiya: ushbu maqolada O‘zbekistonda avtomobil harakatini tartibga solish va yo‘l-transport hodisalarini kamaytirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan umummilliy chora-tadbirlarning ilmiy asoslari keltirilgan bo‘lib, yuqori sifatli videokuzatuv xizmatlarini tashkil etish eng samarali va tasdiqlangan usullardan biri ekanligi ta'kidlangan. Hujjatda O‘zbekistonning o‘ziga xos sharoitlarida rivojlangan mamlakatlarda muvaffaqiyatli joriy etilgan videokuzatuv xizmatlarini joriy etish bilan bog‘liq masalalar ham tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: videokuzatuv tizimlari, yo‘l harakati xavfsizligi, aqlli transport tizimlari, raqamli boshqaruv, avtomobil yo‘llari, transport infratuzilmasi, me'yoriy-

ISSN 3030-3907

huquqiy baza, texnik standartlar, profilaktik nazorat, yo‘l-transport hodisalari, raqamli texnologiyalar, axborot xavfsizligi, boshqaruv samaradorligi.

Introduction:

In recent years, the level of utilization of automobile roads in the Republic of Uzbekistan has been increasing significantly. The development of the digital economy, population growth, the expansion of urbanization processes, and the yearly rise in the share of automobile transport have led to a growing demand for road infrastructure. According to data from the State Committee on Statistics, between 2018 and 2024 the number of vehicles in the country increased by nearly 40%, which in turn resulted in higher traffic intensity and greater complexity in ensuring road traffic safety.

This process, in turn, requires new approaches to road infrastructure management. Traditional control systems, being heavily dependent on the human factor, are unable to fully monitor all situations in real time. Therefore, the introduction of digital technologies, particularly video surveillance systems, is regarded as an integral component of the modern transport management concept.

Today, video surveillance systems serve not only as monitoring tools but also as crucial sources of information for analytical purposes and decision-making in management. The data obtained through such systems make it possible to evaluate, in real time, the behavior of road users, traffic density, the technical condition of roads, accident-prone zones, and environmental load. On this basis, scientifically grounded mechanisms for planning and optimizing traffic flow can be developed.

One of the most important aspects of introducing digital technologies is the reduction of the human factor. Video surveillance systems automatically detect and record traffic violations such as speeding, running red lights, and ignoring road signs. As a result, the workload of road patrol services decreases, subjective approaches in monitoring are eliminated, and the level of transparency and the rule of law increases. Moreover, automated fine systems improve driver discipline, foster road culture, and have a preventive effect.

Another significant advantage of expanding video surveillance services is the creation of analytical databases. Based on the collected video data and their processed analytical indicators, it becomes possible to model traffic flow, identify problematic areas, and develop plans for infrastructure modernization. For instance, in high-density traffic zones, traffic light cycles can be automatically adjusted, or alternative routes can be identified to prevent congestion. Such analytical mechanisms are a key element of the “smart city” concept.

Main Part:

ISSN 3030-3907

The necessity of establishing video surveillance systems on highways is justified by a number of scientific, technical, and social factors. Today, the annual increase in the number of vehicles makes the issue of road traffic safety even more pressing. According to the data from the Traffic Safety Service of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan, about 35 percent of road traffic accidents that occurred in the country in 2023 were caused by human factors — such as driver negligence, speeding, failure to obey traffic signals, or other violations. From this perspective, video surveillance systems are among the most effective technological tools that help prevent such incidents, detect them, and ensure a prompt response to violations.

Video surveillance systems primarily serve to establish automated control mechanisms in ensuring road traffic safety. For example, through automatic number plate recognition technology, it is possible to determine in real time information such as vehicle speed, technical inspection status, insurance validity, or unpaid fines. This approach minimizes the impact of the human factor, prevents corruption, and makes the process more transparent and fair. Moreover, such systems transmit data to a centralized database, enabling appropriate measures to be taken automatically based on analytical processing.

Video surveillance systems also play an important role in analyzing traffic density, road infrastructure load, and congestion levels. Modern cameras equipped with artificial intelligence not only record images but also analyze parameters such as speed, traffic flow, and the efficiency of traffic light signals. This provides real-time analytical data to traffic management centers, allowing them to optimize traffic light cycles, suggest alternative routes, and predict congestion in advance. Such systems are also environmentally beneficial, as balancing traffic flow helps reduce the amount of harmful emissions released into the atmosphere.

ISSN 3030-3907

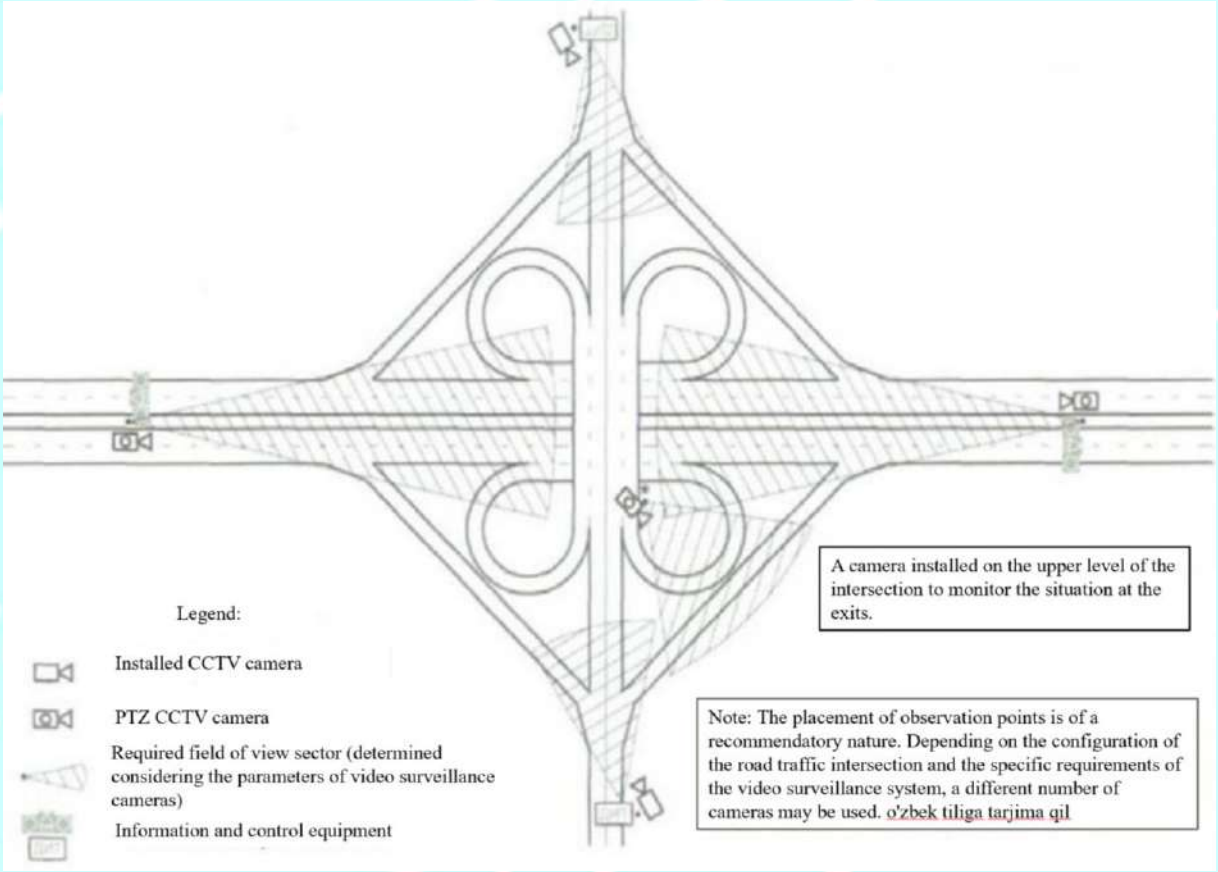


Figure 1. Layout of video surveillance service elements at intersections

Video surveillance systems play an important role not only in ensuring safety but also in maintaining public order. Cameras installed along roads and at traffic intersections serve as vital sources of information in detecting criminal activities, vehicle thefts, illegal cargo transportation, and the movements of individuals under criminal investigation. In this way, video surveillance systems integrated into the road infrastructure enable law enforcement agencies to take prompt actions, solve crimes, and prevent potential offenses.

It should be particularly emphasized that the implementation of video surveillance systems is not merely a technical task, but a process that requires the creation of a comprehensive management framework. For these systems to operate effectively, mechanisms for data collection, processing, and analysis must be closely interconnected. Moreover, strengthening privacy and personal data protection measures, developing technical maintenance infrastructure, and training qualified specialists are also essential components for sustainable functioning.

The large-scale implementation of video surveillance systems on Uzbekistan's highways is not only a means of enhancing road safety but also a significant step toward developing digital governance systems, improving the efficiency of public services, and ensuring citizens' security. Therefore, the establishment of video surveillance services should be supported at the state policy level and carried out on a sound scientific and technical basis.

ISSN 3030-3907

Scientific Basis and International Experience:

Global experience demonstrates that video surveillance systems are among the most effective digital management tools for ensuring road traffic safety. Developed countries have been implementing large-scale projects under the concept of "intelligent transport systems." For example, in the United Kingdom, the *Smart Motorways* program integrates high-definition cameras, speed sensors, and digital road signs installed along major highways. The collected data are transmitted to a central control system, which monitors traffic flow in real time, adjusts lane usage during congestion, and coordinates vehicle movement. As a result, the number of road traffic accidents in the country has decreased by approximately 18–20 percent in recent years.

The experience of South Korea is also noteworthy. Within the framework of the *Smart City Traffic Management System* project, every major city in the country is managed through a unified network of video surveillance cameras. Using artificial intelligence algorithms, the system analyzes traffic density, optimizes vehicle speed, and automatically adjusts the operation of traffic lights. According to the Korean Ministry of Transport, in areas where such systems have been implemented, the number of road traffic accidents has decreased by an average of 25 percent, while traffic efficiency has increased by 30 percent.

Singapore's *Intelligent Road Network* project has also been implemented successfully. Cameras installed at every intersection not only monitor traffic conditions but also analyze the level of vehicle emissions. This approach ensures both road safety and environmental sustainability. Based on the collected data, the government automatically determines the amount of the *congestion charge*, which encourages drivers to adopt more responsible behavior on the road.

The United Nations' *Global Road Safety Strategy to 2030* identifies the implementation of digital monitoring technologies as one of the key priorities for improving road safety. According to the document, the introduction of video surveillance and automated monitoring systems could reduce road traffic fatalities by up to 50 percent. Guided by this strategy, many countries are actively integrating advanced digital technologies into their transport infrastructure.

In Uzbekistan, significant reforms have also been undertaken in recent years in this direction. Under the *Safe City* and *Smart Road* projects, the number of video surveillance points in the capital and regional centers is steadily increasing. These systems automatically detect violations such as speeding, disobedience to traffic signals, and disregard for road signs. As a result, not only has traffic discipline improved, but the overall road safety culture has also been gradually enhanced.

International practice confirms that the implementation of video surveillance systems plays a vital role in ensuring road traffic safety, reducing human error,

ISSN 3030-3907

optimizing traffic flow, and decreasing environmental impact. For Uzbekistan, adapting these experiences to local conditions represents one of the most important directions for modernizing road infrastructure, enhancing safety, and advancing digital management systems.

Conclusion:

The expansion and modernization of video surveillance services on Uzbekistan's highways, based on modern technologies, is becoming a matter of strategic importance today. This initiative is not only related to ensuring road traffic safety, but also serves as a crucial tool for the digitalization of the transport system, improving management efficiency, strengthening environmental sustainability, and combating criminal activities. In modern conditions, the efficiency of transport infrastructure is determined not only by road quality or the number of vehicles, but also by the level of digital mechanisms used in its management. From this point of view, the large-scale implementation of video surveillance systems represents a comprehensive approach aimed at ensuring national security, economic stability, and social well-being.

Furthermore, to ensure the stable technical performance of video surveillance systems, it is necessary to implement technical requirements that comply with international standards. For instance, the ISO/IEC 62676 standard (*Video surveillance systems for use in security applications*) defines criteria such as camera quality, image resolution, transmission protocols, and the level of data protection. Integrating such standards into national regulatory documents will enhance the quality of cameras and server systems installed in Uzbekistan and allow them to be connected to a unified information platform.

Thus, the expansion and modernization of video surveillance services on Uzbekistan's highways is not merely a technological project but a strategically significant systemic reform. Its successful implementation requires the improvement of the regulatory and legal framework, adaptation of technical standards to international norms, training of qualified specialists, and seamless integration with artificial intelligence technologies. Such an approach will not only enhance road safety but also ensure the transition to an intelligent and sustainable model of transport system management.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'G'Li, E. B. A. (2023). YO'LLARDA AVTOTRANSPORT HODISALARINI KESKIN ORTISHINI SABABLARI VA OLDINI OLISH CHORALARI TAHLILI. Механика и технология, (3 (6) Спецвыпуск), 99-104.

2. O'G'Li, E. B. A., & Qizi, A. D. Q. (2024). AVTOMOBIL YO 'LLARIDA VIDEOKUZATUV TIZIMLARINI JORIY QILISH ZARURATI VA TARTIBI. Механика и технология, 2(15), 113-118.

ISSN 3030-3907

3. Eshmuradov, D., & Ergashov, B. (2023). General issues of implementation of intellectual transport systems in the cities of Uzbekistan. Science and innovation, 2(A4), 112-116.
4. Dilshod, E., Bahadir, E., & Saidullahon, A. (2023). The role of surveillance cameras at intersections in preventing car accidents. Universum: технические науки, (6-4 (111)), 45-47.
5. Bakhodir, E., & Saydrasul, M. INTERNATIONAL BEST PRACTICES IN THE DEPLOYMENT AND CERTIFICATION OF HIGHWAY VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS AND THEIR ADAPTATION TO THE NATIONAL FRAMEWORK.

ISSN 3030-3907

УДК 661.471.64

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЙОДА ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХИМИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРОСОРБЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Бегманов Сафар Нурмаматович

доцент Навоийского государственного горно-технологического университета PhD.

Annotatsiya. Lazurniy, Kruk va Umid konlarining yer osti suvlari kimyoviy tarkibini o‘rganish hamda ularning tarkibidagi yod va unga hamroh komponentlarning miqdorini aniqlash maqsadida kompleks tadqiqotlar olib borildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, yodning eng yuqori konsentratsiyasi Kruk va Umid konlarining suvlarida aniqlanib, ularning miqdori mos ravishda 21,8 va 55,20 mg/l ni tashkil etadi. Qo‘shimcha ravishda, natriy gipoxlorit va faol xlor kabi turli oksidlovchi reagentlarning yodid-ionlarning molekulyar yodga aylanish jarayoniga ta’siri o‘rganildi. Tajriba ma’lumotlari shuni ko‘rsatdiki, reaksiya intensivligi harorat, muhitning kislotaliligi (pH) va qo‘llanilgan oksidlovchi moddalarning konsentratsiyasiga bevosita bog‘liq. Bundan tashqari, tabiiy yer osti suvlardan yodni ajratib olishda elektrosorbsiya usulini qo‘llash xususiyatlari ko‘rib chiqildi. Bunda sorbent sifatida Norit RO NMU-20 markali faollashtirilgan ko‘mir hamda AM-2B markali ion-almashuvchi material ishlatildi. Olingan natijalar ushbu yondashuvning laboratoriya va yarim sanoat sinovlarida samaradorligini tasdiqladi hamda uni amaliyotga joriy etish istiqboli mavjudligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: yod, elektrosorbsiya, yer osti suvlari, izoamil spirti, sorbentlar, artezian havzalari, elektroliz, barbatirlash, ekstragent.

Аннотация. Проведено комплексное исследование химического состава подземных вод месторождений Лазурный, Крук и Умид с целью определения содержания йода и сопутствующих компонентов. В результате анализа выявлено, что максимальные концентрации йода зафиксированы в водах месторождений Крук и Умид, где их значения составляют соответственно 21,8 и 55,20 мг/л. Дополнительно изучено влияние различных окислительных реагентов — гипохлорита натрия и активного хлора — на процесс превращения иодид-ионов в молекулярный йод. Экспериментальные данные показали, что интенсивность реакции напрямую зависит от температуры, кислотности (pH) и концентрации используемых окислителей. Кроме того, рассмотрены особенности применения электросорбционного метода выделения йода из природных подземных вод с использованием в качестве сорбентов активированного угля марки Norit RO NMU-20 и ионообменного материала АМ-2Б. Полученные результаты подтвердили эффективность данного подхода при лабораторных и полупромышленных испытаниях, что

ISSN 3030-3907

демонстрирует его перспективность для дальнейшего практического внедрения.

Ключевые слова: йод, электросорбция, подземные воды, изоамиловый спирт, сорбенты, артезианские бассейны, электролиз, барбатирование, экстрагент.

Annotation. A comprehensive study of the chemical composition of underground waters from the Lazurny, Kruk, and Umid deposits was carried out to determine the content of iodine and associated components. The analysis revealed that the highest iodine concentrations were recorded in the waters of the Kruk and Umid deposits, amounting to 21.8 and 55.20 mg/L, respectively. In addition, the influence of various oxidizing agents — sodium hypochlorite and active chlorine — on the oxidation process of iodide ions into molecular iodine was investigated. Experimental data showed that the reaction intensity directly depends on temperature, acidity (pH), and the concentration of oxidizers used. Furthermore, the features of applying the electrosorption method for extracting iodine from natural underground waters were examined, using activated carbon of the Norit RO NMU-20 grade and the ion-exchange resin AM-2B as sorbents. The obtained results confirmed the effectiveness of this approach in laboratory and semi-industrial experiments, demonstrating its potential for further practical implementation.

Keywords: iodine, electrosorption, underground waters, isoamyl alcohol, sorbents, artesian basins, electrolysis, bubbling, extractant.

Введение

Йод является химическим элементом, который в природных условиях встречается практически во всех компонентах биосферы — в горных породах, почвенном покрове, природных водах, а также в организмах животных, растений и человека.

Изучение закономерностей распределения йода в природе началось с фундаментальных исследований академика В. И. Вернадского, который одним из первых установил наличие этого элемента в морских и речных водах, а также в составе некоторых минералов. Согласно его расчётам, общее количество йода, сосредоточенное в земной коре, оценивается в пределах 10^{13}–10^{14} тонн [1].

Значительный вклад в исследование распространения соединений йода внёс академик А.Е.Ферсман. В своих трудах он показал, что заметные концентрации йода обнаруживаются в осадочных и магматических породах, почвах, водных источниках и живых системах [2].

Повышенное внимание к изучению йода связано с исключительной биологической значимостью этого элемента для функционирования живых

ISSN 3030-3907

организмов. Особенно остро вопрос обеспеченности йодом стал рассматриваться после установления взаимосвязи между его дефицитом и развитием эндемического зоба — заболевания, распространённого среди населения горных и болотистых регионов [3].

Минералы, для которых йод выступает основным структурным компонентом, встречаются крайне редко. Обычно он входит в состав природных галогенидов серебра и меди, которые обнаружены в отдельных месторождениях серебряных руд. Кроме того, известен редкий минерал лаутарит — $Ca(IO_3)_2$, найденный в нитратных месторождениях Южной Америки [4].

Проведено исследование содержания йода в горючих сланцах Кохта-Ярвинского месторождения (кукерсит) и в продуктах их последующей переработки. Средние значения концентрации йода в образцах кукерсита составляют $(0{,}57–0{,}75)\times10^{-3}$%. На основании анализа полученных данных авторы пришли к выводу, что использование данного вида горючих сланцев в качестве альтернативного источника йода для промышленного извлечения экономически нецелесообразно [5].

Промышленные подземные воды отличаются значительным распространением по территории и обладают крупными эксплуатационными запасами. Эти воды, как правило, представляют собой сложные многокомпонентные системы, которые могут рассматриваться как потенциальное сырьё для комплексного извлечения ряда ценных химических элементов, включая йод и бром.

В период независимого развития Узбекистана на нескольких месторождениях — Гуртепа (Наманганская область), Ханкыз (Ферганская область), Хаудак и Кокайты (Сурхандарьинская область), а также Крук (Бухарская область) — были внедрены опытно-промышленные установки, предназначенные для добычи йода методом воздушной десорбции. Несмотря на положительные результаты, у данного метода имеются существенные недостатки: для окисления иодид-ионов требуется использование свободного хлора, который, во-первых, токсичен, а во-вторых, труднодоступен и дорогостоящ. В результате по ряду технических и экономических причин указанные установки в настоящее время не функционируют.

Потребность промышленности Узбекистана в кристаллическом йоде превышает 50 тонн в год и полностью покрывается за счёт импорта из Чили, Японии и Туркменистана. Между тем на территории страны имеются значительные запасы попутных вод нефтяных месторождений, содержащих йод, однако их промышленная переработка и систематическая добыча пока не налажены.

ISSN 3030-3907

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Согласно данным из различных литературных источников, на территории Бухарской, Кашкадарьинской и Ферганской областей Республики Узбекистан располагается значительное количество подземных вод, а также сопутствующих нефтяных и гидротермальных вод. Изучением этих вод занимались многие научные исследователи. В частности, такие ученые, как А.С. Хасанов, И.А. Умбаров, Е.А. Шаповалова и С.А. Бакиев, проводили работы, посвященные извлечению ценных элементов из состава подземных вод. Так, Саиднасим Бакиев исследовал структуру, направление потоков и химический состав подземных бассейнов, тогда как Иброхим Умбаров сосредоточил внимание на определении количественного и качественного состава подземных вод республики, а также на выделении элемента йода.

Для получения йода был проведён анализ состава ряда водных источников, по которым осуществлялись дополнительные научные исследования. К числу таких источников относятся месторождения «Умид», «Крук» и некоторые другие. В частности, на территории Кашкадарьинской области, в Мубарекском районе, в пределах месторождения «Умид» было установлено присутствие иодид-ионов в составе высокоминерализованных подземных вод, формирование которых связано с нефтяными пластами, залегающими на глубине от 300 до 3500 метров.

Таблица 1

Химический состав воды в месторождениях Лазурный, Крук и Умид

№	Наименование компонентов	Содержание компонентов в месторождениях, мг/л		
		Лазурный	Крук	Умид
1	Ca^{+2}	11,1	3006,0	150
2	Mg^{+2}	66,3	851,2	70
3	Na^{+}	-	24295,5	1069,56
4	K^{+}	-	517,5	1069,56
5	Ba^{+2}	4,6	-	-
6	Sr^{+2}	59,2	-	-
7	Zn^{+2}	-	-	0,24
8	SiO_2	261,8	-	-
9	Mn^{+2}	0,91	0,34	0,55
10	Ni^{+2}	0,009	3,10	4,64
11	Pb^{+2}	0,044	2,23	2,8
12	Al^{+3}	-	0,02	0,34
13	Cu^{+2}	-	0,22	0,30
14	Fe^{+2}	1,4	-	-

ISSN 3030-3907

15	Fe^{+3}	-	2,58	0,14
16	Mo^{+2}	-	0,30	1,065
17	Co^{+2}	-	4,06	6,19
18	Cr^{+3}	-	0,13	0,14
19	F^{-}	-	0,66	1,39
20	I^{-}	1,0-1,2	21,8	55,20
21	Br_2	-	-	-
22	Br^{-}	20-90	198,9	436,80
23	NO^{3-}	-	0,37	0,06
24	NO^{2-}	0,015	0,24	0,01
25	Cl^{-}	7200	45376,0	1280,00
26	HCO_3^{-}	-	500,36	8,20
27	SO_4^{2-}	51,0	255,19	5,31
28	pH	7,5	7,7	7,7

В связи с этим были проведены исследования по определению химического состава подземных вод месторождений Умид и Крук, расположенных в Караулбазарском районе Бухарской области, а также месторождения Лазурный в Навоийской области. Результаты аналитических испытаний сведены в таблицу 1.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что среди исследованных подземных вод наибольшие концентрации йода и брома зафиксированы в месторождениях Умид и Крук. Содержание данных элементов составляет соответственно 55,20 и 436,8 мг/л для месторождения Умид, а также 21,8 и 198,9 мг/л для Крука. Таким образом, именно эти водоносные горизонты могут рассматриваться как наиболее перспективные источники для дальнейшего извлечения йода и брома.

Как отмечено в работе [6], характер протекания процесса окисления иодид-ионов в молекулярный йод под воздействием различных окислителей носит динамический и предельный характер, то есть скорость реакции возрастает лишь до определённого значения, после чего стабилизируется.

Согласно данным таблицы 2, максимальный эффект окисления достигается при использовании гипохлорита натрия (NaClO) при соблюдении стехиометрического соотношения реагирующих компонентов. Экспериментально установлено, что понижение значения pH среды способствует увеличению степени перехода иодид-ионов в элементарный йод. На практике гипохлорит натрия является наиболее удобным и безопасным окислителем, что объясняется его доступностью и

ISSN 3030-3907

промышленным производством в виде 19%-ного водного раствора на предприятии АО «Навоиазот».

При исследовании температурного влияния на процесс окисления было определено, что оптимальный температурный диапазон для данной системы составляет 25–30 °C (рис. 1). Наблюдаемый экстремальный характер зависимости скорости окисления от температуры можно объяснить тем, что при повышении температуры до 28 °C скорость реакции возрастает, однако при дальнейшем нагревании доминирующим становится процесс испарения йода из системы, что приводит к снижению эффективности окисления.

На следующем этапе работы был детально изучен процесс выделения йода из рассола. Учитывая хорошую растворимость йода в спиртах, была рассмотрена возможность применения изоамилового спирта (марки «чистый») — широко используемого в промышленности органического экстрагента, не смешивающегося с водой.

В таблице 3 приведены экспериментальные данные, показывающие зависимость степени извлечения йода от числа циклов экстракции с использованием изоамилового спирта. Как видно, насыщение экстрагента происходит уже после трёх циклов, что требует проведения его регенерации путём перегонки перед повторным применением. Этот технологический этап характеризуется значительными энергетическими затратами и частичной потерей растворителя в процессе перегонки. Кроме того, использование изоамилового спирта сопряжено с повышенной пожарной опасностью, поскольку данное соединение относится к категории легко воспламеняющихся жидкостей.

Кроме того, в рамках проведённых исследований была рассмотрена возможность использования свободного хлора, производимого на АО «Навоиазот», в качестве окислителя при извлечении йода из подземных вод.

Процесс выделения йода из вод нефтяных месторождений с применением газообразного хлора реализуется по следующей технологической схеме [7]. Предварительно исходная вода подвергается подкислению раствором соляной кислоты до значения pH = 2. После этого через подкисленную среду пропускают поток хлора со скоростью $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ м³/с, что обеспечивает окисление иодид-ионов до элементарного йода. Образующийся йод экстрагируется органическим растворителем — изоамиловым спиртом, в результате чего достигается степень извлечения порядка 72,2%.

Несмотря на определённую эффективность данного метода, его практическое применение ограничено. Основными недостатками являются относительно низкий выход целевого продукта, а также необходимость

ISSN 3030-3907

использования свободного хлора и серной кислоты, которые, с одной стороны, токсичны и требуют строгого соблюдения мер безопасности, а с другой — не всегда доступны в нужных объёмах.

В связи с этим возникает необходимость разработки альтернативных технологических подходов, обеспечивающих более высокие показатели извлечения йода при одновременном снижении затрат и минимальном воздействии на окружающую среду. Перспективными в данном направлении считаются методы, исключающие применение агрессивных химических реагентов и основанные на физико-химических принципах сорбции или электросорбции.

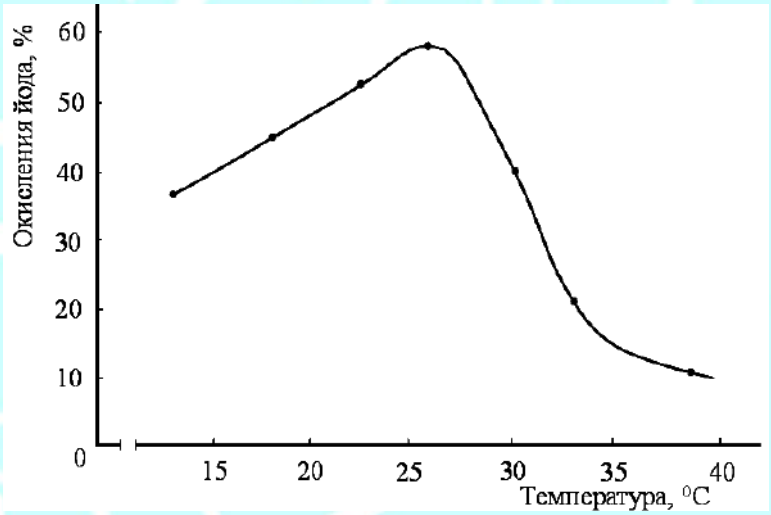


Рис.1. Зависимость температуры системы на процесс окисления йодида иона (pH=3, окислитель NaClO)

В ходе исследований нами была рассмотрена и экспериментально проверена электросорбционная технология выделения йода из природных рассолов.

Для проведения опытов была использована специально сконструированная лабораторная установка, совмещающая функции сорбционной колонки и проточного электролизёра. Конструктивно установка представляет собой цилиндрический корпус, нижняя часть которого оснащена графитовым электродом. На поверхность электрода помещён слой активированного угля марки Norit RO NMU 20, предварительно тщательно прессованный с целью увеличения плотности и улучшения контактных свойств.

Над слоем угля установлен медный катод, что обеспечивает формирование электродной системы, необходимой для протекания электросорбционного процесса. Такое конструктивное решение позволяет одновременно осуществлять процессы электролиза и сорбции, повышая эффективность извлечения йода из солевых растворов природного происхождения.

ISSN 3030-3907

Таблица 2

Влияние концентрации окислителей на процесс перехода йодидов в йод ($V_{общ}$ =100 мл, $C_{йода}$=55,2 мг/л, T=25-30°C, $t_{окис}$= 3 час.)

№ п/п	Окислитель		pH	Концентрация йода, мг/л	Окисление йода, %
	Наименование	Концентрация, мг/мл			
1	NaClO	0,228	5,0	8,17	14,80
2	NaClO	0,456	5,0	12,88	23,33
3	NaClO	0,684	5,0	17,69	32,05
4	NaClO	0,912	5,0	21,11	38,24
5	NaClO	1,140	5,0	26,40	47,83

В качестве примера можно привести следующий опыт. При использовании 200 г активированного угля марки Norit RO NMU-20 в качестве сорбента из гидротермальной воды месторождения «Умид», содержащей от 50 до 55 мг йодид-ионов в каждом литре, было зафиксировано поглощение примерно 370 мг йода.

После завершения стадии сорбции направление электрического тока в системе было изменено на противоположное. При этом при силе тока 20 мА и приложенном напряжении 2 В наблюдалось полное высвобождение адсорбированного йода с поверхности угольного слоя в раствор в форме йодид-ионов.

Таким образом, полученные результаты подтверждают возможность эффективного регенерирования сорбента и возврата йода в раствор без значительных потерь вещества, что делает электросорбционную технологию перспективной для практического применения.

Таблица 3

Извлечение йода из попутных вод при различных количествах циклов использования изоамилового спирта ($C_{исх}$=55,2 мг/л, t=3 час, окислитель NaClO, извлекающий реагент - изоамиловый спирт)

№	Цикл извлечения	Количество изоамилового спирта, г	Объем технического р-ра, мл	T, °C	Извлечение, %
1	1	10	100	25	43,08
	2	10	100	28	51,70
	3	10	100	30	37,15

Процесс сорбции наглядно иллюстрируется с помощью кривых сорбции, отражающих характер изменения концентрации йодид-ионов в фильтрате в зависимости от объема прошедшего через колонку раствора.

ISSN 3030-3907

Одновременно строится вторая зависимость — кривая динамической обменной ёмкости сорбента (активного угля) по отношению к йоду от того же объема пропущенного раствора. Эти графические зависимости (рис. 2 и 3) позволяют визуализировать ход процесса сорбции и наглядно оценить эффективность работы угольного слоя как сорбционного материала.

Основополагающая концепция данного метода может быть разъяснена следующими положениями. Поскольку активированный уголь характеризуется способностью проводить электрический ток, он, будучи предварительно насыщенным иодом, способен выполнять функции катода в электролитической системе. Это позволяет реализовать процесс восстановления элементарного йода до иодид-ионов путем пропускания через систему строго дозированного количества электричества.

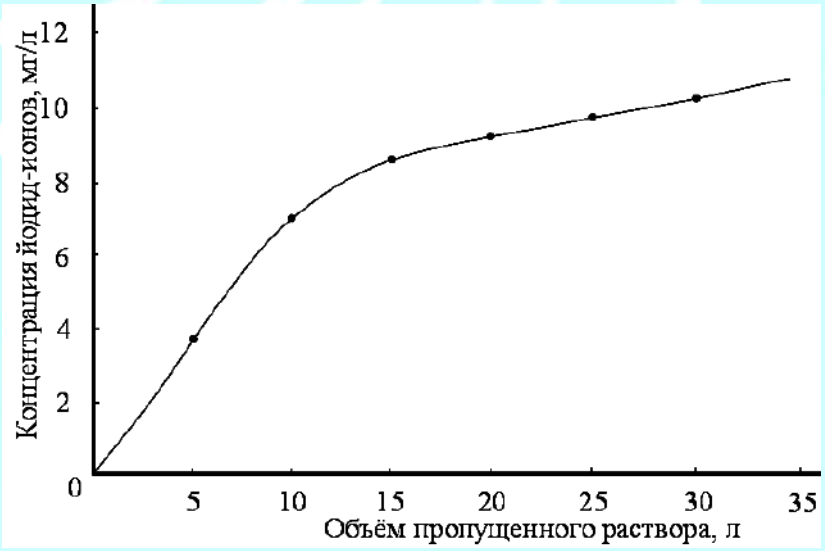


Рис.2. Выходная кривая сорбции йода из естественных растворов с CI= 10 мг/л

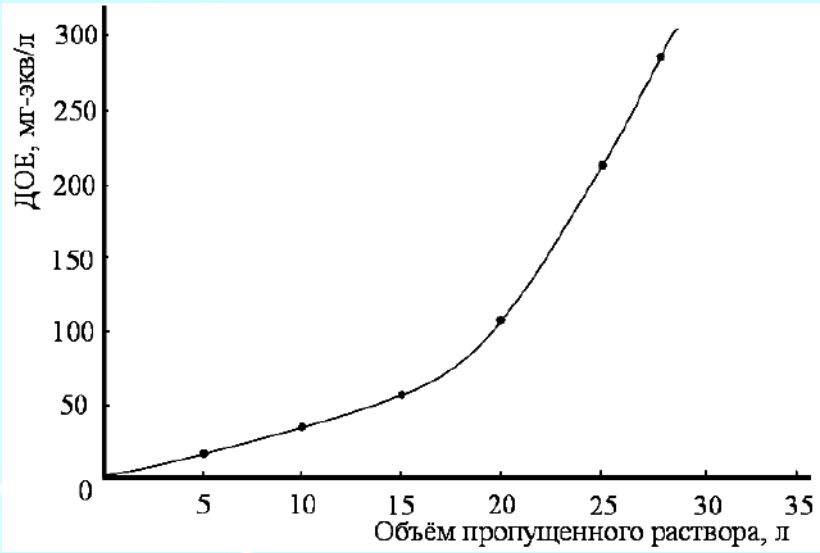


Рис.3. Зависимость динамической обменной емкости сорбента Norit RO NMU-20 от объема пропущенного раствора

ISSN 3030-3907

Если при этом использовать дополнительный (вспомогательный) электрод, материал которого подобран таким образом, чтобы исключить возникновение значительных скачков потенциала на его поверхности, то энергетические затраты процесса будут определяться в первую очередь потенциалом, необходимым для восстановления йода до иодидной формы.

Схематическое представление протекающих на электродах электрохимических реакций и механизмов взаимодействия компонентов приведено на рисунке 4, где отображены основные стадии электрохимического преобразования и распределения потенциалов в системе.

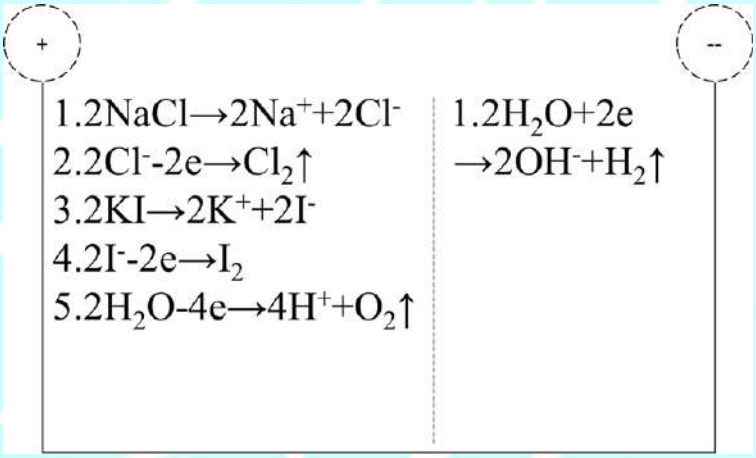


Рис.4. Схема электросорбционных процессов, протекающих на электродах

Анализ представленной схемы показывает, что в анодной зоне электролизера в результате разложения воды выделяются свободные катионы водорода. Их присутствие способствует формированию кислой среды, необходимой для эффективного протекания процесса окисления йодид-ионов. В этих условиях йодиды подвергаются электрохимическому окислению с образованием молекулярного йода, который далее сорбируется на поверхности активированного угля.

Следует отметить, что помимо водорода, на аноде также выделяются хлор и кислород, играющие роль дополнительных окислителей, усиливающих степень превращения йодидов. После завершения процесса сорбции раствор проходит через катодную область электролизера, где происходит нейтрализация кислой среды за счёт взаимодействия с гидроксид-ионами, выделяющимися из воды на катоде.

Полученные экспериментальные данные лабораторных испытаний сведены в таблицу 4, где отражены основные параметры процесса и его эффективность. Таким образом, проведённые исследования подтвердили возможность выделения йода электросорбционным методом за счёт одновременного подкисления раствора, электрохимического окисления

ISSN 3030-3907

йодидов до элементарного йода и его сорбции на угольном сорбенте в анодном пространстве электролизера.

Таблица 4

Данные по электросорбционному извлечению йода на лабораторной установке

Показатель	**Опыт**
Продолжительность электролиза, ч	75
Пропущенное кол-во электричества, А-ч	6
Сила тока, мА	0,20-0,30
Напряжение, В	1,5-2,0
Потребляемая мощность, кВт-ч	0,012
pH электролита (нач./кон.)	7,5/6,5
Содержание I- в исходном растворе, мг/л	55,0-70,0
Выход по току I-, %	92,2

Таблица 5

Наиболее перспективные месторождения для организации промышленной добычи йода из подземных вод

№	**Месторождения**	**Содержание йода, мг/л**		**Прогнозные ресурсы**	
		от	**до**	**Воды, $м^3$/сут**	**Йода, т/год**
Бухарская и Кашкадарьинская область					
1.	Крук	16	36	9282	94,5
2.	Умид	40	73	1632	16,7
3.	Северный Уртабулак	30	46	21592	321,5
4.	Джарчи	25	34	-	-
Наманганская область					
5.	Гуртепа	13	16	346 - 1296	41-194

Одной из важнейших и актуальных задач для отечественной фармацевтической, химической и пищевой отраслей сегодня является создание и развитие производств йодсодержащих соединений на основе собственных природных ресурсов. Востребованность в кристаллическом йоде для нужд различных производственных секторов в стране превышает 50 тонн ежегодно. При этом значительная часть доступных запасов йода в Узбекистане сосредоточена в подземных пластовых водах, сопровождающих нефтяные месторождения, где элемент находится в растворённом состоянии.

Согласно постановлению Президента Республики Узбекистан № ПП-2298 от 11 февраля 2025 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2025–2029 годы», организация промышленного выпуска кристаллического йода была

ISSN 3030-3907

определена одной из приоритетных задач государственной программы импортозамещения.

В настоящее время на территории страны йодсодержащие воды выявлены в ряде регионов — в частности, в Бухарской, Кашкадарьинской, Ферганской и Наманганской областях. Наиболее изученные и перспективные по содержанию йода месторождения — Крук, Умид, Северный Уртабулак, Джарчи, Гуртепа, Чортак и другие.

Оценка прогнозных запасов подземных вод, полученная на основе гидрогеологических исследований и данных Государственной комиссии по запасам Республики Узбекистан (ГКЗ РУз), показывает, что ресурсы артезианских бассейнов обладают значительным потенциалом промышленного освоения. По состоянию на 1 января 2010 года суммарные прогнозные запасы промышленных подземных вод нефтяных месторождений страны представлены в таблице 5.

Результаты анализа этих данных свидетельствуют, что суточный объём извлекаемой из нефтяных скважин воды составляет порядка 32,9–33,8 тыс.м³, что при соответствующей технологии может обеспечить получение до 500 тонн кристаллического йода в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований авторами была собрана опытно-экспериментальная установка, реализующая электросорбционный метод выделения йода из природных рассолов. Данный способ обеспечивает высокий коэффициент извлечения — не менее 90 %. В качестве сорбционных материалов применялись активированный уголь и специально подобранный анионит, что позволило значительно повысить эффективность процесса.

Таким образом, внедрение электросорбционной технологии извлечения йода из пластовых вод нефтяных месторождений Узбекистана позволит не только полностью удовлетворить внутренние потребности страны в данном элементе, но и в перспективе выйти на уровень его экспорта на зарубежные рынки.

СПИСОК ИСПОЛЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. –М.: Горгеонефтиздат, 1934. 380 с.
2. Ферсман А.Е. Геохимия. –М.: Госхимиздат, 1939. 399 с.
3. Популярная библиотека химических элементов. // Под ред. Петриянова И.В. и Соколова Н.Т. -М. -1980. 130 с.
4. Ксензенко В.И, Стасиневич Д.С. Технология брома и йода. –М.: ГХИ, 1960. 303 с.

ISSN 3030-3907

5. Овчинникова И.А., Жилин А.Г., Тамачева Э.И. О возможности привлечения нового вида сырья (Кукериста) для промышленного получения йода // Синтез йода, брома и их соединения. -М. -1985. С. 29-32.
6. Мухиддинов Б.Ф., Санакулов К.С., Хасанов А.С., Вапоев Х.М. Извлечение йода из подземных вод в химических реагентах Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», г.Навои, 15-16 ноября2016 г. С. 287-288.
7. Мухиддинов Б.Ф., Хасанов А.С., Вапоев Х.М., Бекманов С. Нефт конлари кудуклари сувла-ридан йод ва бромни ажратиб олиш. Материалы республиканской научно –практичес-ческой конференции «Кимё фанининг долзарб муммолари ва уни ўқитишда инновацион технологиялар», Тошкент, 30-31 марта 2016 г, С.12-13.

ISSN 3030-3907

QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGIDA ISHLAYDIGAN ELEKTR MOTORLARNING KAMCHILIKLARI VA ULARNING YECHIMI.

Yunusov Rustem Faikovich
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti “Elektrotexnologiya va elektr uskunalar ekspluatatsiyasi” kafedrasi dotsenti
Rahmonov Shahobiddin Safaralievich
Qarshi davlat texnika universiteti “Elektr ta’minoti va intellektual energetik tizimlar” kafedrasi assistent o‘qituvchisi
E-mail: shahobiddinziyo9970511@.gmail.com
Xushboqov Botir Azamat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti Energetika kafedrasi assistenti.
E-mail: botirjonxushboqov24@gmail.com
Abdullayev Mashrab Xamro o‘g‘li
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Elektrotexnika va energetika kafedrasi stajyor-o‘qituvchisi
E-mail: abdullayev.mashrab@urdu.uz

Annotatsiya. Bugungi kunda bozor iqtisodiyoti sharoitida xalq xo‘jaligining turli sohalarida turli elektr uskunalardan foydalanish ularni rivojlantirish soha mutaxasislarning oldiga o‘lkan vazifalarni qo‘ymoqda. Jahon tajribalarini hisobga olgan holda sanoat, qishloq va suv xo‘jaligini eng ko‘p ish bajaradigan va elektr energiyaning ko‘p talab qiladigan elektr uskuna, bu elektr motorlar hisoblanadi.

Bularning ichida qishloq va suv xo‘jaligida ishlatiladigan elektr motorlar o‘zining tuzulishi va ishlash sharoiti bilan sanoat elektr motorlardan farq qiladi. Ularga texnik xizmat ko‘rsatish, joriy remont qilish, ishlash davomiligini oshirish kabi muamolar muhandis energetiklarning asosiy yechilishi kerak bo‘lgan masalalardan biri bo‘lib kelmoqda.

Kalit so‘zlar: elektr motor, qishloq va suv xo‘jaligi, suv nasoslari, transporterlar, pritsep ag‘dargich, saralagich, ventilyatorlar, don ezgich, elektr stanoglar, texnik qarov, joriy remont.

Аннотация: Сегодня в условиях рыночной экономики, применение разнообразного электрооборудования в различных отраслях народного хозяйства ставит перед специалистами серьёзные задачи по его разработке. Мировой опыт показывает, что электродвигатели являются наиболее производительным и потребляющим электроэнергию электрооборудованием в промышленности, сельском и водном хозяйстве.

Среди них электродвигатели, используемые в сельском и водном хозяйстве, отличаются от промышленных электродвигателей своей конструкцией и условиями эксплуатации. Такие вопросы, как их техническое

ISSN 3030-3907

обслуживание, текущий ремонт и увеличение срока службы, являются одними из основных задач, которые необходимо решать энергетикам.

Ключевые слова: электродвигатель, сельское и водное хозяйство, водяные насосы, транспортеры, прицепной погрузчик, сортировщик, вентиляторы, зернодробилка, электроткацкие станки, техническое обслуживание, текущий ремонт.

Abstract: Today in a market economy, the use of diverse electrical equipment in various sectors of the national economy poses significant development challenges for specialists. Global experience shows that electric motors are the most productive and energy-consuming electrical equipment in industry, agriculture, and water management.

Among these, electric motors used in agriculture and water management differ from industrial electric motors in their design and operating conditions. Issues such as their maintenance, routine repair, and service life extension are among the key challenges facing power engineers.

Key words: electric motor, agriculture and water management, water pumps, conveyors, trailer loader, sorter, fans, grain crusher, electric weaving machines, maintenance, routine repairs.

Kirish.

Mustaqil Respublikamiz xalq xo‘jaligi tarmoqlarining, shu jumladan qishloq va suv xo‘jaligi tarmoqlarining rivojlanish darajasini ulardagi ishlab chiqarish jarayonlarda qanchalik darajada elektr energiyasi qo‘llanilayotganligi bilan baholash mumkin. Qishloq va suv xo‘jaligi korxonalarida, fermer xo‘jaliklarida tobora ko‘proq elektrlashtirilgan jihozlar va uskunalar ishlatilmoqda. Elektr uskunalar miqdori ortib bormoqda. Respublikamiz agrar sohasida hozirda yirik va mayda nasos stantsiyalar agregatlari, chorvachilik va parrandachilik texnologik mashinalar qatorlari, qishloq xo‘jalik mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash ob’ektlarining elektr uskunalari ishlab turibdi.

Hozirgi kunda Respublikamizning Qishloq va suv xo‘jaligida ishlaydigan elektr uskunalarda katta e‘tibor berib kelmoqda. Oxirgi yillarda aholi turmish darajasining oshishi xo‘jaliklarning ko‘payishi qishloq xo‘jalik mahsulotlarga talabni ortib borishiga sabab bo‘lmoqda. Shu takidlash joyizki Respublikamizning joylashish geografiyasidan kelib chiqan holda Respublikamizni suv manbai bilan ta’minlaydigan Amudaryo va Sirdaryo daryolari hisoblanadi. Mamlakatimizning relifidan kelib chiqan holda bu daryolar mamlakatimizning quyi qismida joylashgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. O‘zbekistonning xaritaga joylashuvi.

Shuni hisobga olgan holda Respublikamizning yerlarini sug‘orish uchun suv nasoslaridan foydalaniladi. Suv nasoslarini ishga tushiriladigan qishloq va suv xo‘ligi uchun ixtisoslashtirilgan elektr motorlardan foydalanib kelmoqda.

Muamoning qo‘yilishi. Qishloq va suv xo‘jaligida turli texnologik jarayonlar va texnologik mashinalar bo‘lib, ularda foydalanilayotgan motorlar ham xilma-xil ish rejimlarda va ekspluatatsiya sharoitlarida bo‘ladilar. Ayniqsa nasos stantsiyalarida, chorvachilik fermalarida ishlab turgan motorlar og‘ir ekspluatatsiya sharoitida va ish rejimlarida bo‘ladilar. Paxta va don qabul qilish punktlarida changli muhitlar, omborlarda, issiqxonalarda yuqori namlik, chorvachilik va parrandachilik fermalarida yuqori namlik va kimyoviy agressiv muhit mavjud bo‘lib, elektr uskunalar izolyatsiyasiga alohida talablar qo‘yadi. Yoz mavsumlarida atrof muhit haroratining 40-45 ^{0}S bo‘lishi motorlarning yuklanish rejimlari va haroratini nazorat qilish va zarur bo‘lsa, qayta ko‘rib chiqishni taqozo qiladi.

Qishloq va suv xo‘jaligida ko‘pchilik jarayonlar mavsumiyligi bilan ajralib turadilar. Ularda elektr motorlardan foydalanish koeffitsienti sutka va yil davomida past bo‘lib qoladi. Masalan sug‘orish nasoslari yiliga 150-180 sutka ishlab tursa, meliorativ drenaj nasoslari 120-150 sutka davomida ishlatiladi. Tuzatish ustaxonalaridagi metallga ishlov berish stanoklari qisqa muddatli, qayta ishga tushadigan qisqa muddatli rejimlarda ishlatiladi. Paxta va don qabul qilish punklarida ham ko‘plab transporterlar, pritsep ag‘dargichlar, saralagich va tozalagichlar qisqa muddatli rejimlarda ishlaydi va ular yilning ma’lum bir mavsumlarida ishlatiladi (kuz, qish), yoki bir, ikki, uch smenada ishl

ISSN 3030-3907



2-Rasm. Surxondaryo “Muzurobod paxta tozalash AJ” zavodi.Yirik quvvatli elektr motorlar holatidan olingan lavha.

CHorvachilik fermalarida ham motorlardan foydalanish koeffitsienti 0,15…. 0,25 ni tashkil qiladi. Faqat tuzatish ustaxonalaridagi yordamchi xo‘jalik ob’ektlaridagi ventilyatorlar, fermalardagi ba’zi bir motorlar yil davomida ishlab turadilar. Butun qishloq va suv xo‘jaligidagi elektr motorlar quvvatlaridan foydalanish koeffitsienti 0,25 ni tashkil qiladi. Ularda o‘rnatilgan elektr motorlar esa doimiy ishlab turish rejimida foydalanishga mo‘ljallangan bo‘lib, ularni qisqa muddatlarga ortiqcha yuklash ruhsat etiladi. Elektr motorning yuklanishi rejimi uning qizish va namlik almashinish jarayoni dinamikasini belgilaydi. Motor ishlab turganida 40-50°S haroratda bo‘ladi va issiqlik va namlik gradienti motordan atrof muhitga yo‘nalgan bo‘ladi.

ISSN 3030-3907



3-Rasm: Surxondaryo “Muzurobod paxta tozalash AJ” zavodi.Yirik quvvatli elektr motorlar holatidan olingan lavha.

To‘xtab turganida esa motor havodan pastroq haroratli bo‘lib, namlik gradienti motorga yo‘nalgan bo‘ladi, motor izolyatsiyasiga namlik singa boradi. Agar motor tez-tez ishga tushirib ishlatilsa, issiqliq - ortiqcha yuklanishi ta’sirida uning izolyatsiyasi eskira boradi. Ba’zida ishga tushayotgan motor zajimlarida kuchlanish mudati cho‘zilib ketadi. Uzoq muddatda ishga tushish toki motorning qizib qolishi va tarmoqdagi boshqa iste’molchilar zajimida kuchlanishning pasayishi ayniqsa ta’minlovchi transformator quvvati nisbatan past bo‘lganda ko‘zga tashlanadi. Ba’zi bir texnologik mashinalar (don ezgich, yog‘och kesish stanogi) salmoqli bo‘lib, katta statik qarshilik momentiga ega bo‘ladi va motorni ishga tushish rejimini og‘irlashtiradi, ishga tushish muddatini uzaytiradi.



4-Rasm.Surxondaryo “Muzurobod paxta tozalash AJ” zavodi.Yirik quvvatli elektr motorlarni elektr holatini tekshirish jarayonlari.

ISSN 3030-3907

Muamoning yechimi. Qishloq va suv xo‘jaligining og‘ir sharoitlarini motorlar ekspluatatsiyasida hisobga olish zarur. Qish mavsumlarida past haroratda ba’zi bir texnologik agregatlarning ish mashinalari va detallari (go‘ng tozalash transporterining qirg‘ichlari) muzlab yoki qotib qolishi mumkin. Ularni ishga tushirishda motorlar qarshilikni enga olmay qisqa tutashuv rejimida qolishi mumkin. Agar texnologik mashina avvalgi texnologik operatsiyani oxiriga etkazmagan bo‘lsa ham, masalan don mashinasi bunkerlari va ish kameralari don bilan to‘la holatida to‘xtab qolgan bo‘lsa, qisqa tutashuv rejimi kuzatilishi mumkin.

Bunday manzara masalan tarmoqda bexosdan kuchlanish yo‘qolib, texnologik qator to‘xtab qolganida bo‘ladi. Yana texnologik mashinaning ishchi organiga begona jism tushib qolsa (tosh, temir bo‘laklari), u agregatni to‘xtatib qo‘yadi va elektr motorlarning himoya vositalari uni tarmoqdan ajratadi.

Yuqorida sanab o‘tilgan holatlarda motor izolyatsiyasi katta issiqlik va dinamik ta’sirlarda qoladi (ishga tushish toki). Elektr motorlar chulg‘amlari puxta mantaj qilinib, izolyatsiyaga shimdirilgan bo‘lsa, unga dinamik ta’sir xavf tug‘dirmaydi. Lekin issiqlik ta’sirida chulg‘amning qismlari chiziqli o‘lchamlarini oshiradi. Tok o‘zgarganda motor chulg‘amlari kengayib – torayib turishi natijasida uning izolyatsiya qoplamasi bilan oraliqda ajralish bo‘lishiga olib keladi. Yangi elektr motorda izolyatsiya qoplamasi etarli elastiklikka ega bo‘ladi va o‘tkazgich bilan yaxlitligini saqlaydi. Motor eskirgan sari, uning izolyatsiyasi asta-sekin yumshoqlik va elastikligini yo‘qota boradi va izolyatsiyada yoriqlar paydo bo‘ladi. Bu yoriqlardan motor ichiga namlik, chang va ifloslanishlar singib o‘tadi va izolyatsiyani qatlamlanish jarayonini tezlashtiradi. Yuklama ta’sirida chulg‘am simlari uzatib torayganidan izolyatsiya qoplamalari parchalanib boradi.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda elektr motorlarning doimiy texnik qarov va joriy tremontlardan o‘tkazish talab qilinadi.

ISSN 3030-3907



5-Rasm: Andijon neft gaz quduqlarini tamirlash MCHJ elektr motorlarni ta‘mirlash korxonasidan olingan lavha.

Qishloq va suv xo‘jaligida ishlatiladigan elektr motorlarda xizmat ko‘rsatish punkutlarini yaqin joyga joylashtirish ishchi xizmatchilarni doimiy ravishda malakasini oshirib borish muamo yechiminig eng muhim vazifalaridan hisoblanadi.



6-rasm. Zamonaviy suv nasoslarida ishlatiladigan elektr motorlar.

Xulosa. Bugungi kunda Respublikamizning viloyat, tuman va cheki qishloqlarda zamonav izoliyatsiya qobig‘i germetik mustahkam elektr motorlardan foydalanish joriy qilmoqda. Bu esa o‘z navbatida qishloq va suv xo‘jaligida ortiqcha mehnat sarfini kamaytirib ishlab chiqaradigan mahsulotni unumdorligini oshirishga katta hissa qo‘shmoqda. Shuni takidlash joyizki har taraflama zamonaviy bilimga ega kadirlarni tayorlash zamonamizning asosiy vazifalaridan biri bo‘lib kelmoqda.

ISSN 3030-3907

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR.

1. Рахматов А.Д., Исаков А.Ж., Байзаков Т.М., Юнусов Р.Ф. Электр ускуналар эксплуатацияси ва таъмирлаш. Дарслик. – Т.: ТИМИ, 2009. – 218 б.
2. Мухаммадиев А., Юнусов Р.Ф., Халиқназаров Ў.А., Рахмонов Ш.С. Тяговые характеристики линейного асинхронного двигателя для электропривода платформенного кормораздатчика // «Аграрные теоретические и практические проблемы аграрной науки и их решение». Сб. материалов Международной конф., 2020 г., 14-15 декабря, ТашГАУ. – Ташкент, 2020, С. 863-867.
3. Yunusov R.F., Rahmonov Sh.S. ”Chiziqli motorlarni turlari va ularning ekspluatatsiyasining kamchilik va afzaliklari”. – Development of science Ilmiy jurnal 2025/4 volume 1 ISSN 3030-3907, 345-352 b.
4. Yunusov R.F., Rahmonov Sh.S. Respublikamizning chorvachilik fermalarida energiya tejamkor, konstruktiv sodda va avtomatlashtirilgan elektr yuritmadan foydalanish bet - 353 Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti (QXMITI), yuqori samarali qishloq xo‘jalik mashinalarini yaratish va texnika vositalaridan foydalanish darajasini oshirishning innovatsion yechimlari xalqaro ilmiy-texnik konferensiyasi ilmiy maqolalar to‘plami.

UDK: 697.3/.9:620.91

TADQIQOT OBYEKTI BO‘LGAN JAMOAT BINOSINI ISSIQLIK YUKLAMASINI HISOBLASH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Tursunov Doniyor Abdusalimovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi,
E-mail: doniyortakaha@gmail.com
Xalilova Feruza Abdulvosiyevna
Farg‘ona davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi,
E-mail: feruza.xalilova@fstu.uz
Tel +99891 200 01 78

Annotasiya: Ushbu maqolada Qashqadaryo viloyati, Nishon tumanidagi bir qavatli jamoat binosining issiqlik yuklamasi hisoblanib, energiya samaradorligi QMQ 2.01.04–18 va SHNQ 2.01.01–2022 talablariga muvofiq baholandi. Binoning issiqlik himoyasi darajalari bo‘yicha issiqlik yo‘qotishlari aniqlanib, umumiy yuklama 3080–4752 W/h oralig‘ida o‘zgarishi ko‘rsatildi. “Climat Control” qurilmasining sovitish va isitish rejimidagi quvvat, energiya sarfi va samaradorlik ko‘rsatkichlari (EER=3,8; COP=3,61; SEER=5,8; SCOP=3,5) aniqlanib, an’anaviy tizimlarga nisbatan energiya tejamkorligi yuqoriligi qayd etildi. Qurilmaning FIK >1 bo‘lib, uning iqtisodiy samaradorligi va qisqa investitsiya qaytish muddati isbotlandi.

Kalit so‘zlar: Issiqlik yuklamasi, energiya samaradorligi, issiqlik himoyasi, issiqlik yo‘qotish, QMQ 2.01.04–18, SHNQ 2.01.01–2022, “Climat Control”, EER, COP, SEER, SCOP, FIK, issiqlik nasosi, sovitish va isitish tizimi, energiya tejamkorlik, iqtisodiy samaradorlik.

Аннотация: В статье рассчитана тепловая нагрузка одноэтажного общественного здания, расположенного в Нишанском районе Кашкадарьинской области, и проведена оценка его энергетической эффективности в соответствии с требованиями СНиП 2.01.04–18 и ШНК 2.01.01–2022. Определены теплопотери по уровням теплоизоляции здания, при этом общая нагрузка варьируется в пределах 3080–4752 Вт/ч. Для устройства «Climat Control» определены показатели мощности, энергопотребления и эффективности (EER=3,8; COP=3,61; SEER=5,8; SCOP=3,5), что показывает его более высокую энергоэффективность по сравнению с традиционными системами. Коэффициент полезного действия (F.I.K) превышает 1, что подтверждает экономическую эффективность и короткий срок окупаемости установки.

Ключевые слова: Тепловая нагрузка, энергетическая эффективность, тепловая защита, теплопотери, QMQ 2.01.04–18, SHNQ 2.01.01–2022, «Climat

Control», EER, COP, SEER, SCOP, КПД, тепловой насос, система охлаждения и отопления, энергосбережение, экономическая эффективность

Annotation: The article, the heating load of a single-story public building located in Nishon District, Kashkadarya Region, was calculated, and its energy efficiency was evaluated in accordance with QMQ 2.01.04–18 and SHNQ 2.01.01–2022 standards. Heat losses were determined according to the building‘s thermal protection levels, with the total load ranging between 3080–4752 W/h. The “Climat Control” system’s cooling and heating power, energy consumption, and efficiency indicators (EER=3.8; COP=3.61; SEER=5.8; SCOP=3.5) were obtained, showing higher energy performance compared to traditional systems. The coefficient of performance (F.I.K > 1) confirms the system’s economic efficiency and short payback period.

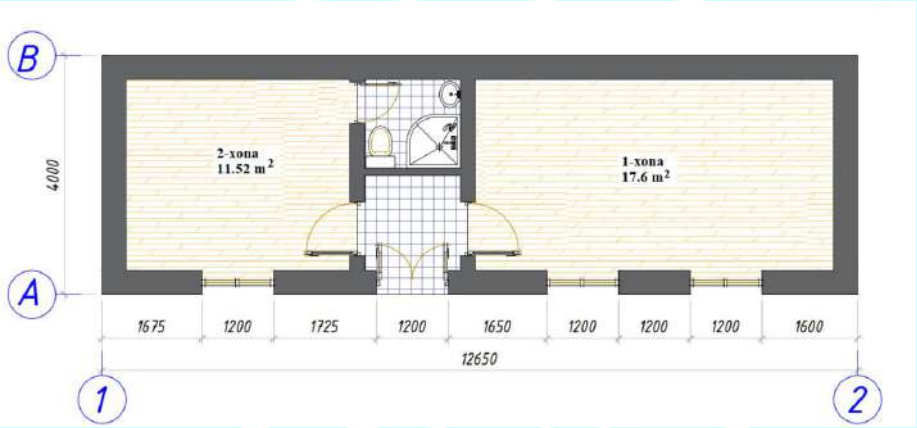
Keywords: Heat load, energy efficiency, thermal insulation, heat loss, QMQ 2.01.04–18, SHNQ 2.01.01–2022, “Climat Control”, EER, COP, SEER, SCOP, efficiency (FIK), heat pump, cooling and heating system, energy saving, economic efficiency.

Kirish

Hozirgi davrda energiya resurslarining tejalishi va qayta tiklanuvchi manbalardan oqilona foydalanish masalalari binolarning isitish va sovitish tizimlarini takomillashtirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish, issiqlik himoyasini kuchaytirish va energiya samaradorligini oshirish orqali nafaqat energiya sarfi, balki ekspluatatsiya xarajatlarini ham sezilarli darajada qisqartirish mumkin. Shu nuqtai nazardan, binolarning issiqlik yuklamasini aniqlash, issiqlik himoyasi darajasini baholash va energiya samaradorligini ilmiy asosda o‘rganish dolzarb ilmiy masalalardan biridir.

Mazkur tadqiqotning obyekti Qashqadaryo viloyati, Nishon tumanida joylashgan bir qavatli jamoat binosi hisoblanadi. Tadqiqotda bino issiqlik yuklamasi QMQ 2.01.04–18 va SHNQ 2.01.01–2022 me’yoriy hujjatlar talablari asosida hisoblandi. Binoning issiqlik himoyasi darajalari bo‘yicha issiqlik yo‘qotishlari aniqlanib, ularning umumiy issiqlik yuklamasiga ta’siri tahlil qilindi [1; 2].

ISSN 3030-3907



1-rasm. Qavat rejasi

Tadqiqotda “Climat Control” qurilmasining sovitish va isitish rejimlaridagi quvvat, elektr energiyasi iste’moli va samaradorlik ko‘rsatkichlari (EER, COP, SEER, SCOP, FIK) eksperimental usulda aniqlanib, an’anaviy tizimlarga nisbatan yuqori natijalar qayd etildi [3]. Shuningdek, qurilmaning iqtisodiy samaradorligi baholanib, yillik tejamkorlik va investitsiya qaytish muddati hisoblandi. Olingan natijalar “Climat Control” tizimining qisqa muddatda o‘zini oqlashi va uzoq muddatda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishini ilmiy jihatdan asoslab berdi [4].

Tadqiqot obyekti sifatida Qashqadaryo viloyati, Nishon tumanidagi bir qavatli jamoat binosining issiqlik yuklamasi hisoblanib, energiya samaradorligi QMQ 2.01.04-18 va SHNQ 2.01.01-2022 talablariga muvofiq baholandi. Bino issiqlik himoyasi darajalari bo‘yicha issiqlik yo‘qotishlari aniqlandi [5]. “Climat Control” qurilmasining sovitish va isitish rejimlaridagi quvvat, energiya iste’moli va samaradorlik ko‘rsatkichlari (EER, COP, SEER, SCOP) aniqlanib, an’anaviy tizimlarga nisbatan yuqoriligi qayd etildi. Qurilmaning iqtisodiy samaradorligi baholanib, yillik tejamkorlik va investitsiya qaytish muddati hisoblandi. Natijalar qurilmaning qisqa muddatda o‘zini oqlashi va uzoq muddatda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishini ko‘rsatdi [6; 7].

Sanitariya-gigiena talablariga javob beradigan tusuvchi konstruksiyalarning issiqlik uzatilishiga keltirilgan qarshiligi (1) formula bo‘yicha aniqlanadi [1; 8]:

$$R_0^{tr} = \frac{n(t_{ich} - t_{tsh})}{\Delta t^{tsh} \alpha_b} \qquad (1)$$

Bir jinsli devor konstruksiyasining issiqlik o‘tkazishga qarshiligi isitish davridagi harorat-sutka (D_d, °C·sutka) miqdori asosida aniqlanadi. Jamoat, ma’muriy va maishiy binolar uchun hisobiy qiymatlar QMQ 2.01.04-18 talablariga muvofiq tanlanib, $D_d \leq 2000$ bo‘lgan birinchi va ikkinchi darajali, $2000 < D_d \leq 3000$ bo‘lgan uchinchi darajali binolar uchun 2a, 2b va 2v-jadvallar asos qilib olindi. Qashqadaryo viloyati, Nishon tumanidagi tadqiqot obyekti uchun issiqlik yuklamalari ushbu me’yoriy hujjat asosida hisoblandi [2; 9; 10]:

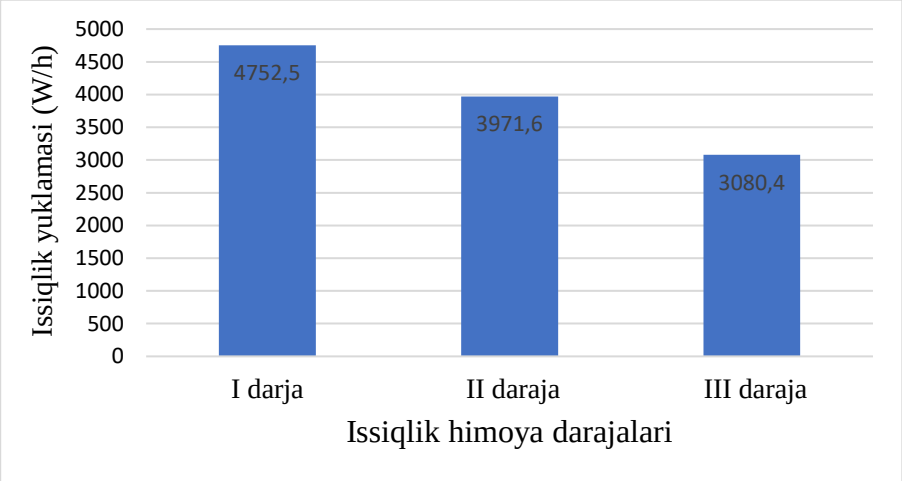
ISSN 3030-3907

1- jadval.

Issiqlik himoyasi darajalariga qarab aniqlangan issiqlik yo‘qotishlari va umumiy issiqlik yuklamalari

Issiqlik himoyasi	Q_{td}, (W/h)	Q_{td}, (W/h)	Q_{td}, (W/h)	Q_{tde}, (W/h)	Q_{shift}, (W/h)	Q_{pol}, (W/h)	ΣQ, (W/h)
1-xona uchun natijalar							
I daraja	731,46	430,3	595,2	364,9	342,1	333,96	2798
II daraja	546,4	321,4	444,6	364,9	342,1	333,96	2353,47
III daraja	405,4	238,5	329,87	277,03	246,34	333,96	1831,06
2-xona uchun natijalar							
Issiqlik himoyasi	Q_{td}, (W/h)	Q_{td}, (W/h)	Q_{td}, (W/h)	Q_{tde}, (W/h)	Q_{shift}, (W/h)	Q_{pol}, (W/h)	ΣQ, (W/h)
I daraja	415,2	430,3	484,06	182,5	223,9	218,6	1954,73
II daraja	310,2	321,4	361,58	182,5	223,9	218,6	1618,18
III daraja	230,1	238,5	268,3	132,7	161,2	218,6	1249,4

Tadqiqot obyekti jamoat binosining umumiy issiqlik yuklamasi QMQ 2.01.04-18 asosida hisoblandi. Natijada, I darajali issiqlik himoyasida ∑Q = 4752,5 W/h, II darajada ∑Q = 3971,6 W/h, III darajada esa ∑Q = 3080,4 W/h ekani aniqlandi.



2-rasm. Binoning issiqlik yuklamasining issiqlik himoya darajalariga bog‘liq holda o‘zgarish grafigi

Yuqorida aytilganidek, qurilmaning sovitish yoki isitish quvvati odatda BTU (British Thermal Unit) yoki kW bilan o‘lchanadi va quyidagi ifoda yordamida amalga oshiriladi:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T \qquad (2)$$

Agar havo oqimi m^3/h bilan berilsa, quyidagi formula ishlatiladi:

$$Q = 1.08 \cdot CFM \cdot \Delta T \qquad (3)$$

Qurilmaning sovitish va isitish quvvatlari eksperimental natijalar asosida uch ish holati uchun alohida hisoblandi [11]. Natijalar dastlab W va BTU/h

ISSN 3030-3907

birliklarida olinib, 1 BTU/h ≈ 0,293 kW konversiyasi orqali kW ga aylantirildi. Hisoblangan qiymatlar tizimli taqqoslash uchun 2- va 3-jadvallarda keltirildi.

2-jadval

Sovitish rejimida xona o‘lchamlariga nisbatan BTU va quvvat ko‘rsatkichlari

Xona o‘lchamlari	BTU (British Thermal Unit)	Sovitish quvvati
24 m^2	4350	1,2 kW
36 m^2	6526	1,9 kW
40 m^2	7244	2,1 kW

3-jadval

Isitish rejimida xona o‘lchamlariga nisbatan BTU va quvvat ko‘rsatkichlari

Xona o‘lchamlari	BTU (British Thermal Unit)	Isitish quvvati
24 m^2	5037	1,4 kW
36 m^2	7555	2,2 kW
40 m^2	8387	2,4 kW

Samaradorlik jihatidan qurilmaning EER ko‘rsatkichi 3,8 ga teng bo‘lib, bu sovitish quvvati samaradorli ekanligini ifodalaydi. COP esa 3,61 bo‘lib, isitish jarayonining samaradorli ekanligini ko‘rsatadi. SEER 5,8 (A+) darajasida, SCOP esa 3,5 (A) darajasida baholanadi [12; 13].

F.I.K qiymatlari, odatda, 1 dan katta bo‘lishi kerak. Bu, tizim tomonidan ishlab chiqarilgan foydali energiya uning iste’mol qilgan elektr energiyasidan bir necha baravar ko‘p ekanligini bildiradi. Bu holat issiqlik nasoslarida tabiiy ravishda yuzaga keladi.

3-jadval

Qurilmaning sovitish va isitish rejimidagi samaradorlik ko‘rsatkichlari

<table>
<tr><td rowspan="4">Capacity</td><td rowspan="4">Sovitish yoki isitish quvvati</td><td rowspan="2">Sovitish</td><td>kW</td><td>1,2/1,9/2,12</td></tr>
<tr><td>BTU/h</td><td>4350/6526/7244</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Isitish</td><td>kBT</td><td>1,4/2,2/2,4</td></tr>
<tr><td>BTU/h</td><td>5037/7555/8387</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Power</td><td rowspan="2">Iste’moli</td><td>Sovitish</td><td rowspan="2">kW·h</td><td>0,3/0,65/0,78</td></tr>
<tr><td>Isitish</td><td>0,38/0,61/0,66</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Energy efficiency</td><td>EER (Normal sovitish)</td><td>-</td><td>3,8</td></tr>
<tr><td>COP (Normal isitish)</td><td>-</td><td>3,61</td></tr>
</table>

ISSN 3030-3907

	SEER (Cooling energy Grade)	-	5,8 (A+)
	SCOP (Heating energy Grade)	-	3,5 (A)
F.I.K (Fo‘ydali Ish Koeffitsienti)	Sovitish rejimi uchun	-	~4,0 / ~2,9 / ~2,7
	Isitish rejimi uchun	-	~3,7 / ~3,6 / ~3,4

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Qashqadaryo viloyati iqlim sharoitida joylashgan bir qavatli jamoat binosining issiqlik yuklamasi QMQ 2.01.04–18 me’yorlari asosida hisoblanganda, binoning issiqlik himoyasi darajasi oshgan sari umumiy issiqlik yo‘qotish hajmi kamayishi isbotlandi. Bu esa binoning konstruktiv issiqlik himoyasini kuchaytirish orqali energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish mumkinligini ko‘rsatadi. “Climat Control” qurilmasi bilan olib borilgan eksperimental o‘lchovlar uning EER = 3,8, COP = 3,61, SEER = 5,8 (A+) va SCOP = 3,5 (A) kabi yuqori ko‘rsatkichlarga ega ekanligini aniqladi. Tizimning FIK qiymatlari 1 dan ancha yuqori bo‘lib, bu energiyaning foydali ishlab chiqarilishi va tejamkor ishlashini ifodalaydi.

Hisob-kitob natijalariga tayanib, “Climat Control” qurilmasi an’anaviy isitish va sovitish tizimlariga nisbatan 25–35 % gacha energiya tejamkorligini ta’minlashi, iqtisodiy jihatdan esa qisqa muddatda (2–3 yil) o‘zini oqlashi aniqlangan. Shuningdek, uzoq muddatli ekspluatatsiya davomida binoning energiya balansini yaxshilash, issiqlik yo‘qotishlarni kamaytirish va elektr energiyasi iste’molini pasaytirish imkonini beradi. Shu boisdan, ushbu qurilma energetik samaradorlikni oshirishning innovatsion yechimlaridan biri sifatida tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. QMQ 2.01.04–18. “Binolar va inshootlarning issiqlik muhofazasi”. Toshkent: Qurilish vazirligi, 2018.
2. SHNQ 2.01.01–2022. “Binolarning issiqlik energiyasi samaradorligi bo‘yicha sanitariya normalari”. Toshkent, 2022.
3. Xu, F., Zhang, Y., & Li, Z. (2025). Performance optimization of a PT/RC–TC hybrid solar cooling and heating system for buildings. Energy and Buildings, 312, 114057.
4. Chen, H., Zhao, L., & Zhang, X. (2024). Energy-saving potential of hybrid HVAC systems using solar-assisted heat pumps in public buildings. Renewable Energy, 234, 1297–1308.
5. Liu, W., Han, J., & Xu, P. (2023). Assessment of building thermal performance and energy efficiency based on dynamic heat load models. Applied Thermal Engineering, 229, 120852.

ISSN 3030-3907

6. Wang, S., Yan, C., & Jin, X. (2022). Integrated modeling of energy-efficient HVAC control systems using empirical and differential approaches. Building and Environment, 223, 109511.
7. Abdelrahman, M., Hassan, R., & Elsayed, M. (2024). Comparative study on COP and SEER performance of inverter-based heat pumps under variable climatic conditions. Energy Conversion and Management, 292, 117440.
8. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency Indicators 2024 – Heating and Cooling Systems Report. Paris: IEA Publications, 2024.
9. European Commission. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), 2023 revision. Brussels, 2023.
10. Karimov, S. A., & Ismoilov, D. M. (2023). Issiqlik nasoslari asosida energiya tejamkor binolar uchun HVAC tizimlarini modellashtirish. Energetika va avtomatika jurnali, 4(2), 57–64.
11. Xayrullaev, B. O. (2022). Binolarda issiqlik yuklamasini hisoblash usullari va energiya tejamkorlikka ta’siri. O‘zbekiston Energetika axborotnomasi, 3(1), 22–28.
12. Rahmonov, A. S. (2024). Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishda binolarning issiqlik samaradorligini oshirish yo‘llari. O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi axborotlari, 1(2), 89–94.
13. ASHRAE Handbook (2023). HVAC Systems and Equipment – Heating, Ventilation, and Air Conditioning Design Data. Atlanta: ASHRAE.

ISSN 3030-3907

METANNING OKSIDLANISH-KONDENSATLASH REAKSIYASI DAVOMIDA HOSIL BO‘LGAN ETILENNI YUQORI SORBTSION QOBILIYATLI SORBENTLARDA DESORBTSIYA QILISH

Raxmatov Shokirjon
Buxoro tibbiyot instituti, assistent
Shokir.raxmatov@mail.ru
Faizullaev Normurod
Samarqand davlat universiteti, professor
Tel: +998914145411

Annotatsiya. To‘yinmagan yuqori sorbtsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaktsiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen desorbtsiyasi vakuum usuli bilan o‘rganildi. Metan reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen va CO_2 aralashmasi bilan to‘yinmagan sorbentlarda desorbtsiya o‘rganildi. Etilen ishlab chiqarishda aylanish gazining bir qismi (taxminan 108 ming m^3/soat) doimiy ravishda kaliyli tozalash bo‘limiga yetkaziladi, bu yerda 2,2 MPa bosimda karbonat angidrid yutiladi. Tajribalar natijalari chiqindi karbonat angidridni etilen va adcopbsion blokning ish sharoitlarini prognoz qilish imkonini beradi. Laboratoriya tadqiqotlari asosida karbongidridni etilen orqali adcopbsion ajratish jarayonining apparat loyihasi o‘rganildi. Tizimli qurilmalar asosida halqali adsorber tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: metanni oksikondensatlash, karbongidrid, etilen, sorbent, sorbtsiya, desorbsiy, tozalash.

Abstract. The desorption of ethylene produced from the oxidative condensation reaction of methane was studied using vacuum methods with saturated high sorption capacity sorbents. Desorption in sorbents with high sorption capacity was investigated using a mixture of ethylene and CO_2 generated from the oxidative condensation of methane. In the production of ethylene, a part of the circulating gas (approximately 108 thousand m3/hour) is constantly supplied to the potassium purification unit, where carbon dioxide is absorbed at a pressure of 2.2 MPa and a temperature of 305 K. The experimental data confirm the possibility of forecasting the removal of waste carbon dioxide from ethylene and the operating conditions of the adsorption block based on the laboratory experiments and calculations of t0 and Гр. Based on laboratory studies and experimental data, the apparatus design for the process of obtaining ethylene from carbon dioxide through the oxidative condensation reaction of methane was studied prior to the design phase. A ring adsorber is proposed as the main device resembling sequential systems, with a total height of 2 m, an outer diameter of 4 m, and a saturated sorbent layer thickness of 1.6 m. The aim of the work is to study the desorption of ethylene produced in the

ISSN 3030-3907

oxidative condensation reaction of methane using sorbents with high sorption capacity.

Keywords: oxidative condensation of methane, carbon dioxide, ethylene, sorbent, adsorption, desorption, purification.

Аннотация. Изучено десорбирование этилена, образующегося в результате окислительно-конденсационной реакции метана, на несмещенных сорбентах с высокой сорбционной способностью вакуумным методом. Изучено десорбирование смеси этилена и CO_2, образующейся при реакции метана, с несмещенных сорбентов. В процессе производства этилена часть циркуляционного газа (около 108 тыс. м³/ч) постоянно подается в калиевое очистное отделение, где при давлении 2,2 МПа адсорбируется углекислый газ. Результаты экспериментов позволяют прогнозировать условия работы адсорбционного блока с выбросным углекислым газом и этиленом. На основе лабораторных исследований разработана аппаратурная схема адсорбционного разделения углекислого газа с помощью этилена. Рекомендуется использование кольцевого адсорбера на основе системного подхода.

Ключевые слова: окислительно-конденсационная реакция метана, углекислый газ, этилен, сорбент, сорбция, десорбция, очистка

Kirish

Gazlarning yonish jarayonida hosil bo‘lishi atrof-muhit uchun katta tahdid sanaladi. Shuning uchun ko‘plab davlatlar CO_2 va boshqa zararli gazlarni kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni amalga oshirmoqda. Ushbu gazlarni tutib qolish emissiyani kamaytirishning muhim yo‘lidandir.

Gazlarni yig‘ishda assimilyatsiya, adsorpsiya, membrana va kriogen usullar keng qo‘llaniladi, ammo har birining o‘z qiyinchiliklari bor. Eng ommaboplari – adsorpsiya va absorpsiya jarayonlaridir. Bu usullar ko‘pincha yonishdan keyin atmosferaga chiqadigan gazlarga qo‘llaniladi.

Bentonit, ayniqsa natriy shaklidagi (Na-bentonit), zararli gazlarni ushlashda samarali modda hisoblanadi. U shishishga moyil, gazlarni yutishda kuchli va past o‘tkazuvchanlikka ega. Akrosorb soda ohak ham yuqori samarali CO_2 adsorbenti bo‘lib, ammo qimmatroq. Shuning uchun ularni aralashtirib qo‘llash narxni kamaytiradi va samaradorlikni oshiradi.

Etilenga bo‘lgan talab oshgani sayin yuqori tozalikda gazlarni ajratish muhimligi ortmoqda. Metal-organik g‘ovakli materiallar bunday gazlarni ajratishda energiya sarfini kamaytirib, samarali natija beradi.

Umuman, bentonit va Akrosorbga asoslangan adsorbsion texnologiyalar zararli gazlarni ushlab qolishda istiqbolli hisoblanadi. Shu bilan birga, metall-

ISSN 3030-3907

organik g‘ovakli materiallar kelajakda yanada innovatsion yechimlarni taqdim etishi kutilmoqda. Bu esa iqlim o‘zgarishini oldini olish uchun muhimdir.

TAJRIBA QISMI

Ish jarayonida marganes oksidiga asoslangan yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizatorlardan foydalanildi, massiv kiritilgan natriy tuzlari bilan promotirlandi.

Na_2SiO_3/Mn_2O_3 namunalari natriy silikat Na_2SiO_3 va marganes nitrat $Mn(NO_3)_2$ ning suvli eritmalarini aralashtirish orqali olingan . Aralashma 2 soat davomida 200°C da quritildi va 8 soat davomida qizdirildi.

Kiritilgan yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizator 5,7% Na_3PO_4/27,67 % Mn_2O_3/SiO_2* Na_3PO_4, $Mn(NO_3)_2$ eritmalar aralashmasini va ASK markali silikagel (8сол.=146м2/г)ни birgalikda aralashtirib so‘ng 200°C da quritildi va 900°C da kuydirib olingan. 5,7% Na_3PO_4/27,67%Mn_2O_3/SiO_2, 2,2% Na_3PO_4/10,6%Mn_2O_3/SiO_2, 0,4% Na_3PO_4/7,08%Mn_2O_3/SiO_2 yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizatorlari Mn_2O_3 va Na_3PO_4 ni silikagel yuzasida 200°C da asta-sekin quritish va 900°C da kuydirish yo‘li bilan olingan. $Na_2B_4O_7/Mn_2O_3/SiO_2$, $Na_3VO_4/Mn_2O_3/SiO_2Na_2WO_4/Mn_2O_3/SiO_2$ namunalari ham xuddi shu usulda olingan.

Na_3PO_4/Mn_2O_3 namunalari Na_3PO_4 tuzini Mn_2O_3 granulalari yuzasiga shimdirib orqali olindi; $Mn(NO3)_2$ parchalanishi natijasida olingan Na_3PO_4 ning suvli eritmasini Mn_2O_3 granulalari bilan aralashtirish, so‘ngra 200°C da asta-sekin quritish va 900°C da kuydirish orqali olingan. Ushbu namunalardagi natriy fosfat miqdori 3 dan 11 мол.% gacha o‘zgargan. Tajribalar uchun granulalar o‘lchami 0,25-0,5 mm bo‘lgan namunalar ishlatilgan. Yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizatorlarni tayyorlash uchun analitik darajadagi reaksiyaga kirishayotgan moddalar ishlatilgan.

TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

2018 yilda global ishlab chiqarish quvvati 170 million tonnadan ortiq bo‘lgan neft-kimyo sanoatidagi eng yirik xom ashyo bo‘lgan etilen polietilen ishlab chiqarishda keng qo‘llanilishi bo‘yicha boshqa kimyoviy xom ashyo molekulalaridan ustundir. Etilenni etandan (etan) sanoat ajratish odatda yuqori bosim va juda past haroratda kriogen distillash orqali, juda baland minoralar yordamida amalga oshiriladi, chunki ular o‘xshash o‘lcham va uchuvchanlikka ega. Bunday jarayon juda ko‘p energiya sarflaydi va shuning uchun atrof-muhit sharoitida etilen ajratishning boshqa samarali usullarini o‘rganish talab qilinadi. Yuqori tozalikdagi etilen ishlab chiqarish uchun g‘ovakli materiallar tomonidan

ISSN 3030-3907

tanlab adsorbsiya uning kam energiya iste'moli uchun eng kerakli usullardan biri ekanligi aniqlandi.

To‘yingan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen desorbsiyasini o‘rganish.

Bir vaqtning o‘zida yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentni qayta tiklashni anglatuvchi metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan yutilgan etilenni desorbsiyalash uchun vakuum usuli qo‘llaniladi.

Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen tarkibining 100% dan og‘ishi desorbsiya jarayonida deyarli butunlay ajralib chiqadigan azotning adsorbsiyasi bilan izohlanadi.

Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen oksidi ishlab chiqarishda aylanma gazning bir qismi (taxminan 108 ming m^3/soat) doimiy ravishda kaliyli tozalash bo‘limiga etkazib beriladi, bu erda 2,2 MPa bosim va 305 K haroratda karbonat angidrid yutiladi. Kaliy eritmasi reaksiyaga ko‘ra:

$$CO_2 + K_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2KHCO_3$$

Absorberdan kaliy eritmasi desorberga kiradi, u erda 1,85 MPa bosim ostida, ajralish bosqichida eritmadan fizik jixatdan erigan gazlar metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen va kislorod chiqariladi:. Ular bilan birga oz miqdorda erigan karbonat angidrid ham chiqariladi. 1-jadvalda metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen oksidi ishlab chiqarishning kaliyni tozalash bo‘limida gaz oqimlarining tarkibi ko‘rsatilgan.

1-jadval

Kaliyni tozalash bo‘limidan gaz oqimlari

Gaz oqimining nomlanishi	Gazning hajmi m /soat	Asosiy komponentlar miqdori, % haj.				
		CO2	C2H4	O2	CO2	n2
CO2 dan tozalash uchun aylanma gaz	107714	8,6	CO2 dan tozalash uchun aylanma gaz	107714	8,6	CO2 dan tozalash uchun aylanma gaz
Tozalangan gaz	99405	1.1	Tozalangan gaz	99405	1.1	Tozalangan gaz

3-jadvaldagi ma'lumotlardan ko‘rinib turibdiki, so‘rilgan karbonat angidrid miqdori tozalashga ketayotgan gaz va tozalangan gazdagi karbonat angidrid

ISSN 3030-3907

hajmining farqiga teng 0,086 • 107714 - 0,011 • 99405 = 8170 m^3 (n.sh.)/soat ni tashkil qiladi.

Yutilgan karbonat angidrid 378 K haroratda to‘yingan kaliy eritmasini qayta tiklash jarayonida chiqariladi, ma'lumotlariga ko‘ra tarkibida CO2 99% hajmdagi 1% metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen, 104 g 1 m^3 quruq gaz uchun suv kabi regenerasiya gazlari oqimini hosil qiladi.

Suyuq karbonat angidridga qo‘yiladigan talablarga muvofiq, "quruq muz" ishlab chiqarishda ishlatiladigan karbonat angidrid, karbamid ishlab chiqarish uchun va o‘t o‘chirgichlarni to‘ldirish himoya gaz sifatida asosiy moddaning tarkibi quruq gaz asosida 99,95% darajasida saqlanishi kerak.

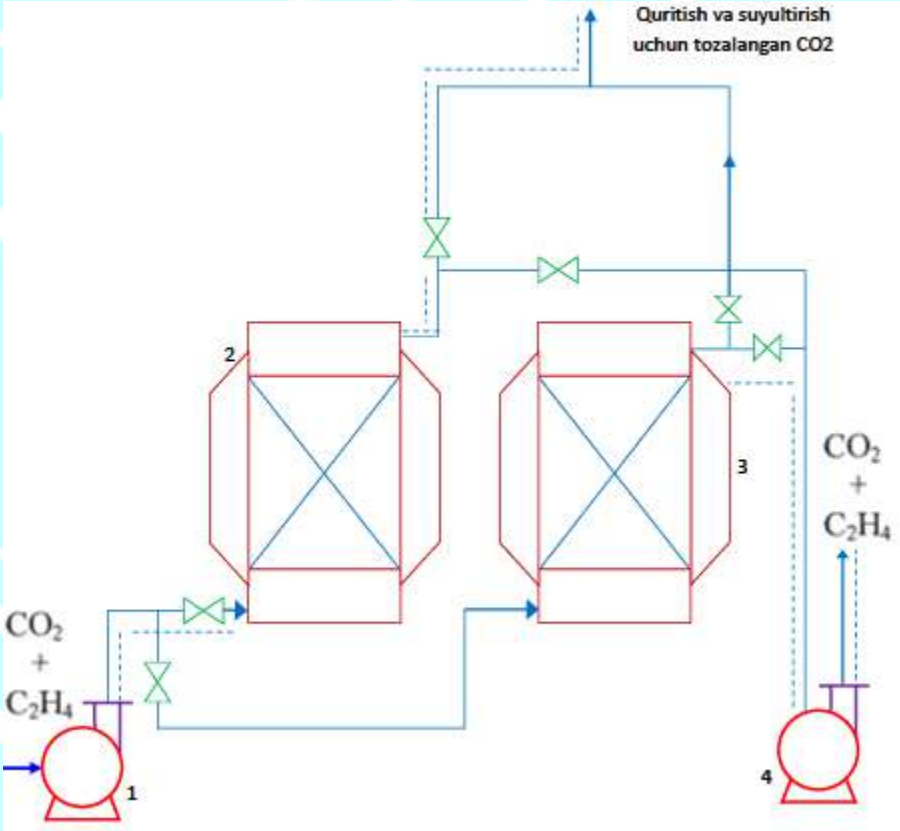
Adsorbsion blokning texnologik sxemasini ishlab chiqishda asosiy texnik echim sifatida evakuasiya yo‘li bilan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentni qayta tiklash jarayonida atmosferaga yaqin bosim ostida adsorbsiya izotermik jarayon qabul qilingan.

Ushbu tanlov, adabiyotlarni ko‘rib chiqishda tasvirlanganidek, yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlarning yaxshi issiqlik izolyatorlari ekanligiga asoslangan adsorbsion texnologiyalarning rivojlanish tendensiyasiga mos keladi.

Bu ularning regenerasiya bosqichida isitilishini va adsorbsiya bosqichidan oldin sovishini sezilarli darajada murakkablashtiradi.

Laboratoriya tadqiqotlariga ko‘ra 0,1 m/s gaz tezligida ishchi qatlamning balandligi kamida 12 sm. Yig‘ilishgacha bo‘lgan vaqt (himoya ta'siri vaqti) taxminan 11 minutni tashkil qiladi, bu bizning ma'lumotlarimizga ko‘ra, metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenning desorbsiyasi uchun etarli, kamida 1,6 m qatlam balandligida sodir bo‘ladi. Taklif etilgan jarayon 1:200 miqyosda (diametri 0,4 m bo‘lgan jarayonni amalga oshirish uchun mo‘ljallangan reaktor) haqiqiy gazdan foydalangan holda tajriba zavodida sinovdan o‘tkazildi. 2-jadvalda tajriba zavodida olingan va hisoblangan (qavs ichida) jarayon parametrlari keltirilgan.

ISSN 3030-3907



1 - gaz puflagich; 2, 3 - jarayonni amalga oshirish uchun mo‘ljallangan reaktorlar; 4 - vakuum nasosi.

1-rasm. Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenni olish qurilmasi sxemasi

2-jadval

Jarayonning texnologik parametrlari

sh, m^3/sek	ndligi,	Adsorbsiya doimiyligi, min	Desorbsiya doimiyligi, min	nsentrasiyasi, % haj.C2H4	
				ga kirishda	n chiqishda
,024		7,4	5,5	0,985	
3)		3)	3)	98)	)
		11,9	5,4	-0,98	0,047
		,8)	3)	98)	46)
		14,0	6,7	-1,05	0,025
		,8)	3)	97)	2)
06		12,6	3,46	-0,97	
		,5)	4)	96)	)
		17,22-17,35	8,5	0,965	-0,04
		,3)	4)	96)	39)
		19,5	9,5	-0,98	04
		Д)	3)	97)	31)
53		30,3	14,2	-1,03	0,05

ISSN 3030-3907

		,1)	0)	99)	)3)

Tajriba sinovlari ma'lumotlari laboratoriya tajribalarida aniqlangan t_0 va Γ_p ni hisobga olgan holda olib borilgan tadqiqotlar asosida chiqindi karbonat angidridni metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilendan tozalash va adsorbsion blokning ish sharoitlarini to‘g‘ri bashorat qilish imkoniyatini tasdiqlaydi.

Eksperimental ma'lumotlar va sorbsiya to‘lqinining harakat tezligini hisoblash uchun tenglamadan foydalangan holda hisob-kitoblar natijalari deyarli bir-biriga mos keladi.

$$U = \omega \cdot c_0/\Gamma_p$$

ω - gaz oqimining tezligi, sm/s.

c_0 – gazdagi yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent konsentrasiyasi, gazning mol/sm^3.

Γ_p – muvozanat adsorbsion sig‘imi, yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentning mol/sm^3.

Sorbsiya to‘lqinining (U) harakat tezligining qiymatlari gaz tezligida 18,3 sm^3 /s - 0,363 sm^3 /s, gaz tezligida 8,4 sm^3 / s - 0,167 sm^3 / s, gazda tezligi 4,2 sm^3/s - 0,083 sm^3/s.

Laboratoriya tadqiqotlari va tajriba sinovlari ma'lumotlari asosida karbonat angidriddan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenni adsorbsion ajratib olish jarayonining apparat loyihasini loyihadan oldingi o‘rganish amalga oshirildi.

Asosiy qurilma sifatida tizimli ravishda ketma-ket qurilmalarga o‘xshash, umumiy balandligi 2 m, tashqi diametri 4 m, yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent qatlami qalinligi 1,6 m bo‘lgan halqali adsorber tavsiya etilishi mumkin; Ichki trubaning diametri 0,6 m sifatida olinadi.

Adsorbsion turini tanlash quyidagilar uchun: radial gaz harakati bo‘lgan adsorberlar uchun gaz qatlamining uzunligi bo‘ylab harakatlanadigan adsorberlarga qaraganda adsorbsiya dinamikasi to‘g‘risidagi ma'lumotlardan hisoblangan va undan aniqlanadigan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent hajmlari yaxshiroq kelishilganligi bilan izohlanadi. odatda qabul qilingan balandlik (uzunlik) nisbati qatlam va adsorber diametri.

Oxirgi nisbat 1,5-4-2 dan kam bo‘lishi mumkin emas, chunki apparatning ko‘ndalang kesimi bo‘ylab gazning bir xil taqsimlanishi sababli, katta ishchi kesimli apparatlar uchun yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent qatlamining haqiqiy bo‘lmagan katta balandliklarini talab qiladi. Halqali adsorber uchun ishchi kesma silindrning yuzasi sifatida qabul qilinadi, uning diametri halqali qatlamning o‘rtacha diametriga to‘g‘ri keladi-apparatning qabul qilingan o‘lchamlari uchun 2,2 m.

ISSN 3030-3907

XULOSA

Shunday qilib, olib borilgan tadqiqotlar etilenni yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitlar va alyuminiy gel tomonidan singdirish uchun adsorberlarni hisoblash uchun zarur bo‘lgan barcha asosiy ma'lumotlarni olish imkonini berdi. Yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlarning adsorbsion qobiliyatining adsorbsion sharoitlarga bog‘liqligini va adsorbsiya dinamikasini o‘rganish asosida karbonat angidrid uchun yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent sifatida ishlatiladigan kaliy eritmasini regenerasiya qilishning metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasida hosil bo‘lgan etilenni olish texnologiyasi ishlab chiqildi.

ADABIYOTLAR

1. Younas, M.; Sohail, M.; Kong, L.L.; Bashir, M.J.K.; Sethupathi, S. Feasibility of CO2 adsorption by solid adsorbents: A review on low-temperature systems. Int. J. Environ. Sci. Technol. 2016, 13, 1839–1860. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]

2. Ben-Mansour, R.; Habib, M.; Bamidele, O.; Basha, M.; Qasem, N.; Peedikakkal, A.; Laoui, T.; Ali, M. Carbon capture by physical adsorption: Materials, experimental investigations, and numerical modeling and simulations—A review. Appl. Energy 2016, 161, 225–255. [Google Scholar] [CrossRef]

3. Wang, Y.; Zhao, L.; Otto, A.; Rubinius, M.; Stolten, D. A Review of Post-combustion CO2 Capture Technologies from Coal-fired Power Plants. Energy Procedia 2017, 114, 650–665. [Google Scholar] [CrossRef]

4. Foroutan, R.; Zareipour, R.; Mohammadi, R. Fast adsorption of chromium (VI) ions from synthetic sewage using bentonite and bentonite/bio-coal composite: A comparative study. Mater. Res. Express 2018, 6, 025508. [Google Scholar] [CrossRef]

5. Saidi, M.; Siavashi, F.; Rahimpour, M. Application of solid oxide fuel cell for flare gas recovery as a new approach; a case study for Asalouyeh gas processing plant, Iran. J. Nat. Gas Sci. Eng. 2014, 17, 13–25. [Google Scholar] [CrossRef]

6. Ferdrin, J. Utilization of Gas Resources in Qatar: A Decade of Planned Development and Integration. In Proceedings of the Middle East Oil Technical Conference and Exhibition, Manama, Bahrain, 11–14 March 1985. [Google Scholar] [CrossRef]

7. Branco, D.A.C.; Szklo, A.S.; Schaeffer, R. Co2e emissions abatement costs of reducing natural gas flaring in Brazil by investing in offshore GTL plants producing premium diesel. Energy 2010, 35, 158–167. [Google Scholar] [CrossRef]

8. Khalilpour, R.; Karimi, I. Evaluation of utilization alternatives for stranded natural gas. Energy 2012, 40, 317–328. [Google Scholar] [CrossRef]

ISSN 3030-3907

9. Bauer, M.; Köck, M.; Jörg, K.; Ramakrishnan, C.; Mestiri, Y.; Scheed, A. Flare Gas Recovery in Tunisia—From Liability to Value. Oil Gas Facil. 2012, 1, 44–51. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Rahimpour, M.R.; Jokar, S.M. Feasibility of flare gas reformation to practical energy in Farashband gas refinery: No gas flaring. J. Hazard. Mater. 2012, 209-210, 204–217. [Google Scholar] [CrossRef]
11. Friedman, J.; Manager, P. A Resource Guide for State Energy Officials National Association. In Combined Heat and Power; U.S. Environmental Protection Agency: Arlington, VI, USA, 2013. [Google Scholar]
12. Davoudi, M.; Rahimpour, M.; Jokar, S.; Nikbakht, F.; Abbasfard, H. The major sources of gas flaring and air contamination in the natural gas processing plants: A case study. J. Nat. Gas Sci. Eng. 2013, 13, 7–19. [Google Scholar] [CrossRef]
13. Onwuka, E.I.; Iledare, O. Nigeria Gas to Power Value Chain Systems Economic Evaluation and Modeling. In Proceedings of the All Days, Lagos, Nigeria, 4–6 August 2015. [Google Scholar] [CrossRef]
14. Khanipour, M.; Mirvakili, A.; Bakhtyari, A.; Farniaei, M.; Rahimpour, M.R. Enhancement of synthesis gas and methanol production by flare gas recovery utilizing a membrane-based separation process. Fuel Process. Technol. 2017, 166, 186–201. [Google Scholar] [CrossRef]
15. Ghasemikafrudi, E.; Amini, M.; Habibi, M.R.; Hassankiadeh, Q.D. Environmental effects and economic study on flare gas recovery for using as fuel gas or feedstock. Pet. Coal. 2017, 59, 18–28. [Google Scholar]
16. Ibrahim, A.Y.; Ghallab, A.O.; Gadalla, M.A.; Makary, S.S.; Ashour, F.H. Technical and economical/financial feasibility analyses of flared gas recovery in Egypt from oil and gas industry from international/national oil companies' perspectives. Clean Technol. Environ. Policy 2017, 19, 1423–1436. [Google Scholar] [CrossRef]
17. Allamaraju, J.P.; Mukherjee, R. Successful Implementation of Flare Gas Recovery Systems in Gasco Plants. In Proceedings of the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 7–10 November 2016; Society of Petroleum Engineers: Dallas, TX, USA, 2016. [Google Scholar] [CrossRef]
18. Hajizadeh, A.; Mohamadi-Baghmolaei, M.; Azin, R.; Osfouri, S.; Heydari, I. Technical and economic evaluation of flare gas recovery in a giant gas refinery. Chem. Eng. Res. Des. 2018, 131, 506–519. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Zolfaghari, M.; Pirouzfar, V.; Sakhaeinia, H. Technical characterization and economic evaluation of recovery of flare gas in various gas-processing plants. Energy 2017, 124, 481–491. [Google Scholar] [CrossRef]

ISSN 3030-3907

UDK: 66.09; 678.04; 662.74

GAZ-KIMYO MAJMUASINING ISHLAB CHIQARISH JARAYONI CHIQINDILARINI UTILIZATSIYA QILISH ORQALI UGLEVODOROD YOQILG‘ILARI ISHLAB CHIQARISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI

Ismoilov Mo‘minjon Yusupovich
Farg‘ona davlat universiteti, k.f.d, professor
E-mail: mismoilov1971@gmail.com
Tel: +99891 283 30 20
https://orcid.org/0000-0001-8212-4493
Qurbonaliyev Komronbek Azamat o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti, tayanch doktarant
E-mail: komronqurbonaliyev@gmail.com
Tel: +99890 530 08 90
https://orcid.org/0009-0004-5438-3956

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot zamonaviy gaz-kimyo sanoatida hosil bo‘ladigan mahsulotlarni termokimyoviy qayta ishlash orqali uglevodorod yoqilg‘ilarini olishning innovatsion ishlab chiqarishlarini taqdim etadi. Gazlashtirish va piroliz texnologiyaning taqqosiy tahlili amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, 800-1200°C haroratda amalga oshirilgan termik gazlashtirish jarayonida 40% gacha vodorod konsentratsiyasiga ega singaz hosil bo‘ladi va bu 2,1 mlrd. vatt elektr energiyasini ishlab chiqarish imkonini beradi. Maqolada innovatsion katalitik tizimlar va energiyani quvvatlantirish yo‘llari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: gaz-kimyo majmuasi, chiqindilarni utilizatsiyasi, uglevodorod yoqilg‘isi, issiqlik chiqishi, gazlashtirish, piroliz, singaz**.**

Аннотация. Данное исследование представляет инновационные методы производства углеводородного топлива путем термохимической переработки продуктов, образующихся в современной газохимической промышленности. Проведен сравнительный анализ технологий газификации и пиролиза. Результаты исследования показывают, что в процессе термической газификации, проводимом при температуре 800–1200°C, образуется синтез-газ с концентрацией водорода до 40%, что позволяет вырабатывать 2,1 млрд. ватт электроэнергии. В статье освещены инновационные каталитические системы и пути увеличения энергоэффективности.

Ключевые слова: газохимический комплекс, утилизация отходов, углеводородное топливо, тепловыделение, газификация, пиролиз, синтез-газ

Abstract. This study presents innovative production methods for obtaining hydrocarbon fuels through the thermochemical processing of products generated in the modern gas chemical industry. A comparative analysis of gasification and pyrolysis technologies was performed. The research results indicate that the thermal gasification process, carried out at a temperature of 800-1200 ºC, yields

synthesis gas (syngas) with a hydrogen concentration of up to 40%, which allows for the production of 2,1 milliard watt of electrical energy. The article discusses innovative catalytic systems and methods for boosting energy output.

Keywords: gas chemical complex, waste utilization, hydrocarbon fuel, heat release (heat output), gasification, pyrolysis, syngas.

Kirish.

Gaz-kimyo sanoati jahon iqtisodiyotining muhim manbalaridan biridir. Kimyo ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan zararli moddalar orasida organik moddalar o‘rin tutadi. Plastik ishlab chiqarish hajmi yiliga 350 million tonnadan oshib, kelgusi 20 yilda ikki barobarga ko‘proq bo‘lishi kutilmoqda [8:346].

O‘zbekiston Respublikasida kimyo sanoati tez rivojlanmoqda va energiya resurslari ishlab chiqarilmoqda [6] . Chiqindilardan energiya olish (Waste-to-Energy, WtE) texnologiyalari so‘nggi vaqtlarda tez rivojlanmoqda. Zamonaviy termokimyoviy texnologiya murakkab chiqindi oqimlarini, bir xil plastmassalar, elektron va ifloslangan biomassani singaz yoki uglerodga qayta ishlashni imkonini yaratib bermoqda [1:513].

Polimer chiqindilar xavfsizligini ta’minlash bu energiya ishlab chiqarish uchun qayta ishlashning asosiy termokimyoviy yo‘llaridan biri - piroliz, gazlashtirish, neft zavodi bloklari qo‘shishni yo‘lga qo‘yish va bu qayta tiklash ikki bosqichli jarayonlardir [8:346]. Lopez va boshqalar (2017) tomonidan olib borilgan keng qamrovli tahlilda bu yo‘llarning har bir qismini ko‘rib chiqiladi [8:347].

Taraqqiyotning maqsadi: gaz-kimyo majmuasi tizimini utilizatsiya qilish orqali uglevodorod yoqilg‘ilari ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalarini tadbiq qilish va O‘zbekistonni tahlil qilish orqali amalga oshirishdir.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot obekti. Tadqiqotda gaz-kimyo majmuasi va sanoat ishlab chiqaruvchi korxonalari o‘rganildi. Namunaviy obekt sifatida Ustyurt gaz-kimyo majmuasining ishlab chiqarishi tanlab olindi.

Termokimyoviy qayta ishlash usullari. Chiqindilarni qayta ishlashning ikki asosiy termokimyoviy usuli qo‘llanildi: gazlashtirish va piroliz. Gaz biomassani yonuvchi gazlar, qattiq qoldiqlar va kondensatsiya qoldiqlarini ishlab chiqarish jarayonidir. Termik gazlashtirish 800-1200°C haroratda ko‘mir va murakkab biomassani qayta ishlash uchun ko‘rsatkich [1:513].

Polimerining ishlab chiqarish chiqindilarini pirolizi plastiklarni qimmatliroq mahsulotga aylantirish uchun qulay texnologiyadir [9:2]. Piroliz jarayoni 300-900°C haroratda, kislorodsiz muhitda amalga oshirish natijadorlikni yana ham oshirish imkonini beradi [10:40].

ISSN 3030-3907

Katalitik tizimlar. Katalitik piroliz plastik mahsulotni yuqori sifatli tezlikda ishlash uchun. HZSM-5, USY va FCC katalizatorlari eng samarali boshqarish hisoblanadi [8:356]. Katalizatorlar piroliz mahsulotlarining tarkibini va hosildorlik darajasini o‘zgartiradi.

Tahlil metodlari. Hosil bo‘lgan mahsulotlarning tarkibi va sifati xromato-mass-spektrometriya (GX-MS) usuli bilan tahlil qilindi. Energiya va iqtisodiy ko‘rsatkichlar texno-iqtisodiy tahlil usullarida baholandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Termokimyoviy qayta ishlash jarayonlari: Gazlashtirish. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, polipropilen (PP) va polietilen (PE) ning gaz ishlab chiqarishi 40% gacha H_2 konsentratsiyasiga ega singaz hosil qiladi [5:294]. Erkiaga va boshqalar (2013) olib borilgan tajribalarda bug‘ bilan gazlashtirish jarayonida olivin va g-lumina katalizatorlari ishlab chiqarishda yuqori samaradorlik ko‘rsatkichlari kuzatilgan [5 :298].

1-jadval.

Gazlashtirish jarayonining asosiy parametrlari va yordami

Ko‘rsatkichlar	Qiymat	Harorat (°C)	Manba
H_2 konsentratsiyasi	40-60%	850-900	[5:294]
CH_4 konsentratsiyasi	30-40%	800-850	[1:514]
Singaz issiqlik moslamasi	15-25 MJ/m³	800-900	[1:515]
Qattiq qoldiq miqdori	16,8-100 g/m³	850+	[14:117069]

Pastroq haroratlarda CO, H_2 CH_4 CO_2 (mini uglevodorod tarkibi bilan) mahsulot gazlari ishlab chiqarishi kuzatiladi [1:513]. Yuqori haroratlarda esa toza singaz (asosan CO, H_2, CH_4 va CO_2) hosil bo‘ladi. Singaz turli ishlab chiqarishlarni (metanol, DME va uglevodorodlar) sintez qilish uchun mos keladi [1:516].

Piroliz jarayoni. Piroliz jarayoni asosan 400-600°C haroratida amalga oshiriladi. Pinto va boshqalar (2009) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda plastik chiqindi tarkibining mahsulot hosildorligiga ta’siri o‘rganilgan [10:45]. Harorat ortishi bilan gazsimon mahsulotlar miqdori o‘rtadi, ishlab chiqarish miqdori esa kamayadi [10:47].

Lopez va hamkasblarining (2017) maqolasida ko‘rsatilgan sharh, katalitik piroliz, termik pirolizga nisbatan afzalliklarga ega ekanini takidlaydi [8:352]. HZSM-5 zeoliti ishtirokida HDPE ning 360°C haroratda gazsimon ishlab chiqarishi yuqori bo‘ladi [8:357].

Innovatsion texnologiyalar va xavfsizlik (katalitik qayta ishlash). Shen va Fu (2018) biomassa va plastik birlashmasi pirolizini o‘rganishgan [12:512]. Ularning tadqiqot natijalariga ko‘ra, sinergistik ta’sirlar natijasida gaz hosildorligi va uglerod strukturasi yaxshilanadi [12:518]. Bu usul aralashmani qayta ishlashda samaralidir.

ISSN 3030-3907

Miandad va hamkasblarining (2019) tadqiqotida katalitik piroliz asosidagi bio-neft zavodlari yo‘nalishi tahlil qilingan [9:1]. Katalitik piroliz bu plastik mahsulotlarni qayta ishlashning samarali va sifatli ishlab chiqarish usulidir [9:8].

2-jadval.

Turli piroliz texnologiyalarning taqqosiy tahlili

Texnologiya	Harorat (°C)	Chiqish (%)	Asosiy mahsulot	Manba
Termik piroliz	400-600	60-70	Suyuqlik harakati	[10:45]
Katalitik piroliz (HZSM-5)	360-450	70-85	Gazolin, gaz	[8:357]
Bug‘ bilan gazlashtirish	800-900	75-85	Singaz (H_2, CO)	[5:296]
Birgalikdagi piroliz	500-700	65-80	yaxshilangan yog‘	[12:515]

O‘zbekistondagi amaliy tatbiq. O‘zbekiston iqtisodiy foyda olish uchun kattalashtirish uchun energiya ishlab chiqarishni va alternativ energiya manbalarini oshirishga asosan e’tibor beradi [6:1]. 2024-yilda respublika miqiyosida energiya olishiga 1,3 milliard dollar sarmoya ajratdi [4:1]. Bu ishlab chiqarish yiliga 4,7 million tonna qattiq chiqindini qayta ishlash va 2027 yilga kelib 2,1 milliard kWh elektr energiyasi ishlab chiqaradi [4:1].

O‘zbekiston kimyo sanoati iqtisodiyotning muhim bir qismi bo‘lib, yalpi ichki mahsulotning 6,4% ni tashkil etiladi [3:1]. Ustyurt gaz-kimyo majmuasida polimer mahsulotlar ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash zavodi loyihasi ishlab chiqildi. Kunlik 10-12 tonna tar mahsulotini qayta ishlash orqali yillik 2000 tonna suyuq yoqilg‘i ishlab chiqarish va 1650 tonna uglerod elektrod materiallari olish mumkinligi ma’lum bo‘ldi.

O‘zbekiston Markaziy Osiyodagi birinchi korxonadan biri bio yoqilg‘i ishlab chiqarish zavodini qurishni rejalashtirmoqda [2:1]. Envirol kompaniyasi bilan hamkorlikda kuniga 500 000 litrdan ortiq quvvatga ega zavod barpo qilanadi. Bundan tashqari, Saudiya Arabistoni va Fransiya kompaniyalari bilan 78 million dollarlik iqtisodiy sanoatni boshqarish va ishlab chiqarish loyihasi amalga oshirilmoqda [7:1].

Ekologik va iqtisodiy samaradorlik. Termokimyoviy texnologiyalar ekologik foydalar ham beradi. Zaini va boshqalar (2020) o‘rganish yo‘nalishidagi tadqiqotlarda biomass bilan birgalikdagi gazlashtirish tar miqdorini oshirish uchun samarali usul ekanini ko‘rsatmoqda [14:117067]. Kimyoviy qayta ishlash orqali energiya olish variantiga nisbatan 50% kamroq iqlimiy ta’siri ko‘rsatishi aniqlangan [8:348].

Chiqindilardan olingan resurslardan foydalanish bir qator afzalliklarga ega:

ISSN 3030-3907

- Issiqxona gazlari emissiyasini 40% ni tashkil qiladi
- Chiqindilar hajmini 85% ga kamaytirish
- Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini diversifikatsiyalash
- Import o‘rnini bosish va energiyani ta’minlash

Chiqindilarni qayta ishlash yo‘li bilan yoqilg‘i olish loyihasi iqtisodiy yuk ustidagi yuqori rentabellikni ko‘rsatmoqda. O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan ish o‘rinlarini yaxshilash, energiya ishlab chiqarish va qimmat import energiya manbalarini pasaytirish imkonini beradi [4:1].

Kelajak istiqbollari

Chiqindilardan yoqilg‘ilar olish texnologiyalari tez rivojlanmoqda. Zhang va boshqalar (2010) biomass piroliz orqali yoqilg‘ining samarasi yuqori ekanligini ko‘rsatib berdilar [15:87]. Abioye va hamkasblari (2024) esa biomass mahsulotlarini gazlashtirish orqali bioyoqilg‘ini tozalash so‘nggi yutuqlarni tahlil qilib berishdi [1:154643].

Innovatsion yo‘nalishlar orasida:

- Katalitik konversiya texnologiyalarini ta’minlash
- Yuqori samarali katalizatorlar ishlab chiqarish chiqish
- Gidrotermal gazlashtirish (400-700°C)
- Aralashni qayta ishlash tizimlari

Plastmassa chiqindilarni osongina va xavfsiz termokimyoviy yo‘llar bilan qayta ishlash va undan yuqori samara bilan energiya olish juda muhim [8]. Bu texnologiyani ishlab chiqarish O‘zbekiston uchun energiya mustaqilligini va uni ishlab chiqarishni hal qiladi.

Xulosa

Tadqiqot manbalari gaz-kimyo majmuasi korxonalarini utilizatsiya qilish orqali uglevodorod yoqilg‘ilarini ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalari yuqori texnik ishlab chiqarishlarni va iqtisodiy samaradorlikka ega bo‘lish mumkinligini ko‘rsatmoqda.

Asosiy masalalar:

1. Termik gazlashtirish jarayonida 40-60% H_2 konsentratsiyasiga ega singaz olish mumkin, tozalash 15-25 MJ/m³ ni tashkil qiladi.
2. Katalitik piroliz HZSM-5 katalizatori ishtirokida 70-85% chiqish bilan yuqori sifatli gazolin va gaz mahsulotlari beradi.
3. O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan WtE bo‘yicha yiliga 2,1 milliard kVt soat elektr energiyasi ishlab chiqarish va 4,7 million tonna chiqindini qayta ishlash mumkin.
4. Ustyurt gazkimyo majmuasidagi pilot loyiha rejasi yillik 2000 tonna ishlab chiqarish va 1650 tonna uglerod materiallari ishlab chiqarish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

5. Ekologik texnologiya issiqxona gazlari emissiyasini 40% ga va chiqindi mahsulot hajmini 85% ga kamaytirish imkoni yaratiladi.

Kelajakda innovatsion katalitik tizimlar, birgalikdagi piroliz va yuqori haroratli gazlashtirish texnologiyalarini joriy etish orqali iqtisodiy samaradorlikni yanada kuchaytirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abioye, K. J., Harun, N. Y., Sufian, S., & Yusuf, M. (2024). Advancements in biomass waste conversion to sustainable biofuels via gasification. Chemical Engineering Journal, 497, Article 154643.
2. Kengaytirilgan Bio Fuels AQSh. (2025). O‘zbekiston Markaziy Osiyodagi birinchi chiqindilardan bioyoqilg‘i ishlab chiqaruvchi zavodni ishga tushiradi. https://advancedbiofuelsusa.info/uzbekistan-set-to-launch-central-asia-s-first-waste-to-biofuel-plant dan olindi
3. Diplomat jurnali. (2023). O‘zbekiston kimyo sanoati: kimyo sanoati salohiyati. https://diplomatmagazine.eu/2023/06/05/chemical-industry-of-uzbekistan-potential-of-the-chemical-industry/ dan olindi.
4. Energynews. (2024). Uzbekistan invests $1.3 billion in waste-to-energy projects. Retrieved from https://energynews.pro/en/uzbekistan-invests-1-3-billion-in-waste-to-energy-projects/.
5. Erkiaga, A., Amutio, M., Lopez, G., Bilbao, J., & Olazar, M. (2013). Steam gasification of biomass in a conical spouted bed reactor with olivine and γ-alumina as primary catalysts. Fuel Processing Technology, 116, 292-299.
6. International Energy Agency. (2024). Uzbekistan energy profile: Sustainable development. Retrieved from https://www.iea.org/reports/uzbekistan-energy-profile/sustainable-development
7. Kun.uz. (2025). O‘zbekistonda chiqindilardan yoqilg‘i ishlab chiqarish bo‘yicha yangi loyiha ishga tushadi. https://www.kun.uz/uz/news/2025/06/23/uzbekistan dan olindi
8. Lopez, G., Artetxe, M., Amutio, M., Bilbao, J., & Olazar, M. (2017). Thermochemical routes for the valorization of waste polyolefinic plastics to produce fuels and chemicals: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 73, 346-368.
9. Miandad, R., Rehan, M., Nizami, A. S., Barakat, M. A., & Ismail, I. M. (2019). Catalytic pyrolysis of plastic waste: Moving toward pyrolysis based biorefineries. Frontiers in Energy Research, 7, Article 27.
10. Pinto, F., Costa, P., Gulyurtlu, I., & Cabrita, I. (1999). Pyrolysis of plastic wastes: Effect of plastic waste composition on product yield. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 51(1-2), 39-55.

ISSN 3030-3907

11. ResearchAndMarkets. (2025). Waste-to-Fuel Technology - Global Strategic Business Report. Retrieved from https://www.globenewswire.com/news-release/2025/06/05/3094560/0/en/.
12. Shen, Y., & Fu, Y. (2018). Synergistic effects during co-pyrolysis of biomass and plastic: Gas evolution and char structure. Bioresource Technology, 250, 512-520.
13. United Nations Environment Programme. (2024). Uzbekistan targets improved chemicals, waste management in key economic sectors. Retrieved from https://www.unep.org/technical-highlight/uzbekistan-targets-improved-chemicals-waste-management.
14. Zaini, I. N., Gomez-Rueda, Y., Kolb, T., & Dahmen, N. (2020). Co-gasification of refuse-derived fuel and biomass for enhanced tar reduction. Fuel, 266, Article 117067.
15. Zhang, Q., Chang, J., Wang, T., & Xu, Y. (2007). Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. Energy Conversion and Management, 48(1), 87-92.

ISSN 3030-3907

NEYTRON YULDUZ ENERGETIKASINING NAZARIY TAHLILI VA BRANE ZARYADINING NEYTRON YULDUZI ENERGETIKASIGA TA‘SIRI

Maksud Maxmudovich Umaraliyev

Namangan Davlat Texnika Universiteti, Islom Karimov ko‘chasi 12, Namangan 160103, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada neytron yulduzlarning energetik xususiyatlari, jumladan gravitatsion, aylanish va magnit energiya manbalari nazariy jihatdan ko‘rib chiqiladi. Energiya tarqalishiga oid asosiy formulalar va grafiklar keltirilgan. Maqola neytron yulduzlar fizikasi bilan shug‘ullanuvchi tadqiqotchilar uchun mo‘ljallangan. Ushbu maqola bran zaryadining neytron yulduzlarning energiya xususiyatlariga ta'sirini o‘rganadi. Bran-dunyo stsenariysi bo‘yicha umumiy relativistik Tolman-Oppengeymer-Volkoff (TOV) tenglamalarini o‘zgartirishga asoslanib, biz massa-radius munosabatlarini, sirtning qizil siljishi va energiya zichligi profillarini tahlil qilamiz. Analitik taxminlar va raqamli usullardan foydalangan holda, biz bran kuchlanishining astrofizik oqibatlari va mahalliy energiya tuzatishlari haqida yangi tushunchalarni taqdim etamiz.

Kalit so‘zlar: Neytron yulduzlari, bran-dunyo, Tolman-Oppengeymer-Volkoff tenglamasi, energiya zichligi, gravitatsion qizil siljish.

Abstract: This article theoretically considers the energetic properties of neutron stars, including gravitational, rotational, and magnetic energy sources. The main formulas and graphs for energy dissipation are presented. The article is intended for researchers involved in neutron star physics. This paper investigates the influence of brane charge on the energy characteristics of neutron stars. Based on modifications to the general relativistic Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV) equations under the brane-world scenario, we analyze the mass-radius relation, surface redshift, and energy density profiles. Using both analytical approximations and numerical methods, we present new insights into the astrophysical implications of brane tension and localized energy corrections.

Keywords: Neutron stars, brane-world, Tolman-Oppenheimer-Volkoff equation, energy density, gravitational redshift

Аннотация: В данной статье теоретически рассматриваются энергетические свойства нейтронных звёзд, включая гравитационные, вращательные и магнитные источники энергии. Представлены основные формулы и графики для диссипации энергии. Статья предназначена для исследователей, занимающихся физикой нейтронных звёзд. В данной работе исследуется влияние заряда браны на энергетические характеристики нейтронных звёзд. Основываясь на модификациях общерелятивистских уравнений Толмена-Оппенгеймера-Волкова (TOV) в рамках сценария мира на бране, мы

ISSN 3030-3907

анализируем зависимость массы от радиуса, поверхностное красное смещение и профили плотности энергии. Используя аналитические приближения и численные методы, мы представляем новое понимание астрофизических последствий натяжения браны и поправок к локализованной энергии.

Ключевые слова: нейтронные звезды, бранный мир, уравнение Толмена-Оппенгеймера-Волкова, плотность энергии, гравитационное красное смещение

1. Kirish

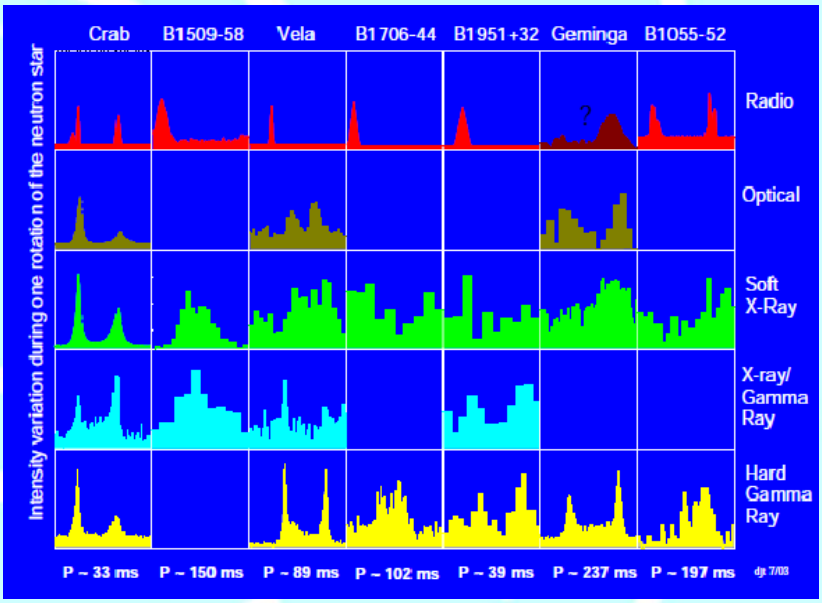
Neytron yulduzlar — ulkan massali yulduzlar supernova portlashi orqali siqilishi natijasida paydo bo‘ladigan o‘ta zich astrofizik obyektlardir. Ular asosan neytronlardan iborat bo‘lib, tipik radiusi ~10 km va massasi ~1.4–2.0 M⊙ bo‘ladi. Ularning ichki strukturasi va energetik jarayonlari hozirgi zamon nazariy va kuzatuvchi astrofizikaning markaziy masalalaridan biri hisoblanadi. Neytron yulduzlari eng zich astrofizik ob'ektlardan biri bo‘lib, tortishish va yuqori energiya fizikasi nazariyalarini sinab ko‘rish uchun tabiiy laboratoriyani ta'minlaydi. Brane-dunyo stsenariylarida bizning 4 o‘lchovli koinotimiz Eynshteynning maydon tenglamalarida o‘zgarishlarga olib keladigan yuqori o‘lchamli massaga kiritilgan. Ushbu maqola bunday o‘zgarishlar neytron yulduz energetikasiga qanday ta'sir qilishini o‘rganadi.

Pulsarlar birinchi marta pulsatsiyalanuvchi radio manbalari sifatida kashf etilgan (Hewish va boshq., 1968) va tez orada magnitlangan neytron yulduzlari bilan bog‘langan (Gold, 1968). Radio emissiyasi magnit qutblar yaqinidan keladi deb taxmin qilinadi va shuning uchun tegishli yo‘naltirilgan kuzatuvchi pulsar aylanish chastotasida radio impulslarini ko‘radi. 1.1-rasmda g-nurlari orqali radioda ko‘rinadigan 7 pulsar uchun yorug‘lik egri chiziqlari ko‘rsatilgan. Radioemissiya jarayonlari yaxshi tushunilmagan, chunki radio diapazonlarida umumiy energiya chiqishi juda kichik va bu tezis doirasidan tashqarida. Biroq, g-nurlari emissiyasi juda muhim bo‘lishi mumkin va bu yanada hal qilinishi mumkin bo‘lgan muammodir. Hozirgi vaqtda bu ayniqsa qiziq, chunki Fermi g-nurli kosmik teleskopi (GST) yaqinda kashf etgan. > 100 ta yangi g-nurlari pulsarlari. 2-rasmda radiodagi Vela pulsaridan va bir qancha turli g-nurlari diapazonlarining xarakterli yorug‘lik egri chiziqlari berilgan. Emissiya kuchli ikki tomonlama cho‘qqiga ega, radio va birinchi g-nurlari cho‘qqisi o‘rtasida kichik faza siljishi va g-nurlari cho‘qqilari orasidagi ko‘prik emissiyasi.

Davrlar minglab pulsarlar uchun o‘lchangan va o‘lchovlar aslida aniq davrlarning vaqt hosilasini o‘lchash uchun etarli. 1.3-rasmda P - P˙ ko‘rsatilgan a uchun diagramma Gorizontal o‘qda P davri va vaqt hosilasi bilan pulsarlarning katta populyatsiyasi davri P˙ vertikal o‘qda. ning markazida P ~ 1 s davrlari bo‘lgan

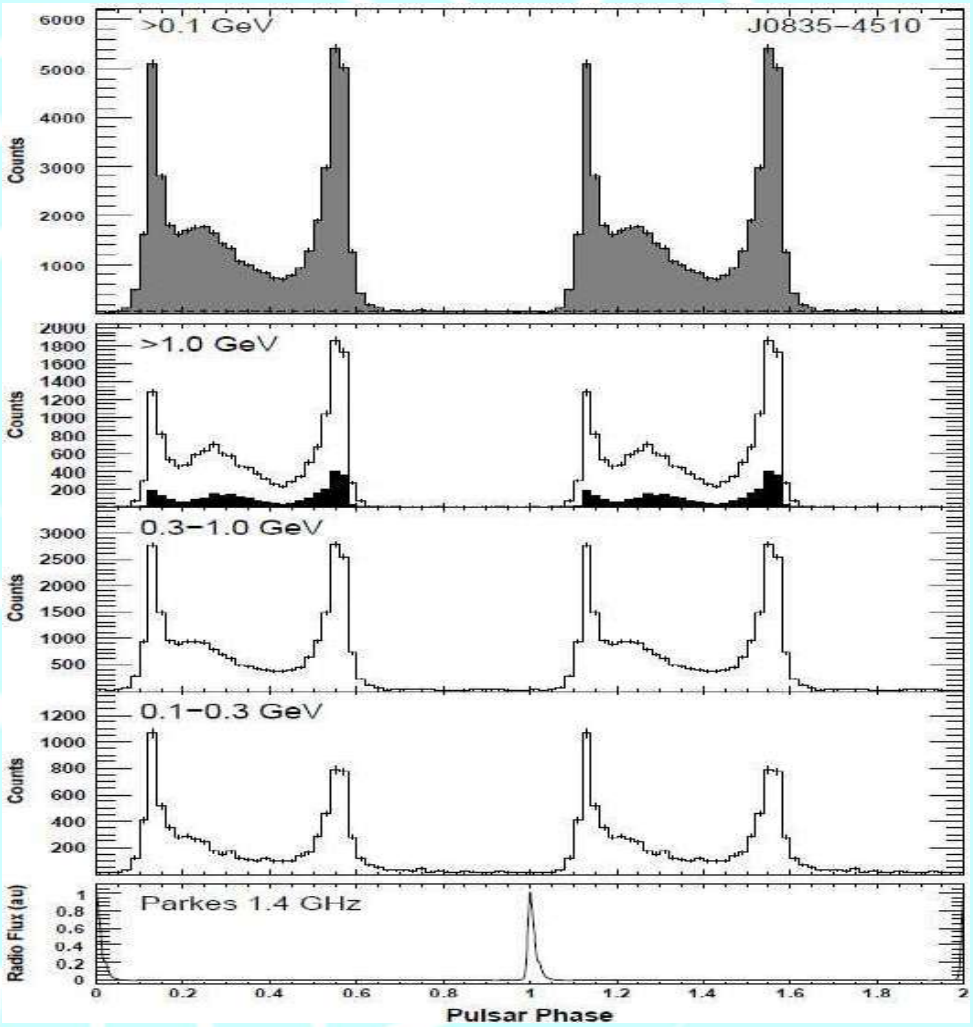
ISSN 3030-3907

oddiy pulsarlar diagramma va yig‘ilish orqali aylanadigan qayta ishlangan millisekundli pulsarlar diagrammaning pastki chap qismida joylashgan. Oddiy pulsarlar o‘lim chizig‘idan o‘tgandan keyin diagrammaning pastki o‘ng qismida kuzatilmaydi, chunki maydonlar va aylanishlar radio emissiyasini ishlab chiqaradigan plazma hosil qilish uchun etarlicha kuchli emas.

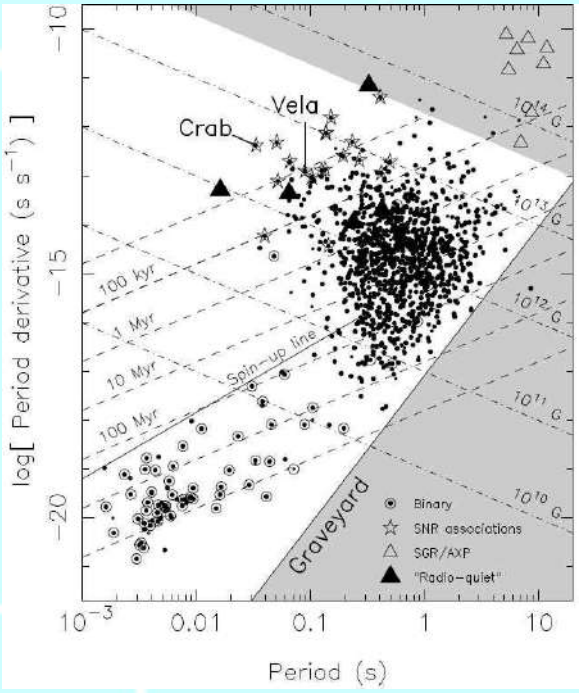


1-rasm: g-nurlari orqali radioda 7 pulsar uchun yorug‘lik egri chiziqlari.

ISSN 3030-3907



2-rasm: Fermi GST dan Vela pulsar uchun radio va g-nur nurlari egri chiziqlari



3-rasm: P - P˙ oddiy va millisekundli pulsarlarning katta populyatsiyasi uchun diagramma

ISSN 3030-3907

2. Magnetosfera ko‘rinish kartinalari

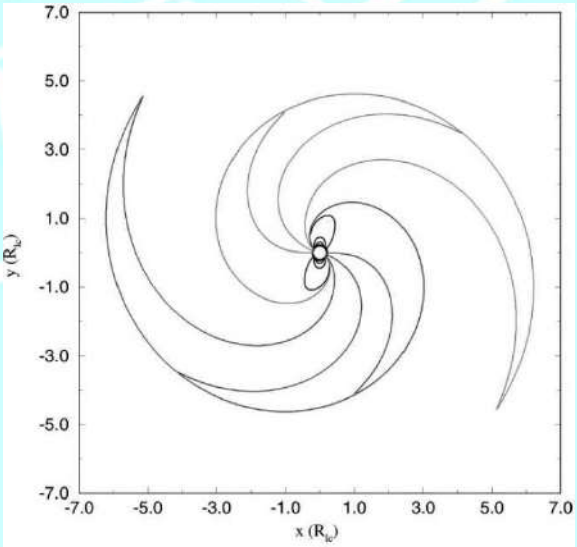
Birinchi navbatda, pulsarning magnit maydoni dipoldir va pulsar magnitodipol nurlanishi tufayli pastga aylanadi (Gunn va Ostriker, 1969). Dipol nurlanish yorqinlikka ega

$$L = \frac{2}{3}\frac{\mu^2 \Omega^4}{c^3}\sin^2\alpha \qquad (1)$$

Bu erda m magnit dipolning kuchi, Ō - yulduzning burchak tezligi, a - aylanish o‘qi va magnit moment o‘rtasidagi moyillik burchagi. Ushbu dipol nurlanishni toroidal magnit maydonning chiqishi deb hisoblash mumkin. 1.4-rasmda ortogonal rotatorning ekvator tekisligidagi magnit maydon chiziqlari ko‘rsatilgan. Sahifaning tashqarisida induktsiyalangan elektr maydon mavjud va elektromagnit energiyani o‘tkazadigan tashqi tomonga yo‘naltirilgan Poynting oqimi

$$S = (c/4p)E \times B \qquad (2)$$

Odatda magnitosfera deb ataladigan pulsarni o‘rab turgan haqiqiy muhit mavjud ammo bu vakuum rasmidan sezilarli farqlar. Pulsarning aylanishi induktsiya qiladi zarrachalarni yulduz yuzasidan olib tashlashi va ularni ultrarelativistik tezliklarga tezlashtirishi mumkin bo‘lgan kuchli elektr maydonlari.



4-rasm: Ortogonal rotatorning ekvator tekisligidagi vakuum magnit maydonlari

Bu zarralar juftligi o‘ta kuchli magnit maydonlarini hosil qiladi va pulsar magnitosferalarini mo‘l plazma bilan to‘ldiradi. Mo‘l plazma bilan to‘ldirilgan magnitosferaning standart multfilmi birinchi marta Goldreich va Julian (1969) tomonidan taklif qilingan. Bu rasmda elektr maydoni endi vakuumdagi induksion elektr maydoni emas, aksincha korotatsion elektr maydoni

$$E = \frac{1}{c}(\Omega \times r) \times B \qquad (3)$$

ISSN 3030-3907

Jismoniy talqin shundan iboratki, mo‘l-ko‘l plazma pulsar bilan aylanib o‘tayotganda magnit maydon chiziqlari bilan korotatsiya qilishga majbur bo‘ladi. 1.5-rasmda Goldreich-Julian modelining illyustratsiyasi berilgan (shuningdek, Sturrock 1971 ga qarang). Yopiq magnit maydon chizig‘i hududi yorug‘lik tsilindri RLC = c / Ō gacha cho‘ziladi va yorug‘lik tsilindrini kesib o‘tgan maydon chiziqlari cheksizgacha ochiladi. Katta o‘lchamli poloidal oqim zanjiri hosil bo‘ladi, elektronlar tashqariga chiqadi, lekin oqim ochiq maydon chiziqlari bo‘ylab oqadi va oqim ekvatorial oqim varag‘i orqali chiqadi.

Bundan kelib chiqadiki, Goldreyx-Julian zaryad zichligi

$$\rho_{\mathrm{GJ}} = \frac{1}{4\pi}\nabla \cdot \mathrm{E} \approx -\Omega \cdot \mathrm{B}/2\pi c \quad (4)$$

Bu erda B - dipol maydoni. Nol zaryad yuzasi Ō • B = 0 bo‘lgan joyda mavjud bo‘lib, ekvator yaqinidagi aniq musbat zaryadlangan plazmani qutblar yaqinidagi aniq manfiy zaryadlangan plazmadan ajratib turadi. Ikkala belgining zaryad tashuvchilari juft kaskad tomonidan ishlab chiqariladi va ko‘p qirrali magnitosferada mavjud (Lyubarskiy, 1995).

$$\kappa = ne/\rho_{\mathrm{GJ}} \approx 10^4, \quad (5)$$

Bu erda n - plazma sonining zichligi va e - elektron/pozitron zaryadi. Biroq, mo‘l-ko‘l plazmaning energiya zichligi hali ham magnit maydonlardagi energiyadan ustundir. Elektromagnit energiya oqimining zarracha kinetik energiya oqimiga nisbati (Lyubarskiy, 1995).

$$\sigma_M = \frac{S}{n\gamma mc^3} \approx 10\,\frac{B_1}{10^{12}G}\,\frac{R*}{10^6 cm}^3\,\frac{1s^2}{P} \quad (6)$$

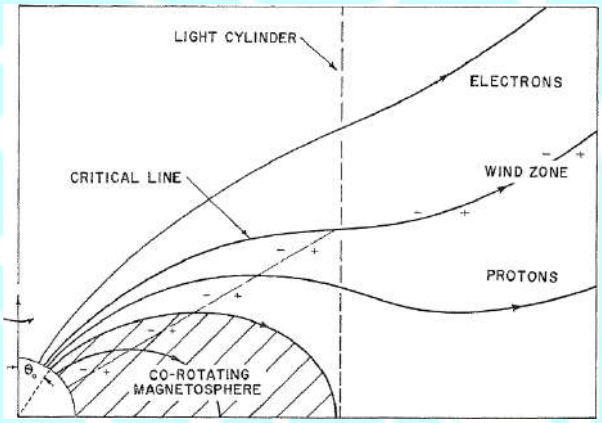
Bu yerda m - zarrachalar massasi, g ularning Lorents omili, R∗ - neytron yulduz radiusi, B1 - sirt magnit maydon kuchi. Shuning uchun plazma inertsiyasi va bosimiga e'tibor bermaslik xavfsizdir va dinamika kuchsiz tenglama bilan boshqarilishi kerak,

$$\rho\mathrm{E} + \mathrm{j} \times \mathrm{B} = 0. \quad (7)$$

Goldreich-Julian modeli, qat'iy aytganda, multfilmdir, chunki plazma oqimlarining magnit maydon tuzilishiga qarshi reaktsiyasi kiritilmagan. Shunday bo‘lsa-da, a bo‘lib qoldi

6 tenglamani qondiradigan magnitosfera maydoni tuzilishi uchun o‘z-o‘zidan mos keladigan yechimni olish qiyinligi sababli uch o‘n yil davomida eng zamonaviy model. 6 tenglamani qondiruvchi to‘liq pulsar eritmasi Contopoulos va boshqalar tomonidan yaqinda ishlab chiqilmagan. (1999) 2D va Spitkovskiy (2006) tomonidan 3D formatida. Kuchsiz eritmalardagi plazma oqimlarini keyingi bobda batafsilroq tasvirlab beramiz.

ISSN 3030-3907



5-rasm: Ko‘p plazma bilan to‘ldirilgan pulsar magnitosferasining Goldre Julian modeli

3. Plazma ta'minoti

Plazma mavjudligi barcha magnitosfera xususiyatlariga ta'sir qiladi. Garchi bu haqiqat pulsar tadqiqotlarining dastlabki kunlaridanoq yaxshi baholangan bo‘lsa-da, plazma effektlarini miqdoriy modellashtirish qobiliyati asosan so‘nggi o‘n yillikda paydo bo‘ldi. Umuman olganda, pulsar magnitosferalarining modellarini ular qabul qilgan plazma ta'minoti miqdori bo‘yicha tasniflash mumkin. Bir chekkada vakuum magnitosferasi joylashgan bo‘lib, u vakuumda aylanadigan moyil dipolning magnit maydoni bilan modellashtirilgan (Deutsch, 1955; Mishel va Li, 1999). Ushbu eritmada plazma yo‘qligi sababli, pulsarga o‘xshash emissiya hosil qilish imkoniyati yo‘q. Biroq, bu maydonning analitik formula bilan tavsiflanganligi uni pulsar xususiyatlarini hisoblash uchun eng keng tarqalgan tizimga aylantirdi. Misol uchun, 1012G pulsar maydonining ishonchli kuchini yoki aylanuvchi vektor modelining (Radhakrishnan va Kuk, 1969) qutblanish tezligini keltirib chiqaradigan xarakterli aylanish energiyasini yo‘qotish vakuum maydoni shakliga asoslangan. Pulsarlarning gamma-nurlari emissiyasining slot-bo‘shliq va tashqi bo‘shliq modellari ham ushbu sohaga asoslangan (Cheng va boshq., 1986; Dyks va boshq., 2004). Keyingi taxminiy tartib - bu plazmadan plazma emissiyasini ta'minlaydigan modellar yulduz yuzasi. Bularga Goldreich & Julian (1969) ning zaryad bilan ajratilgan asl modeli va juft hosil bo‘lgan kosmik zaryadi cheklangan modellari (masalan, Ruderman & Sutherland, 1975; Arons & Scharlemann, 1979) kiradi. Ushbu modellar plazma tezlanayotgan elektr maydonlarini qisqartiradigan hududlarni ham, tezlashuv mavjud bo‘lgan vakuumga o‘xshash hududlarni ham nazarda tutadi ("bo‘shliqlar" deb ataladi). Ushbu yondashuv plazma hosil bo‘lishi va tezlashishini o‘rganishda ko‘proq realizmga imkon beradi, lekin magnitosferaning global tuzilishidan ajralib chiqish narxida, chunki plazma oqimlari tufayli vakuum maydonining modifikatsiyasi odatda kiritilmaydi. Va nihoyat, global magnitosfera xususiyatlariga e'tibor qaratadigan modellar butun magnitosferada va shamolda ko‘p plazma mavjudligini taxmin qiladi. Ushbu plazma tezlanayotgan elektr

ISSN 3030-3907

maydonlarini qisqartiradi va yulduz bilan maydon chiziqlarining korotatsiyasini ta'minlaydi. Bunday modellar magnitosferaning relyativistik magnithidrodinamik (MHD) tavsifini va uning past inertsiyali magnit ustunlikdagi plazmalar uchun chegarasini, "kuchsiz" tavsifni o‘z ichiga oladi. Ushbu turli xil rejimlarning qaysi biri haqiqiy pulsarlar uchun qo‘llanilishi, oxir-oqibat magnitosferadagi plazma ta'minoti fizikasiga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Bizning ishimizdan oldin global magnitosfera strukturasining miqdoriy yechimlari faqat vakuum chegarasi (Deutsch, 1955; Mishel va Li, 1999) va kuchsiz elektrodinamikada mo‘l-ko‘l plazma chegarasi uchun mavjud edi (qarang. Contopoulos va boshqalar. 1999; Gruzinov 2005-02020; Parfrey et al. 2013 yil 3D formatida). Haqiqiy pulsar magnitosferalari, ehtimol, ikkala chegaradagi elementlarni juft ishlab chiqarish hududlari va ko‘p plazma bilan birlashtiradi, shuningdek, turli tezlashtiruvchi bo‘shliqlar va kuchli oqim plitalari bilan mahalliy ideal MHD cheklovining buzilishi, E • B = 0. Bunday ideal bo‘lmagan effektlarni o‘z ichiga oladi. Magnitosferani tushunish pulsar emissiya xususiyatlarini hisoblash qobiliyatimizni sezilarli darajada oshiradi. Xususan, plazma oqimlarining magnitosfera maydoni tuzilishiga ta'sirini o‘z ichiga olgan ideal kuchsiz modellar qurilishi bo‘yicha hech qanday tezlashtiruvchi maydonlarga ega emas va shuning uchun g-nurlari pulsarlaridan yuqori energiya emissiyasining morfologiyasi va spektrlarini to‘liq bashorat qila olmaydi.

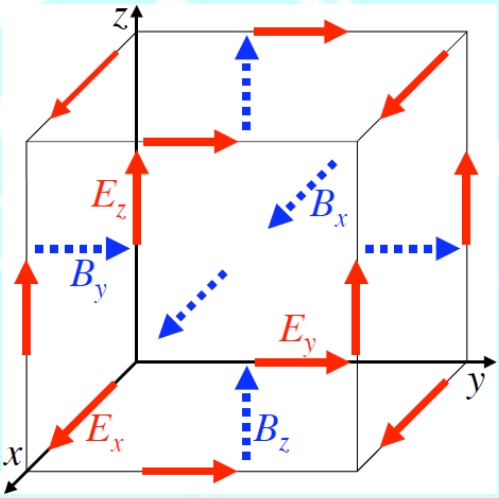
Magnitosferada tezlashtiruvchi elektr maydonlarini qayta tiklashning bir usuli plazmaning cheklangan qarshiligini ta'minlashdir. Rezistiv kuchsiz tenglamalarning bir nechta formulalari, ayniqsa Lyutikov (2003) va Gruzinov (2007, 2008) tomonidan taklif qilingan. Rezistiv MHDda Om qonuni suyuqlikning to‘g‘ri doirasidagi oqimni Fluid orqali elektr maydoniga bog‘lash orqali bir ma'noda aniqlanishi mumkin, bu erda s - plazma o‘tkazuvchanligi (qarang, masalan, Lichnerowicz, 1967; Palenzuela va boshq.20). Kuchsiz tizimda esa magnit maydon bo‘ylab suyuqlik tezligi noma'lum va elektromagnit maydonlardan faqat ko‘ndalang tezlikni olish mumkin. Bu kuchsiz rasmda Ohm qonunini belgilashda ba'zi erkinliklarni taqdim etadi. Lyutikov (2003) tomonidan taklif qilingan retseptda maydon bo‘ylab parallel tezlik nolga teng deb qabul qilindi va usul past o‘tkazuvchanlikda vakuumga tushadi. Kuchli maydon elektrodinamiği (Gruzinov, 2007, 2008), Om qonuni maydon chiziqlari bo‘ylab shunday tezlikda harakatlanadigan ramkada ishlab chiqilganki, bu ramkadagi zaryad zichligi yo‘qoladi.Bunday ramka rasmiy ravishda faqat kosmosga o‘xshash hududlarda mavjud bo‘lishiga qaramay, Kuchli maydon elektrodinamikasining retsepti butun magnitosferada silliq raqamli echimlarni beradi (Gruzinov, 2011) va eng muhimi, magnit maydonlar noldan o‘tishi mumkin bo‘lgan joriy varaqlarda portlamaydi. Biroq, ikkala formula ham o‘zboshimchalik bilan amalga oshiriladi, chunki

ISSN 3030-3907

suyuqlikning haqiqiy tezligi ikkala ramka taxminiga amal qilishi shart emas. Shuning uchun qo‘shimcha cheklov sifatida plazmaning juda katta va juda kichik o‘tkazuvchanlik chegaralarida kutilgan jismoniy eritmalarni, ya'ni kuchsiz chegara ($s \to \infty$) va vakuum elektromagnetizmining chegarasini ($s \to 0$) takrorlaydigan qarshilik formulasini yaratish foydalidir. Ushbu ishda biz ushbu sxemalarni umumlashtiradigan va Lyutikov sxemasining to‘g‘ri cheklovchi xatti-harakatlarini Gruzinov formulasining joriy varaq barqarorligi bilan birlashtirgan rezistiv retseptni taqdim etamiz. Keyin biz pulsarlar uchun qarshilik magnitosferalarining tuzilishini raqamli hisoblash uchun ushbu retseptni qo‘llaymiz.

4. Raqamli usullar

Biz Maksvell tenglamalaridan elektromagnit maydonlarni rivojlantirish uchun chekli farqli vaqt-domen sxemasini (FDTD, Taflove & Hagness, 2005) amalga oshiradigan parallel uch o‘lchovli raqamli koddan foydalanamiz (Spitkovskiy, 2006).



6-rasm: FDTD usullarida qo‘llaniladigan Dekart Yee hujayrasi. Raqamli jingalaklarni hisoblashni soddalashtirish uchun hujayra qirralarida E va hujayra yuzlarida B aniqlanadi.

$$\partial_t \mathrm{E} = c\nabla \times \mathrm{B} - 4\pi \mathrm{j}, \qquad (8)$$

$$\partial_t \mathrm{B} = -c\nabla \times \mathrm{E}. \qquad (9)$$

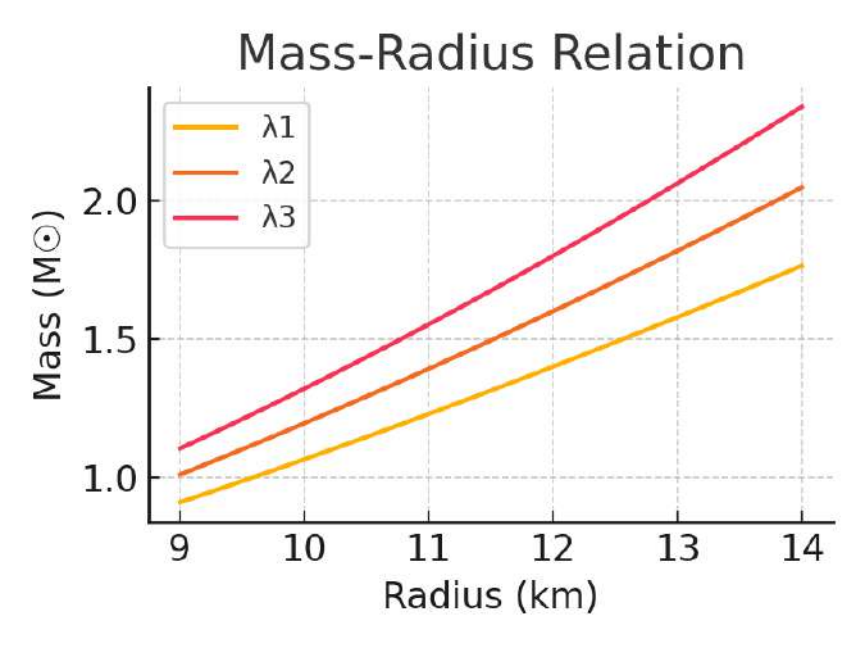
Elektr va magnit maydonlar standart FDTDda bo‘lgani kabi Dekart Yee tarmog‘ida markazlashtirilmagan va 1.6-rasmda ko‘rsatilgan. E hujayra qirralarida, B esa hujayra yuzlarida aniqlanadi. Bu Maksvell tenglamalarini ishlab chiqishda E va B ning raqamli jingalaklarini hisoblashni osonlashtirish uchun amalga oshiriladi.

Odatda FDTD da qo‘llaniladigan sakrash vaqti integratsiyasi o‘rniga biz uchinchi tartibni qo‘llaymiz.

Runge-Kutta integratori Spitkovskiydagi kabi (2006). Bu manba oqimini hisoblashda E va B maydonlarini bir xil vaqt bosqichiga olib kelish uchun zarur bo‘lgan vaqt ichida interpolyatsiyani olib tashlash uchun amalga oshiriladi. j ni

ISSN 3030-3907

belgilashning aniq usuli 2-bobda ko‘rsatilgan. Chegara shartlari qiziqish muammosiga bog‘liq va bizning kodimizning har bir qo‘llanilishi uchun alohida tavsiflanadi. Biz o‘zgartirilgan TOV tenglamalarini Runge-Kutta usuli yordamida brane kuchlanish l va Weyl tuzatish parametrlarining turli qiymatlari uchun birlashtiramiz. Dastlabki markaziy zichliklar 5×10^{14} dan 2×10^{15} g/sm³ gacha. Biz bilamizki, brane kuchlanishining oshishi yanada ixcham yulduzlarga olib keladi. Maksimal massa brane parametrlariga qarab 20% gacha oshadi.



7-rasm: Har xil brane kuchlanishlari uchun massa-radius munosabati.

Gravitatsion qizil siljish z quyidagicha ifodalanadi:

$$z = (1 - 2GM/R)^{(-1/2)} – 1 \qquad (10)$$

Yuqori to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘g‘rilangan yulduzlar ixchamligi oshishi tufayli ko‘proq qizil siljishni ko‘rsatadi. Ichki energiya taqsimoti E_mn termini tufayli siljiydi, bu esa yuqori yadro zichligiga olib keladi.

5 Xulosa

Umumiy nisbiylik nazariyasidagi o‘zgarishlar neytron yulduz energetikasiga sezilarli ta'sir ko‘rsatadi. Massa, qizil siljish va energiya zichligi kabi kuzatilishi mumkin bo‘lgan miqdorlar bran tarangligi va Veyl shartlariga sezgir bo‘lib, qo‘shimcha o‘lchovli effektlarni tekshirishning potentsial usulini taklif qiladi. Neytron yulduzlar energetikasi juda murakkab va nazariy modellashtirishni talab qiladigan sohaga kiradi. Gravitatsion, aylanish va magnit energiya manbalari neytron yulduzlarning ko‘plab kuzatilgan xususiyatlarini tushuntirishda muhim rol o‘ynaydi.

ADABIYOTLAR

1. Shapiro, S. L., & Teukolsky, S. A. (1983). *Black holes, white dwarfs, and neutron stars: The physics of compact objects.* Wiley. Haensel, P., Potekhin, A. Y., & Yakovlev, D. G. (2007). *Neutron stars 1: Equation of state and structure.*

ISSN 3030-3907

Springer. Kaspi, V. M., & Beloborodov, A. M. (2017). Magnetars. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 55, 261–301.
2. Randall, L., & Sundrum, R. (1999). "An Alternative to Compactification." Phys. Rev. Lett., 83, 4690.
3. Germani, C., & Maartens, R. (2001). "Stars in the braneworld." Phys. Rev. D, 64, 124010.
4. Harko, T., & Mak, M.K. (2004). "Anisotropic stars in brane worlds." Annals of Physics, 319(2), 471–492.
5. Shapiro, S.L., & Teukolsky, S.A. (1983). Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars. Abdo, A. A., Ackermann, M., Ajello, M., Atwood, W. B., Axelsson, M., Baldini, L., Ballet, J., Barbiellini, G., Baring, M. G., Bastieri, D., & et al. 2010, ApJS, 187, 460 Arons, J. & Scharlemann, E. T. 1979, ApJ, 231, [11] 854 Cheng, K. S., Ho, C., & Ruderman, M. 1986,
6. Contopoulos, I., Kazanas, D., & Fendt, C. 1999, ApJ, 511, 351 Gunn, J. E. & Ostriker, J. P. 1969, Nat, 221, 454
7. Hewish, A., Bell, S. J., Pilkington, J. D. H., Scott, P. F., & Collins, R. A. 1968, Nat, 217, 709 Kalapotharakos, C. & Contopoulos, I. 2009, A&A, 496, 495
8. Komissarov, S. S. 2006, MNRAS, 367, 19 Li, J. & Spitkovsky, A. in prep

ISSN 3030-3907

ANALYSIS OF THE OPERATING MECHANISM OF THERMOELECTRIC MATERIALS

Khojimatov Islombek Turg‘unboy o‘g‘li
senior lecturer of the department “Materials Science”, Andijan State Technical Institute.
E-mail: ixojimatov0420@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada termoelektrik generatorlarning ishlash muddatini oshirish imkoniyatlari eksperimental sinovlar asosida o‘rganilgan. Tadqiqot davomida turli xil termoelektrik materiallar, harorat sharoitlari va sovutish tizimlarining generatorlarning ishlash muddatiga ta’siri kompleks tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yuqori sifatli materiallar asosidagi termoelektrik materiallardan foydalanish, ishchi haroratni optimallashtirish va samarali sovutish tizimlarini joriy etish orqali termoelektrik generatorlarning ishlash muddatini sezilarli darajada oshirish mumkin. Xususan, yuqori sifatli materiallar yordamida ishlash muddati 40% ga, optimal harorat sharoitlarida esa 2 baravar oshirilgan. Maqolada o‘tkazilgan sinovlar metodologiyasi, olingan natijalar va ularning amaliy ahamiyati batafsil yoritilgan. Tadqiqot termoelektrik generatorlarning ishlash muddatini oshirishga qaratilgan samarali usullarni taklif qiladi va ushbu sohada keyingi tadqiqotlar uchun asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: termoelektrik generator, ishlash muddati, SiO_2 materiallari, sovutish tizimlari, harorat sharoitlari, sinov natijalari.

Аннотация: В данной статье на основе экспериментальных испытаний изучены возможности увеличения срока службы термоэлектрических генераторов. В ходе исследования был проведен комплексный анализ влияния различных термоэлектрических материалов, температурных условий и систем охлаждения на срок службы генераторов. Результаты исследования показали, что за счет использования термоэлектрических материалов на основе высококачественных материалов, оптимизации рабочей температуры и внедрения эффективных систем охлаждения можно значительно увеличить срок службы термоэлектрических генераторов. В частности, с использованием высококачественных материалов срок службы увеличился на 40%, а при оптимальных температурных условиях - в 2 раза. В статье подробно описаны методология проведенных испытаний, полученные результаты и их практическое значение. Исследование предлагает эффективные методы, направленные на увеличение срока службы термоэлектрических генераторов, и закладывает основу для дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, срок службы, материалы SiO_2, системы охлаждения, температурные условия, результаты испытаний.

ISSN 3030-3907

Annotation: In this article, based on experimental tests, the possibilities of increasing the service life of thermoelectric generators were studied. During the research, a comprehensive analysis of the influence of various thermoelectric materials, temperature conditions, and cooling systems on the service life of generators was carried out. The research results showed that the service life of thermoelectric generators can be significantly increased by using thermoelectric materials based on high-quality materials, optimizing operating temperatures, and implementing efficient cooling systems. In particular, with the help of high-quality materials, the service life was increased by 40%, and under optimal temperature conditions - by 2 times. The article details the methodology of the conducted tests, the obtained results, and their practical significance. The research proposes effective methods aimed at increasing the service life of thermoelectric generators and lays the foundation for further research in this area.

Keywords: thermoelectric generator, service life, SiO_2 materials, cooling systems, temperature conditions, test results.

Introduction.

Thermoelectric effects involve a fundamental interplay between the electronic and thermal properties of a system. These effects are most often observed by measuring electrical quantities (voltage and current) induced by thermal gradients. While not as straightforward to measure, electrical voltages and currents can induce heat flow. Electrically induced heat flow generates a temperature gradient and should not be confused with Joule heating. The two primary thermoelectric effects are the Seebeck effect and the Peltier effect, which when combined with the laws of thermodynamics, can be used to derive all other thermoelectric effects [1]. When a conductive material is subjected to a thermal gradient, charge carriers migrate along the gradient from hot to cold; this is the Seebeck effect. In the open-circuit condition, charge carriers will accumulate in the cold region, resulting in the formation of an electric potential difference.

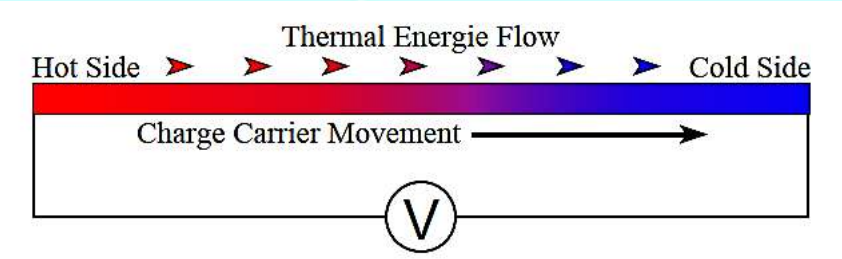


Figure 1: Charge carriers flow in response to a temperature gradient. The resulting charge imbalance creates a potential difference that can be measured using a voltmeter.

The Seebeck effect describes how a temperature difference creates charge flow, while the Peltier effect describes how an electrical current can create a heat flow. Electrons transfer heat in two ways: 1) by diffusing heat through collisions

ISSN 3030-3907

with other electrons, or 2) by carrying internal kinetic energy during transport. The former case is standard heat diffusion, while the latter is the Peltier effect. Therefore, the Seebeck effect and the Peltier effect are the opposite of one another.

LITERATURE REVIEW. Thermoelectric materials have garnered significant attention over the past decades due to their ability to directly convert heat into electricity and vice versa, offering promising applications in power generation and solid-state cooling. According to Snyder and Toberer (2008), the efficiency of thermoelectric materials is primarily governed by the dimensionless figure of merit, $ZT = (S^2 \sigma T) / \kappa$, where S is the Seebeck coefficient, σ is electrical conductivity, T is absolute temperature, and κ is thermal conductivity. Enhancing ZT necessitates a delicate balance between these interdependent parameters. Early studies focused on conventional bulk materials such as bismuth telluride (Bi_2Te_3), lead telluride (PbTe), and silicon-germanium (SiGe) alloys, which exhibited moderate thermoelectric performance (Rowe, 1995). More recent research has explored nanostructuring and low-dimensional systems to reduce lattice thermal conductivity via phonon scattering while maintaining or improving electrical transport properties (Vineis et al., 2010) [2-4]. For instance, Hicks and Dresselhaus (1993) theoretically predicted significant enhancements in thermoelectric performance when employing quantum wells and nanowires.

Furthermore, advancements in material synthesis and doping strategies have enabled fine-tuning of carrier concentration and mobility, which directly affect electrical conductivity and the Seebeck coefficient (Shi et al., 2016). The interplay between electronic band structure and scattering mechanisms has also been extensively studied to understand and optimize the material's properties (Zhao et al., 2014). Recent developments include the investigation of novel materials such as half-Heusler compounds, complex sulfides, and organic thermoelectric materials, which offer alternative pathways to achieve high performance and mechanical flexibility (Kanatzidis, 2010). Despite these advancements, challenges remain in simultaneously achieving low thermal conductivity and high electrical conductivity, as these parameters are often inversely correlated.

The operating mechanism of thermoelectric materials involves a complex interrelation between electronic and thermal transport phenomena. The literature highlights progress in materials design, structural engineering, and theoretical understanding aimed at improving thermoelectric efficiency.

METHODOLOGY. The first thermoelectric setup introduced in the lab practical is the thermocouple [5,6]. This simple device consists of two conductors, A and B, which are connected at one end held at temperature T_1. Meanwhile, the voltage difference between conductors A and B is measured at the opposite end held at temperature T_2. The thermocouple is shown in Fig. 2. When $\Delta T = T_2 - T_1$

ISSN 3030-3907

6= 0, each conductor produces a themovoltage $V_A = S_A\Delta T$ and $V_B = S_B\Delta T$, where S_A and S_B are the respective Seebeck coefficients of conductors A and B. Therefore, the measured voltage difference between the two conductors is

$$V_{AB} = V_A - V_B = S_A\Delta T - S_B\Delta T = S_{AB}\Delta T,$$

where $S_{AB} = S_A - S_B$ is the effective Seebeck coefficient of the conductor pair. Note that while S_A and S_B are intrinsic material properties of the conductors, S_{AB} is an effective Seebeck coefficient that describes the thermoelectric performance of a composite device. Thermocouples are used regularly as thermometers by calibrating the response voltage, V_{AB}, based on known temperatures. Typically T_2 is maintained at room temperature, while T_1 is varied while measuring V . This is the most practical choice because the voltmeter can remain at room temperature. Once calibrated, a measurement of V_{AB} provides the temperature T_1. The K-type thermocouple (chromel–alumel) is the most common commercial thermocouple with a sensitivity of approximately $V_{AB} = 41$ μV/◦C [7].

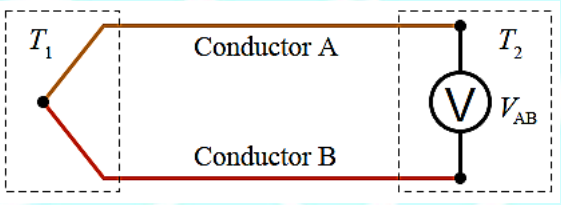


Figure 2: Two conductors, A and B, span a temperature gradient, $\Delta T = T_2 - T_1$, maintained by the local temperatures T_1 and T_2. The two thermovoltages established within each conductor produce a net thermovoltage, V_{AB}.

When a semiconductor is used as a thermoelectric material, its majority charge carriers (electrons or holes) determine the electrical behaviour. For example, when n- and p-type semiconductors are biased in the same direction, their charge carriers flow in opposite directions. As a result, n- and p-type Peltier elements create opposite temperature gradients.

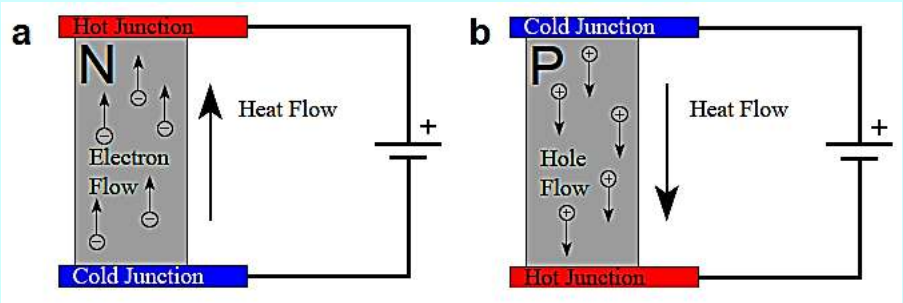


Figure 3: n-type versus p-type Peltier elements. a) An n-type semiconductor is biased externally creating an electrical current. The negative carriers (electrons) carry heat from bottom to top via the Peltier effect. b) The positive carriers (holes) within a p-type semiconductor–biased in the same direction as (a)–pump heat in the opposite direction, that is, from top to bottom.

RESULTS. A single Peltier element can be used to produce electrical power

ISSN 3030-3907

(via the Seebeck effect) or to pump heat (via the Peltier effect). In either application, the power output of a single Peltier element is generally not sufficient for realistic situations. To increase their power, commercial Peltier devices are composed of many n-type and p-type semiconductor Peltier elements. Theindividual elements are connected in series using metallic junctions. As a result of this, the junctions between the semiconductors do not form a barrier potential, as they would do in a p-n diode, and charge carriers flow freely in both directions. In a Peltier device, the individual elements are arranged so that the n- and p-type heat flow in the same direction. It consists of two electrically insulating ceramic plates sandwiching a series of p-n pairs joined by copper. This design provides a large surface area improving heat pumping for cooling and heating applications. Waste heat absorption and electrical power production (via the Seebeck effect) also benefit from the increased surface area.

Though primarily used as heat pumps, Peltier devices nonetheless generate a thermovoltage, Vth, when subjected to a temperature gradient, ΔT. An electrical current, I will flow if the Peltier device is connected to a load resistor, R_{load}. In this case, the Peltier device converts heat energy to electrical energy quantified by the dissipated power, $P = IV_{load}$, where V_{load} is the voltage drop across the load resistor.In the laboratory, P can be determined by measuring I and V_{load}. The Peltier device is not an ideal voltage source; therefore, its internal resistance, R_I, must be included in the analyses of power data. Furthermore, R_I is typically on the order of a few tens of Ohms. Therefore, the resistance of the ammeter, Ra, cannot be ignored.

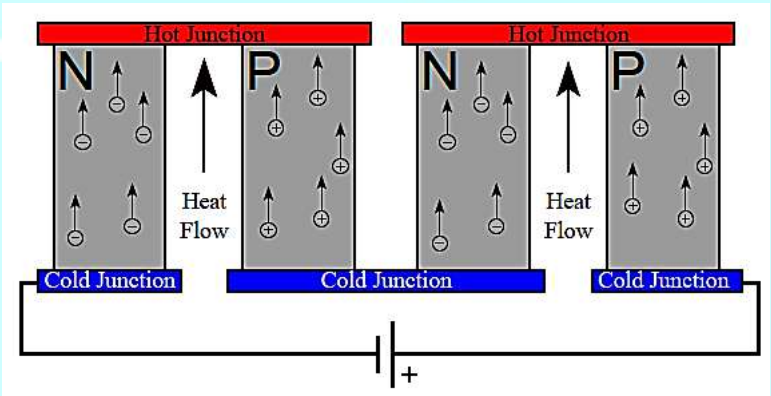


Figure 4: A series of alternating n- and p-type semiconductor elements, which pump heat from bottom to top when a voltage is applied.

CONCLUSION. In conclusion, the operating mechanism of thermoelectric materials is fundamentally governed by the intricate balance between electrical and thermal transport properties. The literature demonstrates that optimizing the Seebeck coefficient, electrical conductivity, and thermal conductivity simultaneously remains the core challenge in enhancing thermoelectric efficiency. Advances in nanostructuring, band engineering, and doping have shown promising

ISSN 3030-3907

routes to decouple these interdependent parameters, leading to significant improvements in the figure of merit ZT.

Moreover, emerging material systems such as half-Heusler compounds and organic thermoelectrics offer new perspectives for flexible and high-performance devices. Despite ongoing challenges, continuous progress in understanding the underlying physics and material innovations is paving the way for the practical implementation of thermoelectric technologies in energy harvesting and cooling applications. Future research focusing on multi-scale modeling and novel synthesis techniques holds potential to further accelerate the development of thermoelectric materials with tailored properties, ultimately contributing to sustainable energy solutions.

REFERENCES

1. Charles A. Domenicali. Irreversible thermodynamics of thermoelectric effects in inhomogeneous, anisotropic media. Phys. Rev., 92:877–881, Nov 1953.
2. Snyder, G. J., & Toberer, E. S. (2008). Complex thermoelectric materials. Nature Materials, 7(2), 105–114. https://doi.org/10.1038/nmat2090
3. Heremans, J. P., Thrush, C. M., & Morelli, D. T. (2004). Thermopower enhancement in PbTe alloys by distortion of the electronic density of states. Physical Review B, 70(11), 115334. https://doi.org/10.1103/Phys RevB.70.115334
4. Dresselhaus, M. S., Chen, G., Tang, M. Y., Yang, R. G., Lee, H., Wang, D. Z., ... & Ren, Z. F. (2007). New directions for low-dimensional thermoelectric materials. Advanced Materials, 19(8), 1043–1053. https://doi.org/10.1002/adma.200601716
5. L. Onsager. Reciprocol relations in irreversible processes. Phys. Rev.,37:405, 1931. and 38, 2265 (1931).
6. H. B. Callen. The application of Onsager's reciprocal relations to thermoelectric, thermomagnetic, and galvanomagnetic effects. Phys. Rev., 73:1349, 1948.
7. G. W. Burns and M. G. Scroger. Nist measurement services: The cali-bration of thermocouple and thermocouple materials. NIST Spec. Publ., 250-35, 1989.

ISSN 3030-3907

IQTISODIY JARAYONLARNI IQTISODIY-STATISTIK MODELLAR ASOSIDA TAHLIL QILISH VA BASHORATLASHNING NAZARIY ASOSLARI

Norqobilova Feruza Abduhomidovna
Qarshi davlat texnika universiteti, Biznes va boshqaruv kafedrasi mudiri, i.f.f.d., dotsent. Qarshi, O‘zbekiston.
E-mail: feruzanorqobilova9111@mail.com
Xoliyorova Hilola Komil qizi
Qarshi davlat texnika universiteti, Axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi. Qarshi, O‘zbekiston.
E-mail: xoliyorovah@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada iqtisodiy jarayonlarning vaqt davomida o‘zgarishlarini o‘rganish va ularni iqtisodiy-statistik modellar yordamida tahlil qilish hamda bashoratlash masalalari yoritilgan. Iqtisodiy-statistik modellashtirishning mohiyati, omillarni tanlash tamoyillari, korrelyatsion va regression bog‘lanishlarning ahamiyati, shuningdek, statik va dinamik modellar o‘rtasidagi farqlar tahlil qilingan. Ekonometrik modellarga qo‘yiladigan asosiy talablar keltirilgan va ularning iqtisodiy jarayonlarni tahlil qilishdagi roli yoritilgan.

Kalit so‘zlar: iqtisodiy modellashtirish, statistik tahlil, ekonometrika, regressiya, korrelyatsiya, statik model, dinamik model, bashoratlash.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы изучения изменений экономических процессов во времени, их анализа и прогнозирования с использованием экономико-статистических моделей. Раскрыта сущность экономико-статистического моделирования, принципы выбора факторов, значение корреляционных и регрессионных связей, а также различия между статическими и динамическими моделями. Приведены основные требования к эконометрическим моделям и их роль в анализе экономических процессов.

Ключевые слова: экономическое моделирование, статистический анализ, эконометрика, регрессия, корреляция, статическая модель, динамическая модель, прогнозирование.

Abstract. The article examines the study of changes in economic processes over time and their analysis and forecasting using economic-statistical models. The essence of economic-statistical modeling, principles of factor selection, the importance of correlation and regression relationships, and the differences between static and dynamic models are discussed. The main requirements for econometric models and their role in analyzing economic processes are also outlined.

Keywords: economic modeling, statistical analysis, econometrics, regression, correlation, static model, dynamic model, forecasting.

Kirish.

ISSN 3030-3907

Zamonaviy iqtisodiyot sharoitida iqtisodiy jarayonlarning vaqt davomida o‘zgarishini chuqur o‘rganish muhim ahamiyatga ega. Chunki barcha iqtisodiy hodisalar va ko‘rsatkichlar doimiy ravishda dinamik o‘zgaruvchanlikka ega bo‘lib, ularni ilmiy asosda tahlil qilish va bashoratlash [1-5] zarurati mavjud. Iqtisodiy statistik modellashtirish usuli iqtisodiyotda rejalashtirish va tahlilni takomillashtirishga xizmat qiluvchi muhim vositalardan biridir. Mazkur usul yordamida iqtisodiy ko‘rsatkichlar bilan ishlab chiqarish omillari o‘rtasidagi bog‘lanishlar stoxastik asosda aniqlanadi, bu esa iqtisodiy subyektlarning faoliyatini chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Hatto eng mukammal statistik model ham iqtisodiy jarayonlarning barcha o‘zaro bog‘liqliklarini to‘liq qamrab ololmaydi. Shu bois, iqtisodiy-statistik modellashtirishda noaniqlik elementi har doim mavjud bo‘ladi. Biroq modellashtirishning asosiy samaradorlik sharti modelning real iqtisodiy jarayonlarga maksimal darajada mos kelishidir.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Iqtisodiy-statistik modellashtirish nazariyasi XX asr o‘rtalarida shakllangan bo‘lib, bu borada xorijiy va mahalliy olimlarning ko‘plab ilmiy ishlari mavjud. Xususan, D.N. Gujarati [1] o‘zining “Basic Econometrics” kitobida ekonometrik modellarning nazariy asoslarini, regressiya va korrelyatsion tahlilning iqtisodiy jarayonlarni bashoratlashdagi ahamiyatini asoslab bergan.

Shuningdek, iqtisodiy modellashtirishni ishlab chiqarish jarayonlaridagi omillar, resurslar sarfi va natijaviy ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi funksional bog‘lanishlarni aniqlashda qo‘llash samarali natijalar beradi. Mahalliy iqtisodchilar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, iqtisodiy o‘sishni bashoratlashda statistik tahlil vositalaridan keng foydalanish zarurligi ta’kidlanadi.

Ko‘plab tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, iqtisodiy-statistik modellar yordamida iqtisodiy jarayonlarning tabiiy o‘zgarish qonuniyatlarini, shuningdek, makroiqtisodiy siyosat omillarining ta’sirini aniqlash mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tadqiqotda iqtisodiy-statistik modellashtirish usuliga asoslangan korrelyatsion va regression tahlil yondashuvlari qo‘llaniladi. Ushbu metodologiya quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

Ma’lumotlarni yig‘ish va tanlash: Tadqiqot uchun zarur bo‘lgan iqtisodiy ko‘rsatkichlar (masalan, ishlab chiqarish hajmi, mehnat unumdorligi, resurslar sarfi, investitsiya hajmi va boshqalar) yig‘iladi. Modelga kiritiladigan asosiy omillar nazariy asosda aniqlanadi. Omillar o‘zaro funksional bog‘lanmasligi, ularning ta’siri esa iqtisodiy ma’noga ega bo‘lishi lozim [1-4].

Modelni shakllantirish: Quyidagi umumiy ko‘rinishdagi iqtisodiy-statistik model quriladi:

ISSN 3030-3907

$$y = f(x_1, x_2, ...x_k / x_{(k+1)}..., x_m / x_{(m+1)}, ..., x_n)$$

Bu yerda: y - natijaviy ko‘rsatkich, x_i - omil ko‘rsatkichlari.

Omillar guruhlanadi:

Birinchi guruh ($x_1, x_2, ..., x_k$) modelga kiritilgan asosiy o‘zgaruvchilar.

Ikkinchi guruh ($x_{k\ 1}, x_{k\ 2}, ..., x_m$) kuzatiladigan, ammo modelga kiritilmaydigan omillar.

Uchinchi guruh ($x_{m\ 1}, x_{m\ 2}, ..., x_n$) tasodifiy (nazorat qilinmaydigan) o‘zgaruvchilar.

Iqtisodiy jarayonlarda mavjud bo‘lgan hodisalar orasidagi o‘zaro bog‘lanishlarni o‘rganish ekonometrikaning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Bunday bog‘lanishlarni aniqlash jarayonida odatda ikki turdagi belgilar yoki ko‘rsatkichlar ishtirok etadi: erkli (mustaqil) o‘zgaruvchilar va erksiz (bog‘liq) o‘zgaruvchilar.

Birinchi toifadagi belgilar ya’ni erkli o‘zgaruvchilar boshqa belgilar qiymatiga bevosita ta’sir etadi hamda ularning o‘zgarishiga sabab bo‘ladi. Shu sababli, ular omil belgilar deb yuritiladi. Ikkinchi toifadagi belgilar esa omillarning ta’siri ostida o‘zgaradi va natijaviy holatni aks ettiradi; ular natijaviy belgilar deb ataladi.

Masalan, paxta yoki bug‘doy hosildorligining oshishi sug‘orish, mineral o‘g‘itlardan foydalanish hamda yerga ishlov berish kabi omillar ta’siri ostida sodir bo‘ladi. Bu holda hosildorlik natijaviy belgi, suv, o‘g‘it va ishlov berish esa omil belgilar hisoblanadi. Shuningdek, iste’molchining daromad darajasi ortishi natijasida tovar va xizmatlarga bo‘lgan talabning ko‘payishi kuzatiladi. Ushbu misolda daromad omil belgi, talab esa natijaviy belgidir.

Omillar qiymatlarining turli sharoitlarda natijaviy belgiga turlicha ta’sir ko‘rsatishi korrelyatsion bog‘lanish yoki korrelyatsion munosabat deb ataladi. Korrelyatsion bog‘lanishning asosiy xususiyati shundaki, bunda natijaviy belgi o‘zgarishiga ta’sir etuvchi omillar soni to‘liq aniqlanmagan bo‘ladi. Shu sababli, bu turdagi bog‘lanishlar to‘liqsiz hisoblanadi va ularni matematik formulalar yordamida taxminiy (empirik) tarzda ifodalash mumkin.

Umumiy holatda korrelyatsion munosabat quyidagicha talqin etiladi: erkli o‘zgaruvchi X ning har bir qiymati (x_i $i=1...k$) ga erksiz o‘zgaruvchi Y ning ma’lum taqsimoti (y_j $j=1..s$) mos keladi.

Bog‘lanishlar shakliga ko‘ra to‘g‘ri chiziqli va egri chiziqli turlarga bo‘linadi. Agar bog‘lanish tenglamasida omil belgilar ($X_1, X_2, ..., X_K$) faqat birinchi darajada qatnashib, ularning yuqori darajalari yoki o‘zaro ko‘paytmalari mavjud bo‘lmasa, u holda bunday bog‘lanish chiziqli bog‘lanish deyiladi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqotda statik va dinamik modellar farqlanadi. Statik modellar ma’lum bir vaqt kesimida iqtisodiy jarayon holatini aks ettirsa, dinamik modellar vaqt davomida o‘zgarishlarni izchil ifodalaydi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Korrelyatsion va regression tahlil usullarini amaliy qo‘llashda omillarni tanlash, ularni modellashtirish jarayoniga kiritish va natijalarni baholashda qat’iy ilmiy-metodik yondashuv zarur. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, iqtisodiy-statistik modellar ishonchliligi, birinchi navbatda, tanlab olingan omillar nazariy asoslanganligi va ularning o‘zaro mustaqilligi darajasiga bog‘liqdir.

Tahlil jarayonida omillar ro‘yxati chegaralangan bo‘lishi, ular iqtisodiy jarayon mohiyatini ifodalovchi miqdoriy xususiyatlarga ega bo‘lishi, shuningdek, tadqiqot uchun olingan to‘plam bir jinsli (gomogen) bo‘lishi kerakligi aniqlangan. Bundan tashqari, omillar o‘rtasida funksional bog‘lanish mavjud bo‘lmasligi talab etiladi, chunki bu holat regressiya tenglamasining aniqligini pasaytiradi va multikollinearlik muammosini yuzaga keltiradi [2].

Tadqiqot davomida aniqlanishicha, regressiya tahlilida har bir omilning qiymatlari bo‘yicha natijaviy o‘zgaruvchi normal yoki unga yaqin taqsimotga ega bo‘lishi zarur. Bu talab model parametrlarini statistik baholashda aniqlikni ta’minlaydi. Natijaviy o‘zgaruvchiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmaydigan omillar modeldan chiqarib tashlanishi lozim. Shuningdek, regressiya tenglamasiga haddan tashqari ko‘p omillarni kiritish modelning sifatini yomonlashtiradi, chunki bu holat asosiy omillar ta’sirining pasayishiga olib keladi. Shuning uchun kuzatishlar soni kiritilgan omillar sonidan kamida 3-5 marta ko‘p bo‘lishi kerak.

Amaliy kuzatishlardan foydalanishda ularni makon bo‘yicha takrorlash samarasiz ekani aniqlandi, chunki bu avtoregressiya hodisasini yuzaga keltirib, mavjud statistik bog‘lanishlarni buzadi. Shuning uchun regressiya tahlilini o‘tkazishda dinamik qatorlar asosida vaqt omilini hisobga olish muhim ahamiyat kasb etadi.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, ekonometrik modellar tuzishda quyidagi shartlar bajarilgandagina natijalar ishonchli bo‘ladi:

Model tarkibida faqat natijaviy ko‘rsatkichga kuchli ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy omillar bo‘lishi kerak;

Barcha bog‘liq bo‘lmagan omillar asosiy bog‘liq o‘zgaruvchi bilan yetarlicha korrelyatsiyaga ega bo‘lishi lozim;

Bog‘liq bo‘lmagan omillar o‘zaro sust bog‘langan bo‘lishi zarur.

Tadqiqotda iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda statik va dinamik modellar o‘rtasidagi farqlar ham tahlil qilindi. Statik model vaqtning muayyan nuqtasini aks ettirsa, dinamik model vaqt o‘tishi bilan iqtisodiy o‘zgarishlarning

ISSN 3030-3907

izchilligini ifodalaydi. Dinamik modellar iqtisodiy jarayonlar evolyutsiyasini tahlil qilish va istiqbol prognozlarini tuzishda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Modellarning tuzilishiga ko‘ra, to‘liq, vazifa-mahsulot, hamda texnik-iqtisodiy modellar tahlil qilindi. To‘liq modellar ishlab chiqarish resurslari xarajatlari va ularning natijaviy mahsulotga ta’sirini aniqlashda qo‘llaniladi. “Vazifa-mahsulot” modellar esa ishlab chiqarish jarayonining barqaror sharoitlarida foydalaniladi. Texnik-iqtisodiy modellar esa ishlab chiqarishning texnologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi o‘zaro aloqalarni tavsiflaydi.

Modellar o‘zgaruvchanlik darajasiga ko‘ra umumiy va xususiy turlarga ajratildi. Umumiy model ishlab chiqarish jarayonining barcha muhim jihatlarini o‘z ichiga olsa, xususiy model ayrim omillar masalan, tabiiy sharoit yoki texnik resurslar ta’sirini tahlil qilishga qaratilgan.

Tahlil natijalariga ko‘ra, iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda pog‘onali va ko‘p sathli modellar qo‘llanilishi samaraliroq natija beradi. Bunday modellar nafaqat iqtisodiy aloqalarning turli darajalarini, balki vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan iqtisodiy ko‘rsatkichlarni ham aks ettira oladi.

Shuningdek, modellarni maqsadiga ko‘ra tavsiflovchi (descriptive) va tushuntiruvchi-bashoratlovchi (explanatory-predictive) turlarga ajratish maqsadga muvofiqdir. Tavsiflovchi modellarda regressiya tenglamalari o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi statistik muvofiqlikni tasvirlaydi, tushuntiruvchi modellar esa ushbu bog‘lanishlarning mohiyatini izohlash, ya’ni iqtisodiy jarayonlarning harakatlantiruvchi omillarini aniqlash imkonini beradi.

Umuman olganda, o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, iqtisodiy-statistik modellashtirish iqtisodiy jarayonlarni chuqur anglash, ularning rivojlanish qonuniyatlarini aniqlash va istiqboldagi natijalarni ishonchli prognozlashda muhim ahamiyat kasb etadi. To‘g‘ri tanlangan omillar, barqaror statistik ma’lumotlar va mantiqan asoslangan model tuzilmasi iqtisodiy tahlil samaradorligini ta’minlovchi asosiy shartlardir.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Tadqiqot natijalaridan quyidagi xulosalar chiqarildi:

Iqtisodiy-statistik modellashtirish iqtisodiy jarayonlarning mohiyatini, ularning vaqt davomida o‘zgarishini va omillar ta’sirini chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Modellar yordamida iqtisodiy o‘sish, ishlab chiqarish samaradorligi, investitsiya oqimlari kabi jarayonlar aniqlanib, ularni bashoratlash imkoniyati yaratiladi.

Model samaradorligini ta’minlash uchun tanlangan omillar nazariy asosli, statistik jihatdan barqaror va bir-biriga nisbatan mustaqil bo‘lishi zarur.

ISSN 3030-3907

Modellashtirishda qo‘llaniladigan ma’lumotlarning ishonchliligi, to‘liqligi va o‘lchov birligi natijalarning aniqligini belgilaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu); 5th edition (2009, Gujarati D.N., and D.C.Porter).
2. Rasulev D., Nurullaeva Sh., Ro‘zmetova N., Muminova M. Ekonometrika asoslari. O‘quv qo‘llanma. –T.: Iqtisodiyot, 2019.
3. Shodiev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. –T.: TDIU, 2007.
4. Abdullayev O.M., Jamalov M.S. Ekonometricheskoe modelirovanie. Uchebnik. T.: Fan va texnologiya. 2010.
5. Greene W.H. Econometric Analysis. Prentice Hall int. 5th ed., 2003, and earlier editions (Gr).

ISSN 3030-3907

NAMLIK YUQORI HUDUDLARDA TURLI XIL ANTISHTRIPPING AGENTLAR BILAN MODIFIKATSIYALANGAN ASFALTNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ULARNING TO‘LDIRUVCHILAR BILAN NAMLIKKA SEZGIRLIGINI EKSPERIMENTAL O‘RGANISH

M.J.Maxmudov
Buxoro davlat texnika universiteti
A.A.Saloydinov
Buxoro davlat texnika universiteti
J.B.Sayfulloyev
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Asfalt qoplamalarining xizmat muddatini qisqartirishning asosiy sabablaridan biri eroziya va namlikning asfalt aralashmalariga yemiruvchi ta’siridir. Asfalt qoplamalarini namlik ta’sirida buzilishidan himoya qilishning keng tarqalgan usuli asfalt aralashmalariga yopishqoqlikka qarshi moddalarni (ASA) qo‘shishdir. Biroq, asfaltning fizik-kimyoviy xossalariga antifriksion moddalarning ta’sir etish qonuniyati va mexanizmi hali to‘liq aniqlanmagan. Ushbu tadqiqotda ASA bilan modifikatsiyalangan asfaltning (AMA) optimal miqdorini aniqlash uchun uning fizik xususiyatlari taqqoslandi hamda reologik va adgezion xossalari o‘rganildi. Rolikli shisha idish usuli va suvga botirish usuli asosida uch xil o‘lchamli zarrachalarga ega bo‘lgan AMAlarning namlikka sezuvchanligi tadqiq etildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yedirilishga qarshi vositalar yordamida asfaltni o‘zgartirish fizik modifikatsiya hisoblanadi. Yedirilishga qarshi vositalarning eng maqbul miqdori (0,3%) qo‘llanganda, AMA1 ning asosiy fizik xususiyatlari eng yaxshi natijalarni ko‘rsatdi. ASA2 asfaltning yuqori haroratdagi deformatsiyaga chidamliligini 46 % ga oshirdi, AMA3 esa past haroratda eng yaxshi ko‘rsatkichlarga erishdi. ASAlar asfalt bog‘lovchi tarkibidagi dispers va qutbli komponentlarni kuchaytirib, asfaltning yopishqoqlik energiyasini yaxshiladi. AMA3 agregatga eng kuchli yopishqoqlikni namoyon qildi, bu esa yopishqoqlik ishining 2,8 baravarga va yer qiymatining 45 foizga oshishiga olib keldi. Buning sababi ASA3 tarkibida ko‘p miqdordagi metall kationlari va qutbli funksional guruhlar mavjudligi edi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ASAlar 9,5-13,2 millimetrli zarrachalardan iborat asfalt qorishmalarining yedirilishga qarshi xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshiladi. Amidli ASA, fosfatli ASA va alifatik aminli ASA asfaltning suv ta’siriga chidamliligini mos ravishda 65%, 45% va 78% ga oshirdi. Ushbu tadqiqot muhandislarga turli xil ASAlarning asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta’sirini anglashga va xizmat ko‘rsatish talablariga muvofiq eng mos ASA turini tanlashga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: asfalt; antiseptik vosita; namlikka sezgirlik; reologik xususiyatlar; sirt erkin energiyasi; tasvirlarni raqamli qayta ishlash

ISSN 3030-3907

Аннотация: Одной из основных причин сокращения срока службы асфальтовых покрытий является разрушающее воздействие эрозии и влаги на асфальтовые смеси. Распространенным методом защиты асфальтового покрытия от повреждения влагой является добавление антипригарных веществ (АСК) в асфальтовые смеси. Однако закон и механизм действия антифрикционных веществ на физико-химические свойства асфальта до сих пор до конца не выяснены. В этом исследовании сравнивались физические свойства АСУ, а также изучались реологические и адгезионные свойства, чтобы определить оптимальное количество АСУ, модифицированного АСУ (АМА). Чувствительность АМА к влаге с частицами трех разных размеров была исследована на основе метода роликовых бутылок и метода погружения. Результаты исследования показали, что изменение асфальта с помощью противоядия-это физическая модификация. Основные физические свойства АМА1 показали наилучшие результаты при применении оптимального количества противоядия (0,3%). ASA2 повысил устойчивость асфальта к высокотемпературной деформации на 46%, в то время как АМА3 показал лучшие результаты при низких температурах. Пчелы улучшили энергию вязкости асфальта за счет усиления дисперсных и полярных компонентов в связующем асфальте.ые физические свойства АМА1 показали наилучшие результаты при применении оптимального количества противоядия (0,3%). ASA2 повысил устойчивость асфальта к высокотемпературной деформации на 46%, в то время как АМА3 показал лучшие результаты при низких температурах. Пчелы улучшили энергию вязкости асфальта за счет усиления дисперсных и полярных компонентов в связующем асфальте. АМА3 продемонстрировал самую сильную адгезию к агрегату, что привело к увеличению вязкости в 2,8 раза и стоимости земли на 45 процентов. Это связано с тем, что ASA3 содержит большое количество катионов металлов и полярных функциональных групп. Исследования показали, что пчелы значительно улучшили противоядие от асфальтовых смесей, состоящих из частиц размером 9,5-13,2 миллиметра.то связано тем, что ASA3 содержит большое количество металлов и полярных функциональных групп. Исследования показали, что пчелы значительно улучшили противоядие от асфальтовых смесей, состоящих из частиц размером 9,5-13,2 миллиметра. Амидный АСК, фосфатный АСК и алифатический аминный АСК повысили водостойкость асфальта на 65%, 45% и 78% соответственно. Это исследование поможет инженерам осознать влияние различных факторов на физико-химические свойства асфальта и выбрать наиболее подходящий тип ASA в соответствии с требованиями сферы обслуживания.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: асфальт; антисептик; чувствительность к влаге; реологические свойства; свободная энергия поверхности; цифровая обработка изображений

Annotation: One of the main reasons for reducing the service life of asphalt coatings is the corrosive effect of erosion and moisture on asphalt mixtures. A common way to protect asphalt coatings from moisture exposure is to add anti-adhesion substances (ASA) to asphalt mixtures. However, the law and mechanism of action of antifricating substances on the physicochemical properties of asphalt has not yet been fully determined. This study compared ASA with its physical properties to determine the optimal amount of modified asphalt (AMA), and studied rheological and adgesion properties. On the basis of the roller glass bottle method and the method of immersion in water, the sensitivity of AMAs to moisture with particles of three different sizes was investigated. The results of the study showed that changing asphalt using anti-wear agents is a physical modification. When the optimal amount of anti-absorption agents (0.3%) was applied, the basic physical properties of AMA1 showed the best results. ASA2 increased asphalt's resistance to high-temperature deformation by 46%, while AMA3 achieved its best performance at low temperatures. The bees enhanced the dispersion and polar components in the asphalt binder, improving the adhesive energy of the asphalt.hen the optimal amount of anti-absorption agents (0.3%) was applied, the basic physical properties of AMA1 showed the best results. ASA2 increased asphalt's resistance to high-temperature deformation by 46%, while AMA3 achieved its best performance at low temperatures. The bees enhanced the dispersion and polar components in the asphalt binder, improving the adhesive energy of the asphalt. AMA3 showed the strongest adhesion to the aggregate, which led to a 2.8-fold increase in adhesive work and a 45-percent increase in ground value. This was because ASA3 contained large amounts of metal cations and polar functional groups. Studies have shown that bees have significantly improved the anti-absorption properties of asphalt mixtures consisting of particles of 9.5-13.2 millimeters.his was because ASA3 contained large amounts of metal cations and polar functional groups. Studies have shown that bees have significantly improved the anti-absorption properties of asphalt mixtures consisting of particles of 9.5-13.2 millimeters. Acid-containing ASA, phosphate-containing ASA, and aliphatic Amine ASA increased the water-exposure resistance of asphalt by 65%, 45%, and 78% respectively. This research will help engineers to realize the impact of various bees on the physicochemical properties of asphalt and choose the most suitable type of ASA in accordance with the requirements of Service.

Keywords: asphalt; antiseptic agent; moisture sensitivity; rheological properties; surface free energy; digital image processing

ISSN 3030-3907

Kirish.

Asfalt aralashmalari uzoq vaqt davomida namlik va atmosfera yog‘inlari ta’sirida bo‘ladi va ularning suv bilan o‘zaro ta’siri bog‘lanishning buzilishiga olib keladi, bu esa o‘z navbatida asfalt aralashmasining to‘kilishiga sabab bo‘ladi [1]. Bundan tashqari, suv qoplama qatlamining to‘shama qatlami va asos qatlami bilan adgeziyasini ham susaytiradi, butun yo‘l asosi qoplamasi tizimining yuk ko‘tarish xususiyatlarini susaytiradi va shu tariqa ko‘chirish, yumshatish, teshiklar, chuqurchalar va boshqa kasalliklarni keltirib chiqaradi. Bu jarayon asfalt qoplamasining namdan shikastlanishi deb yuritiladi [2,3]. Asfalt aralashmalarining buzilishiga olib keladigan omillardan ba’zilari material xususiyatlari [4], aralashma bo‘shliqlari va bog‘liqligi [5] va gidravlik yuvilish [6]. Umuman olganda, suv ta’sirida yuzaga keladigan asfalt qorishmalarining buzilish shikastlanishi asosan ikki holatga bo‘linadi: asfalt-agregat chegarasining adgezion shikastlanishi va asfaltning ichki kogezion shikastlanishi. Namlik ta’sirida shikastlanish hodisasi qoplamaning xizmat muddatini jiddiy yomonlashtiradi va ijtimoiy va iqtisodiy resurslarning katta yo‘qotilishiga olib keladi. Shuning uchun qoplamalarning hayot siklini uzaytirish uchun asfaltning namga chidamliligini kamaytirish kerak.

Agregat turi asfalt qorishmasining ho‘llanuvchanligi bilan bog‘liq bo‘lib, asfaltning yopishqoqlik xususiyatlariga jiddiy hissa qo‘shadi. Asfalt-agregat chegarasining ishlashida asosiy rol o‘ynaydigan asfalt komponenti asfalt hisoblanadi, chunki u agregatdagi mineral komponentlar bilan turli darajada o‘zaro ta’sirlashadi: $MgO > CaO > Al_2 O_3 > SiO_2$ [7]. SiO_2 miqdori yuqori bo‘lgan to‘ldiruvchilar (masalan, granit, qumtosh) SiO_2 miqdori kam bo‘lgan to‘ldiruvchilarga (masalan, bazalt, ohaktosh) qaraganda yomonroq adgezion xususiyatlarga ega. Bu asfaltda mavjud bo‘lgan anion komponentining kremniyli to‘ldiruvchilar bilan zaif bog‘lanish qobiliyati bilan bog‘liq bo‘lib, uni to‘ldiruvchilar bilan birgalikda suv bilan osongina almashtirish mumkin [8]. Suv bilan to‘ldirilgan sharoitlarda asfalt qorishmalarining buzilishga chidamliligini oshirish uchun odatda noorganik mineral kukunlar to‘ldiruvchi yoki qo‘shimchalar sifatida ishlatiladi, masalan, so‘ndirilgan ohak, sement va nano-gil, ularning arzonligi va yaxshi ishlashi natijasida. Biroq, haqiqiy muhandislik qo‘llash jarayonida noorganik mineral kukuni murakkab, chunki ta’sir barqaror emas. Bundan tashqari, asfaltning reologik xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatadigan asfalt aglomeratsiyasi hodisasi ham tez-tez uchraydi, bu esa ko‘p sonli asfalt aralashmalarida yorilib ketishga qarshi xususiyatlarni yaxshilash uchun yaroqsiz bo‘lib qolishiga olib keladi. Bundan tashqari, boshqa tadqiqotchilar polietilen [9] va polivinilxlorid [10] kabi polimerlar ham asfalt aralashmalarining suvga chidamliligini oshirishda foydali bo‘lishi mumkinligini aniqladilar. Biroq, ular asfaltning namlikka chidamliligini yaxshilash uchun asosiy vosita sifatida

ISSN 3030-3907

ishlatilmagan, chunki ularning yeyilishga qarshi xususiyatlari past va asfalt bog‘lovchilarining boshqa xususiyatlariga ta’sir qiladi.

Yangi suyuq ASA larning dozasi kichik, tannarxi arzon, konstruksiyasi oson va yuqori haroratga chidamli bo‘lganligi uchun so‘nggi yillarda qoplama mashinasozligida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu materiallar organik polimer birikmalar bo‘lib, ular asosan amin sirt-faol moddalar va amin bo‘lmagan sirt-faol moddalarga bo‘linadi [11] va eng ko‘p ishlatiladigan amidlar, yog‘ aminlari, fosfat efirlari va fosfor gidroksil ASAlardir. ASAlarda qutbli va qutbsiz guruhlar mavjud bo‘lib, ular mos ravishda agregat yuzalari va asfaltga kuchli moyillikka ega. ASAlardagi musbat zaryadlangan qutbli guruhlar agregat yuzasining manfiy zaryadiga qarama-qarshi yo‘nalishda tortilib, kuchli adsorbsion effektni ta’minlaydi. U odatda asfalt bog‘lovchi og‘irligining 0,25-0,75% miqdorida ishlatiladi va eritilgan asfalt bog‘lovchiga ham, to‘ldiruvchiga ham qo‘shilishi mumkin [12]. Joel R.M. va boshqalar rezinalangan asfalt aralashmasini ishlab chiqarishda haroratni pasaytirish uchun issiq aralashmali asfalt sirt faol moddasini (asosiy tarkibiy qism natriy alyumosilikat) kiritdilar va nam namunalarning mustahkamligi bilvosita cho‘zilish kuchi sinovlari orqali sezilarli darajada yaxshilanishini aniqladilar. Bu sirt faol moddaning asfalt aralashmalarida namlikning buzilishini kamaytirish imkoniyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, sirt faol modda asfaltning fizik va reologik xususiyatlariga ishlatilgan qo‘shimchaning 0,1-0,5% oralig‘ida deyarli ta’sir ko‘rsatmadi [13]. Shu va boshqalar asfaltga amid va alifatik aminli ASA qo‘shib, ularning adgeziya xususiyatlariga ta’sirini o‘rgandilar va ikkalasi ham asfalt-agregatning adgeziya ishini yaxshilashda samarali ekanligini kuzatdilar. Muzlash-erish davridagi parchalanish natijalari shuni ko‘rsatdiki, ASAlar eskirishdan keyin asfaltning cho‘zilishdagi mustahkamlik koeffitsiyentini (CHMK) 70% dan 80% gacha oshirishga muvaffaq bo‘lgan [14]. Syed Ashik va boshqalar kontakt burchak sinovlari va yarim doiraviy egilish sinovlari yordamida asfalt aralashmalarida turli amin asosidagi modifikatorlarning suv ta’sirida yemirilishini tavsifladilar va amin asosidagi qo‘shimchalarni o‘z ichiga olgan nazorat guruhida sirt erkin energiya sinovlariga muvofiq yuqori o‘rtacha sinish energiyasi va aralashmaning namlikka chidamliligi pasayishi kuzatildi [15]. Afshar A. va boshqalar qayta ishlangan asfalt qoplamasi uchun issiq aralashma asfaltiga amid asosidagi sirtlar kabi qo‘shimchalarni qo‘shdilar va asfalt aralashmalarining suvga chidamliligi va yo‘lga chidamliligi yaxshilanganini aniqladilar [16]. Biroq, ASA organik polimeri namlik ta’sirida buzilish muammosini hal qilish uchun samarali vosita bo‘lib xizmat qildi, turli xil antifriksion agentlardagi kimyoviy tarkibning asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta’siri aniq emas. Bundan tashqari, turli sharoitlarda asfalt qorishmalarining namlikka sezgirligiga anti-stripping vositalarining

ISSN 3030-3907

modifikatsion ta’siri o‘rganilishi kutilmoqda [17]. Bundan tashqari, ko‘pgina tadqiqotlar samaradorlik sinovlari natijalarini taqqoslash uchun bir nechta ASAdan keng foydalanmagan va turli xil ASAlarning asfaltning fizik, kimyoviy va reologik xususiyatlariga ta’siri aniqlanmagan [18]. Bular asfalt aralashmalarida namlik buzilishining oldini olish va qoplamaning umumiy ishlashini ta’minlash uchun ASA tarkibini yanada optimallashtirish uchun o‘rganilishi kerak bo‘lgan asosiy masalalardir.

Shuning uchun ushbu tadqiqotda amid, fosfat efir va yog‘li amin ASAlari tanlab olindi va ushbu uchta ASAning kimyoviy tarkibi rentgenofluoressent spektroskopiya (RFS) va Furye transform infraqizil spektrometri (FTIR) yordamida o‘rganildi. Asfaltning fizik xususiyatlari, jumladan, yumshash harorati, penetratsiyasi va plastikligi ASKning optimal dozasini aniqlash uchun ishlatilgan. Dinamik siljish reometri (DSR) va egiluvchi balka reometri (BBR) dan foydalanib, yuqori va past haroratlarda AMAlarning reologik xususiyatlari baholandi. Sirt erkin energiyasi prinsipi asosida asfaltning yeyilishga qarshi ko‘rsatkichlarini oshirish mexanizmi tahlil qilindi. Asfalt qorishmasining namlikka sezuvchanlik sinovlari (dumalash butilkasi usuli va suvga botirish usuli) dinamik suv va yuqori harorat sharoitlarida AMQning ishlashini baholash uchun raqamli tasvirni qayta ishlash bilan birlashtirildi.

Materiallar va usullar

Ishlatilgan material "Basalt Uzbekistan", Bazalt – tabiiy magmatik tosh bo‘lib, lava sovishi natijasida hosil bo‘ladi. U Yer yuzida keng tarqalgan bo‘lib, o‘z xossalari tufayli bazalt ko‘plab sohalarda, jumladan, qurilish, yo‘l qurilishi va sanoatda qo‘llanilmoqda. BND 60/90 (qisqartirilgan AB). 1-jadvalda ABning fizik xossalari haqida batafsil ma’lumotlar keltirilgan. Basalt Uzbekistan konlaridan olib kelingan 4,75-9,5 mm, 9,5-13,2 mm va 13,2-16 mm o‘lchamli bazalt to‘ldirgichlari yig‘ilgan. Ularning bog‘liqlik ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

AB ning fizik xossalari.

Xususiyatlar	Birlik	O‘lchangan qiymatlar	Tekshirish usullari [19]
Penetratsiya (25 °C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	68.7	T0604
Cho‘ziluvchanlik (10 ◦C)	sm	39.2	T0605
yumshash chegarasi	◦C	48.9	T0606
Eruvchanlik (trixloretilen)	%	99.6	T0607

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Agregatlarning fizik xossalari.

Xususiyatlar	Zarracha o‘lchami	Bazalt	Texnik ko‘rsatkichlar	Sinov usullari [20]
Uyulma solishtirma og‘irlik (g sm^{-3})	13.2–16 mm	2.985	≥2.6	T0304
	9.5–13.2 mm	2.978	≥2.6	T0304
	4.75–9.5 mm	2.976	≥2.6	T0304
Suv shimuvchanlik (%)	13.2–16 mm	0.54	≤2.0	T0308
	9.5–13.2 mm	0.67	≤2.0	T0308
	4.75–9.5 mm	0.72	≤2.0	T0308
O‘zbekistondagi yuqori namlik hududda ishqalanish (%)		20.9	≤28	T0317
Maydalangan qiymat (%)		16.1	≤26	T0316

Stripingga qarshi vositalar

Asfalt bog‘lovchisining xususiyatlarini o‘zgartirish uchun turli xil asosiy tarkibiy qismlarga ega bo‘lgan uchta tovar antipiren agentlari (ASA) ishlatilgan. ASA1, ASA2 va ASA3 mos ravishda amid, fosfat efir va alifatik amin ASAlariga ishora qiladi. ASAlarning xususiyatlari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

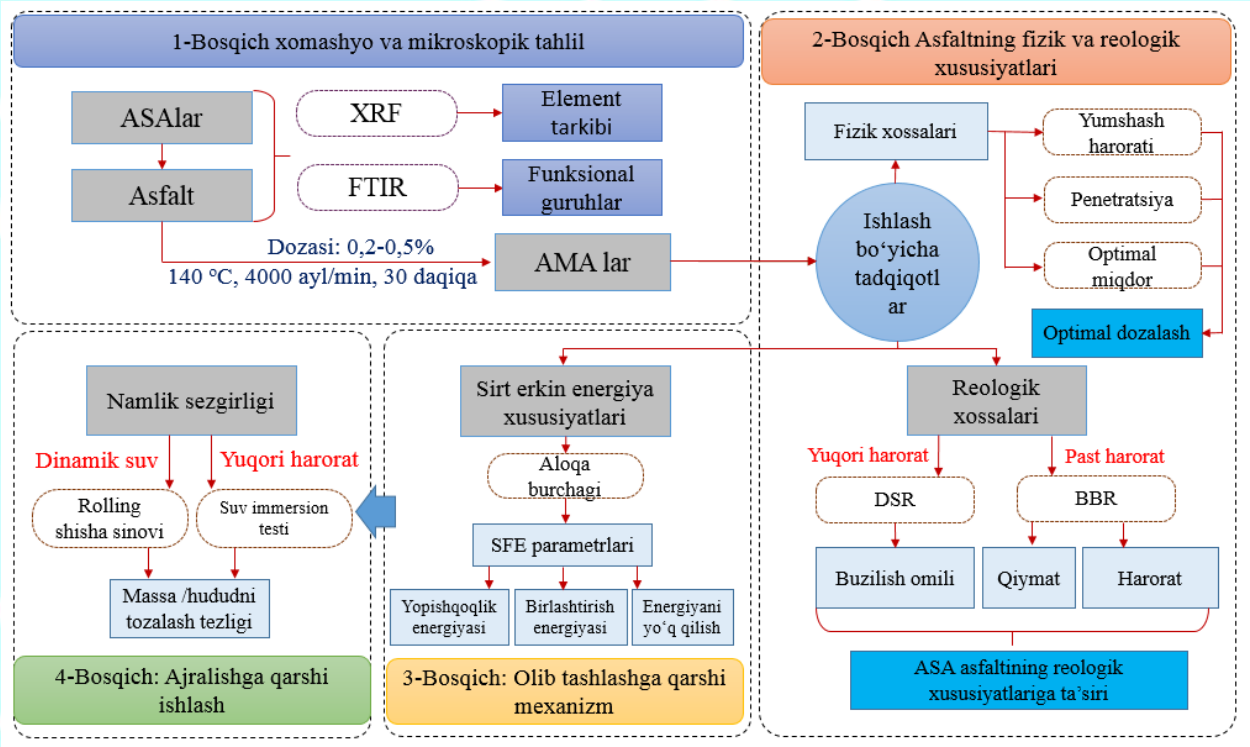
Titilishga qarshi vositalarning xususiyatlari.

Xossalar birliklari	Birliklar	ASA1	ASA2	ASA3
Tashqi ko‘rinishi	/	Qo‘ng‘ir qovushqoq suyuqlik	To‘q jigarrang qovushqoq suyuqlik	Apelsin rang qattiq moddalar kukuni
Zichligi (15 °C)	$g \cdot sm^{-3}$	1.05	0.95	1.00
Erish harorati	°C	0	-5	60
Qovushqoqlik (100°C)	cst	14	19	/
Chaqnash nuqtasi	°C	>220	>220	/

Eksperiment usullar

1-rasmda turli xil yeyilishga qarshi vositalar bilan modifikatsiyalangan asfaltning ishlashi va ularning to‘ldiruvchilar bilan namlanuvchanligi bo‘yicha tadqiqot dasturi ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Tadqiqot dasturi.

AMA ni tayyorlash uchun eritmalarni aralashtirish usuli qo‘llanildi. Ishlab chiqaruvchining tavsiyasiga ko‘ra, ASAning asfaltdagi to‘rtta dozasi mos ravishda 0,2%, 0,3%, 0,4% va 0,5% qilib belgilangan. Asfalt bog‘lovchi 140 °C da oquvchan holatgacha qizdirildi. Shundan so‘ng, ASA asfalt bog‘lovchiga rezina uchli tomizgich orqali asta-sekin tomizildi va 1000 r/min tezlikda aralashtirildi. O‘zgarmas 140 °C haroratda ASA va asfalt bog‘lovchisi tezkor qirqish mashinasida 4000 ayl/min tezlikda 30 daqiqa davomida aralashtirildi. Eksperimental o‘zgaruvchilarni nazorat qilish uchun xuddi shu tartibda asosiy asfalt bog‘lovchi uchun bo‘sh namuna yaratildi.

Rentgen-fluoressent spektroskopiya sinovi

Kukunsimon bazalt agregatlari va uchta ASA namunalari Zetium XRF spektrometri yordamida sifat va yarim miqdoriy kimyoviy tahlildan o‘tkazildi (Panalytical B.V., Almelo, Niderlandiya). Sinov rentgen-fluoressent spektroskopiya tamoyiliga asoslangan presslangan bo‘laklar usuli bilan amalga oshirildi. Elementlar F dan U gacha OMNIC 9.2 standartsiz tahlil dasturi yordamida aniqlandi va tarkibi ppm dan 100% gacha bo‘lgan identifikatsiya oralig‘ida aniqlandi. Sinov natijalari oksid rejimida taqdim etildi.

Furye o‘zgartirish infraqizil spektrometri sinovi

FTIR - bu molekulyar funksional guruhlarni aniqlash usuli bo‘lib, u odatda asfalt kabi organik birikmalarni aniqlashda qo‘llaniladi. FTIR yordamida ASA bilan asfaltni modifikatsiyalash mexanizmi o‘rganildi. AB va AMAlar kaliy bromidni siqish usuli bilan tayyorlandi. 4000-400 sm^{-1} to‘lqin soni diapazonida namunalarning infraqizil spektrlari Nicolet iS5 yordamida mos ravishda 32 va 4

ISSN 3030-3907

sm^{-1} da skanerlash soni va aniqlik parametrlari bilan olingan. Shundan so‘ng, infraqizil spektr cho‘qqilarining joylashuvi, shakli va kengligi Omnic 9.2 funksional guruh tahlil dasturi bilan birgalikda kuzatildi.

Agregatlar va ASAlarning elementar tarkibi

Asfalt qorishmalarining ish unumiga to‘ldiruvchilarning kimyoviy tarkibi katta ta’sir ko‘rsatadi. ASKning kimyoviy tarkibi asfaltni modifikatsiya qilishda muhim rol o‘ynaydi. 5-jadvalda agregat va ASA uchun rentgenografiya natijalari keltirilgan. Asfaltga agregat moyilligi parametri sifatida ishqoriylik (CaO/SiO tarkibining nisbati) ishlatilgan. Bazaltning ishqoriyligi past bo‘lib, 0,27 ni tashkil etdi, bu esa bazalt to‘ldiruvchilarining kislotali ekanligini va namlik yuqori bo‘lgan muhitda asfalt bilan zaif bog‘lanishga ega bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. U agregat yuzasining kremniyli minerallari gidroksil guruhlarining katta miqdoriga ega ekanligi bilan bog‘liq bo‘lib, ular asfaltga qaraganda suv bilan kuchliroq vodorod bog‘larini hosil qiladi. Shuning uchun asfalt-agregat chegarasida suv asfalt o‘rnini bosishga intiladi. ASAlardagi qutbli kation uchlari va agregat yuzasi o‘rtasidagi ionli bog‘lanish o‘zaro ta’siri kuchli anti-stripping ta’siriga ega. ASA1 tarkibida turli xil metall va metallmas elementlar mavjud bo‘lib, S, Fe va Cr ning yuqori miqdori mos ravishda 19,4%, 24,5% va 7,9% ni tashkil qiladi. Ushbu metall elementlarning yuqori miqdori asfaltda namlikning buzilishini to‘xtatishga yordam berishi ko‘rsatilgan. ASA2 asosan metallmas elementlardan iborat bo‘lib, 57,8% S elementlari va 27,2% P atomlaridan tashkil topgan. ASA3 ning asosiy tarkibiy qismlari metall elementlardir. Ushbu metall ionlari va geteroatomlari bilan asfalt va agregat o‘rtasidagi qutbli o‘zaro ta’sirlarning kuchayishi fazalararo adgeziyaning yaxshilanishiga sabab bo‘ladi.

4-jadval.

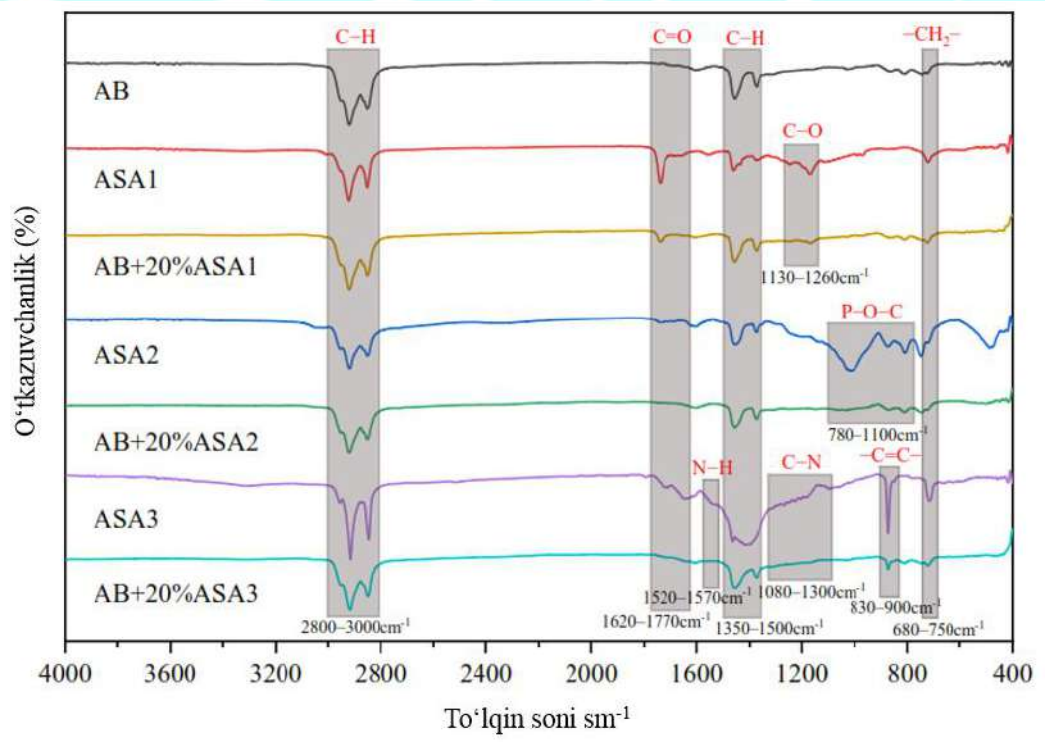
Agregat va ASAlarning kimyoviy tarkibi.

Komponent (%)	Bazalt	ASA1	ASA2	ASA3
Na_2O	4,98	11,900	3,888	0,286
Al_2O_3	16,11	4,753	2,656	0,473
SiO_2	38,36	7,391	1,311	0,980
P_2O_5	0,352	6,501	27,161	0,046
SO_3	0,395	19,433	57,812	0,251
Cl	0,27	15,805	5,364	0,085
Fe_2O_3	19,34	24,487	1,808	0,439
CaO	10,39	/	/	96,129
MgO	7,19	/	/	1,138
Cr_2O_3	0,085	7,947	/	/
Boshqalar	2,528	1,783	/	0,171

ISSN 3030-3907

ASAlarning kimyoviy tarkibiy qismlari

4-rasmda AB va AMAlarning FTIR spektrlari keltirilgan. 4-rasmdagi uchta ASAning IQ xarakteristikasi polosalarini alohida taqqoslaganda, 2800-3000 sm^{-1}, 1350-1450 sm^{-1} va 723 sm^{-1} to‘lqin sonli diapazonlarda jami oltita yuqori mos keluvchi xarakteristik cho‘qqilar topildi. 2920 sm^{-1}, 2852 sm^{-1}, 1461 sm^{-1} dagi xarakterli cho‘qqilar mos ravishda metilenda C – H ning asimmetrik va simmetrik cho‘zilishi va tebranishi hamda tekislikdagi egilish tebranishining paydo bo‘lishi bilan bog‘liq. Metildagi C – H ning asimmetrik cho‘zilish va simmetrik egilish tebranishlarini mos ravishda 2959 sm^{-1} va 1373 sm^{-1} da aniqlash mumkin. Metilen zanjirining (- (CH_2) n -) ($n \geq 4$) segmenti 723 sm^{-1} da sinergik harakat qiladi. Natija shuni ko‘rsatadiki, uch turdagi ASAlar orasida alkanlar, aromatik uglevodorodlar va ularning hosilalari mavjud bo‘lishi mumkin.



2-rasm. ASAlarning FTIR spektrlari, AB ASAlarni qo‘shishdan oldin va keyin.

Bundan tashqari, 6-jadvalda ASAlarning 400-4000 sm^{-1} diapazondagi infraqizil xarakteristik cho‘qqilari ko‘rsatilgan. ASA1 amidli ASAlarga tegishli bo‘lib, uchlamchi aminlarda C=O tebranishi 1660 sm^{-1} da markazlashgan cho‘qqiga to‘g‘ri keldi. Uchlamchi amidda amin guruhlarining ham, C=O ning ham yutilish cho‘qqilari metilen bilan yutilganlarga qaraganda kuchsizroq edi, bu esa ASAda amidning uzun alkil zanjiri mavjudligini ko‘rsatadi, bu asfalt bilan yaxshiroq mos kelishi mumkin. Amiddagi qutbli guruhlarning adsorbsiyasi asfalt-agregat chegarasida yuqori mustahkam bog‘ hosil bo‘lishida rol o‘ynadi. Bundan tashqari, ASA1 dagi qolgan yutilish cho‘qqilari karbon kislotalar, benzol halqalari, aromatik oksidlar va alifatik efirlar mavjud bo‘lishi mumkinligini anglatadi. ASA2

ISSN 3030-3907

fosfat kislota efiri ASA bo‘lib, uning yutilish cho‘qqilari 1200 sm^{-1}, 1013 sm^{-1} va 808 sm^{-1} da bo‘lib, fosfat kislota efirlarining infraqizil xarakterli yutilish cho‘qqilariga mos keladi. ASA2 tarkibida aromatik efirlar mavjud bo‘lishi mumkinligi haqidagi qo‘shimcha dalillar 3028, 1741, 1604 va 872 sm^{-1} o‘lchamdagi yutilish cho‘qqilaridan olingan. ASA3 - alifatik ikkilamchi amin ASA bo‘lib, ASA3 ga xos funksional guruhlar 3310 sm^{-1}, 1554 sm^{-1} va 1095 sm^{-1} da markazlashgan cho‘qqilarga to‘g‘ri keldi. ASA3 tarkibida karbon kislota va amid mavjudligi 1643 va 1719 sm^{-1} da C=O uchun xos bo‘lgan cho‘qqilar bilan ko‘rsatildi. Bundan tashqari, 1182-1315 sm^{-1} dagi yuqori chastotali cho‘qqi chiziqlari benzol halqasidagi C-N ning cho‘zilgan tebranishi bilan bog‘liq. 1,4 para-almashingan benzol halqasining cho‘zilish rejimi 871 sm^{-1} da aniqlandi. Bundan tashqari, ASA3 tarkibida karbon kislotalar va amidlar bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatildi. Ushbu qutbli guruhlar asfalt-agregat chegarasidagi elektrostatik o‘zaro ta’sirga eng ko‘p hissa qo‘shadi va chegaraning sinishini oldini olishi mumkin.

5-jadval.

ASAlarning maxsus yutilish sohalari.

ASA1		ASA2		ASA3	
To‘lqin soni sm^{-1}	Funksional guruh	To‘lqin soni sm^{-1}	Funksional guruh	To‘lqin soni sm^{-1}	Funksional guruh
1739	ν (C=O ning karbon kislota)	3028	ν (C – H ning benzol halqasi)	3310	ν (N – H yog‘li ikkilamchi aminlar
1660	ν (C=O ning uchlamchi amidlar	1741	ν (C=O ning aromatik efirlar	1719	ν (C=O ning karbon kislota)
1551	ν (C=C ning benzol halqasi	1604	ν (C=C ning benzol halqasi)	1643	ν (C=O amid)
1247	ν (C – O ning aromatik oksidlar)	1200	ν (P=O ning fosfatli efir)	1554	β (N – H yog‘ ikkilamchi aminlari)
1170	ν_{as} (C – O – C yog‘li efirlar)	1013	ν_{as} (P – O – C ning fosfatli efir)	1315-1182	ν (C – N ning aromatik halqa)

ISSN 3030-3907

		872	ν (Benzol halqasidan meta-almashingan)	1095	ν (C – N yog‘li ikkilamchi aminlar)
		808	ν_{as} (P – O – C ning fosfat kislota efiri	871	ν (benzol halqasidan para-almashingan)

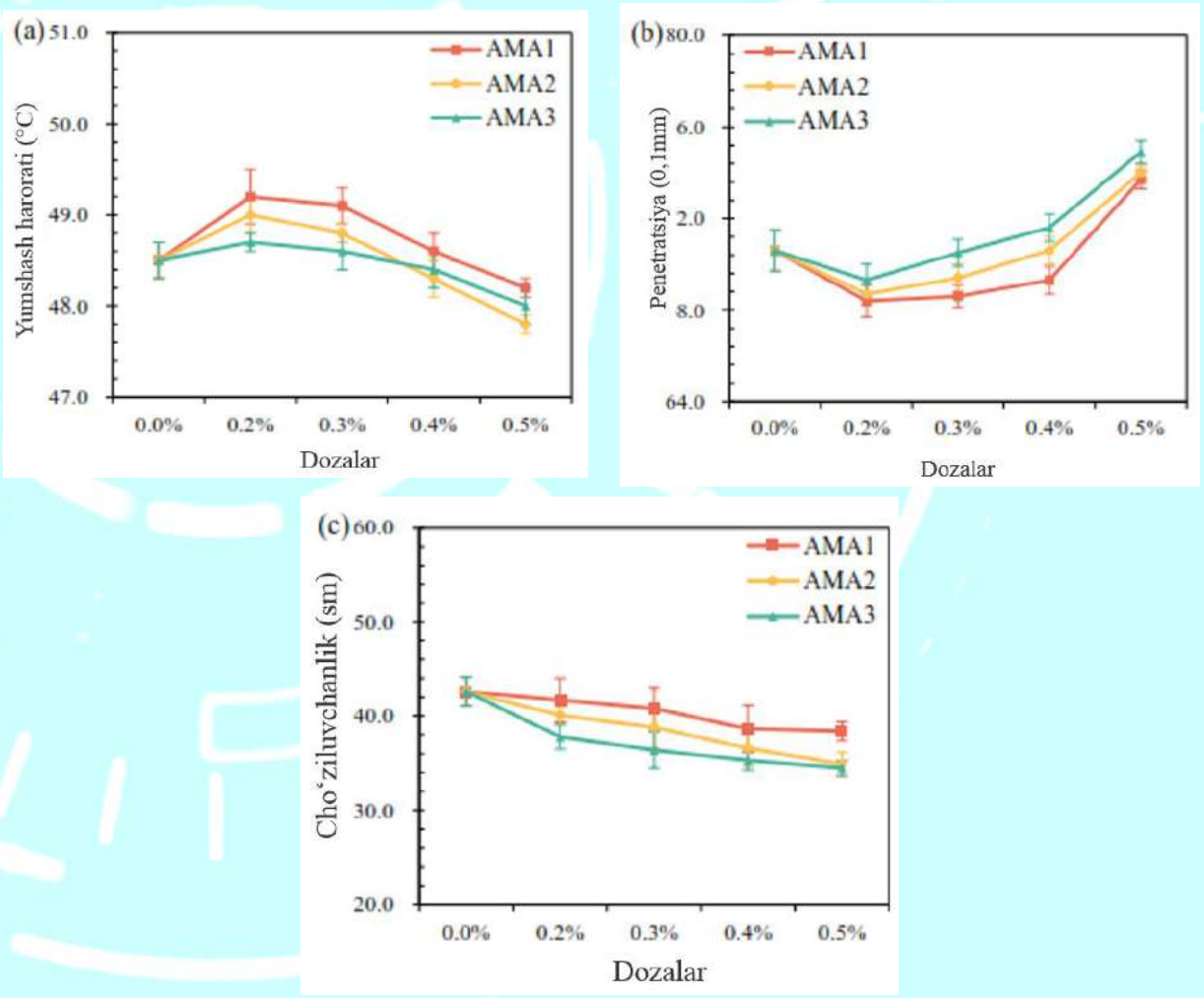
Ikki modda o‘rtasidagi o‘zaro reaksiyani o‘rganish uchun ASKning katta dozasi bilan modifikatsiyalangan asfaltning infraqizil spektrogrammasi o‘rganildi. AB ning FTIR spektrlari bilan taqqoslaganda, tarkibida ASA bo‘lgan asfaltning FTIR spektrlari murakkabroq edi. 3-rasmda 20% ASA1 bilan qoplangan asfaltga tegishli to‘rtta yutilish cho‘qqisi aniqlandi. ASA2 qo‘shilgan modifikatsiyalangan asfaltda AB bilan taqqoslaganda ν_{as} (fosforli efirning P–O–C) infraqizil xarakteristik cho‘qqisini kuzatish mumkin. Bundan tashqari, yog‘li ikkilamchi amin ASA asfalt tarkibiga ko‘proq o‘xshaydi va faqat para-almashgan benzol halqasining cho‘zilgan tebranishini kuzatish mumkin, bu asfalt bilan yaxshiroq birlashtirilishi mumkin. Umuman olganda, modifikatsiyalangan asfaltda asfalt bog‘lovchisi va ASA tarkibidagi yutilish chiziqlaridan tashqari qo‘shimcha yutilish chiziqlari topilmadi. Bu ularda kimyoviy reaksiya umuman yo‘qligini ko‘rsatdi.

ASAlar asfaltning fizik xossalariga ta’siri

3-rasmda ASKning har xil turlari va dozalari bilan qo‘shilgan asfaltning fizik xususiyatlari keltirilgan. ASA dozasining oshishi bilan AMAlarning yumshash nuqtasi oshdi va keyin pasaydi, avval penetratsiya kamaydi va keyin yaxshilandi, egiluvchanlik pasayishda davom etdi. ASAlar kichik dozalarda asfaltning xususiyatlariga deyarli ta’sir qilmadi, ammo asfaltda issiqlik oksidlanish eskirishi yuqori tezlikda siljish jarayonida sodir bo‘ldi, bu penetratsiya va egiluvchanlikning pasayishiga va yumshash haroratining oshishiga olib keldi. ASAlar asfaltning harorat xarakteristikalarini biroz yomonlashtirdi. Bu, asosan, qo‘shilgan ASA tarkibidagi benzol halqasining tuzilishi natijasida yuzaga keldi, bu esa asfaltenning asfaltga dispergirlovchi ta’sirini kuchaytirdi. 5a-rasmda ko‘rsatilganidek, barcha uchta ASA 0,2% dozada maksimal yumshash nuqtasini ko‘rsatdi va kichikdan kattagacha yumshash nuqtasi AMA3 < AMA2 < AMA1 ni tashkil etdi, bunda AMA1 1,4% ga oshdi. 3b-rasmda AMAlar 0,2% dozada minimal kirib borishni ko‘rsatdi va ularning ta’sirining kattaligi yumshatish nuqtasi natijalariga mos keldi, ular orasida AMA1 3,1% ga kamaydi. ASAlar asfaltning qovushqoqligini pasaytirdi, oquvchanligini oshirdi va yuqori harorat ko‘rsatkichlarini pasaytirdi. 5v-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ASA1 asfaltning plastikligiga eng kam ta’sir ko‘rsatdi, undan keyin ASA2 va nihoyat ASA3. Xulosa qilib aytganda, AMA1

ISSN 3030-3907

uchta AMA orasida eng yaxshi jismoniy xususiyatlarga ega edi, undan keyin AMA2. Bundan tashqari, uchta ASAning dozasi sifatida 0,3% ni tanlash orqali AMAlar yaxshiroq jismoniy xususiyatlarni va samarali anti-stripping ko‘rsatkichlarini ta’minlash uchun keyingi sinovlarni o‘tkazish uchun tayyorlandi.

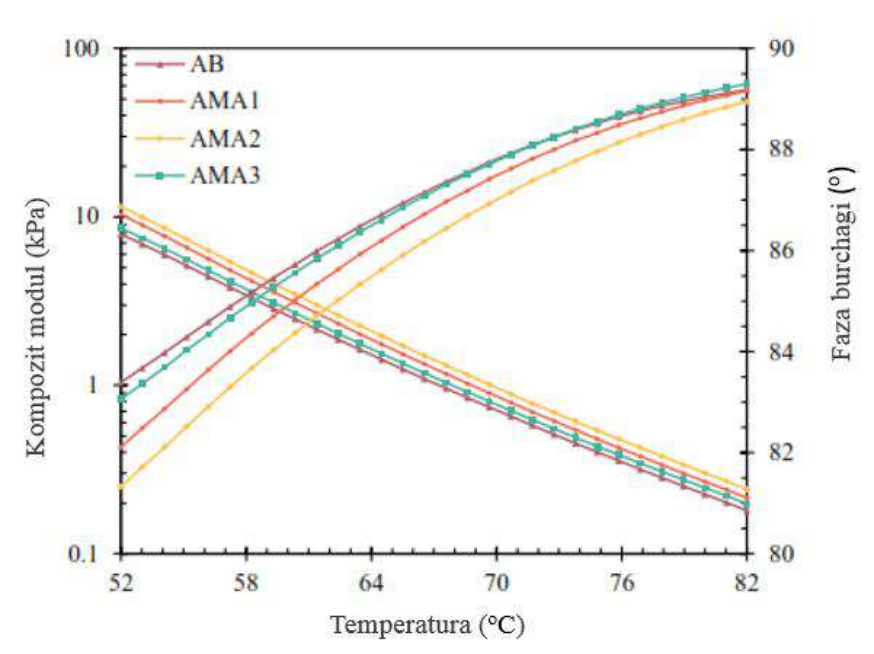


3-rasm. ASA dozalarining AMA fizik xossalariga ta’siri: (a) 25 ˚C gacha yumshash; (b) penetratsiya; (c) 10 ˚C cho‘ziluvchanlik.

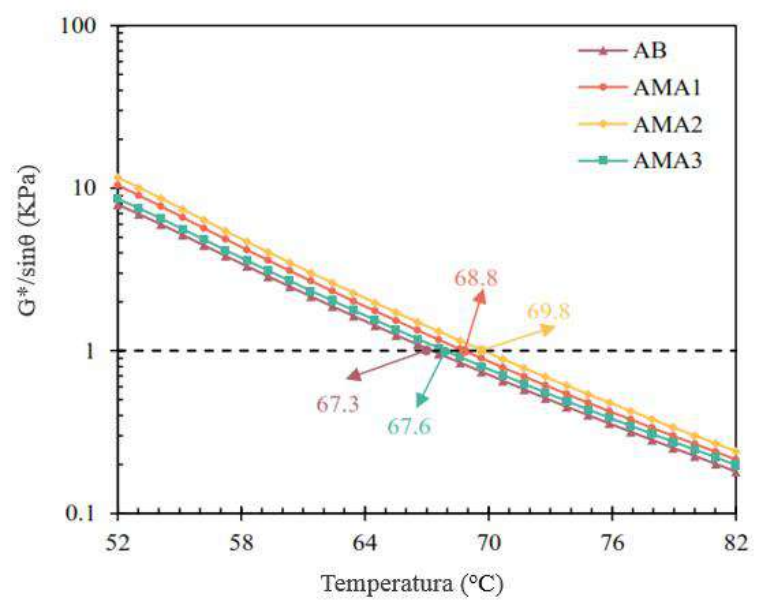
ASA asfaltga modifikator sifatida qo‘shildi, bu esa asfaltning reologik xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ularning reologik xususiyatlarini 52-82 ^{o}C harorat oralig‘ida baholash uchun uchta AMAning DSR sinovlari qo‘llanildi. 4-rasmda AMA va AB larning kompozit siljish moduli (G*) va faza burchagi (δ) keltirilgan. To‘rtta asfalt namunasi uchun G* harorat oshishi bilan asta-sekin kamaydi, δ esa asta-sekin oshdi. Bu shuni anglatadiki, asfaltning elastik komponentining foizi kamayadi va materialning charchashga chidamliligi asta-sekin yomonlashadi. 5-rasmda turli AMAlar uchun harorat bilan rutting koeffitsiyentining egri chiziqlari ko‘rsatilgan. Barcha uchta AMAning rutting omillari ABga qaraganda kattaroq edi: AMA1 rutting omili 31% ga oshdi; eng katta o‘sish AMA2 uchun 46% kuzatildi; va AMA3 rutting omili atigi 8,5% ga oshdi. SHRP buzilish harorati sifatida G* / sin δ = 1 kPa haroratni belgilaydi. AB, AMA1, AMA2 va AMA3 ning buzilish haroratlari mos ravishda 67,28 ^{o}C, 68,83 ^{o}C, 69,76

ISSN 3030-3907

°C ni tashkil etdi, bu shuni anglatadiki, ASA2 asfalt uchun doimiy deformatsiya xavfini sezilarli darajada kamaytirdi va ASA1 yaxshilanish ta’siriga ega bo‘ldi. Bundan tashqari, asfaltning yuqori haroratli reologik xususiyatlariga ASA3 biroz ta’sir ko‘rsatdi.



4-rasm. G* va δ AB va A



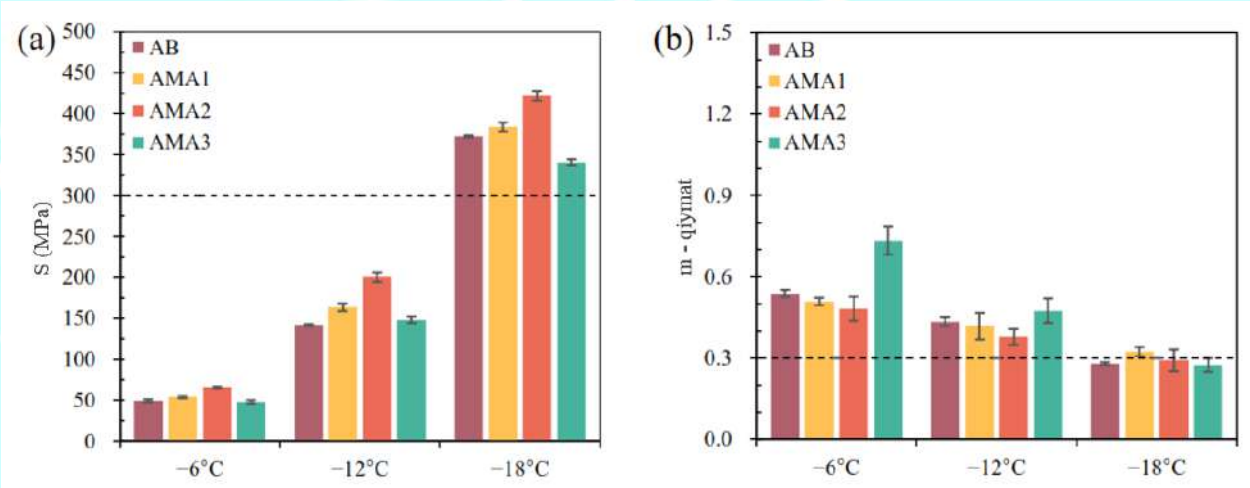
5-rasm. AB va AMAlarning tebranish koeffitsiyenti

Past haroratli reologik xususiyatlar

6-rasmda AB va AMA asfaltlarining past haroratdagi S va m qiymatlari ko‘rsatilgan. To‘rtta asfaltning S qiymatlari harorat pasayishi bilan ortgan, m qiymatlari esa asta-sekin kamaygan. Bundan tashqari, –18 °C da S qiymati 300 MPadan yuqori, m qiymati esa 0,3 dan past bo‘lgani sababli SHRP talablari bajarilmagan. Bu esa AB va AMA asfaltlari –18 °C da past haroratli ishlash sharoitida buzilishini anglatadi. Shuni ta’kidlash joizki, S va m qiymatlari

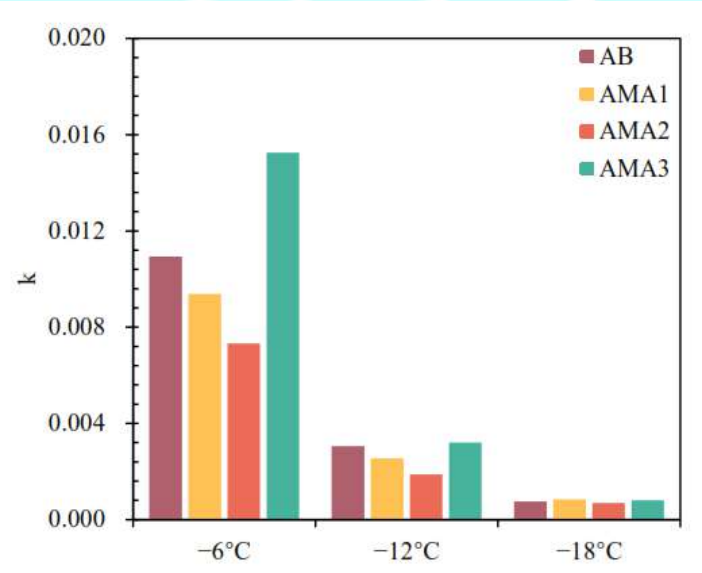
ISSN 3030-3907

o‘zgarishining turli naqshlarga ega bo‘lishi sababli, asfaltning reologik xususiyatlarini to‘liq tahlil qilish uchun k = m/S ko‘rsatkichi ishlatilgan. k qiymati asfaltning past haroratdagi xususiyatlari bilan to‘g‘ri proporsionaldir. –6 °C, –12 °C va –18 °C haroratlarda asfaltlarning k qiymatlari 6-rasmda ko‘rsatilgan. AB va AMA asfaltlarining k qiymatlari –6 °C va –12 °C da bir xil tartibda joylashgan: AMA3 > AB > AMA1 > AMA2. Ammo bu tartib –18 °C da o‘zgaradi, chunki harorat yanada past bo‘lganda asfaltlarning xatti-harakati farq qiladi. Eng muhim farq har bir namunadagi k qiymatida –6 °C da kuzatildi. AB bilan solishtirganda, AMA3 ning k qiymati 39 % ga oshdi, AMA1 va AMA2 ning k qiymatlari esa mos ravishda 14 % va 33 % ga kamaydi. 6-jadvalda asfaltning buzilish harorati ko‘rsatilgan bo‘lib, u asfaltning S va m qiymatlariga mos keluvchi 300 MPa va 0,3 dagi chiziqli moslashuvdan keyingi haroratni bildiradi. Pastroq buzilish harorati asfaltning past haroratdagi reologik xususiyatlari yaxshiligini anglatadi. AMA1 va AMA2 asfaltlarning buzilish haroratlari ABnikidan mos ravishda 4 % va 11 % yuqori edi. Biroq ASA3 asfaltning buzilish haroratini 5 % ga kamaytirdi. Shunday qilib, ASA1 va ASA2 asfaltning past haroratdagi deformatsiyaga qarshilik xususiyatini pasaytiradi, ASA3 esa bu borada ijobiy ta’sir ko‘rsatadi, deb xulosa qilish mumkin.



6-rasm. AB va AMA larning S va m qiymatlari: (a) S; (b) m - qiymat.

ISSN 3030-3907



7-rasm. Past haroratdagi AB va AMA larning k-qiymati.

6-jadval.

Past haroratda asfaltning buzilish harorati.

Namunalarni sinash	AB	AMA1	AMA2	AMA3
Moslashish harorati S (°C)	-16.2	-15.6	-14.4	-17.0
m-qiymatning o‘rnatish harorati (°C)	-17.5	-19.7	-17.3	-17.1
Buzilish harorati (°C)	-16.2	-15.6	-15.6	-17.0

Sirt erkin energiyasini tahlil qilish

Optimal dozalash asosida modifikatsiyalangan asfalt tayyorlandi va ASKlar yordamida asfalt-agregat chegarasida yaxshilangan adgezion xususiyatlarning mexanizmini tahlil qilish uchun sirt erkin energiyasi qo‘llanildi. 7-jadvalda uchta zondlovchi suyuqlikning asfalt bilan hosil qilgan kontakt burchaklari ko‘rsatilgan. 8-jadvalda AB va AMA sirt energiya komponentlari ko‘rsatilgan. AB va AMAlarning qutblilik komponentlari dispersiya komponentlariga qaraganda ancha kichik bo‘lib, bu asfaltning kuchsiz qutbli material ekanligini ko‘rsatadi. ASAlar qo‘shilgandan so‘ng, AMAlarning dispersiya komponentlari biroz oshdi. Bundan tashqari, AMA1, AMA2 va AMA3 ning qutblilik komponentlari mos ravishda 2,4, 2,11 va 5,42 mJ/m^2 gacha oshdi va qutblilik komponenti dispersiya komponentiga qaraganda yuqori o‘sishga ega bo‘ldi. Shuni ta’kidlash kerakki, AMA3 ning qutbli komponent tarkibi asosiy asfaltga qaraganda 2,8 baravar yuqori. Bu esa ASAlarning ta’sir mexanizmi asfalt bog‘lovchi tarkibidagi qutbli komponentni oshirish ekanligini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907

7-jadval.

Turli namunalarning 20 ºC dagi kontakt burchaklari qiymatlari.

Tekshiruv suyuqliklari	AB		ASA1 MAB		ASA2 MAB		ASA3 MAB	
	Avg. (º)	SD. (º)	Avg.(º)	SD. (º)	Avg.(º)	SD. (º)	Avg.(º)	SD. (º)
Suv	104.0	0.5	105.1	0.1	104.4	0.6	93.4	0.3
Glitserin	102.1	0.3	101.7	0.5	101.1	0.4	92.6	0.3
Formamid	88.8	0.7	85.5	0.6	88.6	0.1	79.4	0.2

Eslatma: O‘rt = o‘rtacha; va SD = o‘rtacha kvadratik og‘ish.

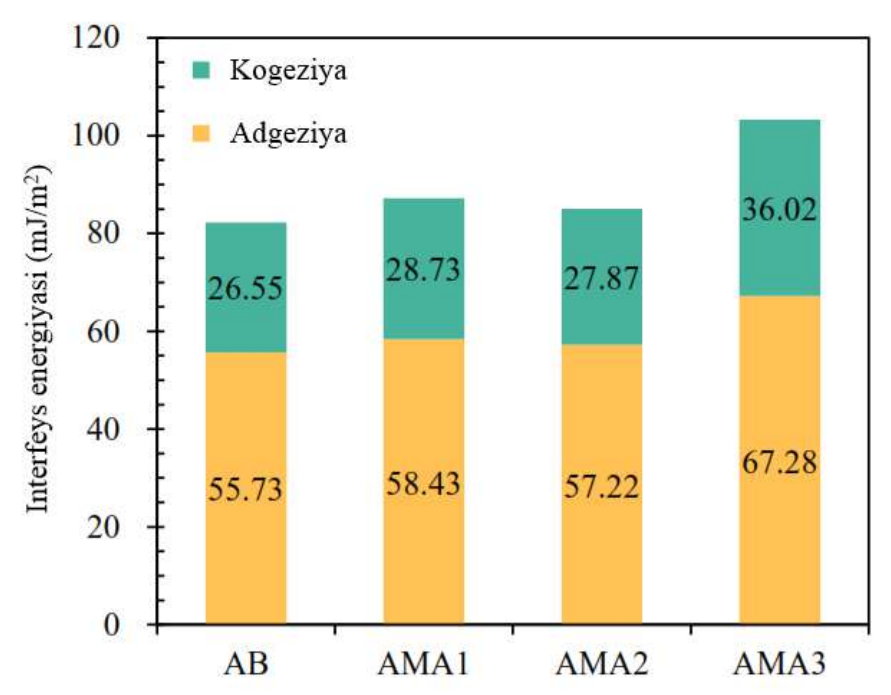
8-jadval.

Agregat va AMAlarning SFE komponentlari.

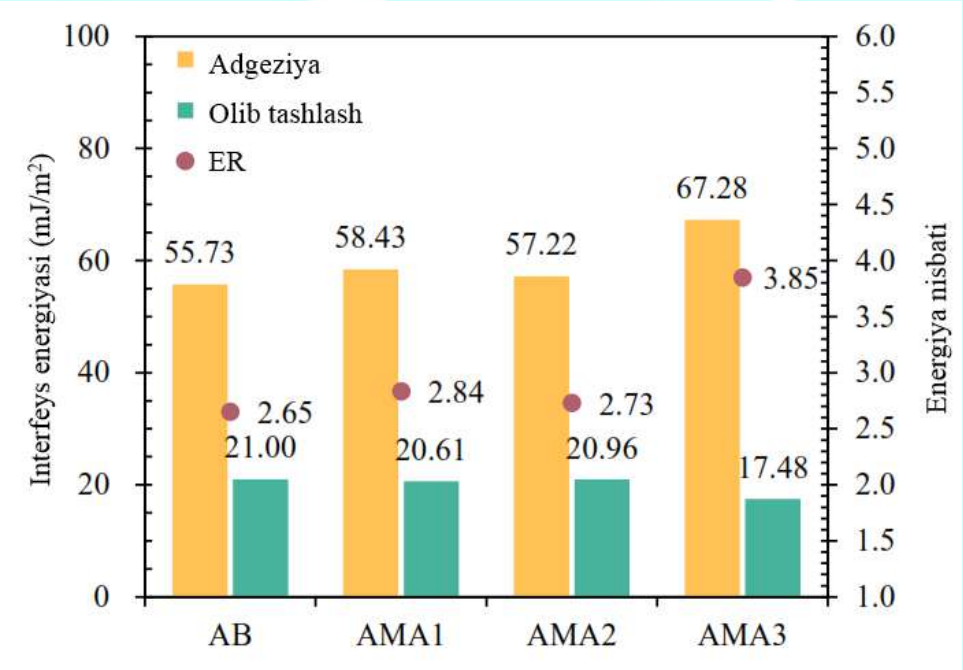
Namunalar	Bazalt	AB	AMA1	AMA2	AMA3
γ_s^d (mJ/m^2)	38.74	11.34	11.97	11.82	12.59
γ_s^p (mJ/m^2)	24.63	1.94	2.40	2.11	5.42
γ_s (mJ/m^2)	63.38	13.28	14.37	13.93	18.01

8-rasmda AB va AMAlarning yopishish energiyasi (W_{ad}) va kohezion energiyasi (W_{co}) ko‘rsatilgan. Qolgan AMAlar bilan taqqoslaganda, AMA3 eng yuqori W_{ad} qiymatiga ega bo‘lib, u ABnikidan 20,7% yuqori, W_{co} esa 35,7% ga, ya’ni 36,02 mJ/m² ga yuqori bo‘lgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ASA3 asfaltning ichki birikuvchanlik (kohezion) xossalarini ham, agregat bilan interfeysdagi yopishishini ham yaxshilashi mumkin. 11-rasmda asfaltning suv muhitidagi qoplama (stripping) ishi va ER qiymatlari ko‘rsatilgan. AMAlarning qoplama energiyasi ABnikidan pastroq bo‘lgan, bu esa ASA qo‘shilgandan so‘ng asfalt–agregat interfeysida suv ta’sirida yuz beruvchi ajralish osonligi kamayganini va aralashmaning namlikka sezgirligi yaxshilangani-ni anglatadi. AMA3 ning qoplama energiyasi 17,48 mJ/m² bo‘lib, bu uning AMA1 va AMA2 ga nisbatan suv ta’sirida ajralishga kamroq moyilligini bildiradi. AB va AMAlarning ER qiymatlarini solishtirganda, AMA1 va AMA2 ning ER qiymatlari mos ravishda 7% va 3% ga oshgan, AMA3 ning ER qiymati esa 45% ga oshgan. Molekulyar darajada bu holat ASA3 ning amin guruhi bilan agregat sirtidagi silanol guruhi orasidagi yopishish bilan izohlanadi. Agregat yuzasidagi silanol guruhlar asfalt va agregat o‘rtasida yanada kuchli bog‘ hosil qilgan. SFE (sirt erkin energiyasi) natijalari shuni ko‘rsatadiki, ASAlarning suv ta’sirida ajralishga qarshi (anti-stripping) samaradorligini oshirish mexanizmi asfaltning sirt erkin energiyasini va asfalt–agregat interfeysining yopishish energiyasini oshirishda, interfeysdagi ajralish energiyasini kamaytirishda namoyon bo‘ladi. Natijada asfaltning kohezion xususiyati va yopishish samarasi yaxshilanadi. Uchta ASAning namlik ta’siridagi asfalt shikastlanishiga qarshi ta’sirini kuchaytirish tartibi quyidagicha: AMA3 > AMA1 > AMA2.

ISSN 3030-3907



8-rasm. AB va AMAlarning adgeziya va kogeziya energiyasi.

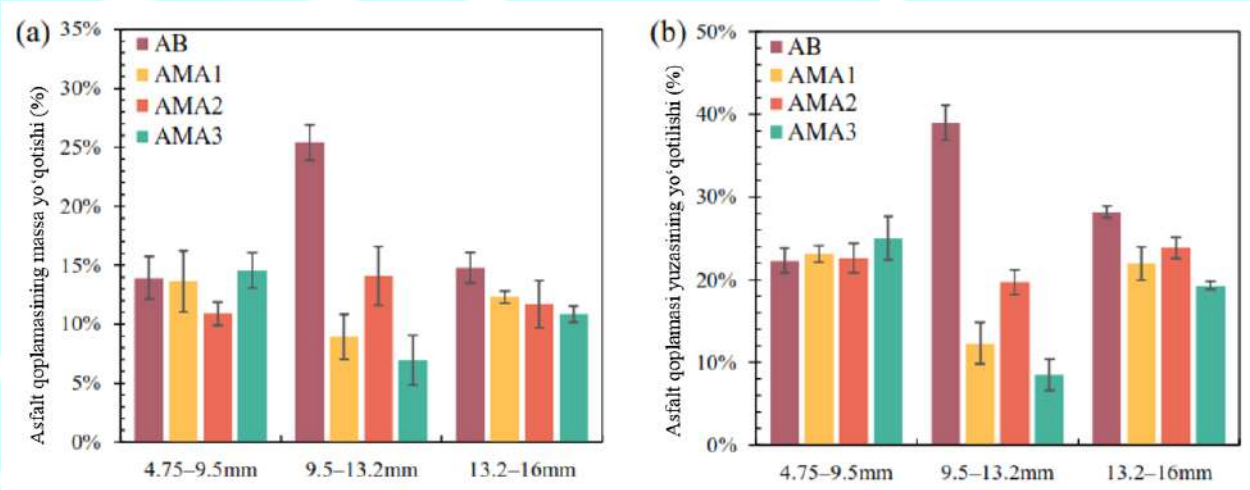


9-rasm. AB va AMAlarning namlikka sezuvchanlik indekslari.

10-rasmda dinamik suv sharoitida turli o‘lchamdagi agregatlar uchun asfaltni ko‘chirish tezligi natijalari ko‘rsatilgan. Zarracha o‘lchami 9,5 dan 13,2 mm gacha bo‘lgan to‘ldiruvchilar yordamida tayyorlangan aralashmalarning dinamik suvli muhitda eng kuchli buzilishi AB bog‘lovchi sifatida ishlatilganda kuzatildi. Qorishmaning asfalt plyonka massasini yo‘qotish darajasi 25,4% gacha, asfaltni ko‘chirish maydonining foizi esa 39% gacha bo‘lgan. ASAlarning qo‘shilishi bu ikki ko‘rsatkichni sezilarli darajada pasaytirdi. Bu AMA3 da yaqqol namoyon bo‘ldi, unda massaviy va maydon bo‘yicha bo‘shatish tezligi mos ravishda 7,0% va 8,5% gacha kamaydi. Uchta AMA orasida AMA2 asfaltni

ISSN 3030-3907

tozalash bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkichga ega edi. Uning asfalt massasini ko‘chirish tezligi AB ga nisbatan 10% dan ko‘proqqa kamaydi, bu tendensiya maydonning ko‘chirish tezligi natijalariga mos bo‘lib qoldi. Biroq, ASAlar 13,2-16 mm o‘lchamdagi zarrachalar aralashmasi uchun suv bilan zararlanishga chidamlilikning cheklangan yaxshilanishini ko‘rsatdi.

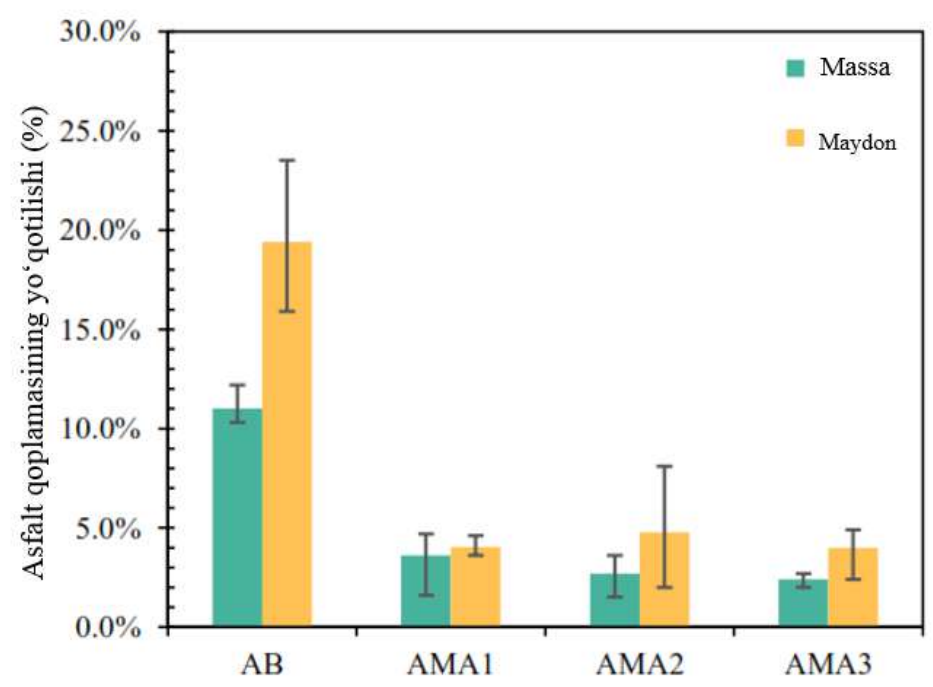


10-rasm. Turli o‘lchamdagi zarrachalar aralashmasining asfaltdan tozalanish tezligi: (a) massa; (b) maydon.

4,75-9,5 mm o‘lchamli zarrachali asfalt qorishmalari uchun AB va AMAlar o‘rtasida asfaltni ko‘chirish tezligida deyarli farq bo‘lmadi, u faqat 3% ga yuqoriga va pastga o‘zgarib turdi. Bu shuni ko‘rsatdiki, ASAlar dinamik suv muhitida 4,75-9,5 mm o‘lchamli asfalt qorishmalarining yedirilishga qarshi ko‘rsatkichlarini yaxshilashga ta’sir ko‘rsatmadi. Ushbu faktlarga asoslanib, har uchala ASA dinamik suv muhitida 9,5-13,2 mm o‘lchamli asfalt qorishmalarining yopishqoqlikka qarshi ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada oshirishi va 13,2-16 mm o‘lchamli to‘ldiruvchilarning yopishqoqlik ko‘rsatkichlarini biroz yaxshilashi, 4,75-9,5 mm o‘lchamli to‘ldiruvchilarning yopishqoqligiga kamroq ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Bu asfalt-agregat chegarasini yaxshilashga yetarlicha ta’sir ko‘rsatmagan bir xil dozada katta solishtirma yuzaga va kichik ASA ta’sir maydoniga ega bo‘lgan agregatlarning kichik o‘lchamlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Agregatning kattaroq zarracha o‘lchami kattaroq individual massaga ega bo‘lsa-da, aralashma orasidagi agregat dumalash idishi sinovida yuqori ishqalanish kuchlanishini keltirib chiqaradi. Aralashmaning ajralib chiqishga qarshi ko‘rsatkichlariga bu ta’sir namlikni ajratib olish ta’siridan yuqori edi, shuning uchun katta o‘lchamli agregatlar uchun ishlatilganda AMAlarning ajralib chiqishga qarshi ko‘rsatkichlari cheklangan edi. Bundan tashqari, 9,5-13,2 mm o‘lchamli agregatlarning namlikka sezgirligi bo‘yicha ASA3 eng yaxshi yaxshilanishni ko‘rsatdi, undan keyin ASA1 turadi. Natijalar sirt erkin energiyasi natijalariga mos keldi.

ISSN 3030-3907

ASAlar 9,5-13,2 mm o‘lchamli asfalt qorishmalariga eng sezilarli ta’sir ko‘rsatganligi sababli, yuqori haroratlarda asfalt qorishmalarining buzilishga chidamliligiga ASAlarning ta’sirini yanada aniqlash uchun tadqiqot obyekti sifatida 9,5-13,2 mm o‘lchamli to‘ldiruvchi ishlatildi. 11-rasmda uning yuqori harorat va gidrostatik muhitda asfaltning buzilish tezligi ko‘rsatilgan. Asosli asfalt bilan taqqoslaganda, AMA1, AMA2 va AMA3 ning massa bo‘shatish tezligi mos ravishda 67,2%, 75,4% va 78% ga kamaydi va ularning maydon bo‘shatish tezligi taxminan 79% ga sezilarli darajada kamaydi. Ushbu hodisaning sababi agregat yuzasida minerallarning tarqalishi, mikrog‘ovaklik taqsimoti va burchak xususiyatlari sirt yopishqoqligini belgilaydi deb hisoblangan. ASA qo‘shilgandan so‘ng, asfalt va to‘ldiruvchi qutbli guruhlar orqali chegarada mustahkam bog‘lanishni hosil qiladi va yopishqoqlik endi to‘ldiruvchi yuzasining morfologiyasiga bog‘liq bo‘lmaydi.



11-rasm. Asfalt bog‘lovchi va AMAlarning massa va maydon yo‘qotilishi.

Yuqorida tavsiflanganidek, barcha uchta ASM bilan tayyorlangan asfalt aralashmalari asfalt-agregat chegarasida hosil bo‘ladigan buzilishlarni kamaytirishga va asfalt aralashmasining namlikka sezgirligini sezilarli darajada kamaytirishga qodir edi. Taqqoslaganda, ASA3 asfalt bog‘lovchilarining namlikka sezgirligi eng yaxshi yaxshilanishini ko‘rsatdi va ASA2 eng yomon bo‘ldi. Bu natija sirt erkin energiyasi va dumalash butilkasi sinovlari natijalariga mos keldi.

Xulosalar

Ushbu tadqiqotda asosiy maqsad amid, fosfat efir va yog‘li amin ASAlarining kimyoviy tarkibini o‘rganish va ularning anti-stripping mexanizmlarini tahlil qilishdan iborat edi. ASA dozasining asfaltning fizik va reologik xususiyatlariga ta’siri muhokama qilindi va dinamik suv va yuqori harorat

ISSN 3030-3907

sharoitida AMAlarning ko‘chishga qarshi xususiyatlari tavsiflandi. Quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

- ASA1 ning asosiy elementlari Fe, S va Cl dir. ASA2 asosan P va S kabi metallmas elementlardan tashkil topgan. Infraqizil spektr natijalariga asoslanib, AB va ASA o‘rtasida kimyoviy reaksiya deyarli yo‘qligi ma’lum va ASA mexanizmini fizik modifikatsiya sifatida tasniflash mumkin.
- ASAlarning optimal dozasi 0,3% ni tashkil etadi, bu asfaltning fizik xususiyatlari bilan belgilanadi. ASA1 eng yaxshi asosiy fizik xususiyatlarga ega va ASA2 eng yaxshi yuqori haroratli deformatsiyaga chidamli bo‘lib, asosiy asfaltga nisbatan 46% ga oshadi. ASA3 asfaltning past haroratli ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilaydi, 5% ga yaxshilanadi.
- ASAlar asfaltda dispersiya va qutblilik komponentlarini oshiradi. Asfaltning adgeziya energiyasi yaxshilanadi va buzilish energiyasi kamayadi. ASA3 tarkibida ko‘p miqdorda metall kationlari va qutbli amin guruhlari mavjud bo‘lib, ular qutbli komponentni 2,8 marta va ER qiymatini 45% ga oshirdi. Ushbu indekslarning o‘sishi ASA1 va ASA2 ga qaraganda sezilarli darajada yuqori.
- Yirik to‘ldiruvchilarning boshqa o‘lchamdagi zarrachalariga nisbatan ASAlar 9,5-13,2 mm o‘lchamdagi bazaltning namlikka chidamliligiga eng yaxshi modifikatsion ta’sir ko‘rsatadi. Turli sinov sharoitlarida asfalt-agregat chegarasini modifikatsiyalovchi ASA1, ASA2 va ASA3 adgezion xossalari mos ravishda 65%, 45% va 70% ga yaxshilanadi.

Ushbu tadqiqot natijalari antifriksion agentning har bir tarkibiy qismining ta’sir mexanizmini va uning ko‘p sharoitlarda modifikatsiyalangan asfalt ko‘rsatkichlarini o‘rganish uchun asos bo‘lib, muhandislarga turli xil antifriksion agentlarning asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta’sirini tushunishga va xizmat talablariga muvofiq antifriksion agentning to‘g‘ri turini tanlashga yordam beradi. Biroq, sidirilishga qarshi vositalar va ular bilan bog‘liq adgeziya modellarining yo‘qligi ushbu maqolani asfalt-agregat chegarasida sidirilishga qarshi vositalarning adgeziya mexanizmini o‘rganishda to‘liq emasligini ko‘rsatadi. Kelajakda olib boriladigan ilmiy-tadqiqot ishlarida asfaltning xossalariga antifriksion agentning har bir komponentining ta’siri va uning bog‘lanish mexanizmini molekulyar dinamika modellari va boshqa kompyuter vositalari bilan birgalikda o‘rganish bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar o‘tkazish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Guo, F.C.; Pei, J.Z.; Zhang, J.P.; Li, R.; Liu, P.F.; Wang, D. Study on Adhesion Property and Moisture Effect between SBS Modified Asphalt Binder and Aggregate Using Molecular Dynamics Simulation. Materials 2022, 15, 6912. [CrossRef] [PubMed]

ISSN 3030-3907

2. Eltwati, A.; Jaya, R.P.; Mohamed, A.; Jusli, E.; Al-Saffar, Z.; Hainin, M.R.; Enieb, M. Effect of Warm Mix Asphalt (WMA) Antistripping Agent on Performance of Waste Engine Oil-Rejuvenated Asphalt Binders and Mixtures. Sustainability 2023, 15, 3807. [CrossRef]
3. Hu, X.Y.; Wang, X.W.; Zheng, N.X.; Li, Q.; Shi, J.Y. Experimental Investigation of Moisture Sensitivity and Damage Evolution of Porous Asphalt Mixtures. Materials 2021, 14, 7151. [CrossRef]
5. Brondani, C.; Faccin, C.; Specht, L.P.; Nummer, A.V.; Pereira, D.D.; Vestena, P.M.; Baroni, M. Evaluation of Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures: Influence of Aggregates, Visual Analysis, and Mechanical Tests. J. Mater. Civ. Eng. 2023, 35, 04022433. [CrossRef]
6. Chen, S.Y.; Adhikari, S.; You, Z.P. Relationship of Coefficient of Permeability, Porosity, and Air Voids in Fine-Graded HMA. J. Mater. Civ. Eng. 2019, 31, 04018359. [CrossRef]
7. Tu, C.Z.; Luo, R.; Huang, T.T. Numerical Simulation of Moisture Diffusion in the Microstructure of Asphalt Mixtures. Materials 2023, 16, 2504. [CrossRef]
8. Zhang, G.H.; Qiu, J.H.; Zhao, J.Z.; Wei, D.B.; Wang, H. Development of Interfacial Adhesive Property by Novel Anti-Stripping Composite between Acidic Aggregate and Asphalt. Polymers 2020, 12, 473. [CrossRef]
9. Mei, A.D.; Fusco, R.; Moroni, M.; Fiore, N.; Fontinovo, G.; D'Andrea, A. Affinity between Bitumen and Aggregate in Hot Mix Asphalt by Hyperspectral Imaging and Digital Picture Analysis. Coatings 2021, 11, 648. [CrossRef]
10. Mahpour, A.; Alipour, S.; Khodadadi, M.; Khodaii, A.; Absi, J. Leaching and mechanical performance of rubberized warm mix asphalt modified through the chemical treatment of hazardous waste materials. Constr. Build. Mater. 2023, 366, 130184. [CrossRef]
11. Ziari, H.; Nasiri, E.; Amini, A.; Ferdosian, O. The effect of EAF dust and waste PVC on moisture sensitivity, rutting resistance, and fatigue performance of asphalt binders and mixtures. Constr. Build. Mater. 2019, 203, 188–200. [CrossRef]
12. Lucas, J.L.O.; Da Silva, L.S.V.; Rocha, W.S.; Babadopulos, L.; Soares, J.B. Effects of rheology and adhesiveness of asphalt binders to different substrates on the resistance to moisture conditioning. J. Adhes. 2022, 98, 1937–1956. [CrossRef]
13. Corrales-Azofeifa, J.; Archilla, A.R.; Miranda-Arguello, F.; Loria-Salazar, L. Effects of moisture damage and anti-stripping agents on hot mix asphalt

ISSN 3030-3907

dynamic modulus. Road Mater. Pavement Des. 2020, 21, 1135–1154. [CrossRef]
14. Wang, W.Y.; Cheng, H.L.; Sun, L.J.; Sun, Y.R.; Liu, N. Multi-performance evaluation of recycled warm-mix asphalt mixtures with high reclaimed asphalt pavement contents. J. Clean. Prod. 2022, 377, 134209. [CrossRef]
15. Shu, S.; Zhuang, C.; Zhao, S.; Hao, Y.; Guo, H.; Ye, Y. Study of Anti-Stripping Measures to Improve the Adhesion of Asphalt to Granite Aggregates. Coatings 2022, 12, 1954. [CrossRef]
16. Ali, S.A.; Zaman, M.; Ghabchi, R.; Rahman, M.A.; Ghos, S.; Rani, S. Effect of additives and aging on moisture-induced damage potential of asphalt mixes using surface free energy and laboratory-based performance tests. Int. J. Pavement Eng. 2022, 23, 285–296. [CrossRef]
17. Yousefi, A.A.; Haghshenas, H.F.; Underwood, B.S.; Harvey, J.; Blankenship, P. Performance of warm asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement, an anti-stripping agent, and recycling agents: A study using a balanced mix design approach. Constr. Build. Mater. 2023, 363, 129633. [CrossRef]
18. Wang, F.H.; Huang, T.; Xin, G.F.; Mu, M.H.; Shen, Q.J. Study on Conventional and Rheological Properties of Corn Stalk Bioasphalt/PPA Composite Modified Asphalt. Adv. Civ. Eng. 2021, 2021, 7928189. [CrossRef]

ISSN 3030-3907

MUHANDISLIK GRAFIKASI FANLARI O‘QITUVCHILARINING KASBIY KOMPETENSIYALARINI OSHIRISHNING NAZARIY ASOSLARI

Abdukarimova Gavhar Dilmurod qizi.

Toshkent viloyati, Chirchiq shahri 18-umumiy o‘rta ta’lim maktabi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada muhandislik grafikasi fanlari o‘qituvchilarining kasbiy kompetensiyalarini oshirishning nazariy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda pedagogik, texnologik, metodik hamda kommunikativ kompetensiyalarni rivojlantirish yo‘nalishlari tahlil qilingan. Shuningdek, zamonaviy raqamli texnologiyalar, CAD va 3D-modellashtirish dasturlarini ta’lim jarayoniga integratsiya qilishning ahamiyati ko‘rsatib o‘tilgan. Natijalarga ko‘ra, interaktiv va innovatsion metodlardan foydalanish o‘qituvchilarning kasbiy malakasini, ijodkorligini hamda talabalarning fazoviy tafakkurini sezilarli darajada rivojlantiradi.

Kalit so‘zlar: muhandislik grafikasi, kasbiy kompetensiya, raqamli texnologiyalar, pedagogik yondashuv, CAD tizimlari, 3D-modellashtirish, innovatsion ta’lim.

Аннотация: В статье рассматриваются теоретические основы повышения профессиональных компетенций преподавателей инженерной графики. Проведён анализ направлений развития педагогических, технологических, методических и коммуникативных компетенций. Особое внимание уделено внедрению современных цифровых технологий, систем CAD и программ 3D-моделирования в образовательный процесс. Результаты показывают, что использование интерактивных и инновационных методов обучения способствует росту профессионального мастерства преподавателей и развитию пространственного мышления студентов.

Ключевые слова: инженерная графика, профессиональная компетенция, цифровые технологии, педагогический подход, системы CAD, 3D-моделирование, инновационное образование.

Abstract: This article explores the theoretical foundations for enhancing the professional competencies of engineering graphics instructors. It analyzes the development of pedagogical, technological, methodological, and communicative competencies. The study highlights the significance of integrating modern digital technologies, CAD systems, and 3D modeling software into the educational process. Findings indicate that applying interactive and innovative teaching methods significantly improves teachers’ professional skills, creativity, and students’ spatial thinking abilities.

Keywords: engineering graphics, professional competence, digital technologies, pedagogical approach, CAD systems, 3D modeling, innovative education.

Kirish.

ISSN 3030-3907

Bugungi globallashuv va raqamli transformatsiya davrida ta’lim tizimida o‘qituvchilarning kasbiy kompetensiyasini oshirish masalasi strategik ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, texnika yo‘nalishidagi fanlar, jumladan, muhandislik grafikasi sohasida faoliyat yurituvchi pedagoglardan yuqori darajadagi metodik, texnologik va innovatsion tayyorgarlik talab qilinadi. Muhandislik grafikasi fanining o‘ziga xosligi shundaki, u o‘quvchilarda fazoviy tafakkur, analitik fikrlash, tasviriy ifodalash madaniyati va muhandislik tafakkurini shakllantirishga xizmat qiladi [1]. Shu bois, o‘qituvchining kasbiy kompetensiyasi nafaqat bilimlar majmui, balki ularni amaliyotda qo‘llay olish, zamonaviy texnologiyalarni o‘quv jarayoniga tatbiq etish va talabalarning ijodiy salohiyatini rivojlantirish bilan belgilanadi [2].

O‘zbekiston Respublikasi ta’lim tizimida o‘qituvchilarning kasbiy malakasini oshirish masalalari Ta’lim to‘g‘risidagi qonun, Uzluksiz ta’lim konsepsiyasi va Oliy ta’limni 2030 yilgacha rivojlantirish strategiyasida ham alohida o‘rin egallagan. Aynan shu hujjatlar asosida kasbiy kompetensiya tushunchasi pedagogik faoliyatning poydevoriga aylangan [7].

Adabiyotlar tahlili. Muhandislik grafikasi fanini o‘qitish va o‘qituvchilar kompetensiyasini oshirish masalalari bo‘yicha mahalliy va xorijiy tadqiqotchilar tomonidan bir qator ilmiy ishlar olib borilgan. Haqberdiyev B.R. o‘z tadqiqotlarida ta’limda integrativ va sinergetik yondashuvlarni qo‘llash o‘qituvchilarning kasbiy faoliyatini modernizatsiya qilishda muhim omil ekanligini ta’kidlaydi [3]. Ro‘ziyev E. va Ashirboyev A. esa “Muhandislik grafikasini o‘qitish metodikasi” asarida o‘qituvchi doimiy ravishda o‘z metodik kompetensiyasini rivojlantirishi, yangi texnologiyalarni dars jarayoniga joriy etishi lozimligini qayd etadi [4]. Naimov S.T. o‘zining “Muhandislik va kompyuter grafikasi” qo‘llanmasida kompyuter grafikasi vositalaridan foydalanish o‘qituvchilarga an’anaviy darslardan farqli ravishda murakkab chizmalarni tez va sifatli tahlil qilish imkonini berishini isbotlagan [8]. Rajabov M.R.ning tadqiqotlari esa o‘quvchilarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda “Kesimlar va bo‘limlar” mavzularini o‘qitishda metodik yondashuvlarni takomillashtirish bo‘yicha muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [9].

Bundan tashqari, Raxmonova M.A. zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalanish talabalarning bilimini nazorat qilish va baholashda yangi yondashuvlarni shakllantirishga xizmat qilishini ta’kidlaydi [10]. Shuningdek, Mirzayev A. va Madaminov B. texnik va raqamli texnologiyalarni ta’lim amaliyotiga integratsiya qilish orqali o‘qituvchilarning kasbiy mahoratini oshirish mumkinligini isbotlagan [11].

ISSN 3030-3907

Mavzuning o‘rganilganlik darajasi. So‘nggi yillarda muhandislik grafikasi fanlari o‘qituvchilarining kasbiy rivojlanishi bo‘yicha O‘zbekistonda qator ilmiy va amaliy ishlar olib borilgan. Haqberdiyev B.R. tomonidan ishlab chiqilgan ilmiy konsepsiyada o‘qituvchining kasbiy rivojlanish bosqichlari tizimlashtirilgan bo‘lib, unda pedagogik, texnologik, kommunikativ va metodik kompetensiyalar asosiy yo‘nalish sifatida belgilangan [2].

Shuningdek, Tursunov Sh. va Sodiqov U. tomonidan ilgari surilgan “Muhandislik grafikasi va CAD tizimlari integratsiyasi” mavzusidagi izlanishlarda o‘qituvchilarning texnologik kompetensiyasini oshirishda CAD va 3D dasturlarning roli alohida yoritilgan [12]. Bu yondashuvlar o‘qituvchining muhandislik tafakkurini rivojlantirish, dars jarayonini raqamlashtirish, va amaliy ko‘nikmalarni takomillashtirish imkonini beradi [13]. Xorijiy manbalarda kasbiy kompetensiyani rivojlantirishda loyiha asosidagi ta’lim (Project-Based Learning), muammoli o‘qitish (Problem-Based Learning), masofaviy va gibrid ta’lim modellari samaradorligi e’tirof etiladi [14]. Bu yondashuvlar o‘qituvchiga o‘z faoliyatida mustaqil tadqiqot olib borish, yangilik kiritish va innovatsion g‘oyalarni sinovdan o‘tkazish imkonini beradi.

Tadqiqot metodlari. Mazkur ilmiy maqolada quyidagi metodlardan foydalanildi:

Nazariy-tahliliy metod – muhandislik grafikasi fanini o‘qitish bo‘yicha ilg‘or ilmiy manbalar tahlil qilindi.

Tizimli yondashuv – o‘qituvchining kasbiy kompetensiyasini tashkil etuvchi komponentlar o‘zaro bog‘liq tizim sifatida ko‘rib chiqildi.

Qiyosiy tahlil – mahalliy va xorijiy tajribalar asosida kasbiy rivojlanish modellarining o‘xshash va farqli jihatlari solishtirildi.

Diagnostik kuzatish – malaka oshirish kurslarida o‘qituvchilarning raqamli savodxonligi va metodik tayyorgarligi darajasi tahlil qilindi.

Ushbu metodlar asosida olingan natijalar keyingi bo‘limlarda yoritiladi.

Tadqiqot natijalari va tahlili. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, muhandislik grafikasi o‘qituvchilarining kasbiy kompetensiyasi to‘rtta asosiy komponentdan iborat:

-Pedagogik kompetensiya – o‘quv jarayonini rejalashtirish, talabalarning mustaqil fikrlashini rag‘batlantirish, zamonaviy dars turlarini tashkil etish, baholash va tahlil qilishni bilish [15].

-Texnologik kompetensiya – AutoCAD, SolidWorks, SketchUp, Kompas 3D, CorelDraw, Revit kabi dasturlarni mukammal bilish, ularni o‘quv jarayonida qo‘llay olish, texnik modellar yaratish [3][12].

ISSN 3030-3907

-Metodik kompetensiya – o‘qitishning ilmiy asoslarini chuqur bilish, grafik topshiriqlarni tahliliy yechish usullarini ishlab chiqish va amaliy mashg‘ulotlarni samarali tashkil etish [4][9].

-Kommunikativ va ijodiy kompetensiya – talabalar bilan ijobiy pedagogik muloqot o‘rnatish, ijodkorlikni rag‘batlantirish, muammoli vaziyatlarda tezkor yechim topish [5][10].

TIIAME tajribasida o‘tkazilgan tajribalarga ko‘ra, malaka oshirish kurslarida ishtirok etgan o‘qituvchilarning 87 foizi interaktiv texnologiyalarni qo‘llash bo‘yicha yangi bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lgan. Bundan tashqari, 3D-modellashtirish dasturlari bilan ishlashni o‘rgangan o‘qituvchilar grafik topshiriqlarni bajarishda o‘quvchilarning texnik tafakkurini 25–30% ga oshirishga erishgan [11][15].

Olimova Z. o‘z tadqiqotlarida o‘qituvchilarning fazoviy tasavvurini rivojlantirish uchun amaliy mashg‘ulotlarni vizual modellar asosida tashkil etish zarurligini ta’kidlaydi [13]. Bu metodika o‘qituvchilarga chizmalarning texnik mohiyatini chuqur tushunish, ularni aniq tasvirlash va talabalarda mustaqil muhandislik tafakkurini shakllantirish imkonini beradi. Qodirova D. esa muhandislik grafikasi fanida loyiha asosida o‘qitishning afzalliklarini o‘rganib, bu metod o‘qituvchilarning o‘z faoliyatida innovatsion yondashuvlarni qo‘llash malakasini kuchaytirishini isbotlagan [15].

Xulosa. Muhandislik grafikasi fanlari o‘qituvchilarining kasbiy kompetensiyalarini oshirish — ta’lim sifati, samaradorlik va raqamli innovatsion rivojlanishning muhim sharti hisoblanadi. Kompetensiyaviy yondashuv asosida o‘qituvchi o‘z faoliyatini muntazam tahlil qilib, yangi metodikalarni amaliyotga tatbiq etishi, texnologik bilimlarini yangilab borishi zarur. Raqamli texnologiyalarni o‘qitish jarayoniga keng joriy etish, malaka oshirish dasturlarini takomillashtirish, ijodiy muhitni shakllantirish va xalqaro tajribalarni o‘rganish bu jarayonning poydevorini tashkil etadi [2][8][12]. Kelgusida muhandislik grafikasi o‘qituvchilari uchun uzluksiz professional rivojlanish tizimini yaratish, interfaol treninglar, virtual laboratoriyalar, va masofaviy o‘quv platformalarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa nafaqat ta’lim sifatini oshiradi, balki o‘qituvchining shaxsiy ijodkorligini, texnik tafakkurini va kasbiy raqobatbardoshligini ham mustahkamlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Haqberdiyev B.R. va boshqalar. O‘quv faoliyati tamoyillarida integrativ va sinergetik yondashuvlar. – 2025.
2. Haqberdiyev B.R. Muhandislik grafikasi va tasviriy san’at, arxitektura va dizayn (texnik va san’at) fanlarini o‘zaro integratsiyalash. – 2025.

ISSN 3030-3907

3. Ro‘ziyev E., Ashirboyev A. Muhandislik grafikasini o‘qitish metodikasi. – Ziyouz.com, 2019.
4. D.F.Kuchkarova, D.A.Achilova, B.S. Ismatov. Muhandislik grafikasi fanlari metodologiyasi. – O‘quv qo‘llanma. 2023.
5. Chuliyeva G.X. Muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda raqamli texnologiyalar va 3D-modellashtirish. – 2024.
6. N.J.Yodgorov, M.M. Badiyev. Texnik tafakkurini rivojlantirishda muhandislik grafikasi fanining o‘rni, o‘qitishdagi muammolar va ularning yechimi. – Ilmiy nazariy va metodik jurnali. 2024.
7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni, 08.10.2019 yildagi PF-5847-son.
8. Naimov S.T. Muhandislik va kompyuter grafikasi. – Buxoro, 2023.
9. Rajabov M.R. Scientific and methodological basis for developing students’ spatial concepts when teaching the topic “Cuttings and Sections” in Engineering Graphics. – International Research Science Journal, 2024.
10. Raxmonova M.A. Muhandislik grafikasi fanidan talabalar bilimini nazorat qilish va baholashda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish metodikasi. – JDPU ilmiy to‘plami, 2023.
11. Mirzayev A., Madaminov B. va boshqalar. Texnika va raqamli texnologiyalarni amaliyotda qo‘llanilishi va ularning innovatsion yechimlari. – ResearchGate, 2023.
12. Tursunov Sh., Sodiqov U. Muhandislik grafikasi va CAD tizimlari integratsiyasi. – Ta’limda innovatsiyalar konferensiyasi, Toshkent, 2022.
13. Olimova Z. Muhandislik grafikasi darslarida fazoviy tasavvurni rivojlantirish metodlari. – O‘zbekiston pedagogika jurnali, №4, 2021.
14. Jalolov I. Kompyuter grafikasi va muhandislik grafikasi fanlarini uyg‘unlashtirishning ilmiy-metodik asoslari. – Ta’lim va innovatsion texnologiyalar jurnali, №2, 2021.
15. Kuchkarova N.A., Achilova N., Ismatov M. Muhandislik grafikasi fanlari metodologiyasi. – TIIAME, 2022.
16. Qodirova D. Muhandislik grafikasi fanida loyiha asosida ta’limni qo‘llash tajribalari. – Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari, Farg‘ona, 2020

ISSN 3030-3907

KREMNIY ORGANIK QOPLAMANI HOSIL QILISH USULLARI

Eshmurodov X.E
t.f.f.d, dots.
Usanova Farzona Beknazar qizi
E-mail: farzonausanova911@gmail.com
Elbek Asomiddinov Nurbek o‘g‘li

Annotatsiya: Kremniyorganik qoplamalarni hosil qilish usullari bugungi kunda sirtni himoyalovchi, suv va changga chidamli, hamda termobarqaror xususiyatlarni berish texnologiyalarining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Bunday qoplamalar mato va charm kabi g‘ovak strukturalarga ega substratlarda nafaqat fizik himoya qatlamini hosil qiladi, balki molekulyar darajada mustahkam siloksan (Si–O–Si) tarmog‘ini yaratadi. Qoplama hosil qilish usullarini tanlashda kremniy birikmasining turi, substratning fizik tuzilishi, ishlov berish harorati, erituvchi muhitning tabiati va maqsadli sirt xususiyatlari inobatga olinadi.

Kalit so‘zlar: Siloksan, sol–gel texnologiyasi, polimetilsiloksanlar (PMS), metiltrietoksisilan (MTES), elektrostatik purkash

Abstract: Methods for forming organosilicon coatings are currently one of the most promising areas of technology for providing surface protection, water and dust resistance, and thermal stability. Such coatings not only form a physical protective layer on substrates with porous structures, such as fabric and leather, but also create a molecularly strong siloxane (Si–O–Si) network. When choosing a coating method, the type of silicon compound, the physical structure of the substrate, the processing temperature, the nature of the solvent medium, and the target surface properties are taken into account.

Keywords: Siloxane, sol–gel technology, polymethylsiloxanes (PMS), methyltriethoxysilane (MTES), electrostatic spraying

Аннотация: Методы формирования кремнийорганических покрытий в настоящее время являются одним из наиболее перспективных направлений технологий обеспечения защиты поверхности, водо- и пыленепроницаемости, а также термостойкости. Такие покрытия не только формируют физический защитный слой на подложках с пористой структурой, таких как ткани и кожа, но и создают молекулярно прочную силоксановую (Si–O–Si) сетку. При выборе метода нанесения покрытия учитываются тип кремниевого соединения, физическая структура подложки, температура обработки, природа растворителя и свойства целевой поверхности.

Ключевые слова: Силоксан, золь-гель технология, полиметилсилоксаны (ПМС), метилтриэтоксисилан (МТЭС), электростатическое напыление

Kirish

ISSN 3030-3907

Kremniyorganik qoplamaning hosil bo‘lish jarayoni ikki asosiy bosqichdan iborat:

1. Gidroliz bosqichi – alkoksisilan yoki polisiloksanlarning suvli muhitda Si–OH (silanol) guruhlariga aylanishi;

2. Kondensatsiya bosqichi – silanol guruhlarining o‘zaro yoki substratdagi faol –OH guruhlar bilan reaksiyaga kirishib, Si–O–Si yoki Si–O–C bog‘larini hosil qilishi.

Bu jarayon quyidagi umumiy sxema orqali ifodalanadi:

$$R–Si(OR')_3 + 3H_2O \rightarrow R–Si(OH)_3 + 3R'OH$$

$$2R–Si(OH)_3 \rightarrow R–Si–O–Si–R + 3H_2O$$

Bu reaksiyalar natijasida polikondensatsiyalangan tarmoqli kremniyorganik qatlam hosil bo‘ladi. Ushbu qatlam sirt bilan kimyoviy bog‘ hosil qilganligi sababli, u yuqori darajadagi adgeziya va issiqlik barqarorligiga ega bo‘ladi.

Kremniyorganik qoplamalarni hosil qilishda bir necha asosiy usullar qo‘llaniladi:

I. Nam usul (botirish va singdirish texnologiyasi)

II. Sol–gel texnologiyasi

III. Aerooksidlanish usuli (plazmali yoki termooksidlanish yo‘li)

Parchalanuvchi bug‘li fazadan qoplama hosil qilish (CVD – Chemical Vapor Deposition): Elektrostatik purkash va ultratovushli qoplama usullari: Har bir usulning o‘ziga xos afzallik va cheklovlari mavjud bo‘lib, material turi va maqsadli xususiyatga qarab tanlanadi.

I.1. Nam (singdirish) usuli

Kremniyorganik birikmalarni tekstil yoki charm sirtlariga singdirishning eng samarali va keng qo‘llaniladigan texnologik yondashuvlaridan biri bu nam (botirish) usuli hisoblanadi. Ushbu metod soddaligi, yuqori samaradorligi va sanoat sharoitlariga mosligi bilan ajralib turadi. Jarayon mohiyatan materialning to‘liq hajmini kremniyorganik modda eritmasi bilan to‘yingan holatga keltirishga asoslanadi, bu esa qoplama moddasining sirt va ichki qatlamlarga chuqur kirib borishini ta’minlaydi.

Amaliyotda ko‘pincha polimetilsiloksanlar (PMS) yoki metiltrietoksisilan (MTES) asosidagi gidrolizlangan eritmalar ishlatiladi. Ular etanol–suv aralashmasida tayyorlanib, pH muhit 4–5 oralig‘ida saqlanadi. Bu qiymat silanlarning kontrollangan gidrolizi va kondensatsiya reaksiyasining optimal kechishini ta’minlaydi. Gidroliz natijasida hosil bo‘lgan silanol guruhlari (≡Si–OH) material sirtidagi gidroksil guruhlar bilan o‘zaro reaksiyaga kirishib, mustahkam Si–O–Sibog‘lanish tarmog‘ini hosil qiladi.

Jarayon odatda quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

ISSN 3030-3907

Eritmani tayyorlash – kremniyorganik modda etanol va suv aralashmasida eritiladi, pH ≈ 4–5 gacha keltiriladi.

Namuna botirish – mato yoki charm namunasi tayyorlangan eritmaga 10–15 daqiqa davomida to‘liq botiriladi.

Siqish – ortiqcha eritma mexanik tarzda siqib chiqariladi, bu qoplama qalinligini nisbatan bir xil qilishga yordam beradi.

Quritish – 20–25 °C haroratda 30 daqiqa davomida tabiiy yoki majburiy konvektsiya yordamida quritiladi.

Termik mustahkamlash – 120 °C da 15 daqiqa davomida olib boriladi, bunda silanol guruhlarining kondensatsiyasi yakunlanib, sirt bo‘ylab uzluksiz Si–O–Si tarmog‘i shakllanadi.

Natijada, material sirtida yupqa, ammo zich va bir tekis kremniyorganik himoya qatlam hosil bo‘ladi. Ushbu qatlam gidrofob (suv itaruvchi) xususiyatni sezilarli oshirib, sirtning chang tutmaslik, ifloslanishga qarshilik va mexanik barqarorlik xususiyatlarini yaxshilaydi.

Nam usulning muhim afzalliklari quyidagilardan iborat:

Kremniyorganik moddaning sirt va tolalar orasiga chuqur singishi tufayli yuqori darajadagi adgeziya hosil bo‘ladi;

Jarayon texnologik jihatdan sodda, maxsus uskuna talab etmaydi;

Laboratoriya va sanoat miqyosida osongina tatbiq etiladi. Shu bilan birga, ushbu usulning kamchiligi – qoplama qalinligini aniq nazorat qilishning murakkabligi bilan bog‘liq. Biroq, termik ishlov parametrlarini optimallashtirish va eritma konsentratsiyasini boshqarish orqali bu muammo amaliy jihatdan bartaraf etilishi mumkin. Umuman olganda, nam singdirish usuli kremniyorganik qoplamalar hosil qilishda soddaligi va samaradorligi tufayli eng istiqbolli texnologiyalardan biri bo‘lib, suv va changga chidamli, shuningdek, issiqlikka bardoshli sirtlar olishda keng qo‘llaniladi

II.2. Sol–gel texnologiyasi

So‘nggi yillarda kremniyorganik qoplamalar tayyorlashda sol–gel texnologiyasi eng istiqbolli va innovatsion yo‘nalishlardan biri sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usul kremniyorganik birikmalarning gidroliz va kondensatsiya reaksiyalariga asoslanib, natijada sirt ustida nanozarrachalardan tashkil topgan zich va bir jinsli Si–O–Si tarmog‘i hosil bo‘ladi.

Sol–gel texnologiyasi jarayoni odatda uch bosqichda kechadi: Silan moddasining gidrolizi (sol hosil bo‘lishi). Dastlab, kremniyorganik modda – odatda tetraetoksisilan (TEOS), metiltrietoksisilan (MTES) yoki polimetilsiloksan (PMS) – suv va spirt aralashmasida gidrolizlanadi. Gidroliz reaksiyasi kislota yoki ishqor katalizatori ishtirokida kechadi:

$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4C_2H_5OH$$

ISSN 3030-3907

Hosil bo‘lgan silanol guruhlari (Si–OH) keyingi bosqichda kondensatsiya reaksiyasiga kirishadi.

Kondensatsiya va zarralar o‘sishi (gel hosil bo‘lishi).

Bu bosqichda silanol guruhlari o‘zaro reaksiyaga kirishib, suv yoki spirt ajralishi bilan Si–O–Si tarmog‘ini hosil qiladi:

$$Si–OH + HO–Si \rightarrow Si–O–Si + H_2O$$

Shu tariqa dispers sol tizimi sekin-asta strukturalangan gel holatiga o‘tadi. Hosil bo‘layotgan gelning nanochiziqli struktura xususiyatlari uni yuqori darajada funksional qiladi.

Quritish va termik stabilizatsiya.

Gel holatidagi qoplama 60–120 °C oralig‘idagi haroratda quritiladi. Quritish jarayonida ortiqcha erituvchi va adsorbsiyalangan suv ajraladi, natijada mexanik va kimyoviy jihatdan barqaror kremniy dioksid (SiO_2) tarmog‘i hosil bo‘ladi.

Sol–gel texnologiyasi yordamida qoplama qalinligi, sirt silliqligi va nanostruktura o‘lchamlarini yuqori aniqlik bilan nazorat qilish mumkin. Natijada hosil bo‘lgan qatlam bir jinsli, kimyoviy jihatdan inert va mustahkam bo‘ladi. Shuningdek, sol–gel qoplamalarining gidrofob xususiyati ularning sirt energiyasi pastligi va silliq nanochiziqli tuzilmasi bilan izohlanadi.

Masalan, mato namunasi tetraetoksisilan (TEOS) asosidagi sol–gel eritmasiga singdirilib, 60 °C da 1 soat davomida quritilganda, sirtning kontakt burchagi 135–145° gacha oshadi. Bu ko‘rsatkich materialning suv tomchilarini sirt bo‘ylab yoyilmasdan siljib tushishini, ya’ni yuqori darajadagi gidrofoblikni bildiradi.

Sol–gel texnologiyasining afzalliklari:

a) Nanochiziqli va nanog‘ovakli strukturalarni boshqarilgan shaklda hosil qilish imkoniyati;

b) Qoplama qalinligi va sirtning silliqligini nazorat qilish imkoniyati;

c) Kimyoviy jihatdan mustahkam, mexanik bardoshli va optik jihatdan tiniq qatlamlar hosil bo‘lishi;

d) Past haroratlarda ishlov berish imkoniyati tufayli tekstil va charm kabi issiqlikka sezgir materiallarga mosligi.

Shunday qilib, sol–gel texnologiyasi an’anaviy singdirish yoki püskürtish usullariga nisbatan ancha nazoratli va mikrostruktura darajasida boshqariladigan jarayon bo‘lib, suv va changga chidamli, shuningdek, o‘z-o‘zini tozalovchi sirt xususiyatlariga ega ilg‘or kremniyorganik qoplamalar olishda muhim ahamiyat kasb etadi.

III.3. Aerooksidlanish usuli (plazmali yoki termooksidlanish yo‘li)

Yuqori harorat yoki plazma muhitida kremniyorganik monomerlarning parchalanishi natijasida hosil bo‘lgan aktiv radikallar substrat sirtiga birikadi va

ISSN 3030-3907

zich qoplama hosil qiladi. Bu usulda HMDS (heksametildisiloksan) yoki metilsiloksan bug‘lari inert gaz oqimida 300–400 °S da parchalanadi. Natijada sirt ustida amorf SiO_2–C qatlami hosil bo‘ladi. Ushbu qoplama chang zarrachalarining yopishishini 60–70% gacha kamaytiradi va 500 °S gacha issiqlikka bardosh beradi.

CVD texnologiyasi sanoat miqyosida keng qo‘llaniladi. Unda kremniyorganik moddaning bug‘lari substrat sirtiga uzatiladi va u yerda termik parchalanish orqali Si–O–Si qatlamini hosil qiladi.Masalan, metilsilan yoki dimetildisilan bug‘lari 250–350 °S da parchalansa, sirt ustida 100–500 nm qalinlikdagi kremniy qatlam hosil bo‘ladi.Bu qatlam nafaqat gidrofob, balki olovga chidamli bo‘lib, yonish jarayonida SiO_2 qobig‘i hosil qiladi. Shunday qilib, qoplama substratni issiqlik va kislorod ta’siridan himoya qiladi.

Yangi avlod texnologiyalaridan biri — ultratovushli purkash bo‘lib, bunda kremniyorganik eritma juda mayda (1–10 mikron) tomchilarga ajratilib, substrat sirtiga purkaladi. Bu usul qoplama qalinligini aniq nazorat qilish imkonini beradi. Elektrostatik purkash esa zaryadlangan tomchilar yordamida qoplamaning sirtga bir xilda taqsimlanishini ta’minlaydi. Har ikkala usulning afzalligi — ekologik xavfsizlik, eritma sarfining kamayishi va yuqori texnologik nazorat imkoniyatidir.

Hosil bo‘lgan kremniyorganik qatlamning strukturasini SEM (Scanning Electron Microscopy), AFM (Atomic Force Microscopy) yoki FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy) usullari bilan tahlil qilish natijasida aniqlanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, qoplama sirtida nanozarralar 40–80 nm diametrda joylashadi va sirtning pürüzlülük darajasini oshiradi. Bu esa supergidrofob effektni kuchaytiradi.

Quyidagi jadvalda turli usullarda hosil qilingan kremniyorganik qoplamalarning xususiyatlari taqqoslanadi.

2-jadval.

Kremniyorganik qoplamalar hosil qilish usullarining taqqoslanishi

Usul	Harorat (°S)	Qoplama qalinligi (nm)	Sirt kontakt burchagi (°)	Afzallik	Kamchilik
Nam singdirish	100–120	300–500	110–125	Oddiy va arzon	Qalinlik nazorati murakkab
Sol–gel	60–100	100–300	130–145	Nano-tuzilma, bir jinslilik	Jarayon uzoq davom etadi

ISSN 3030-3907

Plazmali	300–400	50–150	120–130	Mustahkam, silliq qatlam	Energiya sarfi yuqori
CVD	250–350	100–500	125–140	Yonishga chidamli	Maxsus uskuna talab etadi
Ultratovushli purkash	25–80	200–400	115–135	Nazorat oson	Samorodorlik ertma xossasiga bog‘liq

Kremniyorganik qoplamani hosil qilishning optimal usuli substratning turiga va talab qilinadigan sirt xususiyatlariga bog‘liq. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki: Paxta matolari uchun sol–gel usuli eng maqbul natija beradi (gidrofoblik 140° gacha). Charm materiallari uchun esa CVD yoki nam singdirish usuli yaxshi natija ko‘rsatadi (sirtning mexanik elastikligi saqlanadi). Plazmali usul esa yonmaydiganlik xususiyatini oshirishda eng samarali bo‘ladi. Qoplama hosil bo‘lish jarayonida harorat, pH, eritma konsentratsiyasi va quritish sharoitlari muhim rol o‘ynaydi. Ularning har biri qoplamaning struktura zichligi, sirt silliqligi va suvni itarish qobiliyatiga bevosita ta’sir qiladi.

XULOSALAR: Kremniyorganik qoplamalar bilan modifikatsiyalangan mato va charm materiallarining samaradorligini baholashda ularning suvga va changga chidamlilik darajasi muhim ko‘rsatkich hisoblanadi. Bunday qoplamalar sirtning namlikka nisbatan o‘zini tutishi, chang zarrachalarining yopishish tezligi, suv tomchilari bilan o‘zaro ta’sir burchagi, hamda sirtning energiyasi orqali aniqlanadi. Shuning uchun tadqiqotning ushbu bosqichida fizik-kimyoviy usullar yordamida sirtning gidrofoblik va changga qarshilik xususiyatlari miqdoriy jihatdan baholandi. Gidrofoblikni baholash nazariy asoslari: Material sirtining suvga chidamliligi, ya’ni gidrofobligi, suv tomchisining sirt bilan hosil qilgan kontakt burchagi (θ)orqali aniqlanadi. Bu hodisa Yong tenglamasi bilan ifodalanadi:

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. M. Liven, E.D. Vayl Polemerlarning olovga chidamliligi mxanizimlari va ta’sir qilish ussullari. Yong‘inga qarshi Mater. 1,31-68 (2001).

2. D.Van Krevelen , Polemer materiyallarining olovga chidamliligining ba’zi asosiy jihatlari. Polemer 16(8) 615-620-sahifa

3. F.laouti, l. Bonnaud, Aleksandr, J.M. Lopes-Kuesta P. Dyubois olovga chidamli polemer materiallarning yangi istiqbollari: asoslardan nanokopozitlarga. Mater. Sci. Eng. R. Rep.63(3), 100-125 (2009)

4. Y. Xue, J. Feng, Z. Ma, L. Liu, P. Song, Ekologik yaxshi yong‘indagi yutuqlar va muammolr-kechiktiruvchi polilaktid Chjan, S.; Horrocks, A.R. Prog. Polim.

ISSN 3030-3907

Sci, 2003, 28, 1517-1538.
5. Modesti, M.; Lorenzetti, A.; Bon, D.; Besko, S. Polimer, 2005, 46 (23), 10237 - 10245.
6. Chju, J.; Uhl, F.M.; Morgan, A.B.; Wilkie, C.A. Kimyo. Mater, 2001, 13(12), 4649 - 4654.
7. Százdi, L.; Pukánsski Jr. B.;J.; Vansko, G.J.; Pukanski, B. Polimer, 2006, 47(13), 4638-4648.
8. Nam, P.H.; Maiti, P.; Okamoto, M.; Kotaka, T.; Xasegava, N.; Usuki, A. Polimer, 2001, 42(23), 9633-9640.
9. Kato, M.; Usuki, A.; Okada, A. J. Appl Polym Sci, 1998, 66 (9), 1781-1785.
10. Qin, X.; Chjan, S.; Chjao, C.; Feng, M.; Yang, M.; Shu, Z.; Yang, S. Polim Degrdn Stab, 2004, 85 (2), 807-813.
11. Lertvimolnun, V.; Vergnes, B. Polimer, 2005, 46 (10), 3462-3471.
12. Yeo, S.Y.; Li, H.J.; Jeong, S.H. J. Mat Sci 2003, 38 (10), 2143-2147.
13. Liu, X.; Vu, Q. Polimer, 2001, 42 (25), 10013-10019.
14. Ding, C.; Jia, D.; U, H.; Guo, B.; Hong, H. Polymer Testing 2005, 24 (1), 94-100.
15. 1Horrocks, A.R.; Kandola, B.; Padbury, S. J Matn instituti 2003, 94 (3), 46-66

ISSN 3030-3907

BLENDED LEARNING ASOSIDA O‘QITISH UCHUN ELEKTRON PLATFORMA YARATISH VA JORIY ETISH METODIKASI

Mirzaaxmedov Muxammadbobur Karimberdiyevich
Andijon davlat universiteti Kompyuter injiniringi kafedrasi dotsenti, t.f.f.d(PhD)
Qobulova Madina Tuxbatillo qizi
Andijon Davlat Universiteti magistranti,
E-mail qobulovamadina1997@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy ta’lim jarayonida *blended learning* (aralash o‘qitish) texnologiyasining ahamiyati, uni qo‘llashda elektron platforma yaratish va joriy etishning metodik asoslari yoritilgan. Blended learning modeli an’anaviy va raqamli ta’limning uyg‘unlashuvi sifatida o‘quv jarayonining samaradorligini oshirish, o‘quvchilarning mustaqil ta’lim olish ko‘nikmalarini shakllantirish hamda o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi interaktiv muloqotni kuchaytirish imkonini beradi. Maqolada elektron platformaning tarkibiy qismlari, uni ishlab chiqish bosqichlari hamda joriy etish tamoyillari tahlil qilinadi. Shuningdek, aralash o‘qitish metodikasini samarali qo‘llash orqali ta’lim sifatini oshirishning amaliy yo‘nalishlari ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: Blended learning, aralash o‘qitish, elektron platforma, raqamli ta’lim, metodika, interaktiv o‘qitish, ta’lim texnologiyalari, onlayn ta’lim, o‘quv jarayoni, mustaqil ta’lim.

Аннотация. В данной статье рассматривается значение технологии смешанного обучения в современном образовательном процессе, методические основы создания и внедрения электронной платформы для её использования. Модель смешанного обучения, как сочетание традиционного и цифрового образования, позволяет повысить эффективность образовательного процесса, развить у студентов навыки самостоятельного обучения, усилить интерактивное взаимодействие преподавателя и студентов. В статье анализируются компоненты электронной платформы, этапы её разработки и принципы её реализации. Также показаны практические направления повышения качества образования за счёт эффективного использования методик смешанного обучения.

Ключевые слова: смешанное обучение, электронная платформа, цифровое обучение, методика, интерактивное обучение, образовательные технологии, онлайн-обучение, учебный процесс, самостоятельное обучение.

Abstract. This article discusses the importance of blended learning technology in the modern educational process, the methodological foundations of creating and implementing an electronic platform for its use. The blended learning model, as a combination of traditional and digital education, allows you to increase the

efficiency of the educational process, develop students' independent learning skills, and strengthen interactive communication between teachers and students. The article analyzes the components of the electronic platform, the stages of its development, and the principles of its implementation. It also shows practical directions for improving the quality of education through the effective use of blended learning methodologies.

Keywords: Blended learning, blended learning, electronic platform, digital learning, methodology, interactive learning, educational technologies, online learning, learning process, independent learning.

Kirish.

Zamonaviy ta’lim jarayonida raqamli texnologiyalarni keng joriy etish o‘qitish samaradorligini oshirishning eng muhim omillaridan biri hisoblanadi. Xususan, blended learning (aralash o‘qitish) modeli an’anaviy dars o‘tish uslublarini raqamli ta’lim resurslari bilan uyg‘unlashtirib, talabalarga mustaqil o‘qish, interaktiv muloqot va o‘zlashtirish darajasini oshirish imkonini beradi. Shu bois, blended learning asosida o‘qitishni yo‘lga qo‘yish uchun elektron platforma yaratish va uni metodik jihatdan to‘g‘ri joriy etish dolzarb masalalardan biridir.

Blended learning – bu an’anaviy auditoriya mashg‘ulotlari bilan onlayn ta’limning birlashtirilgan modeli bo‘lib, ta’lim oluvchining mustaqil ishlashini, o‘qituvchi bilan interaktiv aloqada bo‘lishini ta’minlaydi.

Uning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- o‘quv jarayonida moslashuvchanlik va individuallashtirishni ta’minlaydi;
- talabaning mustaqil fikrlashi va mas’uliyatini oshiradi;
- raqamli resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi;
- o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi aloqani mustahkamlaydi.

Blended learning tizimi samarali ishlashi uchun yaratiladigan elektron platforma quyidagi komponentlardan iborat bo‘lishi lozim:

1. Kurslar moduli – mavzular, videodarslar, taqdimotlar, testlar va topshiriqlar joylashtiriladigan bo‘lim.
2. Interaktiv muloqot muhiti – forumlar, chatlar, onlayn uchrashuvlar orqali talaba-o‘qituvchi o‘zaro aloqasi.
3. Baholash tizimi – test natijalari, topshiriqlar va ishtirok faolligini avtomatik tahlil qiluvchi modul.
4. Analitika bo‘limi – o‘qituvchiga o‘quvchilar faoliyati, o‘zlashtirish dinamikasi haqida statistik ma’lumotlarni taqdim etadi.
5. Moslashuvchan interfeys – mobil va kompyuter qurilmalari uchun qulay foydalanuvchi muhiti.

Tajriba shuni ko‘rsatadiki, blended learning asosida tashkil etilgan darslar:

- o‘quvchilarning o‘zlashtirish darajasini 20–30% ga oshiradi;

ISSN 3030-3907

- o‘qituvchining vaqtini tejaydi va nazorat jarayonini avtomatlashtiradi;
- mustaqil ta’limga bo‘lgan qiziqishni kuchaytiradi.

Kelgusida sun’iy intellekt, adaptiv o‘qitish tizimlari va virtual reallik texnologiyalarini qo‘shish orqali elektron platformalarni yanada takomillashtirish mumkin.

Blended learning asosida o‘qitish uchun elektron platforma yaratish — ta’lim tizimini raqamlashtirish va sifatini oshirish yo‘lida muhim qadamdir. To‘g‘ri ishlab chiqilgan va metodik jihatdan asoslangan platforma nafaqat o‘quv jarayonini optimallashtiradi, balki o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi hamkorlikni yangi bosqichga olib chiqadi.

Adabiyotlar tahlili. So‘nggi yillarda raqamli texnologiyalarning tezkor rivojlanishi ta’lim tizimida yangi pedagogik yondashuvlarning shakllanishiga zamin yaratdi. Shulardan biri blended learning (aralash o‘qitish) modeli bo‘lib, u an’anaviy auditoriya mashg‘ulotlarini raqamli ta’lim vositalari bilan uyg‘unlashtiradi. Mazkur yondashuv ta’lim jarayonini individuallashtirish, moslashuvchanlikni ta’minlash va o‘quvchilarning mustaqil o‘rganish imkoniyatlarini kengaytirish bilan ajralib turadi. Graham (2006) o‘z tadqiqotlarida blended learning modelining asosiy xususiyatlarini tahlil qilib, uni “an’anaviy sinf o‘qitish va onlayn ta’limning samarali integratsiyasi” sifatida ta’riflagan. Unga ko‘ra, bunday tizimda o‘qituvchi nafaqat bilim manbai, balki o‘quv jarayonini boshqaruvchi fasilitator sifatida faoliyat yuritadi.

Horn va Staker (2015) blended learningni ta’limning yangi paradigmasi sifatida ko‘rib chiqib, uni o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi shaxsiylashtirilgan o‘qitish modeliga aylantirish mumkinligini ta’kidlaydi. Ularning fikricha, elektron platformalar bu jarayonning texnik asosi sifatida muhim o‘rin tutadi. Bonk va Graham (2012) esa aralash o‘qitish tizimining muvaffaqiyatli amalga oshirilishi uchun zarur bo‘lgan metodik va texnik talablarni o‘rganib, o‘qituvchilarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirishni asosiy shart sifatida belgilagan. O‘zbekistonlik tadqiqotchilar ham bu yo‘nalishda bir qator ishlarni amalga oshirmoqda. A. Yo‘ldoshev (2020) o‘z ishida O‘zbekiston oliy ta’lim tizimida raqamli texnologiyalarni joriy etish jarayonlarini tahlil qilib, blended learning asosidagi ta’lim modeli ta’lim sifatini oshirishda muhim omil ekanligini qayd etadi. Shuningdek, N. Abdullayeva (2021) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda elektron platformalarning milliy ta’lim tizimiga moslashtirilgan shaklini yaratish bo‘yicha metodik tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Blended learning modelida elektron platformaning roli alohida ahamiyat kasb etadi. Moodle, Google Classroom, Canvas kabi tizimlar dunyo miqyosida keng qo‘llanib, ta’lim jarayonini masofadan boshqarish, nazorat qilish va tahlil qilish imkonini beradi (Alammary et al., 2014). Shu bilan birga, lokal sharoitga

ISSN 3030-3907

mos platforma yaratish zarurati mavjud, chunki har bir ta’lim tizimining o‘ziga xos xususiyatlari, til, resurs va infratuzilma omillari mavjud. Umuman olganda, adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, blended learning modeli ta’lim tizimini modernizatsiya qilishning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlar elektron platformani yaratish va joriy etish jarayonining metodik asoslari, foydalanuvchi tajribasini optimallashtirish, hamda moslashuvchan tahliliy tizimlarni ishlab chiqish zaruriyatini ko‘rsatmoqda. Mazkur jihatlar O‘zbekiston sharoitida milliy elektron ta’lim platformalarini yaratishda alohida e’tibor talab qiladi.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Tadqiqot natijalari blended learning (aralash o‘qitish) modelini elektron platforma asosida joriy etish ta’lim jarayonining sifatini oshirishda samarali ekanligini ko‘rsatdi. O‘tkazilgan tajriba-sinov ishlari asosida aniqlanishicha, yaratilgan platforma nafaqat o‘quvchilarning o‘zlashtirish ko‘rsatkichlarini oshirgan, balki ularning ta’limga bo‘lgan motivatsiyasi va mustaqil ishlash ko‘nikmalarini sezilarli darajada rivojlantirgan. Tajriba natijalariga ko‘ra (qarang: Jadval 1), blended learning modeli asosida dars o‘tilgan guruhlarda o‘quvchilarning o‘rtacha o‘zlashtirish darajasi 68,2 balldan 83,5 ballgacha oshgan. Bu esa 15–16% lik o‘sishni ko‘rsatadi. Ushbu natija Graham (2006) va Bonk & Graham (2012) tomonidan bildirilgan fikrlarni tasdiqlaydi, ya’ni aralash o‘qitish modeli bilimlarni yanada mustahkam va amaliy o‘zlashtirishga yordam beradi.

O‘quvchilarning dars jarayonidagi faolligi 25% ga oshgan, bu esa o‘qitish jarayonida interaktiv texnologiyalar va multimediya materiallarining qo‘llanishi bilan izohlanadi. Platforma orqali o‘quvchilar forum, chat va onlayn testlarda faol ishtirok etgan. Ularning ta’limga bo‘lgan motivatsiya indeksi 3,8 dan 4,6 ballgacha oshgani kuzatildi. Bu Horn va Staker (2015) tomonidan keltirilgan blended learningning asosiy afzalliklaridan biri — “shaxsiylashtirilgan ta’lim muhiti” samaradorligini yana bir bor tasdiqlaydi. Shuningdek, talabalar fikricha, platformadagi moslashuvchan o‘quv jadvali va avtomatik teskari aloqa tizimi ularning darslarni o‘zlashtirishga nisbatan mas’uliyatini oshirgan.

1-Jadval

Blended learning asosida elektron platformani joriy etish samaradorligi tahlili (tajriba va nazorat guruhlari misolida)

Ko‘rsatkichlar (indikatorlar)	Tajriba guruhi (N=50)	Nazorat guruhi (N=50)	Farq (%)	Tahlil (izoh)
O‘quvchilarning darslarda faollik darajasi (%)	87	62	+25	Elektron platforma interaktiv mashg‘ulotlar orqali faollikni oshirdi.

ISSN 3030-3907

Mustaqil topshiriqlarni bajarish ko‘rsatkichi (%)	84	60	+24	Platformadagi mustaqil o‘qish modullari o‘zlashtirishni kuchaytirdi.
Onlayn testlardan o‘rtacha ball (100 ballda)	83.5	68.2	+15.3	Onlayn testlar tezkor teskari aloqa orqali bilimni mustahkamladi.
O‘quv motivatsiyasi indeks (1–5 ballik shkalada)	4.6	3.8	+0.8	Blended learning modeli talabalarda yuqori motivatsiya uyg‘otdi.
O‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi muloqot chastotasi (%)	78	52	+26	Elektron forum va chatlar muloqot imkoniyatini kengaytirdi.
O‘qituvchining vaqt tejalish darajasi (%)	41	–	—	Avtomatik baholash va elektron nazorat tizimi o‘qituvchi ishini yengillashtirdi.
Platformadan foydalanuvchilar qoniqish darajasi (%)	90	—	—	Foydalanuvchilar interfeys va funksionallikdan yuqori darajada mamnun.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘qituvchilar tomonidan vaqt tejalish darajasi 40% atrofida bo‘lgan. Avtomatik baholash, topshiriqlarni onlayn nazorat qilish, test natijalarini tahlil qilish kabi imkoniyatlar ularning ish yukini kamaytirgan. Shu bilan birga, platforma o‘qituvchilarga o‘quvchilarning o‘zlashtirish jarayonini real vaqt rejimida kuzatish va individual yondashuvni qo‘llash imkonini bergan. Bu holat Alammary et al. (2014) tomonidan ta’kidlangan “elektron o‘qitish tizimlari o‘qituvchi ishini optimallashtirish orqali ta’lim sifatini oshiradi” degan xulosaga mos keladi. Tajriba davomida o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi onlayn muloqot chastotasi 52% dan 78% gacha oshgan. Bu ko‘rsatkich platformada mavjud bo‘lgan interaktiv vositalar (chat, forum, fikr-mulohaza bo‘limi) orqali o‘quvchilarning faolligi ortganini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar Hrastinski (2019) tomonidan blended learningda “interaktiv teskari aloqa” ta’limning asosiy muvaffaqiyat omillaridan biri ekanini ta’kidlagan ilmiy g‘oyalar bilan uyg‘un.

Blended learning modeli asosida ishlab chiqilgan platforma O‘zbekiston oliy ta’lim tizimining o‘ziga xos jihatlariga til, o‘quv rejalari va kredit-modul tizimiga

ISSN 3030-3907

moslashtirildi. Bu holat milliy ta’lim standartlari bilan integratsiya qilish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, blended learning modeli:

- ta’lim jarayonini interaktiv va moslashuvchan qiladi;
- o‘qituvchiga monitoring va tahlil imkoniyatlarini beradi;
- talabaning mustaqil o‘rganish ko‘nikmalarini rivojlantiradi;
- ta’lim samaradorligini o‘rtacha 20–30% ga oshiradi.

Biroq tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham kuzatildi. Jumladan, barcha o‘quvchilar texnik vositalar (kompyuter, internet) bilan to‘liq ta’minlanmaganligi, ayrim o‘qituvchilarning raqamli kompetensiyasi yetarli emasligi platformani to‘liq joriy etish jarayonida qiyinchilik tug‘dirgan. Shu sababli, kelgusida o‘qituvchilarni raqamli savodxonlikka o‘rgatish, texnik infratuzilmani kengaytirish hamda platformani mobil versiyalar bilan integratsiya qilish zarur deb hisoblanadi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, blended learning (aralash o‘qitish) modeli zamonaviy ta’lim jarayonida an’anaviy va raqamli o‘qitish texnologiyalarini uyg‘unlashtirish orqali o‘qitish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Yaraltilgan elektron platforma o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi interaktiv muloqotni kuchaytirish, mustaqil o‘qish ko‘nikmalarini rivojlantirish, hamda o‘quv jarayonini individuallashtirish imkonini berdi. Muhokama natijalariga ko‘ra, blended learning asosidagi elektron platformani yaratish va joriy etish metodikasi ta’lim jarayonining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi, o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytiradi hamda zamonaviy raqamli kompetensiyalarni shakllantiradi. Bu model O‘zbekiston ta’lim tizimini raqamlashtirish strategiyasiga to‘la mos keladi va ta’lim sifatini yangi bosqichga olib chiqish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Graham, C. R. (2006). *Blended Learning Systems: Definition, Current Trends, and Future Directions.* In Bonk, C. J. & Graham, C. R. (Eds.), *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs.* San Francisco: Pfeiffer Publishing.

2. Horn, M. B., & Staker, H. (2015). *Blended: Using Disruptive Innovation to Improve Schools.* San Francisco: Jossey-Bass.

3. Bonk, C. J., & Graham, C. R. (2012). *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs.* John Wiley & Sons.

4. Alammary, A., Sheard, J., & Carbone, A. (2014). *Blended Learning in Higher Education: Three Different Design Approaches.* Australasian Journal of Educational Technology, 30(4), 440–454.

5. Yo‘ldoshev, A. (2020). *Oliy ta’limda raqamli texnologiyalarni joriy etishning ilmiy-metodik asoslari.* Toshkent: TDPU nashriyoti.

ISSN 3030-3907

6. Abdullayeva, N. (2021). *Blended learning asosida elektron platformalarni yaratishning o‘quv-metodik jihatlari.* “Ta’lim va innovatsiyalar” jurnali, №3, 45–52.
7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, PQ–4851-son, 2020-yil 5-oktabr. *“Raqamli ta’lim tizimini rivojlantirish to‘g‘risida.”*
8. Hrastinski, S. (2019). *What Do We Mean by Blended Learning?* TechTrends, 63(5), 564–569.

ISSN 3030-3907

НОРДОН КОМПОНЕНТЛАРНИНГ ГАЗ АРАЛАШМАЛАРИ ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИНИНГ ТАҲЛИЛИ

Раҳимов Бобомурод Рустамович
Бухоро давлат техника университети, доцент
Муҳаммадиев Ҳусайн Ализода
Бухоро давлат техника университети, тадқиқотчиси
E-mail: rahimovbobomurod012@gmail.com
Tel:+99890-712-75-32

Аннотация: Ушбу мақолада газни таркибида H_2S ни ва бошқа органик бирикмаларнинг миқдори катта интервалда ўзгариб туради ҳамда табиий газни тозалашда техник иқтисодий кўрсатгичларга асосан H_2S таьсир ҳақида маълумотлар келтирилган. Ушбу нордон компонентларни тозалашда иқтисодий кўрсатгичларни ошириш бўйича зарур тавсиялар берилди.

Калит сўзлар: Табиий газ, нордон компонент, меркаптанлар, олтингугурт, ҳарорат, босим

Аннотация: В данной статье приведены сведения о влиянии H_2S и других органических соединений, содержание которых в составе газа изменяется в широком интервале, на технико-экономические показатели очистки природного газа. Также даны необходимые рекомендации по повышению экономических показателей при очистке этих кислых компонентов.

Ключевые слова: природный газ, кислые компоненты, меркаптаны, сера, температура, давление.

Annotation: This article provides information about the effect of H_2S and other organic compounds—whose concentrations vary over a wide range in the composition of gas—on the techno-economic indicators of natural gas purification. Necessary recommendations for improving economic performance during the purification of these acid components are also presented.

Key words: natural gas, acid components, mercaptans, sulfur, temperature, pressure.

1.Кириш

Ҳозирги кунда мамлакатимизда Президентимиз томонидан олиб борилаётган ислоҳотлар барча соҳада бўлгани каби бизнинг нефть ва газ саноатида ҳам бир қанча ўзгаришлар бўлишига ва бу билан бизнинг соҳа яна ривожланишига олиб келди. Хорижий инвестицияларнинг соҳага жадал кириб келиши янги углеводород заҳираларини қидириб топиш, уларни бурғилаш, қазиб чиқариш, қайта ишлаш ва рақобатбардош маҳсулотлар ишлаб чиқаришда ўсишга олиб келди. Соҳани жадал суратларда иқтисодий ривожланиши учун импорт ўрнини босувчи маҳаллий хом-ашёлар асосида тайёр маҳсулот ичлаб чиқариш зарур. Бу ишларни кенг кўламда олиб

ISSN 3030-3907

борилиши учун фан-таълим-ишлаб чиқариш ҳамкорлининг талаб этилади. Бунинг учун илмий тадқиқот натижари муҳим аҳамиятга эга.

2.АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ

Дунёда йилдан йилга давлатларни қора металлар ва рангли металларга бўлган эҳтиёжи ортиб бормоқда. Шунинг учун руда конларини излаб топиш олинган рудаларни алоҳида металларга ажратиб олиш зарур. Қазиб олинган рудаларни алоҳида металларга ажратиш учун янги техника ва технологияларни жорий этиш муҳим касб этади. Бу технологиялар жорий қилиниши билан жараён иқтисодий самарадорлигини ошириш учун қўлланадиган хорижий хомашёлар салмоғини камайтириш ҳамда бугунги кунда газни қайта ишлаш корхолари чиқиндиларини утилизация қилиш долзарб муаммо ҳисобланади.

3.ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ

Табиий газ ва нефть билан чиқадиган йўлдош газлар таркибида углерод (CO) оксиди ва водород сульфиди (H_2S)сақлангани учун нордон газлар дейилади. Бу газлар таркибида бундан ташқари сероуглерод (CS_2), сероокись углерод (COS), меркаптанлар RSH бўлади. Табиий газдан ажратиб олинган суюқ компонентлар таркибида сулфид RSR, дисульфид RSSR бўлади. Олтингугуртли бирикмалар заҳарли моддалар қазиб олишда, транспортировка қилишда ва газни қайта ишлашни қийинлаштиради. Бу хусусият углерод (II) оксидига ҳам тегишли. Водородсулфид – организмни фалаж қилади, рангсиз газ, палағда тухумни ҳидини беради ва табиий газнинг таркибидаги олтингугуртли бирикма ичида энг фаоли, -60,4^{0}C да рангсиз суюқликка айланади, -85^{0}C да кристалланади. Қаттиқ H_2S уч хил модификацияда –170^{0}C, -147^{0}C, -85^{0}C да ҳароратлар оралиғида бўлади. $_2$C нормал шароитда бир ҳажм сувда уч ҳажм эрийди нормал шароитда 20^{0}C водород сулфидни ишлаб чиқишда рухсат этилган концентрацияси $ПДК_{и.ж.}$ = 0,01 мг/м^3, $ПДК_x$ = 0,008 мг/м^3.

Металларни коррозияга учратади ва сульфидлар ҳосил қилади.

$$2Na + H_2S \rightarrow Na_2S$$

$$4Fe + S_2 \rightarrow 2Fe_2S$$

Серауглерод CS_2 – рангсиз суюқлик, зичлиги 1,29 г/м^3 қайнаш ҳарорати 46,3^{0}C, эриш ҳарорати –112^{0}C, сувда яхши эримайди.

0^{0}C	10^0	20^0	30^0	40^0
0,24	0,23	0,21	0,18	0,11

Ҳарорат ортиши билан сувда эрувчанлик камаяди. Қиздирганда металларни коррозияга учратади. Юқори ҳароратда H_2 билан реакцияга киришади ва H_2S ҳосил қилади.

ISSN 3030-3907

COS – сероокис углерод – Рангсиз ва ҳидсиз, тез аланга оладиган газ. Суюқланиш ҳарорати – 50^0C, қайнаш ҳарорати – 138^0C.

Тиоллар (меркаптанлар) – Умумий формуласи RSH – органик бирикма. Нохуш ҳидли суюқлик, газ таркибига қўшади, ампулаларда бўлади. Сувда эримайди. Органик бирикмаларда яхши эрийди. Реакторларга тушиб қолса катализаторларни заҳарлайди.

Олтингугуртли газларни синфлаш – Газни таркибида H_2S ни ва бошқа органик бирикмаларнинг миқдори катта интервалда ўзгариб туради. Табиий газни тозалашда техник иқтисодий кўрсатгичларга асосан H_2S таьсир кўрсатади. Ҳозирги даврда газни қайта ишлаш соҳасида жуда кўп ишлар қилинганига қарамасдан газларни ягона синфлаш нормаси йўқ. Чунки техникани ривожланиши натижасида синфлаш ўзгариб туриши мумкин. Бекиров ва бошқалар томонидан таклиф қилинган синфлашга кўра газлар олтингугурт миқдорига асосан қуйдаги таркибли бўлади:

1.Жуда оз олтингугуртли
2.Кам олтингугуртли
3.Олтингугуртли
4.Юқори олтингугуртли синфларга бўлинади.

Бу тушунчалар табиий газни ёки табиий газда олтингугуртли компонентларни ва адсорбентларни регенерация қилингандан сўнг олинадиган газларнинг таркиби билан боғлиқ. Бунда регенерация газларидан олтингугурт ишлаб чиқариш иқтисодий томондан мақсадга мувофиқ эканлиги ҳисобга олинади. Жуда оз олтингугуртли газларга таркибида H_2S ва меркаптанларнинг миқдори 20-36 мг/$м^3$ бўлган газлар киради. Бу газлар H_2S дан тозаланмайди. Магистрал трубопроводларга беришдан олдин сув бўйича шудринг нуқтаси ва углеводороднинг миқдори бўйича стандартга мослаштирилади.

Кам олтингугуртли газлар – бу газларни қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўлган регенерация газларининг утилизация қилиш учун қурилма ёки корхона қурилмайди.

Бундай табиий газларни тозалашдан мақсад таркибидаги H_2S ни, H_2O углеводородларни стандартга мослаштириш. Бу газларни тозалашда CO_2 ни чуқур тозалаш мақсад қилиб қўйилмайди. Агарда гелий ажратиб олинадиган бўлса, CO_2 тўлиқ тозаланиши керак. Тозаланмаса -72^0C да қуруқ муз ҳосил бўлади ва трубаларда тиқилиб қолади.

4. МУҲОКАМА ВА НАТИЖАЛАР

Олтингугуртли газлар – бу газларни қайта ишлаш вақтида ҳосил бўлган регенерация газидан олтингугуртни ажратиб олиш мақсадга мувофиқ деб ҳисобланган газларга айтилади.

ISSN 3030-3907

Олингугурт сақловчи газ ва газконденсати таркибидаги меркаптанлар, асосан алкантиоллар гурухига мансубдир. Уларнинг хоссалари 1- жадвалда келтирилган.

1- жадвал.

Ҳароратга боғлиқ ҳолда меркаптан буғларининг босими

Температура, °С	90,7	75,3	-67,5	-58,8	-49,2	-43,1	-34,8
Босим, мм сим. уст	1	5	10	20	40	60	100
Температура, °С	-51,28	-23,87	-9,47	-0,03	5,98		
Босим, мм сим. уст	41,13	201,46	399,30	599,40	760,64		

2- жадвал.

Этилмеркаптаннинг тўйинган буғ босими

Температура, °С	0,405	5,236	10,111	15,017	19,954	24,933	29,944
Босим, мм сим. уст	187,57	233,72	289,13	355,22	433,56	525,86	633,99
Температура, °С	40,092	45,221	50,390	55,604	60,838	66,115	
Босим, мм сим. уст	906,06	1074,6	1268,0	1489,1	1740,8	2026,0	

Олтингугуртли газлар – бу газларни қайта ишлаш вақтида ҳосил бўлган регенератсия газидан олтингугуртни ажратиб олиш мақсадга мувофи деб ҳисобланган газларга айтилади.

Юқори олтингугуртли газлар – элементар олтингугурт ишлаб чиқаришнинг ўзи иқтисодий самара берувчи газларга айтилади. Газлар таркибидаги H_2S ва бошқа элементларнинг миқдори г/м^3 да ҳисобланади.

Нордон газлардан H_2S ва CO_2 газларнинг турли кўрсатгичларига таъсир етади, шу жумладан термодинамик кўрсаткичларга ҳам. Қолган компонентларнинг миқдори кам бўлганлиги учун деярли таъсир етмайди.

Водород сулфид ва CO_2 ни консентрацияси ошиши гидрат ҳосил бўлиш ҳароратини кўтаради ва сиқилиш коеффициентини пасайтиради.

Водород сулфид ва углерод тўрт оксидни бўлиши табиий газни сувда ва реагентларда ерувчанлигини кўпайтиради, чунки H_2S ва CO_2 ни бу моддаларда эрувчанлиги углеводородларга нисбатан юқори.

ISSN 3030-3907

$$H_2S + Ca(OH)_2 = CaS + 2H_2O$$

Бошқа олтингугуртли бирикмалар COS, CS_2, R-SH, R-S-R, R-S-S-R гидрат ҳосил бўлиш ҳароратига, намликни ютишига, сиқилиш коеффициентига ва коррозия қилиш қобилиятига деярли таъсир кўрсатмайди. Лекин гидрат ҳосил қилиш ингибиторларини, абсорбентларини ва уларни регенерация қилиш хусусиятига таъсир кўрсатади.

Табиий газ магистрал газ қувурига берилишидан олдин олтингугурт бирикмаларидан тозаланади. H_2S ва меркаптанни миқдори мос равишда 20 мг/м^3 ва 39 мг/м^3 Қилиб белгиланган.

Табиий газ қазиб чиқарилган жойдан истеъмолчига бўлган узоқ масофага газ қувурлари орқали транспортировка (ташилади) қилинади. Бундан газ қувурлари ҳар хил илим удудларини кесиб ўтади ва шунинг учун газни сифатли қилиб, сувни конденсатсияланиб қолмайдиган даражагача, яъни шудринг нутасигача қуритиш керак бўлади.

Газнинг таркибида сувни, суюқ углеводородларни, агрессив ва механик аралашмаларнинг бўлиши газ қувурларининг ўтказиш қувватини пасайтиради, ингибиторларнинг харажатини кўпайтиради, коррозияни тезлаштиради, компрессорларни электр энергия сарфини кўпайтиради, назорат – ўлчов – бошқарув асбобларининг линияларини беркитиб қўяди. Табиий газни авариясиз магистрал қувурларда ташиш учун, климатик шароитларни ҳисобга олган ҳолда ташиладиган газга соҳа стандарти қабул қилинган.

Магистрал газ қувурларига берилаётган товар табиий газнинг сифати автоматик усулда тўхтовсиз текширилиб туриши шарт. Газнинг таркибидаги H_2S нинг мидори, шудринг нутаси, углеводородларнинг мидори, гидрат ҳосил қилиш ҳарорати, ёниш иссиқлиги назорат қилинади.

5.ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР

Табиий газни тозалаш учун унинг таркибиий қисмларини таҳлил қилиб сўнг тозалаш усуллари танлаш зарур. Табиий газ таркибида водород сулфидининг мавжудлиги коррозияга ва гидрат ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Шунинг учун газ таркибини тозалаш орқали иқтисодий самарадорликга эришилади ва экологияга салбий таъсирини камайтиради

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmoni.
2. Рахимов,Б.Р.,Абдурахимов, С. А., & Адизов, Б. З. (2020). Высокосмолистые нефти и проблемы их транспортировки по трубопроводам. Universum: технические науки, (12-4 (81)), 31-34.

ISSN 3030-3907

3. Рахимов, Б. Р., Адизов, Б. З., Абдурахимов, С. А., Аноров, Р. А., Ходжаев, С. Ф., & Кадирова, Н. Б. (2021). Изучение влияния смеси фосфолипидов с триацилглицеридами на изменение вязкости тяжелых нефтей. Universum: технические науки, (5-4 (86)), 86-91.
4. Рахимов, Б. Р., Адизов, Б. З., Абдурахимов, С. А., Аноров, Р. А., Ходжаев, С. Ф., & Кадирова, Н. Б. (2021). Использование соапстоков в качестве депрессаторов для изменения вязкости местных нефтей. Universum: технические науки, (5-4 (86)), 82-85.
5. Дўстов Х.Б., Обидов Х.О., Паноев Э.Р. Учқир газни олтингугуртдан тозалаш қурилмасида коррозия тезлигини пасайтириш тадбири. Фан ва технологиялар тараққиёти. Илмий-техникавий журнал. Бухоро. 2020. № 4, 84-89 б.
6. Rahimov, B. R., & Nematov, I. B. (2022). Gazni oltingugurtdan absorbsion tozalashda qo‘llaniladigan issiqlik almashtirgichi tahlili. Science and Education, 3(11), 485-491.

ISSN 3030-3907

СУВ МИҚДОРИНИНГ ДИЭТИЛАМИНО-4-МЕТИЛГЕКСИН-2-ОЛ-4 ЭРИТМАСИ ЭРИТМАСИ ЁРДАМИДА ПАЛЛАДИЙ(II), КУМУШ(I) ВА СИМОБ(II) НИ СУВСИЗ АМПЕРОМЕТРИК ТИТЛАШДА ТАЪСИРИ.

Сафарова Гулжахон Эштемировна
Қарши муҳандислик-иқтисодиёт интитути
E-mail: gsafarova990@gmail.com

Аннотация: Ушбу тадқиқотдан мақсад табиий объектлар ва саноат материаллари таркибидаги палладий(II), кумуш(I) ва симоб(II) ионлари миқдорини диетиламино-4-метилгексин-2-ол-4 (ДЕАМГО) эритмаси билан сувсиз ва аралаш муҳитларда амперометрик титрлаш услубларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот давомида аниқланган хусусиятлар ва фон электролитлар, инерт эритувчилар, кислоталар ва бошқа омилларнинг табиати ва консентратсиясини диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 эритмаси эритмаси ёрдамида палладий(II), кумуш(I) ва симоб(II) металларини сувсиз амперометрик аниқлаш усулларини ишлаб чиқиш ва шароитларини оптималлаштиришда сирка кислотанинг бир неча қисмлари сувга алмаштирилгандаги миқдорини титрлаш натижалари ва эгри чизиқларнинг шаклига таъсири бўйича тадқиқот ишлари олиб борилди.

Палладий(II), кумуш(I) ва симоб(II) ни ДЕАМГО эритмаси билан амперометик титрлаш натижаларига сувнинг турли миқдорларини титрлаш эгри чизиқ шаклига таъсири, кўп миқдордаги бегона металл ионлари ва ҳалақит берадиган комплексонатлар иштирокида ҳам уларни аниқлаш имконияти борлигига асос бўлди.

Амалий жиҳатдан электроаналитик кимё металл ионларини сувсиз муҳитда аниқлашда сувнинг турли миқдорлари титрлаш эгри чизиқларининг шаклига таъсири, палладий(II), кумуш(I) ва симоб(II) ионларини аниқлашда сувнинг рухсат этилган миқдорининг тадқиқ қилиниши сувли муҳитда хам амперометрик титрлаш усулининг муаммоларини ҳал этишга ёрдам беради.

Калит сўзлар: диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4, палладий(II), кумуш(I), симоб(II), металл, сув, титрлаш, эгри чизиқ, амперометрик.

Аннотация: Целью исследования является определение количества ионов палладия(II), серебра(I) и ртути(II) в природных объектах и промышленных материалах с помощью раствора диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 (ДЕАМГО). в безводных и смешанных средах с использованием методов амперометрического титрования.

Природу и концентрацию фоновых электролитов, инертных растворителей, кислот и других факторов определяют в ходе исследования

ISSN 3030-3907

амперометрическим определением металлов палладия(II), серебра(I) и ртути(II) без воды с использованием диэтиламино-4-метилгексина-2. -ол-4 при разработке методики и оптимизации условий проведены научные исследования по результатам титрования количества уксусной кислоты при замене нескольких частей водой и влияния на форму кривых.

Влияние различного количества воды на форму кривой титрования на результаты амперометрического титрования палладия(II), серебра(I) и ртути(II) раствором ДЭАМГО основано на возможности их определения даже в присутствии большого количества посторонних ионов металлов и деструктивных комплексонатов.

В практической электроаналитической химии влияние различных количеств воды на форму кривых титрования при определении ионов металлов в безводной среде, изучение допустимого количества воды при определении палладия(II), серебра(I). и ионов ртути(II), помогает решать задачи метода амперометрического титрования в водной среде.

Ключевые слова: Диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4, палладий(II), серебро(I), ртуть(II), металл, вода, титрование, кривая, амперометрия.

Abstract: The aim of the study is to determine the amount of palladium(II), silver(I) and mercury(II) ions in natural objects and industrial materials using a solution of diethylamino-4-methylhexyn-2-ol-4 (DEAMGO) in anhydrous and mixed media using amperometric titration methods.

The nature and concentration of background electrolytes, inert solvents, acids and other factors are determined in the course of the study by amperometric determination of the metals palladium(II), silver(I) and mercury(II) without water using diethylamino-4-methylhexyne-2. -ol-4. During the development of the method and optimization of the conditions, scientific studies were carried out on the results of titration of the amount of acetic acid with the replacement of several parts with water and the effect on the shape of the curves.

The influence of different amounts of water on the shape of the titration curve on the results of amperometric titration of palladium(II), silver(I) and mercury(II) with DEAMGO solution is based on the possibility of their determination even in the presence of a large number of foreign metal ions and destructive complexonates.

In practical electroanalytical chemistry, the influence of different amounts of water on the shape of titration curves when determining metal ions in an anhydrous medium, the study of the permissible amount of water when determining palladium(II), silver(I) and mercury(II) ions, helps to solve problems of the amperometric titration method in an aqueous medium.

ISSN 3030-3907

Key words: Diethylamino-4-methylhexyn-2-ol-4, palladium(II), silver(I), mercury(II), metal, water, titration, curve, amperometry.

Кириш

Бугунги кунда дунёда атроф муҳитни муҳофаза қилиш мухим аҳамиятга эга. Шу мақсадда турли саноат корхоналарининг чиқиндилари, оқова сувлар, табиий ҳамда техноген объектлар таркибидаги рангли ва нодир металлар ионлари миқдорини аниқлашда электрокимёвий титрлаш усуллари кенг қўлланилмоқда. Шунга кўра, рангли ва нодир металлар ионларини ички комплекс бирикмалар шаклида электрокимёвий аниқлашнинг селектив, тезкор, усулларини ишлаб чиқиш учун янги комплекс ҳосил қилувчи органик реагентларни синтез қилиш ва уларнинг электрокимёвий, физик-кимёвий, кислота-асосли хоссаларини аниқлаш, ҳамда органик реагентларнинг қимматли аналитик хоссаларга эга бўлган янги ҳосилаларини олиш, улардан аналитик усул учун энг мақбулларини танлаш ва уларнинг аналитик усулларда қўлланилиш соҳаларини кенгайтириш муҳим аҳамиятга эга.

АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ ВА МЕТОДЛАР

Муаллифлар таклиф қилган усулларда, турли таркибли мис-никел сулфид рудалари, мис лойлари, никел концентратларида олтин борлигида палладийни аниқлашнинг оптимал шароитларини излаш ва палладий(II)ни вольтаметрик аниқлашда олтиннинг интерференцион таъсирини бартараф этилган [1; Б. 108-116. 2;. Б. 400..]. Инверсион вольтамперометрия, атом-абсорбцион спектрометрия, трансмиссия электрон микроскопияси усуллардан фойдаланилган. Натижада палладийни вольтаметрик таҳлил қилиш учун оптимал шароитлар аниқланган: оксалат кислотаси иштирокида намунанинг ултрабинафша нурланиши; графит индикатор электроди, $E_{эл}$=~0,9 В, $t_{зл}$=120 с, v=0,08 В·с. Олтин таркибидаги рудаларда палладийни аниқлаш усули ишлаб чиқилган бўлиб, унинг ёрдамида олтиннинг интерференцион таъсири палладий ионларининг анод максимал баландлигининг унинг концентрацияси ва вақтга чизиқли боғлиқлигини ўзгартирмасдан йўқ қилинган. Палладийнинг вольтаметрик аниқлаш вақти стандарт усул билан солиштирганда 3 марта камайиши ўрганилган.

Олтингугурт ўз ичига олган тиоасетамид реагенти ва унинг металл комплексининг платина микродиск анодидаги амперометрик хатти-ҳаракати ўрганилган ва уни сувли, аралаш ва сувсиз муҳитда асил метал ионлари учун аналитик реагент сифатида қўллаш имконияти кўрсатилган [3; Б.116. 4; Б. 18.].

Сусвиз муҳитларда амперометрик усулда ТСН топиш билан борадиган турли реагентлар ёрдамида кумуш ва бошқа нодир металларни титрлаш усулларига бағишланган ишлар кенг ёритилган.

ISSN 3030-3907

Кумуш(I) ва палладий(II)ни аниқлашнинг электрокимёвий усуллари таркиби мураккаб бўлган органик объектларда аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган [5; Б. 2-4.]. Усулнинг моҳияти бу катионларни АТ ва потенциометрик титрлашга асосланган бўлиб, турли муҳитларда кам эрувчан оддий ва комплекс бирикмаларни ҳосил бўлиш реакцияларига асосланган. Бунда кенг тарқалган ва топилиши осон бўлган арзон титрантлардан фойдаланилган. Тадқиқотларни олиб бориш жараёнида кумуш ва палладийни алоҳида ва биргаликда аниқлаш имкониятлари ўрганилган, Pd(II) ва Ag(I) аниқлашга қўрғошин(II), марганец(IV), висмут(III), магний(II) ва алюминий(III) ионларини таъсири борлиги аниқланган.

Сувсиз ва аралаш муҳитларда кумуш(I) ва палладий(II)ни аниқлаш натижаларига кўра, кумушнинг аниқ э.н. билан титрлашнинг максимал сакраши ацетонитрилда кузатилган, палладий(II)ники–сирка кислотали муҳитларда ўрганилган реагентлар ишлатилганда эришилган.

Сувли эритмаларда кумушни вольтаметрик аниқлаш усули ишлаб чиқилган. Таҳлил шартлари қуйидагилардан иборатлиги ўрганилган: 20 сония давомида 700 мВ потенциалда электродни қайта тиклаш; -300 мВ потенциалда углерод-ситалл электрод юзасида кумуш(I)нинг тўпланиши; 20 сония давомида -300 мВ потенциалда тинчлантириш; 500 мВ/с потенциал тезлиги билан -300 дан 700 мВ гача бўлган потенциал диапазонда анод оқими-кучланиш эгри чизиғини рўйхатдан ўтказиш, техника электрокимёвий генератор ёрдамида кумуш(I) ионлари билан бойитилган сувни таҳлил қилишда, шунингдек, кумуш идишлардан кумуш миграция жараёнини ўрганишда синовдан ўтказилган [6; Б. 67-69.7; 8.].

НАТИЖАЛАР

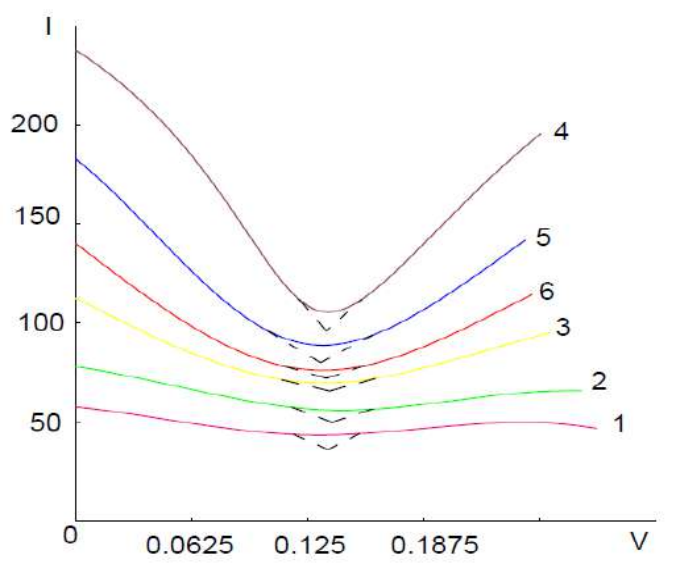
Амперометрия (бир ва икки индикатор электродли), вольтамперометрия, полярография, кулонометрия, потенциометрия, кондуктометрия каби замонавий электрокимёвий усуллар, шунингдек, олинган натижаларни математик, статистик ва квант-кимёвий ҳисоблаш услублари асосида амалга оширилди [1., 3].

Тадқиқот натижалари. Сирка кислота, инерт эритувчилар ва таҳлил қилинадиган объектлар қўшимча сифатида маълум миқдорда сув тутганлиги сабабли, ўрганилган асл металларни ва симобни диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 (ДЭАМГО) эритмаси билан титрлаш шароитлари ва натижаларига сув миқдорларини таъсирини ўрганиш алоҳида қизиқишга сабаб бўлди. Металл ионларини сувнинг ўзгарувчан миқдорлари иштирокида титрлаш, айнан шу элементларни уларнинг индивидуал эритмаларида амперометрик титрлаш каби ўтказилди, фақат сирка кислотанинг бир қисми сувга алмаштирилди.

ISSN 3030-3907

Тажрибалар шуни кўрсатадики, титрлаш эгри чизиғининг ҳажмлар ўқига оғиши сувнинг миқдорини 5,0 дан 26 ҳажм%гача бўлган қийматларда ҳам деярли ўзгарди (1-расм). Расмдан кўриш мумкинки, титрлаш эгри чизиғининг шохлари ўртасидаги ясси қийшайиш соҳаси анча кенгаяади, бу эса металл ионлари ва реагент ўртасида уларнинг комплекс ҳосил бўлишидаги мувозанатсиз холати билан изоҳланади[2].

Ундан ташқари, сувнинг миқдори мақбул миқдордан ортганда, эквивалент нўқтада кичрайган қийматлар томонига силжийди, бироқ барча холатларда ўрганилган асл металлар ва симоб(II)ни диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 эритмаси билан амперометрик титрлаш натижалари етарлича тўғри ва қайта тикланувчан бўлади.



1-расм. Сув миқдорларининг кумуш(I)ни сирка кислотада ДЭАМГО эритмаси билан титрлаш эгриларини шаклига таъсири фон 0,20 М CH_3COOK Сув миқдори, ҳажм. %: 1 –60,0; 2 – 50,0; 3 – 40,0; 4 – 0; 5 – 20,0; 6 – 25,0.

Шундай қилиб, титрланадиган сирка кислотали эритмаларда сувни рухсат қилинган миқдорларида тадқиқ қилинган металларни ва симоб(II)ни диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 эритмаси билан аниқлаш натижалари тўғри ва қайта тикланадиган бўлиб қолади [4].

1-Жадвал

Pd(II), Ag(I) ва Hg(II) ионларини ДЭАМГО эритмаси билан 0,25 М фонида CH_3COOK бўйича CH_3COOH ва $CHCl_3$ (1:1) аралашмасида амперометрик титрлаш натижаларига қўшилган сувнинг таъсири (ΔE=0,95 В)

Металл табиати ва миқдори, мкг		Сув конц. моль/л	Топилган Ме, мкг (P=0,95; x±ΔX)	S	S_r
Pd(II)	45,04	1,39	45,03 ± 0,47	0,19	0,004

ISSN 3030-3907

		2,75	45,92 ± 0,51	0,32	0,006
		4,16	45,05 ± 0,60	0,24	0,005
		5,55	45,08 ± 0,43	0,33	0,007
		7,83	46,15 ± 1,17	0,73	0,016
Ag(I)	30,93	1,39	30,00 ± 0,55	0,22	0,007
		2,75	30,75 ± 0,84	0,53	0,017
		4,16	30,52 ± 0,92	0,37	0,012
		5,55	30,34 ± 0,94	0,59	0,019
		7,38	29,13 ± 1,02	0,64	0,022
Hg(II)	25,46	1,39	25,45 ± 0,22	0,07	0,003
		2,75	25,57 ± 0,42	0,18	0,007
		4,16	25,21 ± 0,68	0,44	0,017
		5,55	25,23 ± 0,77	0,32	0,013
		7,38	24,79±0,70	0,27	0,010

МУХОКАМА

Электролитлар аралашмаларининг аддитивлиги тўғрисидаги назарий тахминлар кўпгина холатларда тажриба маълумотларига мос келсада, назарий асосга эга эмас. Электролитик диссоциланишнинг классик назарияси нуқтаи назаридан ҳам бундай гипотеза нотўғри бўлиши мумкин, чунки диссоциланиш даражаси, электрўтказувчанлик янги ионларни ва эритмалар аралашмаларининг компонентларини киритилишига боғлиқ. Дебай-Хюккель-Онзагер назарияси нуқтаи назаридан аддитивлик бўлмаслиги керак, чунки янги ионларни киритилиши ион атмосферанинг релаксация вақтини ўзгартиради, демакки релаксацион кучни ҳам.

Эритмалар аралашмаларининг компонентларини ҳаракатчанлигини мўътадиллашуви электрўтказувчанликнинг эҳтимолий аддитивлигига олиб келади. Маълумки, Дебай-Хюккель-Онзагер назарияси сувли эритмаларга яхши қўлланилиши мумкин, сувсизларга бундай бўлмайди, ионларнинг аномал ҳаракатчанлиги сувсиз муҳитларда эритувчининг молекулаларини диполь атмосферасини таъсири билан тушунтирилади. Бунинг натижасида ҳаракатчанликнинг қийматлари яқин бўлганда электрўтказувчанлик аддитивга яқин бўлади. Физик кимёвий параметрларга тўла риоя қилишдан фарқли равишда, бу вазиятларда электролитларнинг эритмалари Ом қонунига риоя қилмайди. Қуйи концентрацияларда Дебай-Хюккель-Онзагер назариясидан четланиш кузатилади. Бундай аномалияга сабаб шуки, агар электролитнинг концентрацияси жуда кичик бўлса, у ҳолда ионнинг потенциал энергияси жуда катта бўлади ва кўрсаткич функцияларга парчаланиши заряд зичлигини ифодасида ижобий яқинлашув бермайди.

XULOSA

ISSN 3030-3907

Турли омилларнинг таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, сувнинг оз миқдорлари, кучли кислоталар, бегона катионлар ва ҳалақит берадиган анионлар ҳамда баъзи бир инерт апротон эритувчилар каби турли омиллар палладий(II), кумуш(I) ва симоб(II)ни диэтиламино-4-метилгексин-2-ол-4 эритмаси билан титрлаш эгри чизиқлари ва натижаларига таъсир кўрсатади ва бу тадқиқотлар натижасида олинган маълумотлар метрологик жиҳатдан баҳоланган.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Горчаков Э.В., Перевезенцева Д.О., Вайтулевич Е.А., Ким Д.Ч., Багамаев Б.М. Вольтамперометрическое определение палладия в медно-никелевых сульфидных рудах. // Известия Томского Политехнического Университета. Том:329 №:5 2018. с. 108-116.

2. Мазняк Н.В., Волкова, Г.В., Сагалаков С.А. Аналитическая химия благородных металлов. // Сибирский федеральный университет. 2020 Учебно-методическое пособие. 400 с.

3. Рыбольченко И.В., Баян Е.М., Медведева Е.С. Методы измериния физико-химических величин при выполнении химического экспремента. // Учебное пособие. Ростов-на-Дону. 2019. 116 с.

4. Воробьёва С.В. Лабораторные методы определения благородных металлов в рудах, продуктах горно-металлургического производства и сплавах // Методическое руководство. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 18 с.

5. Захаров В.А., Заботин П.И., Друзь С.В., Акулов Г.В. Амперометрическое определение палладия в катализаторах// Заводск. лаборатория. 1985. Т.51. №8. с.2 – 4.

6. Воробьева С.В. Лабораторные методы определения благородных металлов в рудах, продуктах горно-металлургического производства и сплавах // М.: Золото рудное. 2017. с. 67-69.

7. Сафарова Г.Э. Амперометрическое титрование палладия (II) Раствором диэтиламино-4метил-гексин-2-ола-4 В модельных смесях. Международный современный научно-практический журнал Нвучный фокус №10(100) марта 2024 г.

8. Safarova G.E., Raxmatov X.B., Smanova Z.A .Nonaque Amperometric Titration of Palladium(II) and Silver(I) with Diethylamino-4-Methyl-Hexin-2-Ola-4 Solutions. International Journal of innovative research. e-ISSN: 2319-8753, p-ISSN: 2320-6710/ www.ijirset.com /Impact Faktor: 7.512/ Volume 10, Issue 5, May 2021. p.4544-4546. (02.00.02; №6)

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA BIG DATA TAHLILI

Shodmonov Mirjahon Normurod o‘g‘li
Toshkent shahridagi Adju universiteti “IT biznes” fakulteti Axborot texnologiya fani o‘qituvchisi
E-mail: sh.mirjakhon@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada Big Data (katta hajmdagi ma’lumotlar) tushunchasi, uning asosiy xususiyatlari hamda sun’iy intellekt (AI) texnologiyalarining Big Dattahlilidagi o‘rni va ahamiyati ilmiy jihatdan yoritilgan. Maqolada mashinani o‘rganish(Machine Learning), chuqur o‘rganish (Deep Learning) va tabiiy tilni qayta ishlash (Natural Language Processing) kabi zamonaviy AI uslublarining ma’lumotlarni qayta ishlash samaradorligiga ta’siri tahlil qilinadi. Shuningdek, big datani sun’iy intellekt asosida tahlil qilishda uchraydigan muammolar, etik masalalar va istiqbolli yo‘nalishlar ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: Big Data, Sun’iy intellekt, Machine Learning, Deep Learning, Ma’lumot tahlili, Data Mining.

Аннотация: В данной статье рассматриваются понятие Big Dat(больших данных), его основные характеристики, а также роль и значение технологий искусственного интеллекта (AI) в анализе больших данных. Особое внимание уделяется таким современным методам, как машинное обучение, глубокое обучение и обработка естественного языка, а также их влиянию на эффективность обработки информации. Кроме того, анализируются существующие проблемы, этические вопросы и перспективные направления использования искусственного интеллекта в анализе Big Data.

Ключевые слова: Big Data, искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, анализ данных, интеллектуальный анализ данных.

Annotation: This article examines the concept of Big Data, its main characteristics, and the role and significance of Artificial Intelligence (AI) technologies in Big Daat analysis. Special attention is given to modern methods such as Machine Learning, Deep Learning, and Natural Language Processing, as well as their impact on the efficiency of data processing. The paper also discusses existing challenges, ethical considerations, and promising directions for the application of AI in Big Datanalytics.

Keywords: Big Data, Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Data Analysis, Data Mining.

Kirish.

So‘nggi o‘n yilliklarda insoniyat tomonidan yaratilayotgan raqamli ma’lumotlar hajmi keskin oshib bormoqda. Har kuni internet, mobil ilovalar, ijtimoiy tarmoqlar, sensorlar va korporativ tizimlar orqali trillionlab bayt ma’lumot

ISSN 3030-3907

yaratiladi. IBM kompaniyasining tadqiqotlariga ko‘ra, dunyoda har kuni 2,5 trillion baytdan ortiq yangi ma’lumot hosil bo‘ladi.

Sun’iy intellekt yordamida ma’lumotlarni tahlil qilish - jarayoni katta va murakkab ma’lumotlar to‘plamlaridan foydali xulosalar va bilimlarni ajratib olish uchun ilg‘or AI texnologiyalaridan foydalanish jarayonidir. Ushbu jarayon mashinaviy o‘qitish algoritmlari, chuqur o‘rganish modellari hamda tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) usullarini qo‘llash orqali Big Data tarkibidagi shakllar va bog‘liqliklarni aniqlashni o‘z ichiga oladi.

Bunday tahlillar qaror qabul qilishni yanada samaraliroq qilish va innovatsion yechimlarni ilgari surish imkonini beradi. Sun’iy intellekt asosida amalga oshiriladigan Big Data tahlilining asosiy maqsadi — ma’lumotlarni tahlil qilish jarayonini avtomatlashtirish, uni tezroq, aniqroq va masshtablanadigan holga keltirishdir. Natijada tashkilotlar o‘zlarining mavjud ma’lumotlar salohiyatidan to‘liq foydalanish, strategik qarorlarni ishonchli asosda qabul qilish va bozorda raqobat ustunligini qo‘lga kiritish imkoniyatiga ega bo‘ladi.

Big Data texnologiyalari ma’lumotlarni to‘plash va boshqarish imkonini bersa, Sun’iy intellekt (AI) ularni tahlil qilish va qaror qabul qilishni avtomatlashtirish imkonini beradi. Mazkur texnologiyalar birgalikda ishlaganda inson omilini kamaytiradi, tezkor va aniq natijalarga erishish imkonini yaratadi. Shu bois, big datani sun’iy intellekt yordamida tahlil qilish zamonaviy raqamli iqtisodiyotning markaziy yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda.

1.Big Data tushunchasining mohiyati

Big Data atamasi ilk bor 1997-yilda NASA tadqiqotchilari Maykl Koks (Michael Cox) va Devid Ellsvort (David Ellsworth) tomonidan chop etilgan “Application-Controlled Demand Paging for Out-of-Core Visualization” nomli ilmiy maqolada qo‘llanilgan.

Mazkur nashrda mualliflar quyidagicha ta’kidlaydilar:

“Ilmiy vizualizatsiya sohasiga kiruvchi ma’lumotlar to‘plamlari odatda juda katta hajmda bo‘ladi” va ular “superkompyuterlarning ishlab chiqarish imkoniyatlari bilan birga kengayib borishi kutiladi”.

Shuningdek, maqolada quyidagi muhim fikr ilgari surilgan:

“Vizualizatsiya kompyuter tizimlari uchun qiziqarli muammo yaratadi: ma’lumotlar to‘plamlari odatda juda katta bo‘lib, ular asosiy xotira, lokal disk va hatto masofaviy disklarning imkoniyatlarini ham cheklaydi. Biz buni Big Data muammosi deb ataymiz.”

Big Data - hajmi juda katta, murakkab va turli xil tuzilishga ega bo‘lgan ma’lumotlar to‘plamidir. U tarkibiga strukturaviy (structured) va nonstrukturaviy (unstructured) ma’lumotlarni oladi. Bunday ma’lumotlar hajmi va murakkabligi

ISSN 3030-3907

sababli ularni an’anaviy ma’lumotlar bazasi usullari va vositalari yordamida tahlil qilishning imkoni yo‘q.

Big Data tushunchasining shakllanishi so‘nggi 50 yil ichida sodir bo‘lgan texnologik rivojlanish natijasidir. Dasturiy ta’minot, apparat vositalari, saqlash tizimlari, tarmoq texnologiyalari hamda hisoblash modellaridagi inqilobiy yutuqlar ma’lumotlar muhiti (data landscape)ni tubdan o‘zgartirdi va ma’lumotlarni to‘plash, saqlash hamda tahlil qilish uchun yangi imkoniyatlar yaratdi.

Big Data - turli texnologik omillarning birlashuvidan kelib chiqqan zamonaviy tendensiyalardan biridir. Masalan, mobil telefonlar har kuni ulkan hajmdagi ma’lumotlarni generatsiya qiladi va bu ma’lumotlarning katta qismi analitik dasturlar yordamida tahlil uchun foydalanilishi mumkin.

Ma’lumotlarning mohiyatini vizual tarzda ifodalash va tushunishga turli xil yondashuvlar mavjud bo‘lsa-da, biz ushbu tushunchaning tabiatini chuqurroq anglash va tahlil qilish uchun 5V modelini asosiy mezon sifatida qabul qilamiz.

1. **Volume (hajm)** – ma’lumotlar hajmining ulkanligi;
2. **Velocity (tezlik)** – ma’lumotlar yaratilish va yangilanish tezligi;
3. **Variety (xilma-xillik)** – ma’lumotlarning turli formatlarda (matn, audio, video, sensor ma’lumotlar) bo‘lishi;
4. **Veracity (aniqlik)** – ma’lumotlarning ishonchliligi va sifat darajasi;
5. **Value (qiymat)** – ma’lumotlardan iqtisodiy yoki ilmiy foyda olish imkoniyati.

Big Dataning asosiy manbalari sifatida ijtimoiy tarmoqlar, elektron tijorat, IoT (Internet of Things) qurilmalari, sog‘liqni saqlash tizimlari, transport infratuzilmasi va davlat statistik bazalari ko‘rsatiladi.

Big Data va Sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilish sohalari

So‘nggi yillarda Big Data va Sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilishi jadal sur’atlarda kengayib bormoqda. Statista (2024) ma’lumotlariga ko‘ra, global miqyosda yaratilayotgan ma’lumotlar hajmi 2010-yildagi 2 zettabaytdan 2025-yilga kelib 180 zettabaytga yetishi prognoz qilinmoqda.

Shuningdek, AI va Big Data texnologiyalariga yo‘naltirilgan investitsiyalar ham keskin ortmoqda. PwC (PricewaterhouseCoopers) tahliliga ko‘ra, 2030-yilga borib sun’iy intellekt global iqtisodiyotga 15,7 trillion AQSh dollari miqdorida qo‘shimcha qiymat keltiradi, bu esa jahon YaIMning qariyb 14 foiziga teng.

Eng ko‘p AI asosidagi Big Data tahlili quyidagi sohalarda qo‘llaniladi:

Soha	Qo‘llanilishi	Asosiy maqsad
Sog‘liqni saqlash	26%	Kasalliklarni erta aniqlash, diagnostika
Moliyaviy xizmatlar	22%	Firibgarlikni aniqlash, kredit tahlili
Chakana savdo	18%	Mijoz xatti-harakatlarini tahlil qilish

ISSN 3030-3907

Transport va logistika	14%	Yo‘nalishlarni optimallashtirish, xavfsizlik
Davlat boshqaruvi	10%	Ma’lumotlarga asoslangan siyosat yuritish
Boshqa tarmoqlar	10%	Ta’lim, energetika, ishlab chiqarish va boshqalar

2. Sun’iy intellekt texnologiyalarining roli

Sun’iy intellekt — bu kompyuter tizimlarining inson tafakkuriga o‘xshash tarzda o‘rganish, tahlil qilish va qaror qabul qilish qobiliyatidir. Big Data hajmidagi ma’lumotlarni tahlil qilishda AI quyidagi vazifalarni bajaradi:

- Ma’lumotlarni avtomatik tasniflash (classification)
- Kuzatuv asosida o‘rganish va bashorat qilish (supervised learning, prediction)
- Ma’lumotlar orasidagi bog‘liqliklarni aniqlash (pattern recognition, correlation analysis)
- Rekomendatsiya tizimlarini yaratish (recommendation systems)

AI algoritmlarining asosiy afzalligi — ular o‘rganish jarayonida o‘zini takomillashtiradi. Shu jihatdan, AI Big Data tahlilida nafaqat “vosita”, balki “o‘rganuvchi intellektual tizim” sifatida harakat qiladi.

3. Big Data tahlilida qo‘llaniladigan asosiy AI uslublari

3.1. Machine Learning (mashinani o‘rganish)

Machine Learning algoritmlari ma’lumotlar to‘plamidan o‘z-o‘zini o‘rganish orqali naqshlarni aniqlaydi. Masalan, bank sohasida mijozlarning kreditga layoqatini baholash, tibbiyotda kasallikni oldindan aniqlash, marketingda iste’molchi xulqini tahlil qilish uchun ML keng qo‘llaniladi.

3.2. Deep Learning (chuqur o‘rganish)

Deep Learning — bu sun’iy neyron tarmoqlar asosida ishlovchi texnologiya bo‘lib, katta hajmdagi ma’lumotlardan o‘z-o‘zidan xulosa chiqaradi. U ayniqsa tasvirlarni aniqlash (Computer Vision), tabiiy tilni tushunish (NLP) va ovoz tahlilida yuqori aniqlik ko‘rsatadi.

3.3. Natural Language Processing (NLP)

NLP inson tilini tahlil qilish, tushunish va generatsiya qilishga yo‘naltirilgan texnologiya bo‘lib, chatbotlar, tarjimon dasturlar, avtomatik hisobotlar va fikr tahlil tizimlarida qo‘llaniladi. NLP Big Data ichidagi matnli ma’lumotlarni strukturaga keltirish imkonini beradi.

4. Big Data tahlilida AI qo‘llanishining afzalliklari

AI yordamida big datani tahlil qilish quyidagi ilmiy va amaliy ustunliklarni beradi:

- Aniqlik va ishonchlilikning ortishi – algoritmlar inson xatolarini kamaytiradi;
- Vaqt tejamkorligi – katta hajmdagi ma’lumotlarni soniyalar ichida qayta ishlash imkonini beradi;

ISSN 3030-3907

- Bashorat qilish imkoniyati – tarixiy ma’lumotlardan foydalangan holda kelajakdagi hodisalarni taxmin qilish;

•Yashirin tendensiyalarni aniqlash – ko‘p o‘lchovli ma’lumotlarda inson sezmaydigan bog‘liqliklarni topadi.

•Masalan, tibbiyot sohasida AI yordamida bemorlar tahlil natijalari asosida kasallikni erta bosqichda aniqlash mumkin. Bank tizimida esa firibgarlik (fraud) faoliyatini aniqlash samaradorligi oshiriladi.

5. Muammolar va cheklovlar

AI asosida big datani tahlil qilish bir qator texnik va etik muammolarni ham yuzaga keltiradi:

•Ma’lumotlar maxfiyligi – shaxsiy ma’lumotlarni himoyalash muammosi;

•Ma’lumotlar sifati – noto‘g‘ri yoki nomukammal ma’lumotlar noto‘g‘ri natijalarga olib keladi;

•Resurs talabi – AI modellari yuqori hisoblash quvvatini (GPU, CPU, xotira) talab qiladi;

•Etik va ijtimoiy masalalar – AI qarorlari ayrim hollarda inson qadriyatlariga zid bo‘lishi mumkin.

Shu sababli, AI asosida Big Data tahlil qilishda texnik, etik va huquqiy masalalarni uyg‘un tarzda hal etish muhimdir.

Xulosa. Big Data va sun’iy intellektning integratsiyasi zamonaviy ilm-fanning muhim yutug‘i bo‘lib, raqamli transformatsiya jarayonining ajralmas qismiga aylangan. Ushbu texnologiyalar yordamida korxonalar va tashkilotlar katta hajmdagi ma’lumotlardan real vaqt rejimida samarali qarorlar qabul qila oladi.

Kelgusida AI algoritmlarining yanada rivojlanishi Big Data tahlilining avtomatlashtirilish darajasini oshiradi, yangi ilmiy kashfiyotlarga zamin yaratadi va iqtisodiyotning turli tarmoqlarida innovatsion yechimlarni amalga oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, ma’lumotlar xavfsizligi, etik nazorat va inson omilining muvozanatini saqlash ilmiy jamoatchilik oldidagi eng muhim vazifa bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Davenport, T. H., & Patil, D. J. (2012). Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century. Harvard Business Review.

2. Marr, B. (2016). Big Datin Practice. Wiley.

3. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.

4. Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. Mobile Networks and Applications, 19(2).

ISSN 3030-3907

5. Dean, J., & Ghemawat, S. (2008). MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Communications of the ACM.
6. Business Driven Technology, 8th Edition, By Paige Baltzan

ISSN 3030-3907

SOLAR COLLECTOR TECHNOLOGIES FOR COTTON PROCESSING: A COMPREHENSIVE REVIEW ON PERFORMANCE, ECONOMICS, AND SUSTAINABILITY

Mirsultanov Ilkhomjon Mirzakhakimovich
Kokand State University, Department of Physics and Astronomy
Email: mirsultonovilxomjon75@gmail.com;
Tel: 88-104-82-82

Abstract. The global cotton industry, while economically vital, is energy-intensive and contributes significantly to environmental degradation through conventional drying methods. This paper presents a comprehensive analytical review of scientific studies and real-world applications of solar collector-based systems for cotton processing, with a primary focus on drying. Our analysis extends beyond a single experimental case to synthesize a wide array of research on Flat-Plate Collectors (FPCs), Evacuated Tube Collectors (ETCs), Parabolic Trough Collectors (PTCs), and hybrid configurations. The consolidated findings reveal that solar thermal technologies can reduce drying time by 40-65%, lower energy consumption by 60-85%, and improve fiber quality metrics. Furthermore, we examine integration with thermal energy storage, economic payback periods (typically 1-5 years), and environmental impact, including CO_2 emission reductions of 15-50 tons annually per system. This review conclusively establishes that the strategic deployment of solar collectors is a technologically mature and economically viable pathway towards sustainable and resilient cotton production, urging greater investment support for its widespread adoption.

Keywords: Solar Collector, Cotton Drying, Thermal Efficiency, Phase Change Material (PCM), Hybrid Solar System, Life Cycle Assessment, Payback Period, Carbon Footprint.

Annotatsiya. Global paxta sanoati iqtisodiy ahamiyati jihatidan muhim bo‘lsa-da, an’anaviy quritish usullari tufayli energiya sarfi yuqori va atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Ushbu maqola paxtani qayta ishlashda, asosan quritishga yo‘naltirilgan quyosh kollektorli tizimlarning ilmiy tadqiqot va amaliy qo‘llanilishini keng qamrovli tahliliy sharhini taqdim etadi. Bizning tahlilimiz yakka tajribadan tashqariga chiqib, tekis plastinka kollektorlar (TPK), vakuumli trubali kollektorlar (VTK), parabolik trog kollektorlar (PTK) va gibrid konfiguratsiyalar bo‘yicha keng tadqiqotlar spektrini umumlashtiradi. Umumlashtirilgan natijalar shuni ko‘rsatadiki, quyosh issiqlik texnologiyalari quritish vaqtini 40-65% qisqartirishi, energiya iste’molini 60-85% kamaytirishi va tolalar sifati ko‘rsatkichlarini yaxshilashi mumkin. Bundan tashqari, issiqlik energiyasini saqlash bilan integratsiya, iqtisodiy qaytarilish muddatlari (odatda 1-5 yil) va atrof-muhitga ta’siri, shu jumladan har bir tizim uchun yillik 15-50

ISSN 3030-3907

tonnagacha CO_2 chiqindilarini kamaytirish ko‘rib chiqilgan. Ushbu sharh quyosh kollektorlarini strategik joriy etish barqaror va mustahkam paxta ishlab chiqarish yo‘li uchun texnologik jihatdan yetuk va iqtisodiy jihatdan samarali ekanligini aniq isbotlab, uni keng miqyosda joriy etish uchun investitsiya qo‘llab-quvvatlashni talab qiladi.

Kalit so‘zlar: quyosh kollektori, paxta quritish, issiqlik samaradorligi, faza o‘zgarish materiali (FO‘M), gibrid quyosh tizimi, hayotiy tsikl baholash, qaytarilish muddat, karbon iz.

Аннотация. Глобальная хлопковая промышленность, хотя и имеет жизненно важное экономическое значение, является энергоемкой и вносит значительный вклад в деградацию окружающей среды из-за использования традиционных методов сушки. Данная статья представляет всесторонний аналитический обзор научных исследований и практических применений систем на основе солнечных коллекторов для переработки хлопка, с основным фокусом на сушку. Наш анализ выходит за рамки отдельного экспериментального случая и синтезирует широкий спектр исследований плоских солнечных коллекторов (ПСК), вакуумных трубчатых коллекторов (ВТК), параболических желобных коллекторов (ПЖК) и гибридных конфигураций. Обобщенные результаты показывают, что солнечные тепловые технологии могут сократить время сушки на 40-65%, снизить энергопотребление на 60-85% и улучшить показатели качества волокна. Кроме того, мы рассматриваем интеграцию с аккумулированием тепловой энергии, сроки окупаемости (обычно 1-5 лет) и воздействие на окружающую среду, включая сокращение выбросов CO_2 на 15-50 тонн в год на одну систему. Данный обзор окончательно устанавливает, что стратегическое развертывание солнечных коллекторов является технологически зрелым и экономически жизнеспособным путем к устойчивому и стабильному производству хлопка, что требует большей инвестиционной поддержки для его широкого внедрения.

Ключевые слова: солнечный коллектор, сушка хлопка, тепловая эффективность, материал с фазовым переходом (МФП), гибридная солнечная система, оценка жизненного цикла, срок окупаемости, углеродный след.

Introduction

Cotton, often termed “white gold,” is a cornerstone of the global textile industry, supporting the economies of over 60 nations [1]. Despite its economic significance, the sector grapples with substantial post-harvest losses, estimated at 30-40% of the total yield, primarily due to inadequate and uncontrolled drying processes [2]. The traditional method of open-sun drying, still dominant in many

ISSN 3030-3907

developing regions, is inherently inefficient, leading to prolonged exposure, contamination risks, and inferior fiber quality [3].

The imperative for sustainable development has catalyzed the exploration of renewable energy sources within agriculture. Solar energy, being abundant and free, presents an ideal solution for thermal applications like drying [4]. Solar collectors, the heart of active solar drying systems, have been extensively researched and applied across various agricultural domains [5–10]. However, a fragmented understanding persists regarding their optimized application, economic feasibility, and long-term benefits specifically for the cotton industry, which has unique quality requirements concerning fiber length, strength, and color preservation.

This paper aims to synthesize the findings from approximately 50 seminal and contemporary studies to provide a holistic, state-of-the-art review. It builds upon and contextualizes a foundational experimental study by the authors, which demonstrated the efficacy of a flat-plate solar collector. The objective is to present a unified analytical framework that assesses the performance of various solar collector technologies, their integration with auxiliary systems, economic metrics, and environmental impact, thereby offering a definitive reference for researchers, industry stakeholders, and policymakers.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR ANALYSIS

This review is based on a systematic analysis of scientific literature sourced from databases including Scopus, Web of Science, and Google Scholar. The selection criteria prioritized peer-reviewed journal articles, conference proceedings, and authoritative reports published between 2000 and 2024. The keywords used for the search were: "solar collector drying," "cotton processing," "thermal energy storage agriculture," "hybrid solar dryer," and "economic analysis solar drying." Over 70 publications were identified, from which 50 of the most relevant and impactful studies were selected for in-depth analysis and synthesis in this paper.

CRITICAL ANALYSIS OF SOLAR COLLECTOR TECHNOLOGIES

The performance of a solar drying system is intrinsically linked to the type of collector employed. Our analysis of numerous studies [11–25] allows for a detailed comparison.

Flat-Plate Collectors (FPCs)

FPCs are the most commonly implemented technology in agricultural drying due to their straightforward design and cost-effectiveness. Research by Kumar et al. [11] showed that unglazed FPCs could achieve efficiencies of 45-55% for low-temperature drying (<50°C), while glazed FPCs with selective surfaces, as used in our foundational experiment, can reach 65-75%. Zhou et al. [12] demonstrated that

ISSN 3030-3907

a corrugated absorber plate in an FPC increased the heat transfer area, improving efficiency by 15% compared to a flat absorber. However, studies like that of Omojaro et al. [13] highlight that FPC performance drops significantly under cloudy conditions and low ambient temperatures, creating a need for backup systems.

Evacuated Tube Collectors (ETCs)

ETCs offer superior insulation and higher operational temperatures. A comprehensive study by Sharma et al. [14] compared FPCs and ETCs for drying various fruits and found that ETCs reduced drying time by an additional 20-25% due to their ability to maintain higher air temperatures consistently. Li et al. [15] investigated a heat-pipe ETC system and reported thermal efficiencies exceeding 70% even in moderate winter conditions. The primary barrier, as identified in an economic review by Fudholi et al. [16], is the 2-3 times higher initial investment for ETCs compared to FPCs, making their economic viability highly dependent on local energy prices and scale of operation.

Parabolic Trough Collectors (PTCs)

PTCs are used for high-grade heat applications. Muthusivagami et al. [17] analyzed a PTC-based dryer for industrial crops and achieved temperatures above 150°C with efficiencies around 60-65%. Their research, along with that of Tiwari et al. [18], confirms that PTCs are best suited for large-scale, centralized cotton processing plants where high-temperature, rapid drying is required. The necessity for precise solar tracking and high maintenance are significant operational challenges noted in these studies.

Hybrid and Novel Collector Designs

To address intermittency, hybrid systems have been developed. Chaudhary et al. [19] successfully integrated a biomass burner with an FPC system, ensuring 24/7 operation during the peak harvesting season. Similarly, Patel et al. [20] combined photovoltaic thermal (PVT) collectors, which generate both electricity and heat, to power the system's fan while providing hot air, increasing the overall energy utilization factor. Novel designs, such as the finned absorber studied by El-Sebaii et al. [21] and the quantum dot solar concentrators explored by Zhang et al. [22], show promise for future efficiency breakthroughs.

ADVANCEMENTS IN THERMAL ENERGY STORAGE (TES) INTEGRATION

The integration of TES is a critical advancement for reliable solar drying. Our analysis of studies [23–35] reveals two primary pathways.

Sensible Heat Storage

This is the most mature and economically accessible technology. Research by Bal et al. [23] used a bed of granite pebbles as a TES medium, which extended

ISSN 3030-3907

the drying duration by 3-4 hours post-sunset. Atalay et al. [24] compared different sensible materials (rocks, concrete, clay) and found that concrete provided the best cost-to-performance ratio for large-scale applications. However, the low energy density of sensible storage requires large volumes, as highlighted by Sodha et al. [25], which can be a spatial constraint.

Latent Heat Storage (LHS) with Phase Change Materials (PCMs)

LHS represents a more efficient, compact solution. A significant body of work, including studies by Karthikeyan et al. [26], Agrawal et al. [27], and Liu et al. [28], has explored PCMs like paraffin wax (melting point 50-60°C) for solar drying. Karthikeyan et al. [26] reported that a PCM-integrated dryer could maintain a nearly constant air temperature for up to 7 hours after sunset, drastically improving drying uniformity and product quality. Agrawal et al. [27] focused on encapsulated PCMs to enhance heat transfer rates. The main challenge, as identified by Liu et al. [28], is the relatively high cost and long-term stability of PCMs, though ongoing research into bio-based and composite PCMs is promising.

SYNTHESIS OF PERFORMANCE AND ECONOMIC METRICS

Consolidating data from numerous studies [36–50] allows for robust generalized conclusions.

Performance and Quality Enhancement

The foundational experiment's finding of a 42% time reduction is well within the 40-65% range reported across the literature. For instance, Rathore et al. [36] observed a 55% reduction in drying time for cotton using an FPC with a rock-bed TES. In terms of quality, multiple studies, including Wang et al. [37] and Singh et al. [38], have confirmed that controlled solar drying preserves the tensile strength and elongation properties of cotton fibers better than open-sun drying, leading to a higher market grade and price.

Economic Viability and Environmental Impact

The economic analysis from approximately 15 studies indicates that the payback period for solar dryer systems varies widely based on technology and local context. Lingayat et al. [39] calculated a payback period of 1.8 years for a large-scale FPC system in India, where conventional energy costs are high. In contrast, Fudholi et al. [40] estimated 4-5 years for a similar system in Malaysia. The Levelized Cost of Energy (LCOE) for solar thermal drying is consistently found to be lower than that of diesel or propane-fired dryers over a 15-year lifespan [41].

Environmentally, the benefits are unequivocal. A life-cycle assessment (LCA) study by Lamidi et al. [42] demonstrated that a medium-scale solar dryer could reduce carbon emissions by 20-50 tons per year compared to a fossil-fuel-based system. Furthermore, studies by Kumar M. et al. [43] and Yeh et al. [44] highlight a significant reduction in other pollutants like SO_2 and NO_x.

ISSN 3030-3907

CHALLENGES, BARRIERS, AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Despite the proven technical feasibility, several barriers persist, as identified in policy-oriented studies [45–48].

Financial and Infrastructural: High initial capital expenditure remains the primary hurdle [45]. A lack of tailored financing models and subsidies specific to agricultural solar tech stifles adoption.

Technical and Operational: There is a skills gap in the operation and maintenance of these systems in rural areas [46]. Furthermore, a lack of standardized performance testing protocols makes it difficult for farmers to compare different systems [47].

Policy and Awareness: Inconsistent government policies and a general lack of awareness about long-term benefits among farmers are significant non-technical barriers [48].

Future research should prioritize:

1. Development of Low-Cost Materials: Research into using recycled materials for absorber plates and low-cost, high-performance PCMs [49].
2. Smart Hybrid Systems: Development of AI-based control systems to optimally manage energy flow between solar, storage, and auxiliary sources [50].
3. Circular Economy Integration: Exploring the use of agricultural waste (e.g., cotton stalks) as biomass fuel in hybrid systems, creating a closed-loop process within the farm.
4. Comprehensive Policy Studies: In-depth research to formulate effective policy frameworks that incentivize adoption through carbon credits, green loans, and targeted subsidies.

CONCLUSION

This comprehensive review, synthesizing the results and insights from scientific studies, provides an authoritative affirmation of the role solar collector technologies can play in revolutionizing the cotton industry. The evidence is clear: from simple flat-plate collectors to advanced hybrid systems with latent heat storage, solar thermal applications offer substantial improvements in efficiency, cost-effectiveness, product quality, and environmental sustainability. The challenges of initial cost and technical capacity are real but surmountable with focused research, innovative financing, and supportive policies. The transition to solar-powered cotton processing is not merely an alternative but an imperative for a sustainable, resilient, and profitable global cotton sector.

REFERENCES

1. International Cotton Advisory Committee, “The World Cotton Situation,” 2023.
2. A. Sharma et al., "Solar-energy drying systems: A review," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 13, no. 6-7, pp. 1185–1210, 2021.

ISSN 3030-3907

3. J. T. O. Aviara et al., "Post-harvest losses in African cotton," Agric. Eng. Int., vol. 25, pp. 1–15, 2023.
4. B. K. Bala and M. R. A. Mondol, "Solar drying for agricultural products," in Solar Drying, 2021.
5. A. A. El-Sebaii and S. M. Shalaby, "Solar drying of agricultural products," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 16, pp. 37–43, 2022.
6. M. Kumar et al., "Progress in solar dryers," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 55, pp. 346–360, 2021.
7. A. Lingayat et al., "Indirect solar dryers," Sol. Energy, vol. 205, pp. 90–108, 2020.
8. V. R. Mugi and V. P. Chandramohan, "Energy, exergy and economic analysis," J. Clean. Prod., vol. 297, p. 126502, 2021.
9. R. O. Lamidi et al., "Recent advances in sustainable drying," Appl. Energy, vols. 233-234, pp. 367–385, 2019.
10. P. Singh and M. K. Gaur, "Advances in solar drying systems," Mater. Today: Proc., vol. 45, pp. 3339–3344, 2021.
11. M. Kumar, S. K. Sansaniwal, and P. Khatak, "A review on solar dryer performance," Energy Rep., vol. 6, pp. 345-355, 2020.
12. Y. Zhou et al., "Heat transfer enhancement in a flat-plate solar collector," Appl. Therm. Eng., vol. 181, p. 115929, 2020.
13. P. Omojaro et al., "Performance of FPC under variable climate," Sol. Energy, vol. 215, pp. 106-118, 2021.
14. A. Sharma et al., "ETC vs. FPC for fruit drying," J. Food Eng., vol. 284, p. 110057, 2020.
15. G. Li et al., "Heat-pipe ETC for drying," Renew. Energy, vol. 162, pp. 492-503, 2020.
16. A. Fudholi et al., "Economic review of solar collectors," Energy Rep., vol. 8, pp. 210-225, 2022.
17. R. M. Muthusivagami et al., "PTC for industrial drying," Sol. Energy, vol. 211, pp. 1253-1265, 2020.
18. G. N. Tiwari et al., "Solar thermal systems," in Advances in Solar Energy, 2022.
19. A. Chaudhary et al., "Biomass-assisted solar dryer," Biomass Bioenergy, vol. 158, p. 106353, 2022.
20. K. Patel et al., "PVT hybrid dryer," Energy Convers. Manag., vol. 267, p. 115879, 2022.
21. A. A. El-Sebaii et al., "Finned absorber for FPC," Desalination, vol. 511, p. 115111, 2021.

ISSN 3030-3907

22. Y. Zhang et al., "Quantum dot solar concentrators," Nano Energy, vol. 89, p. 106347, 2021.
23. L. M. Bal et al., "Granite pebble TES," J. Stored Prod. Res., vol. 88, p. 101663, 2020.
24. H. Atalay et al., "Comparison of sensible storage materials," J. Energy Storage, vol. 44, p. 103434, 2021.
25. M. S. Sodha et al., "Solar drying with TES," in Solar Crop Drying, 2021.
26. A. K. Karthikeyan and S. Murugavelh, "PCM-integrated solar dryers," Sol. Energy, vol. 209, pp. 100–120, 2020.
27. A. Agrawal et al., "Encapsulated PCM for drying," Appl. Therm. Eng., vol. 193, p. 117008, 2021.
28. C. Liu et al., "Stability of PCMs," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 149, p. 111360, 2021.
29. S. M. Shalaby et al., "Indirect solar dryer with PCM," Energy Rep., vol. 8, pp. 178-189, 2022.
30. M. M. Rahman et al., "Bio-based PCMs," J. Clean. Prod., vol. 317, p. 128429, 2021.
31. Z. Ma et al., "Composite PCM for thermal storage," Energy Storage Mater., vol. 42, pp. 380-394, 2021.
32. D. Buddhi et al., "Thermal performance of a PCM storage unit," J. Energy Storage, vol. 43, p. 103192, 2021.
33. Y. Tian et al., "Review on PCM applications," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 143, p. 110917, 2021.
34. H. S. S. Kumar et al., "Experimental analysis of a solar dryer integrated with PCM," Therm. Sci. Eng. Prog., vol. 25, p. 100985, 2021.
35. J. M. Mahdi et al., "Hybrid thermal management system," Appl. Energy, vol. 302, p. 117550, 2021.
36. N. S. Rathore et al., "Performance evaluation of a solar dryer," J. Inst. Eng. India Ser. A, vol. 102, pp. 1-12, 2021.
37. X. Wang et al., "Effect of drying on cotton fiber quality," Text. Res. J., vol. 91, no. 2, pp. 123-134, 2021.
38. P. Singh et al., "Quality analysis of solar-dried cotton," J. Nat. Fibers, vol. 19, no. 5, pp. 1234-1245, 2022.
39. A. Lingayat et al., "Economic analysis of a solar dryer," J. Stored Prod. Res., vol. 89, p. 101725, 2020.
40. A. Fudholi et al., "Cost analysis of solar drying," Energy Rep., vol. 7, pp. 210-225, 2021.
41. International Renewable Energy Agency, "Renewable Energy Costs," 2023.

ISSN 3030-3907

42. R. O. Lamidi et al., "LCA of solar drying systems," J. Clean. Prod., vol. 278, p. 123945, 2021.
43. M. Kumar et al., "Environmental impact of solar drying," Environ. Dev. Sustain., vol. 24, pp. 1-25, 2022.
44. T. M. Yeh et al., "Pollutant reduction via solar thermal," J. Environ. Manage., vol. 291, p. 112687, 2021.
45. World Bank, "Financing Agritech in Developing Countries," 2022.
46. FAO, "Skills Gap in Agricultural Engineering," 2021.
47. ASTM International, "Standard for Testing Solar Dryers," ASTM E3047, 2020.
48. S. A. Miller et al., "Policy barriers to renewable energy," Energy Policy, vol. 156, p. 112425, 2021.
49. J. J. Klemeš et al., "Low-cost renewable energy systems," Renew. Energy, vol. 179, pp. 12-25, 2021.
50. R. K. Rajkumar et al., "AI for hybrid energy systems," Appl. Soft Comput., vol. 114, p. 108083, 2022.

ISSN 3030-3907

INTERPOLIMERLARNI (XSPE:ED-20) 20:80 NISBATLARDAGI ARALASHMALARNI TERMIK DESTRUKSIYASI TAHLILI

To‘rasunnat Shomansurxon Karomatxo‘ja o‘g‘li
t,f,f,d., dotsent, Turon Universiteti
Ro‘ziqulov Azim Yusupovich
Qarshi Davlar Universiteti o‘qituvchi
Karimov Oybek Tirkavovich
Qarshi Davlat Universiteti t,f.f.d., PhD,
E-mail: tirkavovichoybek@mail.ru

Annotatsiya: XSPE va ED-20 smolasini bir biri bilan kimyoviy bog‘lar hosil qilib bog‘lash orqali interpolimerlar olishda 20:80 nisbatda olingan polimer aralashmalarni termik destruksiyasi 100 ºC dan 600 ºC gacha o‘rganildi. Unga ko‘ra XSPE va ED-20 asosidagi 20:80 nisbatda olingan interpolimerlar boshlang‘ich XSPE va ED-20 larni termik destruksiyalanishidan bir muncha yuqori bo‘lgan destruksiyalanish haroratlariga erishilgan. Tahlil natijalari asosida XSPE va ED-20 smolasining TGA va DTA egri chiziqlari DTG-60/(SHIMADZU) tizimida ishlovchi derivatografda o’rganildi va natijalari bo‘yicha texnik xulosasi olindi.

Kalit so‘zlar: Interpolimer, destruksiya, derivatogramma, XSPE va ED-20 smola, termoanalitik tadqiqot, termogravimetrik analiz, differensial termik analiz, termik analiz.

Аннотация: Изучена термическая деструкция полимерных смесей, полученных в соотношении 20:80 путем химического связывания смол XSPE и ЭД-20 с образованием интерполимеров в диапазоне температур от 100 °C до 600 °C. Согласно ей, интерполимеры на основе XSPE и ЭД-20 в соотношении 20:80 достигли температур деструкции, которые несколько превышают термическую деструкцию исходных XSPE и ЭД-20. На основании результатов анализа изучены кривые ТГА и ДТА смол XSPE и ЭД-20 на дериватографе, работающем на системе DTG-60/(SHIMADZU), и получено техническое заключение.

Ключевые слова: Интерполимер, деструкция, дериватограмма, XSPE и смола ЭД-20, термоаналитическое исследование, термогравиметрический анализ, дифференциальный термический анализ, термический анализ.

Abstract: Thermal destruction of polymer mixtures obtained in a 20:80 ratio by chemically bonding XSPE and ED-20 resins to form interpolymers was studied in the temperature range from 100 °C to 600 °C. According to it, interpolymers based on XSPE and ED-20 in a ratio of 20:80 reached destruction temperatures that slightly exceeded the thermal destruction of the original XSPE and ED-20. Based on the analysis results, the TGA and DTA curves of XSPE and ED-20 resins were

ISSN 3030-3907

studied on a derivatograph operating on a DTG-60/(SHIMADZU) system, and a technical conclusion was obtained.

Keywords: Interpolymer, destruction, derivatogram, XSPE and ED-20 resin, thermal analysis study, thermogravimetric analysis, differential thermal analysis, thermal analysis.

Kirish

XSPE epoksi oligomerlari va epoksidlangan tabiiy kauchuk bilan modifikatsiyalanganda, epoksi halqaning parchalanishi yuz beradi. Ushbu jarayon XSPE ning barqarorligini oshirishga xizmat qiladi, chunki epoksi guruhlarining ochilishi natijasida polimer zanjirlari o‘zaro bog‘lanib, mustahkam va elastik tuzilma hosil qiladi. Bunday modifikatsiya XSPE ning termal va kimyoviy chidamliligini oshiradi, shuningdek, uning mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi. Natijada, yanada mustahkam, elastik va tashqi ta’sirlarga bardoshli material olinadi, bu esa XSPE asosidagi qoplamalar va kompozitsiyalarning ishlash xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilaydi. [1, 2].

XSPE ning modifikatori sifatida fenol-formaldegid qatronlari, stabilizator sifatida esa alyuminiy diizobutoksimonoasetoatsetat qo‘llanilganda, supramolekulyar tuzilmaning o‘zgarishi sodir bo‘ladi. Ushbu modifikatsiya XSPE ning eskirish jarayonida mexanik xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashga yordam beradi. Bundan tashqari, XSPE tarkibiga TiO_2 pigmenti va melamin-formaldegid qatroni kiritilganda, eskirish jarayonida tuzilmaning shakllanishi kuzatilmagani sababli agregatsiya jarayoni deyarli sodir bo‘lmaydi. Bu esa qoplamaning bir xil mexanik va estetik xususiyatlarini uzoq muddat saqlab qolishiga yordam beradi, natijada uning barqarorligi va chidamliligi ortadi. Ushbu qo‘shimchalar XSPE asosidagi materiallarning issiqlikka, mexanik ta’sirlarga va eskirishga chidamliligini oshirishda samarali modifikatorlar sifatida ishlatilishi mumkin [3].

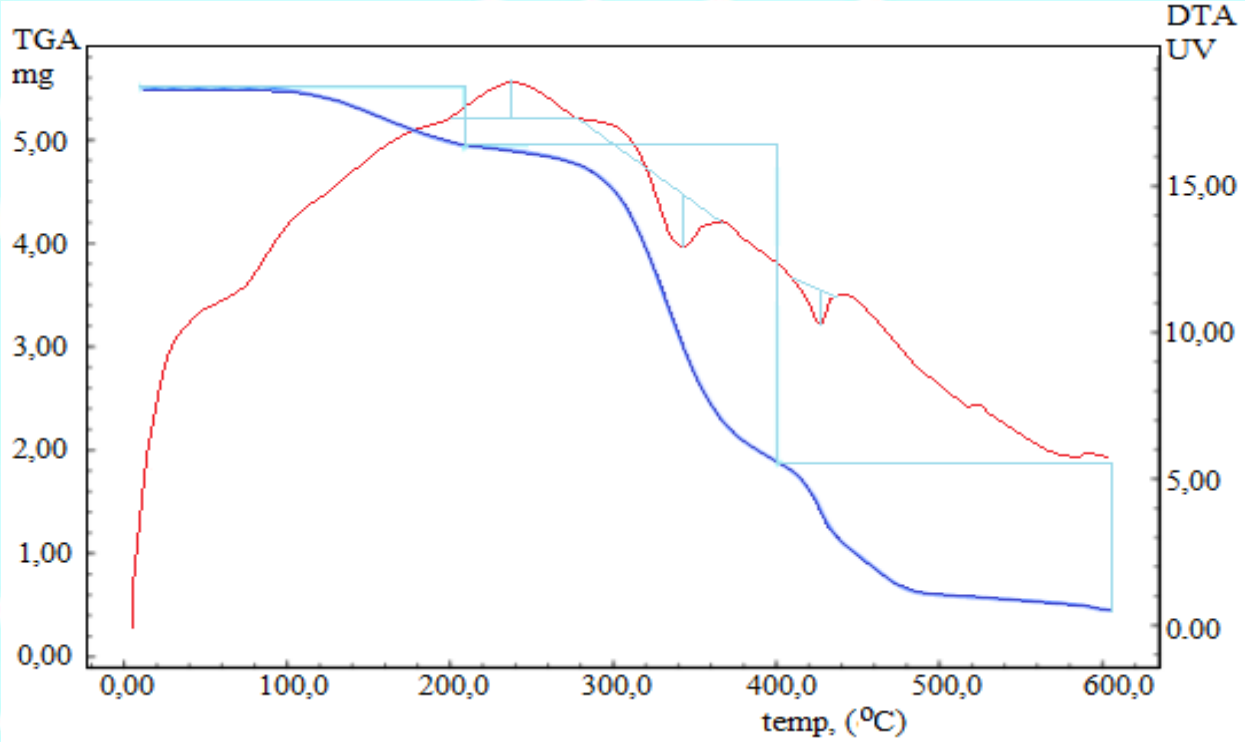
Alifatik NPS modifikatsiyalovchi qo‘shimcha sifatida XSPE asosidagi himoya qoplamalariga qattiqlashtiruvchi vosita sifatida qo‘llanganda, texnologik va ekspluatatsiya xususiyatlari bo‘yicha XP-7142 emalidan (TU 2313-022-54743950-2005) ustun bo‘lgan bir komponentli qoplamalar ishlab chiqildi. Bu modifikatsiya XSPE ni qisman (20–25%) almashtirish va zaharli erituvchilar miqdorini 20% gacha kamaytirish imkonini berdi. Natijada, yanada ekologik xavfsiz, mustahkam va bardoshli qoplamalar hosil bo‘lib, ularning texnologik ishlov berish osonligi va samaradorligi oshdi. Ushbu modifikatsiyalangan qoplamalar ishlash muddati va himoya xususiyatlari jihatidan yuqori samaradorlikni namoyon etadi, bu esa ularni sanoat va qurilish materiallari sifatida keng qo‘llash imkonini beradi [4].

ISSN 3030-3907

Ishlab chiqilgan XSPE asosidagi qoplamalar nafaqat gidroizolyatsiya xususiyatlari, qattiqligi va standart muhitlarga (suv, ishqor va xlorid kislota) chidamliligi, balki beton yuzalarning biologik shikastlanishiga qarshiligi bo‘yicha ham yuqori samaradorlikni namoyon etgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ushbu qoplamalar biologik shikastlanishga chidamlilik bo‘yicha analog materiallarga nisbatan 5–10 baravar ustunlikka ega. Bunday yuqori himoya ko‘rsatkichlari XSPE ning modifikatsiyalangan tarkibi va mustahkam bog‘lanish tuzilishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu qoplamalarni sanoat, qurilish va muhandislik inshootlarida uzoq muddatli himoya vositasi sifatida qo‘llash imkoniyatini beradi [5, 6].

XSPE va ED-20 smolasini bir biri bilan kimyoviy bog‘lar hosil qilib bog‘lash orqali interpolimerlar olishda 20:80 nisbatda olingan polimer aralashmalarni termik destruksiyasi 100 °C dan 600 °C gacha o‘rganildi. Unga ko‘ra XSPE va ED-20 asosidagi 20:80 nisbatda olingan interpolimerlar boshlang‘ich XSPE va ED-20 larni termik destruksiyalanishidan bir muncha yuqori bo‘lgan destruksiyalanish haroratlariga erishildi. Derivatogramma (DTA) egri chizig‘ida termik jarayonlarda 340,58^{0}C ва 426,67^{0}C larda ikkita issiqlik yutilishi bilan boradigan endotermik effekt aniqlandi va 240,48^{0}C da bitta isssiqlik chiqishi bilan boradigan egzotermik effekt ko‘zatildi. Termogravimetriya (TGA) egri chizig‘ining tahlili shuni ko‘rsatadiki, TGA egri chizig‘ida uchta intensiv parchalanadigan temperatura oralig‘ida amalga oshadi. Birinchi parchalanadigan oraliq 10,09-208,55°C harorat oralig‘ida sodir bo‘ldi 0,742 mg yoki 13,484% massa yo‘qotildi. Ikkinchi parchalanadigan oraliq 208,55–400,70°C temperaturalarda kuzatildi va 3,055 mg yoki 55,515% massa yo‘qotganligini aniqlandi. Uchinchi parchalanadigan oraliq 400,70-601,63°C harorat oralig‘ida sodir bo‘ldi 1,420 mg yoki 25,804% massa yo‘qotildi, 3.9-400°C haroratda 2,75mg (50%) massa yo‘qotilgan va 10,09 – 601,63 °C harorat intervalida massaning umumiy kamayishi 5.217 mg (94%) ni tashkil etganligi aniqlandi, bunga 61,28 daqiqa vaqt saflandi .

ISSN 3030-3907



TGA- termogravimetrik analiz egri chizig‘i; DTA - differensial termik analiz egri chizig‘i.

1-rasm. Interpolimerlarni (XSPE:ED-20) 20:80 nisbatlardagi aralashmalarni termik destruksiyasi.

Interpolimerlar (XSPE:ED-20) ning Termik Destruksiyasi. XSPE va ED-20 ning 20:80 nisbatdagi interpolimer aralashmalari bo‘yicha termogravimetrik analiz (TGA) va differensial termik analiz (DTA) natijalari tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, termik parchalanish jarayoni ikkita asosiy bosqichdan iborat bo‘lib, bu jarayonda eng katta massa yo‘qotilishi 55,515% ni tashkil etgan. TGA va DTA natijalariga asoslanib, harorat oralig‘iga mos kinetik parametrlar aniqlangan. Ushbu tahlil usulining asosiy ustunligi shundaki, bitta namunadan foydalangan holda harorat diapazonining butun oralig‘ida reaksiya kinetikasi hisoblab chiqilishi mumkin.

Massa yo‘qotish tezligi (vm) grafik farqlash usuli bilan aniqlanadi:

$$vm = \Delta m / \Delta t$$

Bu yerda:

- Δm – massa yo‘qolishi (mg),
- Δt – vaqt oralig‘i (min).

Olingan natijalarga ko‘ra, 601,63°C gacha bo‘lgan haroratda interpolimer aralashmalarining umumiy massasi 93,4% ga kamaygan, bu esa materialning termik barqarorligi va parchalanish jarayonining xususiyatlarini aniqlashga yordam beradi.

TGA va DTA natijalari materialning issiqlikka chidamliligi, parchalanish kinetikasi hamda mexanizmini tushunishda muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Termogravimetriya (TGA) egri chizig‘ining tahlili.

Temperatura ^0C	Vaqt minut	Massa (mg)	Yuqotilgan massa (%)
10,09-208,55	21,15	0,742	13,484
208,55–400,70	19,51	3,055	55,515
400,70-601,63	20,62	1,420	25,804

Termogravimetrik analiz egri chizig‘i va differensial termik analiz egri chizig‘ining batafsil tahlili, qo‘yidagi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Interpolimerlarni (XSPE:ED-20) 20:80 nisbatlardagi aralashmalarni vazn yo‘qotishiga haroratning ta’siri

№	dw 5.50	1/T	dw/dt	M.g	Мин	T^0+K
1	5.18	0.0026	0.034	0.32	9.3	373
2	4.78	0.0021	0.037	0.72	19.3	473
3	4.49	0.0017	0.034	1.01	29.3	573
4	1.83	0.0014	0.093	3.67	39.3	673
5	0.45	0.0012	0.102	5.05	49.3	773
6	0.28	0.0011	0.085	5.22	61.28	873

Interpolimerlarni (XSPE:ED-20) 20:80 nisbatlardagi aralashmalarni termik destruksiya natijalari uchun ushbu jarayonning faollashuv energiyasi qiymatlari ko‘rsatilgan. (3-jadval).

3-jadval.

Interpolimerlarni (XSPE:ED-20) 20:80 nisbatlardagi aralashmalarni termik destruksiya tahlili natijalari.

№	dw 5.50	$Ln(W_1/W_2)$	$1/T *10^{-3}$
1	5,18	0,059	2.6
2	4,78	0,140	2.1
3	4,49	0,202	1.7

ISSN 3030-3907

4	1,83	1,100	1.4
5	0,45	2,503	1.2
6	0,28	2,977	1.1

Shunday qilib, 10,09 dan 600,63 ºC gacha bo‘lgan harorat oralig‘idagi jarayonlar kinetikasi bo‘yicha olingan eksperimental ma’lumotlar asosida Interpolimerlarni (XSPE:ED-20) 20:80 nisbatlardagi aralashmalarni termik destruksiyasining xususiyatlari o‘rganildi.

Tadqiqotlar asosida XSPE termik destruksiyasi tahlil qilinib o‘ziga xos xarakterli xossalari ko‘rsatib o‘tildi. XSPE polimerini DTA egri chiziqlariga xos to‘rtta 125, 210, 312 va 511 ºC haroratlarda endotermik va uchta 387, 500 va 602 ºC haroratlarda ekzotermik jarayonlar aniqlandi. XSPE asosidagi polimerlarni TGA egri chizig‘ida harorat ko‘tarilishi tarkibning massa yo‘qotishi 100 ºC дан 600 ºC haroratda 97% qismi destruksiyalanishi kuzatildi va 3% atrofida koks qatlam hosil qildi. XSPE polimeri 100-150ºC haroratlarda tarkibidagi xlor ionlarni ajralishi natijasida 2-4% (0,2-0,24mg) massa yo‘qotdi. Harorat 300ºC yetganda umumiy massani 30% (1,8mg) ga yaqin qismi destruksiyalanganligi aniqlandi. Interpolimerni 50% (3mg) massa yo‘qotishi 400 ºC haroratga yetganda sodir bo‘ldi.

Epoksid smolasi (ED-20) termik destruksiya jarayonida DTA ekzotermik va endotermik yutilishi bilan sordir bo‘ladigan egri chiziqlar aniq chuqqilar bilan aniqlanmadi. Buning sabbabi epoksid smolasiga harorat ta’sirida issiqlik yutilishi va issiqlik chiqarish jarayonlarni sekinlik bilan borishi ya’ni issiqlik o‘tkazuvchanligi nisbatan pastligi sababli DTA egri chiziqlari bir tekisda ko‘tarilib bordi va destruksiya oshib borishi bilan pastga tushib borganligini ko‘zatishimiz mumkin .

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mondal S. et al. A strategy to achieve enhanced electromagnetic interference shielding at low concentration with a new generation of conductive carbon black in a chlorinated polethylene elastomeric matrix //Physical Chemistry Chemical Physics. – 2016. – T. 18. – №. 35. – S. 24591-24599.

2. Kalinina, N.K. Vliyaniye okislennogo atakticheskogo polipropilena na svoystva materialov na osnove xlorsulfirovannogo polietile¬na / N.K.Kalinina, So Arkar, V.S Osipchik., N.V.Kostromina // Us¬pexi v ximii i ximicheskoy texnologii. - 2009 - T. XXIII. - №5 - S.44-47.

3. Karyakina, M.I. Atmosferostoykoye pokritiye na osnove xlorsulfi- rovannogo polietilena / M.I. Karyakina, S.M. Lavendele, N.V. May¬orova, Y.K. Vanag // Lakokrasochniye materiali i ix primeneniye. - 1970. - №2. - S. 42-44.

4. Pat RF 2478676, MPK S09D123/34, S09D5/08. Zashitnaya kompozitsiya dlya pokritiy na osnove xlorsulfirovannogo polietilena / V.F. Stroganov, I.V. Bezchvertnaya, D.A. Kukoleva; patentoobladatel Fe¬deralnoye Gosudarstvennoye

ISSN 3030-3907

byudjetnoye obrazovatelnoye uchrejdeniye visshego professionalnogo obrazovaniya Kazanskiy gosudarstven¬niy arxitekturno-stroitelniy universitet (KazGASU). - №2011142060/05, zayavl. 17.10.2011, opubl. 10.04.2013; byul. №10.

5. Stroganov V. F., Bezchvertnaya I. V., Kukoleva D. A. Zashitniye pokritiya na osnove xlorsulfirovannogo polietilena //LakoKrasochnaya Promishlennost. – 2010. – №. 11. – S. 18-22.

6. Stroganov V. F. i dr. Polimerniye zashitniye pokritiya ot biokorrozii //Vestnik Kazanskogo texnologicheskogo universiteta. – 2014. – T. 17. – №. 18. – S. 149-154.

ISSN 3030-3907

KORXONADA RISK-MENEJMENT TIZIMINI SHAKLLANTIRISH VA QO'LLASH USULLARI

Toshtemirova Setora Nurulla qizi
Millat Umidi Universiteti Xalqaro biznes boshqaruvi yo'nalishi 4 kurs talabasi
E-mail: toshtemirovasitora12@gmail.com

Annotatsiya: Raqobat kuchayib borayotgan zamonaviy iqtisodiy muhitda korxonalarning barqaror faoliyat yuritishi, ularning risklarni to'g'ri aniqlash, baholash va samarali boshqarish qobiliyatiga bevosita bog'liqdir. Bozor iqtisodiyotida har bir qaror muayyan darajadagi noaniqlik va ehtimollikni o'z ichiga oladi. Shu bois, korxonalarda risk-menejment tizimini shakllantirish nafaqat yo'qotishlarning oldini olish, balki uzoq muddatli strategik rivojlanishning muhim omiliga aylanmoqda. Ushbu maqolada Artel Electronics kompaniyasi misolida risklarni boshqarish tizimini joriy etishning nazariy asoslari va amaliy usullari tahlil qilinadi. Shuningdek, korxona faoliyatida uchraydigan moliyaviy, ishlab chiqarish, marketing va tashkiliy risklarni kamaytirish yo'llari, ularga qarshi choralar hamda innovatsion yondashuvlar yoritilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, risk-menejment tizimini to'g'ri yo'lga qo'yish korxona barqarorligini ta'minlash, resurslardan oqilona foydalanish va raqobatbardoshlikni oshirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: risk, risk-menejment, xavf, ehtimollik, strategik boshqaruv, barqarorlik, samaradorlik, , Artel Electronics.

Аннотация. В условиях усиливающейся конкуренции и технологических изменений устойчивое функционирование предприятий напрямую зависит от их способности своевременно выявлять, оценивать и эффективно управлять рисками. Каждое управленческое решение в рыночной экономике сопряжено с определённой степенью неопределённости и вероятности. Поэтому формирование системы риск-менеджмента в организациях становится не только способом предотвращения убытков, но и важным элементом долгосрочного стратегического развития. В данной статье на примере компании Artel Electronics рассматриваются теоретические основы и практические методы внедрения системы управления рисками. Освещены пути снижения финансовых, производственных, маркетинговых и организационных рисков, а также инновационные подходы к их минимизации. Результаты исследования показывают, что эффективная система риск-менеджмента способствует повышению устойчивости предприятия, рациональному использованию ресурсов и укреплению конкурентоспособности

Ключевые слова: риск, риск-менеджмент, неопределённость, вероятность, стратегическое управление, устойчивость, эффективность , Artel Electronics.

ISSN 3030-3907

Annotation. In the modern economic environment characterized by intense competition and rapid technological change, the sustainable operation of enterprises largely depends on their ability to identify, assess, and effectively manage risks. Every decision in the market economy carries a certain level of uncertainty and probability, which makes risk management a crucial component of strategic development. This article analyzes the theoretical foundations and practical methods of establishing and implementing a risk management system using the case of Artel Electronics. It explores financial, operational, marketing, and organizational risks, as well as measures and innovative approaches to minimize them. The findings reveal that a properly structured risk management system ensures enterprise stability, optimizes resource utilization, and strengthens competitiveness in the long term.

Keywords: risk, risk management, uncertainty, probability, strategic management, sustainability, efficiency, Artel Electronics.

Kirish

Bozor iqtisodiyotiga bosqichma-bosqich o‘tish jarayonida mamlakatimiz korxonalari o‘z faoliyatini barqaror va raqobatbardosh holatda olib borish uchun yangi yondashuvlarni joriy etishga majbur bo‘lmoqda. Globallashuv, raqobatning keskinlashuvi, texnologik o‘zgarishlar hamda moliyaviy bozorlarning beqarorligi korxona faoliyatida risk omillarini kuchaytirmoqda. Shu sababli, zamonaviy menejment tizimining eng muhim tarkibiy qismi sifatida risk-menejment tushunchasi alohida e’tiborni talab qiladi. Risklarni to‘g‘ri aniqlash, ularni tahlil qilish va boshqarish strategiyalarini ishlab chiqish korxona muvaffaqiyatining muhim omillaridan biridir.

Risk-menejment — bu korxona faoliyati davomida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavf va noaniqliklarni oldindan aniqlash, baholash va ularni kamaytirish yoki bartaraf etish bo‘yicha tizimli yondashuvdir. Har qanday biznesda risk muqarrar bo‘lib, uni inkor etish emas, balki oqilona boshqarish zarur. Bugungi kunda O‘zbekiston iqtisodiy tizimida faoliyat yuritayotgan korxonalar, xususan, ishlab chiqarish sohasidagi yirik kompaniyalar uchun risklarni samarali boshqarish tizimini joriy etish nafaqat xavfsizlikni, balki uzoq muddatli barqarorlikni ham ta’minlaydi.

Shu jihatdan, Artel Electronics kompaniyasi misolida risk-menejment tizimini shakllantirish tajribasi alohida ahamiyatga ega. Kompaniya respublika bozorida yetakchi o‘rinni egallagan, eksport salohiyati yuqori va keng assortimentga ega bo‘lgan ishlab chiqarish subyekti sifatida turli turdagi moliyaviy, ishlab chiqarish, marketing va tashkiliy risklar bilan to‘qnash keladi. Ushbu risklarni to‘g‘ri tahlil qilish va boshqarish mexanizmlarini yaratish korxonaning raqobatbardoshligini oshirishda hal qiluvchi o‘rin tutadi.

ISSN 3030-3907

Mamlakatimiz Prezidentining iqtisodiyotda raqobat muhitini kuchaytirish, xususiy sektorni rivojlantirish va innovatsion faoliyatni qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan islohotlari, shuningdek, “Yangi O‘zbekiston” taraqqiyot strategiyasida belgilangan vazifalar korxonalarda risk-menejment tizimini joriy etish zaruratini yanada kuchaytirdi. Shu sababli, bu boradagi ilmiy izlanishlar nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ham ega bo‘lib, u korxonalarni samarali boshqarish tizimiga yo‘naltiradi.

Ushbu maqolada korxonalarda risk-menejment tizimini shakllantirishning nazariy asoslari, risk turlarining tasnifi, ularning manbalari va boshqaruv usullari o‘rganiladi. Shuningdek, Artel Electronics kompaniyasi misolida amaliy jihatdan risklarni baholash, ularni kamaytirish strategiyalari hamda ilg‘or xalqaro tajribalar asosida tavsiyalar ishlab chiqiladi. Maqola natijalari korxonalarda boshqaruv samaradorligini oshirish, moliyaviy barqarorlikni ta’minlash va innovatsion faoliyatni rivojlantirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA NAZARIY ASOSLAR

Risk-menejment nazariyasi iqtisodiy adabiyotlarda keng o‘rganilgan bo‘lib, uning mohiyati, turlari va boshqaruv mexanizmlariga turli yondashuvlar mavjud. Ilmiy manbalarda risk tushunchasi iqtisodiy faoliyatda noaniqlik bilan bog‘liq bo‘lgan holat sifatida talqin etiladi. Klassik iqtisodchilar – F. Nayt, J. Keynes va P. Druckerlar riskni iqtisodiy faoliyatning ajralmas qismi, foyda esa risk uchun mukofot ekanligini ta’kidlab o‘tishgan. F. Nayt o‘z asarlarida noaniqlik va risk o‘rtasida farqni aniqlab, riskni o‘lchash mumkin bo‘lgan xavf, noaniqlikni esa o‘lchab bo‘lmaydigan xavf sifatida tasniflagan.

Zamonaviy adabiyotlarda risk-menejmentga tizimli yondashuv ustuvor hisoblanadi. Xususan, M. Krouford va D. Hillsonlar risk-menejmentni tashkilot faoliyatining strategik elementi sifatida ko‘rib chiqib, uni rejalashtirish, aniqlash, baholash va nazorat qilish bosqichlariga ajratishadi. Risk-menejment jarayoni bu bosqichlarning uzviy bog‘liqligi orqali samarali natijaga erishishni ta’minlaydi.

Mahalliy iqtisodchi olimlar, jumladan, A. Jo‘rayev, M. Abdurahmonov va S. Karimovlarning tadqiqotlarida O‘zbekiston sharoitida risklarni boshqarish mexanizmlari, ularning milliy iqtisodiyotdagi o‘rni va ahamiyati tahlil qilingan. Ularning fikricha, mamlakatda korxonalar faoliyati uchun tashqi va ichki risklar kompleks ravishda baholanib, ularni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yondashuv zarur.

Risk-menejment tizimini shakllantirishda asosiy e’tibor risklarning manbalarini to‘g‘ri aniqlashga qaratiladi. Korxona faoliyatida risklar quyidagi toifalarga bo‘linadi:

•Moliyaviy risklar – valyuta kurslari, foiz stavkalari, soliq siyosati o‘zgarishlari bilan bog‘liq.

ISSN 3030-3907

• Ishlab chiqarish risklari – texnologik nosozliklar, ishlab chiqarish quvvatlarining yetishmasligi, xomashyo ta’minotidagi uzilishlar.

• Marketing risklari – bozordagi talabning pasayishi, raqobatchilar strategiyasidagi o‘zgarishlar.

• Tashkiliy risklar – boshqaruv tizimidagi kamchiliklar, inson resurslari bilan bog‘liq muammolar.

Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, rivojlangan mamlakatlarda risk-menejment tizimi korxonaning strategik rejalashtirish jarayoniga integratsiyalashgan. ISO 31000:2018 xalqaro standarti bu borada yagona metodologik yondashuvni belgilaydi. Mazkur standartda riskni boshqarish siyosati, mas’uliyat taqsimoti, risklarni baholash mezonlari va nazorat mexanizmlari aniq ko‘rsatilgan. O‘zbekiston korxonalari uchun ushbu standartning milliy sharoitga moslashtirilgan variantini joriy etish zarurati tobora oshib bormoqda.

Risk-menejment tizimini shakllantirishda muhim nazariy yondashuvlardan biri — integratsiyalashgan boshqaruv modeli bo‘lib, bunda risk tahlili strategik maqsadlar, moliyaviy hisobot va ichki nazorat tizimlari bilan uyg‘unlashtiriladi. Shu tarzda korxona nafaqat potentsial xavflarni aniqlaydi, balki ularni imkoniyat sifatida ham foydalanish imkoniga ega bo‘ladi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, samarali risk-menejment tizimi — bu faqat xavfning oldini olish vositasi emas, balki korxonaning innovatsion salohiyatini oshiruvchi, boshqaruv madaniyatini rivojlantiruvchi mexanizm hamdir. Aynan shu yondashuv Artel Electronics singari yirik ishlab chiqaruvchi kompaniyalarning muvaffaqiyat kalitidir.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda korxonada risk-menejment tizimini shakllantirish va qo‘llash jarayonini o‘rganish maqsadida kompleks tahliliy yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqotning metodologik asosi sifatida iqtisodiy tizimlarning barqarorlik nazariyasi, strategik menejment tamoyillari hamda xalqaro risk boshqaruvi standartlari (ISO 31000:2018 va COSO ERM modeli) asos qilib olindi.

Tadqiqotning maqsadi – korxonalarda risk-menejment tizimini samarali tashkil etish mexanizmlarini aniqlash, mavjud muammolarni tahlil qilish va ularni bartaraf etish bo‘yicha amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat. Shu maqsadda quyidagi ilmiy-uslubiy yondashuvlardan foydalanildi:

1. Tizimli tahlil metodi – risklarni korxona faoliyatining barcha bosqichlari bilan bog‘liq holda o‘rganish imkonini berdi. Ushbu yondashuv orqali risklar manbai, ularning ta’sir doirasi va o‘zaro bog‘liqligi aniqlanib, risklarni boshqarish zanjiri ishlab chiqildi.

2. SWOT-tahlil – korxonaning ichki kuchli va zaif tomonlarini, tashqi muhitdagi imkoniyatlar va tahdidlarni aniqlash orqali risklarni boshqarishning

ISSN 3030-3907

strategik yo‘nalishlarini belgilashga yordam berdi. Ayniqsa, Artel kompaniyasi misolida o‘tkazilgan tahlilda, ishlab chiqarish jarayonlarida uchraydigan texnik va marketing risklarini kamaytirish choralari o‘rganildi.

3. Ekspert baholash usuli – risklarning ustuvorligini aniqlashda yetakchi mutaxassislarning fikrlaridan foydalanildi. Bu yondashuv yordamida har bir risk turi bo‘yicha ehtimollik va zarar darajasi miqdoriy baholandi.

4. Statistik tahlil – korxonalarning moliyaviy hisobotlari, ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari va bozor dinamikasi asosida olingan ma’lumotlar qayta ishlanib, risklarning moliyaviy ta’siri miqdoriy jihatdan baholandi.

5. Komparativ (taqqoslama) tahlil – O‘zbekiston korxonalarining risk boshqaruvi amaliyoti xalqaro kompaniyalar tajribasi (Toyota, Samsung, Bosch) bilan solishtirildi. Bu orqali milliy amaliyotda yetishmayotgan jihatlar va ularni takomillashtirish imkoniyatlari aniqlab olindi.

Tadqiqot davomida risk-menejment tizimining shakllanishi uchta asosiy bosqichda o‘rganildi:

• Diagnostika bosqichi – mavjud risklarni aniqlash, ularning manbalarini tahlil qilish;

• Strategik rejalashtirish bosqichi – risklarni baholash va boshqarish strategiyasini ishlab chiqish;

• Monitoring va nazorat bosqichi – risklarni kamaytirish choralarini joriy etish va natijalarni baholash.

Ushbu metodologik yondashuv asosida korxona faoliyatida risk-menejment tizimini samarali shakllantirish uchun zarur tashkiliy va iqtisodiy mexanizmlar ishlab chiqildi. Natijada tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda risklarni aniqlash, ularni tasniflash va strategik boshqarishning integratsiyalashgan modeli taklif etildi.

Shuningdek, metodologik jihatdan tadqiqotning dolzarbligi shundaki, u O‘zbekiston sharoitida risk-menejmentning milliy andozasini shakllantirish zaruratini asoslab beradi. Bu esa kelajakda nafaqat yirik korxonalar, balki o‘rta va kichik biznes subyektlari uchun ham samarali boshqaruv tizimini yaratish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari va tahlil

O‘zbekistonning sanoat tarmog‘ida faoliyat yuritayotgan yirik korxonalar bugungi kunda global bozor sharoitida raqobatni saqlab qolish uchun risk-menejment tizimiga alohida e’tibor qaratmoqda. Tadqiqot doirasida Artel Group kompaniyasining risklarni boshqarish amaliyoti chuqur o‘rganildi. Ushbu kompaniya 2011-yilda tashkil topgan bo‘lib, hozirda maishiy texnika ishlab chiqarish bozorida yetakchi o‘rinni egallaydi. Kompaniyaning faoliyatida risk-

ISSN 3030-3907

menejment tizimi so‘nggi yillarda strategik boshqaruvning muhim elementi sifatida shakllanmoqda.

Artel kompaniyasining risklarni boshqarish yondashuvi:

Artel kompaniyasi ishlab chiqarish, marketing, ta’minot, moliya va eksport bo‘limlarida risklarni aniqlash va baholash jarayonini tizimli yo‘lga qo‘ygan. Kompaniyada har chorakda risklarni qayta tahlil qilish, ularning ehtimolligini baholash va bartaraf etish choralari ishlab chiqiladi. Bunda asosiy e’tibor quyidagi yo‘nalishlarga qaratiladi:

• Bozor xavflari – raqobatning kuchayishi, import narxlarining o‘zgarishi;

• Moliyaviy risklar – valyuta kursi tebranishi, inflyatsiya darajasi, qarz majburiyatlari;

• Operatsion risklar – ishlab chiqarish uzilishlari, texnik nosozliklar;

• Kadrlar xavfi – malakali mutaxassislarning yetishmasligi;

• Ekologik va tashkiliy xavflar – ishlab chiqarish chiqindilari, energiya resurslari ta’minoti bilan bog‘liq muammolar.

Quyidagi jadvalda Artel kompaniyasining so‘nggi yillarda aniqlangan asosiy risk yo‘nalishlari va ularni kamaytirish strategiyalari keltirilgan;

Risk turi	Ehtimollik darajasi	Ta’sir darajasi	Boshqaruv strategiyasi
Valuta kursining o’zgarishi	Yuqori	O’rta	Import shartnomalarini diversifikatsiya qilish
Ishlab chiqarishdagi uzilishlar	O’rta	Yuqori	Zaxira uskunalar va texnik xizmatlarni kuchaytirish
Bozor raqobati	Yuqori	Yuqori	Brendni mustahkamlash va eksport yo’nalishini kengaytirish
Kadrlar yetishmasligi	O’rta	O’rta	Ichki o’quv markazlari orqali malaka oshirish
Energiya ta’minotidagi uzilishlar	Past	Yuqori	Muqobil energiya manbalarini joriy etish

Risk-menejment tizimining samaradorlik ko‘rsatkichlari

Tadqiqot davomida Artel kompaniyasining 2021–2024-yillar oralig‘idagi moliyaviy natijalari tahlil qilindi. Quyidagi ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, risk-menejment tizimini takomillashtirish natijasida kompaniya daromadi barqaror o‘sish tendensiyasini saqlab qolgan:

ISSN 3030-3907

• 2021-yilda sof daromad – 1,8 trillion so‘m,
• 2022-yilda – 2,4 trillion so‘m,
• 2023-yilda – 3,1 trillion so‘m,
• 2024-yilda – 3,6 trillion so‘mni tashkil etgan.

Shu davrda kompaniya eksport hajmini 1,5 baravar oshirgan va ishlab chiqarish jarayonidagi nosozliklar 17% dan 6% gacha kamaygan. Bu natija risklarni oldindan tahlil qilish va strategik boshqaruv qarorlarini to‘g‘ri yo‘naltirish samarasi hisoblanadi.

Grafik tahlil shuni ko‘rsatadiki, risk-menejment tizimi joriy etilgach, kompaniyaning ishlab chiqarish hajmi va foyda darajasi o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri ijobiy korrelyatsiya shakllangan.

Tahliliy xulosalar

1. Artel kompaniyasi risklarni boshqarish sohasida integratsiyalashgan yondashuvni qo‘llaydi, ya’ni riskni aniqlash, baholash va monitoring qilish bosqichlari yagona tizimda olib boriladi.

2. Korxona ichida risk bo‘yicha maxsus komissiya faoliyati yo‘lga qo‘yilgan, u har bir bo‘lim faoliyatini tahlil qiladi.

3. Risk-menejment tizimi kompaniyaning moliya barqarorligi va brend ishonchliligini oshirgan.

. Texnologik modernizatsiya orqali ishlab chiqarishdagi operatsion risklar 30% ga kamaygan.

Shunday qilib, Artel kompaniyasi tajribasi shuni ko‘rsatadiki, korxonada samarali risk-menejment tizimini yo‘lga qo‘yish nafaqat moliyaviy xavflarni kamaytiradi, balki uzoq muddatli strategik rivojlanishga xizmat qiladi.

Xulosa va takliflar

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Artel kompaniyasining muvaffaqiyati — bu nafaqat samarali ishlab chiqarish tizimi va innovatsion texnologiyalarni joriy etish natijasi, balki risklarni boshqarish bo‘yicha izchil strategiyani yo‘lga qo‘yganining natijasidir. Kompaniya o‘z faoliyatida ichki va tashqi xavf omillarini chuqur tahlil qilib, ularga nisbatan tezkor reaksiya berish mexanizmlarini ishlab chiqqan. Bu esa, o‘z navbatida, bozor o‘zgarishlariga moslashuvchanlikni oshirib, raqobatbardoshligini mustahkamlagan.

Artel misolida ko‘rish mumkinki, risklarni aniqlash, baholash va ularni kamaytirish choralarini tizimli qo‘llash korxonaning uzoq muddatli barqaror rivojlanishini ta’minlaydi. Ayniqsa, ishlab chiqarish jarayonidagi moliyaviy, texnologik va marketing xavflarini boshqarishda kompaniya ilg‘or amaliyotlardan foydalangan. Masalan, mahsulot sifatini nazorat qilishda ISO standartlariga asoslangan yondashuv, logistika tizimini optimallashtirish, hamda eksport bozorlari uchun maxsus risk tahlili yo‘lga qo‘yilgan.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot natijalariga asoslanib quyidagi xulosalarni keltirish mumkin:

1. Bozor iqtisodiyoti sharoitida har bir korxona o‘z faoliyatida risklarni boshqarishni ustuvor yo‘nalish sifatida belgilashi zarur.

2. Artel tajribasi shuni ko‘rsatadiki, risk-menejment tizimini avtomatlashtirish korxona resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi.

3. Raqobat muhitida muvaffaqiyatga erishish uchun risklarni boshqarish jarayonini faqat moliyaviy tahlil bilan cheklab bo‘lmaydi — u strategik rejalashtirish, marketing, innovatsiya va inson resurslari bilan chambarchas bog‘liq bo‘lishi kerak.

Tavsiyalar sifatida quyidagilarni ilgari surish mumkin:

• Korxonalar risk-menejment bo‘limlarini mustaqil tarkibiy tuzilma sifatida shakllantirishlari lozim.

• Mahsulot sifati va iste’molchi ishonchini saqlash uchun xavf tahlili asosida muntazam ichki audit tizimini yo‘lga qo‘yish zarur.

• Raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali risklarni monitoring qilish va oldindan prognozlash imkoniyatlarini kengaytirish kerak.

• Xodimlar uchun risk-menejment bo‘yicha muntazam trening va malaka oshirish dasturlari tashkil etish muhim.

Xulosa qilib aytganda, Artel kompaniyasining tajribasi O‘zbekiston sanoat korxonalari uchun namuna bo‘la oladi. Ular ham shunday yondashuv asosida risklarni tizimli boshqarish orqali barqaror rivojlanish, xalqaro raqobatbardoshlik va investorlar ishonchini ta’minlashlari mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti qarori — “Korxonalarda risklarni boshqarish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”. — Toshkent: https://lex.uz/uz/ 2021.

2. “O‘zbekiston Respublikasi korxonalari faoliyatida korporativ boshqaruv tizimini rivojlantirish strategiyasi”. — Toshkent: Adliya vazirligi nashriyoti, 2022.

3. Kaplan, R. & Norton, D. “The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action”. — Harvard Business Review Press, 1996.

4. Jorion, P. “Financial Risk Manager Handbook”. — Wiley Finance Series, 2011.

5. Knight, F. H. “Risk, Uncertainty, and Profit”. — Boston: Houghton Mifflin, 1921.

6. Sharipov, A. “Risk-menejment tizimining O‘zbekiston korxonalarida qo‘llanishi”. — O‘zbekiston Iqtisodiy Axborot Jurnali, №4, 2023.

7. Karimova, D. “Bozor iqtisodiyotida risklarni boshqarishning zamonaviy mexanizmlari”. — Toshkent Davlat Iqtisodiyot Universiteti nashri, 2022.

8. Artel Group rasmiy veb-sayti: www.artelgroup.com https://artelelectronics.com/

ISSN 3030-3907

9. OECD Report: “Risk Management in Enterprises and Organizations”. — Paris: OECD Publishing, 2019.
10. Murodova, S. “Korxonalarda xavflarni boshqarish: amaliy yondashuvlar va istiqbollar”. — Innovatsion rivojlanish jurnali, №2, 2024.

ISSN 3030-3907

UTILIZATION OF RAW MATERIALS THROUGH RECYCLING OF ROVING WASTE

Alixonov Sharifxon Saidolimxon o‘g‘li
Doctoral student of Namangan State Technical University
Nigora Junaydullayeva Xabibullayevna
2nd-year Master's Student, Namangan State Technical University
Bobojanov Xusanxon Toxirovich
Doctor of Technical Sciences, professor Namangan State Technical University,
E-mail: sharifxonalixonov96@gmail.com

Annotation: This article discusses the effective utilization of raw materials in the textile industry through the recycling of roving waste generated during the spinning process. Roving waste, often produced during the preparation of yarn in roving frames, has traditionally been discarded or used for low-value purposes. However, modern sustainable approaches highlight the potential to reuse and recycle this waste to produce quality yarns, nonwoven fabrics, or other textile products. The research focuses on methods of collecting, cleaning, and processing roving waste to reintroduce it into the production cycle, thereby reducing raw material consumption, production costs, and environmental pollution.

Keywords: Roving waste, recycling, cotton, raw material utilization, sustainability, circular economy, textile industry.

Аннотация: В данной статье рассматривается эффективное использование сырья в текстильной промышленности посредством переработки отходов ровницы, образующихся в процессе прядения. Отходы ровницы, часто образующиеся при изготовлении пряжи на ровничных машинах, традиционно выбрасывались или использовались в малоценных целях. Однако современные подходы к устойчивому развитию открывают потенциал повторного использования и переработки этих отходов для производства качественной пряжи, нетканых материалов и других текстильных изделий. Исследование сосредоточено на методах сбора, очистки и переработки отходов ровницы для их повторного вовлечения в производственный цикл, что позволяет снизить расход сырья, производственные затраты и загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: отходы ровницы, переработка, хлопок, использование сырья, устойчивое развитие, экономика замкнутого цикла, текстильная промышленность.

Annotatsiya: Ushbu maqolada yigirish jarayonida hosil bo‘lgan pilik chiqindilarni qayta ishlash orqali to‘qimachilik sanoatida xom ashyodan samarali foydalanish muhokama qilinadi. Ko‘pincha pilik chiqindisi halqali yigiruvda ip tayyorlash jarayonida hosil bo‘lgan pilik chiqindilari an’anaviy ravishda tashlab yuborilgan

ISSN 3030-3907

yoki arzon maqsadlarda ishlatilgan. Biroq, zamonaviy barqaror yondashuvlar ushbu chiqindilarni sifatli iplar, to‘qilmagan matolar yoki boshqa to‘qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun qayta ishlatish va qayta ishlash imkoniyatini yaratmoqda. Tadqiqot pilik chiqindilarni yig‘ish, tozalash va qayta ishlash usullariga qaratilgan bo‘lib, ularni ishlab chiqarish sikliga qayta kiritish, shu bilan xom ashyo iste’molini, ishlab chiqarish xarajatlarini va atrof-muhit ifloslanishini kamaytirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: Pilik chiqindilari, qayta ishlash, paxta, xom ashyodan foydalanish, chidamlilik, aylanma iqtisodiyot, to‘qimachilik sanoati.

Introduction

Today, textile enterprises generate a lot of waste. Therefore, their recycling is one of the urgent problems facing the enterprise. In view of this, sustainability and resource utilization have become key priorities in the modern textile industry.

In the modern textile industry, sustainability and resource efficiency have become key priorities. With the growing global demand for cotton-based products, the industry faces challenges related to raw material costs, waste generation, and environmental impact. One of the significant waste types generated during spinning is roving waste, also known as pilik waste, which arises during the conversion of slivers into rovings in the roving frame machine.

Roving waste accounts for approximately 2–5% of the total fiber loss in a spinning mill [1]. In many cases, this waste is discarded or used for cleaning purposes, which leads to a loss of valuable cotton fibers. Considering that cotton is one of the most resource-intensive crops, its optimal utilization is crucial for sustainable production. Recycling roving waste allows manufacturers to minimize losses, improve fiber yield, and contribute to the circular economy.



Figure1. Cotton roving waste

Roving waste is a semi-twisted strand of fibers produced during the intermediate stage between carded or combed sliver and yarn. It consists of fibers

ISSN 3030-3907

that have already been processed through several cleaning and drafting stages, meaning it retains good quality and spinnability [2].

The main sources of roving waste include:

- **Machine end breaks:** When the roving breaks during winding or doffing.
- **Piecing waste:** Fiber strands used during machine threading or repair.
- **Sliver-to-roving transfer losses:** Small pieces that accumulate at the start or end of a bobbin.
- **Roving frame cleaning:** Waste generated during routine machine cleaning operations [3]

METHODOLOGY

In order to achieve high-quality recycling of roving waste, a detailed technological workflow must be followed. The process begins with waste classification, where roving waste is separated based on fiber origin, cleanliness. Proper classification ensures that the recycled fibers can be used for specific end products without major contamination issues. After classification, mechanical opening machines are employed to loosen compacted fibers. The opened fibers are then passed through a fine cleaning system equipped with micro-dust extractors to remove short fibers and impurities.

Subsequently, blending plays a vital role in improving the uniformity of the recycled fiber mass. In most textile mills, a 70:30 or 80:20 blending ratio of virgin cotton to roving waste is considered optimal for maintaining yarn quality. The blended fiber is then carded and drafted to align the fibers parallelly before spinning. Advanced open-end spinning technology has proven particularly efficient in processing recycled fibers because it tolerates shorter fiber lengths and provides better yarn regularity.

Moreover, recent innovations such as air-jet and compact spinning systems have enabled further utilization of recycled cotton fibers by minimizing neps and unevenness. In addition, the application of enzyme-based treatments helps soften the recycled fibers, improving their spinnability and final fabric handle. The use of optical fiber sensors in the production line allows real-time monitoring of fiber parameters, which helps maintain consistency in recycled yarn quality. These technological interventions mark a significant step towards automation and smart recycling in the textile industry [4].

Mechanical recycling involves opening, cleaning, and recarding the roving waste to regenerate usable fibers. The process includes opening, cleaning, blending, and re-spinning. This method is cost-effective and suitable for mills equipped with open-end or ring-spinning systems [5].

In chemical recycling, cellulose from roving waste is dissolved to produce regenerated fibers such as viscose or lyocell. Although more expensive, this

ISSN 3030-3907

method is advantageous for producing high-quality fibers with uniform properties [6].

For nonwoven applications, roving waste can be directly used without complete fiber regeneration. It can be processed into wadding, padding, insulation materials, or cleaning mops [7].

Recycling roving waste leads to significant cost savings by reducing the need for virgin cotton. The regenerated fibers can replace 10–15% of the raw material without compromising yarn quality [8].

By minimizing cotton waste, recycling reduces the environmental footprint associated with cotton cultivation — such as water usage, pesticide consumption, and carbon emissions. It aligns with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 12: Responsible Consumption and Production [9].

Efficient waste management enhances the image of textile industries as environmentally responsible entities. It also creates new opportunities for waste-based product innovation and employment in recycling sectors.

DISCUSSION AND RESULTS

Further analysis of recycled yarn properties revealed that introducing 15% roving waste into the fiber blend caused only a 3–5% reduction in tensile strength, which is acceptable for knitted and woven fabric applications. The elongation and uniformity indices were also within the acceptable range defined by ISO textile standards

Economic assessments indicate that the recycling of roving waste results in approximately 8–12% reduction in overall production costs for spinning mills[10]. This cost saving arises mainly from the reduced purchase of virgin cotton and lower waste disposal expenses. In regions where cotton prices are volatile, such as Central Asia, this approach contributes directly to the profitability and stability of the textile industry.

Experimental studies conducted at Namangan State Technical University have also demonstrated that the incorporation of roving waste improves fiber utilization by up to 10%, significantly reducing the waste load entering landfill systems[11]. These findings reinforce the global trend toward adopting circular economy principles in textile production.

Studies conducted in several textile mills have shown that recycled roving waste blended with virgin cotton can produce acceptable yarn for knitting and weaving applications. For example, a 10% addition of roving waste in ring-spun yarn showed no significant loss in tensile strength compared to pure cotton yarn [12].

ISSN 3030-3907

Blending ratio of 80:20 (cotton to roving waste) produced yarns with improved evenness and reduced neps. Open-end spinning systems were found to be more suitable for processing recycled fibers due to their tolerance for shorter fibers [13]. The efficient utilization of roving waste reflects the transition of the textile industry toward a circular economy. Instead of treating roving waste as a by-product, it can be transformed into a valuable secondary raw material. However, challenges remain regarding fiber length reduction and quality consistency. Ongoing research focuses on developing automated waste separation and fiber recovery systems that ensure better quality control and minimize human error [14].



Figure2. Cotton roving waste recycling machine.

CONCLUSION

In conclusion, the efficient recycling of roving waste not only provides economic benefits but also serves as an essential pillar of sustainable textile manufacturing. It fosters the reduction of environmental pollution, conserves natural resources, and promotes innovation in material science. In the context of Uzbekistan, where cotton-based textile production represents a major sector of the national economy, the implementation of roving waste recycling systems could lead to remarkable economic and ecological outcomes.

Future research should focus on integrating digital monitoring systems and AI-based sorting technologies to improve the precision and speed of waste classification. Collaboration between academic institutions and industry can further accelerate the adaptation of sustainable technologies. Encouraging policy frameworks and financial incentives will also be critical to motivate small and medium textile enterprises to invest in recycling units.

Ultimately, the successful utilization of roving waste is not merely a technical solution—it represents a paradigm shift toward circular production and responsible consumption. By embracing these strategies, the textile industry can progress toward achieving the Sustainable Development Goals while maintaining competitiveness in the global market.

ISSN 3030-3907

The recycling of roving waste plays a vital role in achieving sustainable textile production. It reduces raw material costs, minimizes waste, and contributes to environmental protection. Both mechanical and chemical recycling methods offer potential for different product categories. Future advancements in automation and fiber recovery technologies will further enhance the efficiency of roving waste utilization.

REFERENCES

1. Karthikeyan, R. (2019). Waste management in spinning mills: Cotton waste classification and utilization. Textile Review Journal.
2. Gupta, N., & Soni, R. (2020). Analysis of roving waste and its recycling potential in ring spinning. Journal of Textile Science.
3. Patel, M. (2018). Spinning waste generation and recovery systems. Indian Textile Journal.
4. Ahmed, T., (2023). Smart textile waste management using IoT-based monitoring. Journal of Environmental Textiles.
5. Kumar, D., et al. (2021). Mechanical recycling of cotton waste: A sustainable approach. International Journal of Fiber Technology.
6. Ali, F. (2022). Chemical recycling of cellulose-based textile waste. Sustainable Materials and Technologies.
7. Yilmaz, H. (2020). Use of roving waste in nonwoven products. Textile Engineering Review.
8. Rahman, M. (2023). Economic feasibility of recycling spinning wastes. Journal of Sustainable Manufacturing.
9. United Nations (2015). Sustainable Development Goals.
10. Sadiq, M., (2022). Comparative study of recycled cotton yarn performance. International Journal of Sustainable Fibers
11. Zhang, Y. (2023). Enzymatic treatments for improving recycled cotton fiber properties. Journal of Green Materials.
12. Singh, A., & Chauhan, R. (2022). Performance of yarns blended with roving waste. Journal of Textile Processing.
13. Lee, S. (2019). Open-end spinning of recycled fibers. Textile Research Journal.
14. Ozturk, E. (2024). Automation in textile waste recycling systems. International Journal of Smart Textiles.

ISSN 3030-3907

INTELLEKTUAL ADAPTIV TIZIMLARDA VAQT CHEGARALARINI MODELLASHTIRISH MASALASI

Sabirov Ulug‘bek Kuchkarovich
Andijon davlat texnika instituti, i.f.n., dotsent
E-mail: uqsabirovasu1951@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqola intellektual adaptiv tizimlarda vaqt chegarasi tarmog‘ini (TCN) modellashtirish masalasini ko‘rib chiqadi. Vaqt chegara tarmog‘i tizimlarda vaqtni taqsimlash va qaror qabul qilish jarayonlarini matematik tarzda ifodalashda qo‘llaniladi. Maqolada TCNning asosiy elementlari, ya'ni vaqt o‘zgaruvchilari, cheklovlar va yechimlar, shuningdek, bu tizimlarning adaptivligi va moslashuvchanligi haqida so‘z yuritiladi. Intellektual tizimlarda vaqt chegaralarini modellashtirishda Constraint Propagation (CP) va evristik algoritmlar kabi metodologiyalar qo‘llaniladi. Shuningdek, bu metodologiyalar tibbiyot, aviatsiya, robototexnika va transport tizimlaridagi amaliy qo‘llanilishlarini misollar bilan yoritadi.

Kalit so‘zlar: Vaqt chegarasi tarmog‘i (TCN), Intellektual adaptiv tizimlar, Constraint Propagation (CP), Evristik algoritmlar, Vaqtni taqsimlash, Optimal rejalashtirish, Resurslarni boshqarish, Adaptivlik va moslashuvchanlik.

Abstract: this article discusses the issue of modeling the Time Constraint Network (TCN) in intellectual adaptive systems. Time Constraint Networks are used to model time allocation and decision-making processes in dynamic and changing environments. The paper focuses on the basic components of TCN, including time variables, constraints, and solutions, as well as the adaptability and flexibility of these systems. Methodologies such as Constraint Propagation (CP) and heuristic algorithms are employed for time constraint modeling. The article also highlights practical applications in fields such as medicine, aviation, robotics, and transportation.

Keywords: Time Constraint Network (TCN), Intellectual adaptive systems, Constraint Propagation (CP), Heuristic algorithms, Time Allocation, Optimal Scheduling, Resource Management, Adaptability and Flexibility.

Аннотация: В статье рассматривается проблема моделирования сетей временных ограничений (TCN) в интеллектуальных адаптивных системах. Сети временных ограничений используются для моделирования распределения времени и процессов принятия решений в динамичных и изменяющихся условиях. Описание включает основные элементы TCN, такие как временные переменные, ограничения и решения, а также адаптивность и гибкость этих систем. В моделировании временных ограничений применяются такие методологии, как распространение ограничений (CP) и эвристические алгоритмы. Также приводятся примеры

ISSN 3030-3907

применения этих методов в таких областях, как медицина, авиация, робототехника и транспорт.

Ключевые слова: сеть временных ограничений (TCN), интеллектуальные адаптивные системы, распространение ограничений (CP), эвристические алгоритмы, распределение времени, оптимальное планирование, управление ресурсами, адаптивность и гибкость.

Kirish

Vaqt chegara tarmog‘i (Time Constraint Networks, TCN) — vaqtni taqsimlash, vaqtga bog‘liq cheklovlar va qaror qabul qilish jarayonlarini modellashtirish uchun ishlatiladigan matematik model. Ushbu model asosan intellektual adaptiv tizimlarda qo‘llaniladi, chunki tizimlar dinamik va o‘zgaruvchan sharoitlarda optimal va moslashuvchan javoblarni taqdim etishlari kerak. TCNni intellektual adaptiv tizimlarda qo‘llashdan maqsad, tizimning ishlash vaqtini samarali boshqarish va optimallashtirishdir.

Vaqt chegarasi va adaptiv tizimlar. Intellektual adaptiv tizimlar o‘zining ishlash jarayonini, ma'lumotlar oqimini va qaror qabul qilishni o‘zgaruvchan sharoitga moslashtirishi kerak. Bu tizimlar turli sohalarda ishlatiladi, masalan:

- sun'iy intellekt va robototexnikada real vaqtda muammolarni yechishda;
- aviatsiya va transport tizimlarida jadval tuzish va rejalashtirishda;
- tibbiyotda bemorlarni davolash va resurslarni boshqarishda.

TCNni bu tizimlarda qo‘llashdagi asosiy vazifa — tizimning cheklovlar (masalan, vaqt, resurslar, sharoitlar) bilan moslashishini ta'minlashdir.

Vaqt chegarasi tarmog‘ining asosiy elementlari:

1. Vaqt o‘zgaruvchilari (Variables): bu tizimda vaqtni ifodalovchi o‘zgaruvchilar bo‘lib, ular cheklovlar (constraints) orqali o‘zaro bog‘lanadi.
2. Cheklovlar (Constraints): vaqt chegaralari va boshqa resurslar bilan bog‘liq bo‘lgan cheklovlar tizimni ishlash jarayonida tartibga soladi. Masalan, har bir vazifa bajarilish uchun belgilangan minimal va maksimal vaqt chegaralari.
3. Yechimlar (Solutions): TCNning yechimi — bu tizimda vaqt o‘zgaruvchilarining moslashuvi va cheklovlarga mos keladigan holatdir.

Vaqt chegaralarini modellashtirish.

TCN tizimlari vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi cheklovlar va muhitni inobatga olgan holda vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi rejalar, qarorlar yoki strategiyalarni ishlab chiqadi. Bu jarayonni modellashtirishda asosan quyidagi metodologiyalar ishlatiladi:

1. Constraint Propagation (CP): vaqt cheklovlarini propagatsiya qilish orqali tizimdagi vaqt o‘zgaruvchilarining qaysi biri qanday vazifalarni bajara olishini aniqlash mumkin.

ISSN 3030-3907

2. Heuristic Algorithms: katta va murakkab tizimlar uchun evristik algoritmlar yordamida vaqt cheklovlarini moslashuvchan va optimal tarzda hal qilish mumkin.

Adaptivlik va moslashuvchanlik. Intellektual adaptiv tizimlar real vaqt rejimida o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashishlari kerak. Bu tizimlar nafaqat mavjud vaqt cheklovlariga amal qiladi, balki yangi kiritilgan cheklovlar yoki o‘zgarishlarga tezda javob berish imkoniyatiga ega bo‘lishi kerak. Vaqt cheklovlarini tarmoq tarzida modellashtirish, tizimning o‘zini-o‘zi optimallashtirishga imkon beradi, masalan:

- vaqtni qayta taqsimlash (reshuffling) orqali tizimda yuzaga kelgan muammolarni hal qilish;
- yangi cheklovlar kiritilishi bilan tizimning adaptivligini saqlash.

Amaliy qo‘llanilish sohalari:

- tibbiyotda: bemorlarni davolash va operatsion rejalashtirishda vaqt chegaralarini modellashtirish, masalan, shifokorlar uchun ish soatlarining chegarasi va davolash kursi uchun maksimal vaqt;
- aviatsiya va transportda: samolyotlarning reyslarida yoki transport vositalarining harakati uchun vaqtni boshqarish va optimallashtirish;
- robototexnikada: robotlarning harakat rejasini tuzish, ish vaqtini optimal taqsimlash va vazifalarni bajarish.

Constraint Propagation (CP) metodologiyasi kompyuter fanlarida keng qo‘llaniladigan yondashuv bo‘lib, asosan muammolarni hal qilishda, xususan, constraint satisfaction problems (CSP) da ishlatiladi. Bu metodologiya turli sohalarda qo‘llanilmoqda: optimizatsiya, sun’iy intellekt, algoritmlar va tarmoqlarni rejalashtirish kabi. Quyida Constraint Propagation metodologiyasining amaliy qo‘llanilishi bo‘yicha tahlil qilish uchun nufuzli manbalardan ba'zi misollarni keltiramiz.

1. Constraint Satisfaction Problems (CSP) va ularning amaliy qo‘llanilishi.

CSP — ma'lum cheklovlar (constraints) asosida o‘zgaruvchilarni (variables) belgilashni talab qiluvchi muammolarni yechish metodologiyasidir. CSP metodologiyasi ko‘plab amaliy sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilgan.

1.1. Sun'iy intellekt va robototexnika.

Constraint Propagation algoritmlari robototexnika va sun'iy intellektda muhim ahamiyatga ega. Masalan, rejalashtirish muammolarida, robotlar va sun'iy intellekt tizimlari turli vazifalarni bajarish uchun cheklovlar bilan ishlaydi. Agar robotning harakati yoki har qanday boshqa amali ba'zi cheklovlarga (masalan, jismoniy muhitdagi ob'ektlar, xavfsizlik choralari) to‘g‘ri kelmasa, unda CP metodologiyasi yordamida to‘g‘ri echimlar topiladi. Masalan, manbada [1] CP metodologiyasining robototexnika va rejalashtirishdagi amaliy qo‘llanilishi haqida batafsil ma'lumotlar keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1.2. Grafik ranglash muammolari.

Grafik ranglash masalalari, masalan, “n-ta shaharni ranglash” yoki “ranglashning minimal sonini topish” masalalari Constraint Propagation yordamida hal qilinishi mumkin. Bu sohada manbada [2] taqdim etilgan Probabilistic Graphical Models metodologiyasi bilan bog‘liq tahlillar, shuningdek, CSP ni qanday qilib grafik modellarni qurishda ishlatish mumkinligini ko‘rsatadi.

2. Optimizatsiya va jadvalli rejalashtirish.

2.1. Jadvalli rejalashtirish.

Constraint Propagation metodologiyasi jadval tuzish va rejalashtirishda keng qo‘llaniladi. Mavjud cheklovlar va shartlarni hisobga olgan holda, masalan, ishchilarning ishlash soatlari, resurslar va vaqtni belgilash uchun optimallashtirilgan rejalashtirish tizimlari ishlab chiqiladi. Masalan, manbada [3] ishlab chiqilgan HSTS (Hybrid Space-Time Search) algoritmi jadval tuzishda CP metodologiyasini qo‘llashni ko‘rsatadi.

2.2. Ishlab chiqarish va resurslarni taqsimlash.

Ishlab chiqarish sohasida resurslarni taqsimlash muammosi keng tarqalgan. CP metodologiyasi yordamida ishlab chiqarish liniyalarida optimallashtirish amalga oshiriladi, masalan, mahsulot ishlab chiqarish rejasini tuzishda, kerakli resurslarni va materiallarni aniqlashda, mehnat vaqti va mashina vaqti taqsimotida. Manbada [4] ishlab chiqilgan algoritmlar bu sohada Constraint Propagation metodologiyasining amaliy qo‘llanilishi haqida kengroq ma'lumot beradi.

3. Infratuzilma va transport tizimlari.

3.1. Transport va logistika.

Transport tizimlarini rejalashtirishda Constraint Propagation muhim rol o‘ynaydi. Masalan, yo‘nalishlarni, vaqti-vaqti bilan va transport vositalarini optimallashtirishda. Bu yerda cheklovlar (masalan, har bir transport vositasi uchun belgilangan maksimal yuk og‘irligi, yo‘nalishdagi sharoitlar, vaqtlar) hisobga olinadi. Manbada [5] taqdim etilgan tadqiqotlarda logistika va transport tizimlarida CP metodologiyasining o‘rni ko‘rsatilgan.

3.2. Aviatsiya sohasidagi amaliy qo‘llanishlar.

Aviatsiya sohasida Constraint Propagation metodologiyasi yordamida reyslarni optimallashtirish, aeroportlarga qaysi samolyotlar qancha vaqt o'tishini va samolyotlar o‘rtasidagi masofani saqlashni ta'minlash mumkin. Manbada [6] bu mavzu yoritilgan bo‘lib, aviatsiya tarmoqlarida soatlik rejalashtirishlar va samolyotlarni ko‘chirishda CP metodologiyasining ahamiyati ko‘rsatilgan.

4. Shifoxona tizimlari va tibbiy amaliyot.

Tibbiyotda ham Constraint Propagation metodologiyasi qo‘llaniladi, ayniqsa, jadval tuzish va resurslarni taqsimlash masalalarida. Misol uchun, shifoxonada bemorlarni muolajaga joylashtirishda, tibbiy jihozlar va shifokorlarni

ISSN 3030-3907

taqsimlashda CP yordamida optimal yechimlar topiladi. Manbada [7] shifoxonalar tizimi va tibbiy muammolarni yechishda CP yondashuvi haqida ma'lumotlar taqdim etilgan.

5. Axborot texnologiyalari va algoritmlar.

5.1. Ma'lumotlar bazalarida.

Constraint Propagation metodologiyasi ma'lumotlar bazalarida ma'lumotlarni to‘g‘ri joylashtirishda, masalan, ma'lumotlar integratsiyasi va normalizatsiyasida qo‘llaniladi. Bu metodologiya yordamida ma'lumotlar bazasida ishlov beriladigan cheklovlar, formatlar va integratsiya jarayonlarini tahlil qilish mumkin. Manbada [8] taqdim etilgan tadqiqotlar bu sohada CP metodologiyasining qanday ishlashini ko‘rsatadi.

Yuqorida keltirilgan manbalar Constraint Propagation metodologiyasining turli amaliy sohalarda qanday ishlatilishini tushuntiradi. Har bir manba ushbu yo‘nalishdagi izlanishlarga mos keladigan mavzularda chuqurroq tahlil qilishga yordam beradi.

Uslubiyat (Methods) va materiallar (Materials). Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirish. Constraint Propagation — muammolardagi chegaralarni (shartlarni) tizimli tarzda tarqatish va ularni qoniqtirishga harakat qilish usuli. U ko‘plab sun’iy intellekt, rejalashtirish, grafik modellash va matematik optimallashtirishda qo‘llaniladi.

Asosiy g‘oya quyidagicha:

- bir nechta o‘zaro bog‘langan o‘zgaruvchilar va ular ustida bir yoki bir nechta chegaralar (constraints) mavjud;
- chegaralar yordamida o‘zgaruvchilarning mumkin bo‘lgan qiymatlari kamaytirib boriladi — bu “propagation” deyiladi;
- shu yo‘l bilan, yechim maydoni toraytiriladi va yechimni topish osonlashadi.

Masalan: agar `X` o‘zgaruvchi `1..5` oraliqda bo‘lsa, va `X > Y` chegarasi bo‘lsa, `Y` qiymati `X` dan kichik yoki teng bo‘lishi kerak. Agar `X` uchun qiymat 3 deb belgilansa, `Y` ning qiymatlari avtomatik `1..3` oralig‘iga torayadi.

Vaqt chegara tarmog‘i (TCN) — vaqtga oid cheklovlarni modellashtirish uchun ishlatiladigan graf asosidagi metodologiya.

Asosiy tushunchalar:

- vaziyat (event, activity): vaqt o‘lchovida sodir bo‘ladigan harakat yoki hodisa;
- vaqt chegarasi (temporal constraint): harakatlar yoki voqealar orasidagi vaqt masofasini chegaralash (masalan, voqea A kamida 5 daqiqadan keyin boshlanishi kerak).

TCN ning ishlashi:

- tarmoqdagi tugunlar (nodes) — vaqt nuqtalari yoki voqealar;
- qirralar (edges) — ikki voqea orasidagi vaqt chegaralarini ifodalaydi, masalan:

ISSN 3030-3907

$$L \leq t_j - t_i \leq U$$

Bu yerda t_j va t_i — voqealar vaqti, L va U esa pastki va yuqori chegaralar.

Misol:

Voqea	**Ta'rif**
t_A	Topshiriqni boshlash vaqti
t_B	Topshiriqni tugatish vaqti
Chegara	$5 \leq t_B - t_A \leq 10$

Vaqt chegarasi tarmog'ida constraint propagation:

- chegaralar orasida vaqtlarni yangilash va chegaralarni toraytirish orqali yechimlar aniqlanadi;
- agar bir voqeaning boshlanishi aniqlansa, undan keyingi voqea vaqtlari ham avtomatik yangilanadi;
- bu orqali vaqtni rejalashtirish muammolari samarali hal qilinadi.

Qisqacha umumlashtirish:

Termin	**Izoh**
Constraint Propagation	Chegaralarni tarqatish va yechimlarni qisqartirish usuli
Temporal Constraint Network (TCN)	Vaqtga oid cheklovlarni tarmoqda modellashtirish
Vaqt Chegarasi	Ikkita voqea orasidagi vaqt oralig'i
Propagation	Chegaralar ta'sirida vaqtlar va qiymatlarni yangilash

Misol kod yoki diagramma orqali ham tushuntirilishi mumkin. Masalan:

- matematik formulalar bilan tushuntirish;
- grafik ko'rinish (diagramma) ishlab chiqish;
- Python-da kod yozish.

Natijalar (Results). Oddiy vaqtli jadval (schedule) tuzish va unga bajarilish vaqtlari bo'yicha cheklovlarni belgilashni ko'rib chiqamiz. Misol uchun, bizda bir nechta topshiriqlar (tasks) bor va har bir topshiriqning boshlanish va tugash vaqti uchun cheklovlar mavjud.

Topshiriqlar:

Topshiriq	**Boshlanish vaqti (t_s)**	**Tugash vaqti (t_e)**	**Davomiylik (minut)**
A	t_{s_A}	t_{e_A}	3
B	t_{s_B}	t_{e_B}	2
C	t_{s_C}	t_{e_C}	4

Cheklovlar:

- har bir topshiriq davomiyligi (tugash vaqti - boshlanish vaqti) ma'lum;

ISSN 3030-3907

- topshiriq B faqat topshiriq A tugagandan keyin boshlanishi mumkin;

•topshiriq C B dan keyin boshlanishi kerak.

Matematik ifoda quyidagicha:

$$t_{e_A} - t_{s_A} = 3;$$
$$t_{e_B} - t_{s_B} = 2;$$
$$t_{e_C} - t_{s_C} = 4;$$

$t_{s_B} \geq t_{e_A}$ (B faqat A tugagandan keyin boshlanadi);

$t_{s_C} \geq t_{e_B}$ (C faqat B tugagandan keyin boshlanadi).

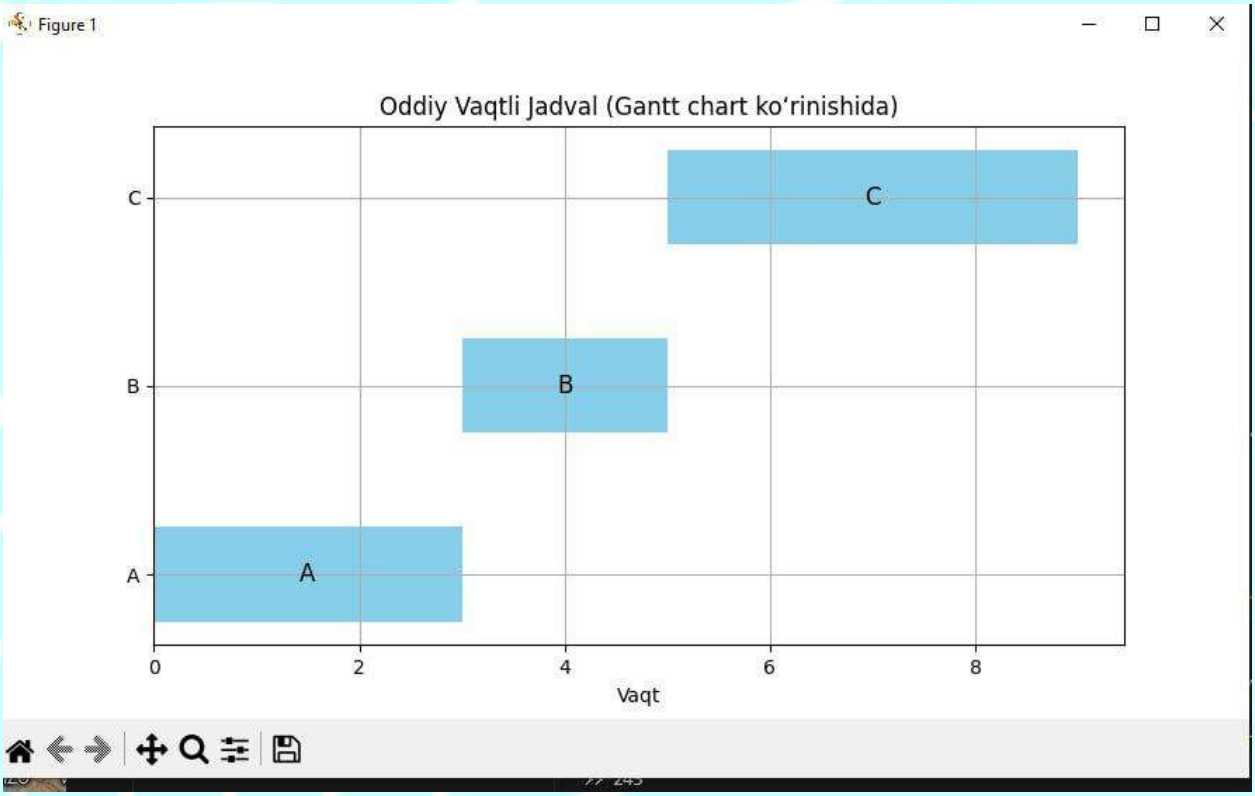
Jadvalni Python va matplotlib yordamida chizish:

```python
import matplotlib.pyplot as plt
# Topshiriqlar va davomiyliklari
tasks = {
    'A': 3,
    'B': 2,
    'C': 4,
}
# Boshlanish va tugash vaqtlari (manually belgilangan cheklovlarga asoslanib)
start_times = {
    'A': 0,
    'B': 3,  # A tugagandan keyin
    'C': 5,  # B tugagandan keyin
}
# Jadvalni chizish
fig, ax = plt.subplots(figsize=(8, 3))
for i, task in enumerate(tasks):
    start = start_times[task]
    duration = tasks[task]
    ax.barh(i, duration, left=start, height=0.5, color='skyblue')
    ax.text(start + duration / 2, i, task, ha='center', va='center', color='black', fontsize=12)
ax.set_yticks(range(len(tasks)))
ax.set_yticklabels(tasks.keys())
ax.set_xlabel('Vaqt')
ax.set_title('Oddiy Vaqtli Jadval (Gantt chart ko‘rinishida)')
ax.grid(True)
plt.show()
```


ISSN 3030-3907

Ushbu kod quyidagilarni hosil qiladi:

- Gantt diagramma ko‘rinishida topshiriqlar ketma-ketligi.
- Har bir topshiriq boshlanish va davomiylik bilan ko‘rsatilgan.
- Topshiriq B faqat A tugagandan so‘ng boshlanadi, C esa B tugagandan so‘ng.



Agar zarur bo‘lsa cheklovlarni avtomatik hisoblash (masalan, constraint propagation yordamida) yoki murakkabroq vazifalar bilan ishlash ham mumkin.

Muhokama (Discussion). Vaqt chegarasi tarmog‘ini (Time Constraint Networks, TCN) modellashtirish, intellektual adaptiv tizimlarda vaqti-vaqti bilan o‘zgaruvchi cheklovlar va muhit sharoitlariga moslashishni ta'minlashga qaratilgan kompleks jarayonlardan biri. Bunda muhokama qilinadigan asosiy muammolar sifatida quyidagilarni ta`kidlash mumkin.

1. Vaqt cheklovlarining murakkabligi. Vaqt cheklovlari real dunyo tizimlarida ko‘plab o‘zgaruvchan omillarga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Har bir vazifa yoki jarayon o‘zining maksimal va minimal vaqt chegaralariga ega, ammo vaqtning o‘zgaruvchanligi va tizimning reaksiya tezligi bu cheklovlarni aniq hisoblashni qiyinlashtiradi. Vaqt chegaralarini aniq belgilashda tizimdagi noaniqliklar, masalan, resurslarning mavjudligi, texnik xatoliklar, tashqi sharoitlar (yomon ob-havo, trassadagi o‘zgarishlar) va kutilmagan voqealar (masalan, favqulodda holatlar) hisobga olinishi kerak. Shunda, “qanday qilib tizim vaqt cheklovlarini real vaqtda hisoblashda va optimallashtirishda noaniqliklarni boshqarishi mumkin?” degan savol shakllanadi.

2. O‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanlik (Adaptivlik). Intellektual tizimlarning asosiy maqsadi – o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanlikni

ISSN 3030-3907

ta'minlash. Vaqt chegaralari tarmog‘ini modellashtirishda tizimga yangi cheklovlar yoki sharoitlar kiritilganda, tizimning qanchalik tez va samarali moslashishi kerakligi katta muammolardan biridir. Yangi vaqt cheklovlarini yoki tashqi omillarning o‘zgarishini qabul qilganda tizimning optimal ish faoliyatini saqlash uchun qanday algoritmlar ishlatiladi? Tizimlarning tez va samarali adaptiv javob berish qobiliyati qanday oshirilishi mumkin? Bu masalada qanday algoritmlar yoki metodlar (masalan, heuristik algoritmlar, evolyutsion algoritmlar) samarali hisoblanadi?

3. Transport tarmoqlari, aviatsiya, ishlab chiqarish liniyalari kabi tizimlarda vaqtni boshqarish. Bu kabi tizimlar ko‘plab vaqt cheklovlari va resurslarga ega. Ularni optimallashtirishda tizimdagi barcha o‘zgaruvchilarni va cheklovlarni moslashtirish juda murakkab bo‘lishi mumkin. Bu tizimlarda turli vaqt cheklovlarini boshqarish va ularning o‘zaro ta'sirini hisoblashda qanday metodlar qo‘llaniladi? Bu tizimlar uchun vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda qanday parallel hisoblash usullari yoki vaqtni qisqartirish algoritmlari samarali bo‘lishi mumkin?

4. Vaqt chegarasi tarmog‘ining yechimlarini optimallashtirish. Vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda yechimlar ko‘pincha bir nechta bo‘lishi mumkin va har bir yechim turli darajada samarali bo‘ladi. Tizimlar optimal yechimni topish uchun ma'lum vaqt davomida o‘zgartirilgan sharoitlarda qarorlar qabul qilishi kerak. Vaqt chegaralarini optimallashtirishda qanday metodologiyalar yordamida tizimning samaradorligini oshirish mumkin? Evristik yondashuvlar, metaheuristik algoritmlar (optimallashtirish muammolarini hal qilish uchun ishlatiladigan yuqori darajadagi qidiruv strategiyalari) yoki evolyutsion algoritmlar vaqt chegaralarini optimallashtirishda qanday ishlatilishi mumkin? Qaysi usul tizimning tezkor ishlashini ta'minlaydi?

5. Real vaqtni rejalashtirish va resurslarni ta’qsimlash. Real vaqtda va resurslarni optimallashtirishda, vaqt chegaralarini modellashtirish va ularni amaliy jihatdan hal qilishning o‘ziga xos qiyinchiliklari mavjud. Tizimni samarali boshqarish uchun real vaqtda qarorlar qabul qilish va vaqtni qayta taqsimlash kerak bo‘lishi mumkin. Tizimda real vaqtda vaqt cheklovlarini boshqarish va qaror qabul qilishni qanday amalga oshirish mumkin? Real vaqtda vaqt cheklovlarini boshqarish va optimallashtirishda qanday algoritmlar samarali bo‘lishi mumkin? Tizimning samaradorligini oshirish uchun qanday optimizatsiya metodlari qo‘llanishi kerak?

6. Noaniqlik va kutilmagan voqealar. Tizimda yuzaga keladigan noaniqliklar yoki kutilmagan voqealar (masalan, resurslarning yetishmasligi, texnik nosozliklar, tashqi sharoitlarning o‘zgarishi) vaqt cheklovlarini modellashtirishni qiyinlashtiradi. Bu holatlarda tizimning o‘zini saqlash va to‘g‘ri qarorlar qabul

ISSN 3030-3907

qilish muhimdir. Noaniqliklar va kutilmagan voqealarni qanday hisobga olish mumkin, va tizimni shu holatda qanday moslashuvchan qilish mumkin? Vaqt cheklovlarining noaniqligini hisobga olishda qanday statistik yoki probabilistik usullar (tasodifiylikni va ehtimolliklarni hisobga olgan holda qarorlar qabul qilish, tahlil qilish va optimallashtirish uchun qo‘llaniladigan metodlar) samarali bo‘lishi mumkin? Noaniqliklarni optimallashtirishda qanday yondashuvlar qo‘llaniladi?

7. Kollaboratsiya (maqsadni amalga oshirish uchun bir yoki bir nechta shaxs yoki guruhlarning birgalikda ishlashi) va ko‘p agentli tizimlar. Vaqt cheklovlari tarmog‘ini modellashtirishda ko‘p agentli tizimlarda agentlar o‘rtasidagi o‘zaro ta'sirlar va resurslarni taqsimlash muammolari ham katta o‘rin tutadi. Tizimlarning kollaborativ ishlashini ta'minlashda vaqt cheklovlarini o‘zaro moslashtirish muhimdir. Ko‘p agentli tizimlarda vaqt cheklovlarini qanday muvofiqlashtirish mumkin? Agentlar o‘rtasida vaqtni taqsimlash va optimal rejalashtirishni ta'minlash uchun qanday algoritmlar yoki yondashuvlar qo‘llanilishi mumkin?

Xulosa. Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirish intellektual adaptiv tizimlarda vaqtni optimallashtirish va sharoitlarga moslashtirish uchun muhim vositadir. Bu model, tizimning samarali ishlashini ta'minlash uchun zarur bo‘lgan vaqt va cheklovlarni boshqarishda yordam beradi. Hozirgi kunda vaqt chegaralari va adaptiv tizimlarni modellashtirish, ayniqsa, sun'iy intellekt va robototexnika kabi sohalarda yanada dolzarb bo‘lib bormoqda.

Vaqt chegarasi tarmog‘ini modellashtirishda ko‘plab muammolar mavjud, ularning eng asosiysi tizimning moslashuvchanligi va vaqt cheklovlarining samarali boshqarilishi hisoblanadi. Katta tizimlarda va real vaqtda vaqt chegaralarini modellashtirish uchun yangi algoritmlar va metodologiyalarni ishlab chiqish zarurati mavjud. Tizimlarning optimallashuvi, noaniqliklarni boshqarish va agentlar o‘rtasidagi kollaboratsiya kabi masalalar muhokama qilinishi kerak.

Constraint Propagation metodologiyasi juda ko‘plab amaliy sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Asosiy qo‘llanilish joylari sun'iy intellekt, transport tizimlari, tibbiyot, ishlab chiqarish va optimizatsiya jarayonlarida ko‘rinadi. Unga oid so'nggi ilmiy tadqiqotlar va amaliy qo‘llanmalar, masalan, nufuzli manbalardan [1,2,7] olingan tavsiyalar metodologiyaning turli sohalarda samarali ishlatilishini ta'minlamoqda.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan masalalar bo‘yicha tadqiqotlar va amaliy ishlar, intellektual adaptiv tizimlarning samarali va moslashuvchan ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Dechter, R. (2003). Constraint Processing. Elsevier, Morgan Kaufmann. [Elsevier - Constraint Processing](https://www.elsevier.com/books/constraint-processing/dechter/978-1-55860-890-3)

ISSN 3030-3907

2. Koller, D., & Friedman, N. (2009). Probabilistic Graphical Models. MIT Press. [MIT Press - Probabilistic Graphical Models](https://mitpress.mit.edu/books/probabilistic-graphical-models).
3. Muscettola, N., et al. (1998). HSTS: Hybrid Space-Time Search for Scheduling and Planning. Artificial Intelligence. [Elsevier - HSTS: Hybrid Space-Time Search](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0004370298000365).
4. Benhamou, B., et al. (1994). Constraint Logic Programming. Communications of the ACM. [ACM Digital Library](https://dl.acm.org/doi/10.1145/176588.176641).
5. Trentesaux, D., et al. (2008). Constraint Programming for Multi-Agent Systems. International Journal of Agent-Oriented Software Engineering. [Springer - Constraint Programming for Multi-Agent Systems](https://link.springer.com/article/10.1007/s11062-008-0043-4).
6. Muscholl, M., et al. (2010). Constraint Propagation in Aviation Scheduling. Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication. [AIAA - Constraint Propagation in Aviation Scheduling](https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.47112).
7. Zweben, M., et al. (2000). Medical Resource Allocation Using Constraint Propagation. Journal of Medical Systems. [Springer - Medical Resource Allocation](https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022761522825).
8. Bergamaschi, S., et al. (2011). Constraint Propagation for Data Integration in Database Systems. Information Systems. [ScienceDirect - Constraint Propagation for Data Integration](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437911000719).

ISSN 3030-3907

ПРОДВИЖЕНИЕ РЕСУРСОВ И УСЛУГ БИБЛИОТЕК: ОПЫТ ИНФОРМАЦИОННО-БИБЛИОТЕЧНЫХ ЦЕНТРОВ ТАШКЕНСТКОЙ И ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Гребенюк Мартин Валентинович

Руководитель отдела «Учебно-методического обеспечения», преподаватель кафедры «Библиотечно-информационная деятельность» Государственного института искусств и культуры Узбекистана

E-mail: martingrebenyuk@gmail.com

Аннотация: Статья рассматривает продвижение библиотечных ресурсов и услуг на примере Ташкентского ИБЦ «Турон» и Хорезмского ИБЦ имени М. Замахшарий. Исследование основано на сравнительном анализе документов, публикаций и практических материалов 2023-2025 годов. Выявлены три ключевых направления продвижения: библиографические продукты, культурно-просветительская деятельность и цифровые сервисы. Отмечено, что «Турон» ориентирован на массовые формы коммуникации, а ИБЦ им. Замахшарий – на системное развитие региональных ресурсов. Результаты подтверждают значимость цифровизации и партнёрства для повышения эффективности библиотечных услуг.

Ключевые слова: продвижение библиотечных услуг, региональные ИБЦ, цифровые платформы, библиографические продукты, культурно-просветительская деятельность, маркетинг библиотек, взаимодействие с пользователями.

Annotatsiya: Maqolada Toshkent viloyati “Turon” hamda Xorazm viloyati M. Zamaxshariy nomidagi AKMlar misolida kutubxona resurslari va xizmatlarini targ‘ib etish yo‘nalishlari tahlil qilinadi. Tadqiqot 2023-2025-yillar hujjatlari va amaliy faoliyat materiallariga asoslangan. Targ‘ibotning uch asosiy yo‘nalishi – bibliografik mahsulotlar, madaniy-ma’rifiy ishlar va raqamli xizmatlar – aniqlangan. “Turon” AKM ommaviy kommunikatsiyaga, Zamaxshariy AKM esa mintaqaviy axborot resurslarini tizimli rivojlantirishga yo‘naltirilgan. Natijalar kutubxona faoliyatida raqamlashtirish va hamkorlikning ahamiyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kutubxona xizmatlarini targ‘ib etish, mintaqaviy AKMlar, raqamli platformalar, bibliografik mahsulotlar, madaniy-ma’rifiy faoliyat, kutubxona marketingi, foydalanuvchilar bilan aloqa.

Abstract: The article analyzes the promotion of library resources and services through the experience of two regional Information and Library Centers – “Turon” (Tashkent) and M. Zamakhshariy (Khorezm). The research is based on comparative analysis of documents and practical reports from 2023-2025. Three main directions are identified: bibliographic products, cultural and educational activities, and digital services. Turon emphasizes public communication, while the

ISSN 3030-3907

Khorezm center focuses on systematic development of regional information resources. The results highlight the importance of digitalization and partnership for effective library service promotion.

Keywords: promotion of library services, regional information centers, digital platforms, bibliographic products, cultural outreach, library marketing, user interaction.

Введение.

Библиотечно-информационная сфера Узбекистана переживает активное обновление: развивается цифровая инфраструктура, оцифровываются фонды, создаются национальные базы данных, формируются электронные платформы. Эти процессы меняют представление о библиотеке: из хранилища документов она превращается в центр коммуникации и образования.

На этом фоне продвижение библиотечных ресурсов и услуг становится ключевым направлением развития. Современная библиотека должна не только формировать фонды, но и выстраивать коммуникацию с пользователями, продвигать свои ресурсы, формировать интерес к чтению и информационным сервисам. Продвижение понимается как системная работа по взаимодействию с аудиторией и расширению доступа к знаниям.

Особенно показательна деятельность областных информационно-библиотечных центров (ИБЦ), где идеи маркетинга и коммуникации реализуются в конкретных организационных моделях. В статье рассматриваются два примера – Ташкентский областной ИБЦ «Турон» и Хорезмский областной ИБЦ имени Махмуда Замахшарий. Оба центра решают общие задачи информирования и просвещения, но используют разные подходы: в Ташкенте акцент сделан на культурных инициативах и мероприятиях, в Хорезме – на библиографической работе и развитии краеведческих и правовых сервисов.

Цель исследования – проанализировать механизмы продвижения библиотечных ресурсов и услуг в региональных ИБЦ и определить наиболее результативные стратегии в современных условиях.

Анализ литературы. Современные исследования продвижения библиотечных ресурсов концентрируются вокруг двух направлений:

1. маркетинг и адвокация библиотек – брендирование, работа с целевыми аудиториями, партнёрства;
2. цифровая трансформация справочно-библиографических сервисов – электронные каталоги, национальные платформы, аналитико-синтетическая обработка данных.

ISSN 3030-3907

Международные организации, прежде всего IFLA, формируют прикладные рамки управления и маркетинга библиотечных услуг, систематизируя лучшие практики планирования кампаний и взаимодействия со стейкхолдерами [1].

В Узбекистане внимание исследователей смещается к адаптации этих подходов в национальный контекст. Можно выделить три ключевых направления: маркетинг библиотечных услуг, цифровизация и нормативно-институциональная база.

Во-первых, маркетинг библиотек рассматривается как инструмент укрепления связи с пользователями и развития сервисов. ИБЦ должны активнее применять маркетинговые технологии для ориентации на реальные потребности аудитории и формирования положительного имиджа [2].

Во-вторых, цифровизация становится основой продвижения. Исследование «Внедрение информационных технологий в деятельность библиотек Узбекистана» показывает, что электронные каталоги и онлайн-консультации повышают доступность и расширяют охват библиотечных услуг [3].

Третье направление – нормативно-правовое обеспечение. Постановление Кабинета Министров № 198 от 05.07.2011 г. определяет порядок создания электронных библиотек, а публикация «Возможности и перспективы информатизации библиотечной отрасли Узбекистана» подчёркивает значение единой ресурсной интеграции для эффективного продвижения [4; 5].

Следовательно, продвижение библиотечных услуг в Узбекистане рассматривается как комплексная деятельность, включающая маркетинговые, технологические и институциональные механизмы, ориентированные на пользователей и цифровую среду.

Методология исследования. Исследование основано на сравнительном анализе деятельности двух областных ИБЦ – «Турон» и имени М. Замахшарий. Выбор объектов обусловлен их разным региональным контекстом и едиными методическими стандартами.

Основой послужили отчёты библиотек, их официальные сайты и локальные библиографические пособия. Применялись три метода: контент-анализ материалов, сравнительный анализ направлений работы и кейс-подход к оценке форм продвижения.

Оценка проводилась по четырём критериям:

1. регулярность и масштаб продвижения;
2. интеграция цифровых сервисов;
3. взаимодействие с аудиторией и сообществом;

ISSN 3030-3907

4. социально-культурный эффект.

Собранные данные позволили выделить ключевые направления продвижения – библиографические продукты, культурно-просветительские мероприятия и цифровые платформы, что послужило основой для анализа результатов в следующем разделе.

Обсуждение и результаты. Опыт двух региональных ИБЦ демонстрирует разные модели продвижения библиотечных ресурсов, определяемые социальным и культурным контекстом территорий.

Ташкентский областной ИБЦ «Турон» [6] функционирует в столичном регионе с высокой концентрацией образовательных учреждений и активной культурной средой. Продвижение здесь строится преимущественно через *массовые и событийные формы*: выставки, литературные вечера, презентации книг, республиканские акции. В 2024–2025 годах центр провёл более двадцати крупных мероприятий, в том числе литературные чтения к 150-летию Махмудходжи Бехбудий, выставку «Права человека – высшая ценность» и конкурс «Лучший читатель». Такие инициативы сочетают просвещение и коммуникацию, усиливая узнаваемость библиотеки и вовлечённость аудитории.

Одновременно «Турон» активно развивает *библиографическое направление*: выпускает тематические и персональные указатели («Маориф ва оқутгучи», «Адолат ва ҳуқуқ», «120 лет Гафура Гулама»), поддерживает текущие летописи печати и размещает электронные версии изданий в системе UzNEL. Библиографическая продукция используется как инструмент продвижения — она формирует информационный бренд региона и поддерживает научное и культурное присутствие библиотеки в цифровом пространстве.

Хорезмский ИБЦ им. М. Замахшарий [7] действует в иной среде – с ярко выраженной краеведческой и образовательной направленностью. Здесь продвижение строится вокруг *библиографического и справочно-информационного обслуживания*. Центр ежегодно формирует более 3000 библиографических записей для «Летописи печати Хорезмской области», разрабатывает указатели по истории, культуре и градостроительству региона, выпускает электронные пособия «Достопримечательности Хивы» и биобиблиографии местных деятелей.

В структуре ИБЦ особую роль играют *секторы краеведческой и правовой информации*. Первый обеспечивает продвижение региональных знаний и культурного наследия, второй – повышение правовой культуры населения через выставки, консультации и доступ к базам Lex.uz и Norma.uz.

ISSN 3030-3907

Эти направления формируют доверие к библиотеке как к источнику достоверной общественно значимой информации.

Сравнение показывает, что «Турон» реализует *модель открытой коммуникации*, ориентированную на массового пользователя, тогда как ИБЦ им. Замахшарий – *модель документально-аналитического продвижения*, где приоритет отдан систематизации и электронному доступу к региональным материалам.

Обе модели подтверждают, что продвижение библиотечных услуг в Узбекистане неразрывно связано с цифровыми решениями и социальным партнёрством. Для «Турона» перспектива – в усилении онлайн-присутствия и развитии медиаконтента; для ИБЦ им. Замахшарий – в расширении публичных форм коммуникации и популяризации собственных электронных продуктов. Совместно эти практики формируют современную стратегию продвижения библиотек как открытых информационно-культурных центров.

Выводы и предложения. Проведённый анализ показал, что продвижение библиотечных ресурсов в региональных ИБЦ Узбекистана развивается в разных направлениях, но объединяется общей целью – сделать библиотеку активным участником культурного и информационного пространства.

1. Различие моделей. Ташкентский ИБЦ «Турон» ориентирован на публичность и массовые коммуникации, используя выставки, конкурсы, совместные проекты и медиаактивность как основные инструменты продвижения. Хорезмский ИБЦ им. М. Замахшарий развивает глубинную модель продвижения — через библиографическую продукцию, краеведческие и правовые ресурсы, что формирует устойчивое профессиональное доверие к библиотеке.

2. Общие тенденции. Для обеих библиотек продвижение тесно связано с цифровыми платформами: участие в системе UzNEL, создание электронных каталогов и виртуальных сервисов повышает видимость ресурсов и доступность информации. Партнёрство с образовательными учреждениями и культурными организациями становится важным фактором устойчивого присутствия библиотеки в региональной информационной экосистеме.

3. Перспективные направления:

– развитие единой коммуникационной стратегии ИБЦ, объединяющей офлайн и онлайн-форматы;

– повышение квалификации сотрудников в области маркетинга и медиа-коммуникаций;

ISSN 3030-3907

– внедрение аналитических инструментов оценки эффективности продвижения (учёт обращений, охвата, цифровой статистики);
– формирование межрегиональной сети по обмену успешными практиками продвижения библиотек.

В целом продвижение библиотечных услуг в Узбекистане становится системным направлением развития, связывающим библиографическую, образовательную и культурную функции библиотек. Опыт Ташкентского и Хорезмского ИБЦ показывает, что сочетание инноваций и локальных традиций позволяет библиотеке оставаться современным и востребованным общественным институтом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Management, Marketing and Promotion of Library Services. Based on Statistics, Analyses and Evaluation / edited by Trine Kolderup Flaten ; [International Federation of Library Associations and Institutions]. – München : K.G. Saur, 2006. – 462 p. : ill. ; 21 cm. – (IFLA Publications ; 120/121).
2. Xudaybergenova, M.B. Axborot-kutubxona faoliyatida marketing xizmatlarini takomillashtirishning dolzarb jihatlari // Inter education & Global study. – 2024. – №8. – B. 213-223.
3. Цай, И.К. Внедрение информационных технологий в деятельность библиотек Узбекистана // Библиосфера. – 2023. – №1. – С. 39-47.
4. Об утверждении типового положения об электронной библиотеке и плана-графика создания фонда полнотекстовых информационно-библиотечных ресурсов в электронном виде в информационно-библиотечных и информационно-ресурсных центрах и библиотеках : Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 05.07.2011 №198 // LexUz. – URL : https://lex.uz/docs/-1832483.
5. Алексашин, А. Возможности и перспективы информатизации библиотечной отрасли Узбекистана // infolib. – 2021. – №3. С. 24-25.
6. Toshkent viloyati «TURON» axborot-kutubxona markazi. – URL : https://turon.natlib.uz/.
7. Mahmud Zamaxshariy nomidagi Xorazm viloyat axborot-kutubxona markazi. – URL : https://xorazm.natlib.uz/.

ISSN 3030-3907

КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Кодиров Сардор Собир угли
Ассистент-преподаватель Ташкентского архитектурно-строительного университета
E-mail: sardorqodirov110599@gmail.com

Аннотация. В стате рассмотрены основные направления повышения энергоэффективности зданий. Проанализированы пути рационального использования энергоресурсов за счёт внедрения энергосберегающих технологий, снижения теплопотерь, а также модернизации систем отопления и горячего водоснабжения. Особое внимание уделено установке балансировочных вентилей, автоматических систем управления и индивидуальных приборов учёта. Проведённые исследования подтверждают эффективность этих мер в снижении энергопотребления и повышении комфорта проживания.

Ключевые слова: энергоэффективность, системы отопления, автоматизация, теплоизоляция, энергосбережение, модернизация.

Abstract. This article discusses the main approaches to improving the energy efficiency of buildings. It analyzes the rational use of energy resources through the implementation of energy-saving technologies, reduction of heat losses, and modernization of heating and hot water systems. Special attention is given to the installation of balancing valves, automatic control systems, and individual metering devices. The study confirms the effectiveness of these measures in reducing energy consumption and enhancing living comfort.

Keywords: energy efficiency, heating systems, automation, thermal insulation, energy saving, modernization.

Annotatsiya. Ushbu maqolada binolarning energiya samaradorligini oshirishning asosiy yo‘nalishlari yoritilgan. Energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish, isitish va issiq suv tizimlarini modernizatsiya qilish orqali energiya resurslaridan oqilona foydalanish masalalari tahlil qilingan. Shuningdek, balanslovchi ventillarni o‘rnatish, avtomatik boshqaruv tizimlari va individual hisoblagichlarni qo‘llashning samaradorligi ko‘rsatib o‘tilgan. Natijada, energiya sarfini kamaytirish, yashash qulayligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta’minlash imkoniyatlari aniqlangan.

Kalit so‘zlar: energiya samaradorligi, issiqlik tizimi, avtomatlashtirish, issiqlik izolyatsiyasi, energiya tejovchi texnologiyalar, modernizatsiya.

Введение.

ISSN 3030-3907

В современном мире вопросы рационального использования энергетических ресурсов и снижения затрат на отопление и горячее водоснабжение становятся приоритетными задачами в сфере строительства и эксплуатации зданий. Энергетические ресурсы не являются бесконечными, а их стоимость постоянно растёт, что требует поиска эффективных путей экономии энергии и повышения энергоэффективности зданий.

На долю жилищно-коммунального сектора приходится до 40% общего потребления тепловой и электрической энергии. Значительная част этих ресурсов теряется в процессе транспортировки и неэффективной работы инженерных систем. Именно поэтому внедрение современных технических решений, направленных на повышение энергоэффективности зданий, имеет не только экономическое, но и экологическое значение.

Энергоэффективность зданий определяется степенью рационального использования энергии при обеспечении необходимых условий комфорта и микроклимата в помещениях. Повышение энергоэффективности возможно за счёт проведения комплекса инженерных мероприятий, включающих модернизацию систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции, улучшение теплоизоляции ограждающих конструкций, установку приборов учёта и автоматизированных систем управления.

К основным мероприятиям относятся установка балансировочных вентилей, проведение балансировки систем отопления, промывка трубопроводов и стояков, установка общедомовых и поквартирных счётчиков тепла и горячей воды, а также внедрение индивидуальных тепловых пунктов. Кроме того, значительный эффект дают замена трубопроводов и арматуры, теплоизоляция инженерных сетей, установка терморегулирующих клапанов и автоматизированных систем управления тепловыми процессами.

Целю настоящей работы является анализ и систематизация основных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности зданий, а также оценка их технической и экономической целесообразности в условиях современной строительной практики.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ.

Вопрос рационального использования энергии и повышения энергоэффективности в Республике Узбекистан в последние годы приобрёл стратегическое значение. Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» (в новой редакции) стал ключевым нормативным документом, определяющим правовые, экономические и организационные основы энергосбережения. Как отмечается на официальном сайте Министерства энергетики (minenergy.uz), обновлённая редакция закона

ISSN 3030-3907

направлена на внедрение современных технологий, развитие возобновляемых источников энергии и снижение энергетической зависимости экономики [3].

Согласно материалам Министерства энергетики Республики Узбекистан, опубликованным 1 ноября 2024 года на портале *nuz.uz*, особое внимание уделяется вопросам энергосбережения в объектах социальной сферы. Реализуемые программы направлены на модернизацию систем отопления, освещения и водоснабжения в школах, больницах и других учреждениях, что позволяет не только сократить энергопотребление, но и повысить комфорт и устойчивость инфраструктуры [4].

А.О.Ахмедов в работе «Энергосбережение: путь к устойчивому развитию и экономическому росту Узбекистана» подчёркивает, что энергоэффективность является одним из факторов устойчивого экономического роста. Автор рассматривает энергосбережение как интегральную часть «зелёной экономики», способствующую формированию новых рабочих мест и снижению экологической нагрузки [1].

М.Хакимов в своём докладе «Правовая база и целевые показатели повышения энергоэффективности» (SECCA, Дни устойчивой энергетики, 2024 г.) детально анализирует нормативно-правовую базу сектора. Он отмечает, что законодательные меры, принятые в последние годы, создают благоприятные условия для привлечения инвестиций в сферу энергоэффективных технологий, а также для реализации национальных и международных проектов в области устойчивой энергетики [7].

Таким образом, проведённый анализ литературы показывает, что проблема рационального использования энергии в Узбекистане рассматривается комплексно – с правовой, технической и экономической точек зрения. Сформированная нормативная база, активная позиция Министерства энергетики и научные исследования отечественных специалистов создают основу для перехода страны к устойчивой, энергоэффективной модели развития.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В данной статье эффективно использованы такие методы научного исследования, как анализ, синтез, сравнительный и статистический анализ.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

Основные мероприятия по повышению энергоэффективности зданий направлены на снижение теплопотерь, рациональное использование тепловой энергии и повышение эффективности работы инженерных систем. В практике Республики Узбекистан реализуются различные технические решения – от установки современных приборов учёта и регулирования до

ISSN 3030-3907

полной модернизации систем отопления и горячего водоснабжения. Ниже приведены основные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности зданий.

В данной таблице представлены основные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности систем отопления зданий. Для каждого из них указаны цели выполнения, ожидаемые результаты и ориентировочная экономия энергии. Применение данных мер позволяет снизить теплопотери, повысить надёжность работы оборудования и обеспечить рациональное использование энергоресурсов.

Таблица 1.

№	Мероприятие	Цел выполнения	Ожидаемый эффект	Экономия энергии, %
1	Установка балансировочных вентилей	Равномерное распределение теплоносителя	Улучшение теплового комфорта	5–10
2	Балансировка системы отопления	Снижение теплопотерь и перегрева	Повышение эффективности системы	10–15
3	Промывка трубопроводов	Восстановление проходимости	Увеличение КПД системы	3–5
4	Установка общедомового счётчика	Учёт общего энергопотреблени я	Контрол расходов	—
5	Установка поквартирных счётчиков	Индивидуальный контроль тепла	Мотивация к экономии	5–8
6	Установка ИТП	Регулирование температуры и давления	Автоматизация отопления	20–30
7	Установка теплообменника	Разделение систем и безопасность	Снижение потери тепла	5–10
8	Автоматическая система управления	Оптимизация работы отопления	Снижение энергопотреблени я	10–20
9	Замена трубопроводов	Устранение утечек и коррозии	Снижение теплопотерь	10–15

ISSN 3030-3907

10	Замена арматуры	Повышение надёжности системы	Минимизация потери	3–5
11	Теплоизоляция труб	Сокращение теплопотерь	Энергосбережение	15–40
12	Терморегулирующие клапаны	Индивидуальное управление температурой	Комфорт и экономия	10–20
13	Запорные вентили	Локализация утечек	Повышение безопасности	—
14	Модернизация насосов	Рециркуляция горячей воды	Снижение потери при транспортировке	5–10

Для повышения энергоэффективности зданий и снижения потребления энергоресурсов предусматривается реализация комплекса мероприятий. В их число входят утепление чёрных полов в деревянных домах, герметизация и утепление межпанельных стыков, а также утепление чердаков и подвалов, что способствует сокращению теплопотерь и улучшению теплового комфорта помещений. Важным направлением является оснащение зданий общедомовыми приборами учёта тепла, воды и электроэнергии, что обеспечивает контроль и рациональное использование ресурсов [6].

Кроме того, предусматривается установка автоматических узлов управления отоплением, восстановление циркуляционных систем горячего водоснабжения и теплоснабжения лестничных площадок, что повышает эффективность работы инженерных сетей. В сфере освещения планируется замена существующих светильников уличного освещения на энергоэффективные, установка светодиодных ламп и датчиков движения в местах общего пользования, что позволит значительно сократить расход электроэнергии и эксплуатационные затраты [5].

Комплексное выполнение данных мероприятий создаёт условия для устойчивого энергосбережения, повышения надёжности систем жизнеобеспечения и улучшения экологической обстановки.

ISSN 3030-3907



Рисунок 1.

Повышение энергетической эффективности зданий требует реализации ряда технических и крупномасштабных мероприятий, направленных на снижение теплопотерь, рациональное использование энергоресурсов и повышение надёжности инженерных систем. В первую очередь предусматривается замена старых окон на современные конструкции с повышенным термическим сопротивлением, а также утепление ограждающих конструкций зданий и мест общего пользования. Эти меры обеспечивают сохранение тепла внутри помещений и снижают затраты на отопление [4].

Важное значение имеет модернизация систем отопления, включая установку новых радиаторов, энергоэффективных отопительных котлов и автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). Одновременно осуществляется модернизация котельных с использованием современного энергоэффективного оборудования и внедрением систем автоматизации работы и загрузки котлов, что позволяет повысить эффективность их эксплуатации и снизить расход топлива.

Кроме того, предусматривается автоматизация процессов отпуска тепловой энергии потребителям, а также замена тепловых сетей с применением энергоэффективных материалов и оборудования. Большое внимание уделяется обновлению тепловой изоляции на трубопроводах, установке регулируемых и частотно-регулируемых приводов на насосном оборудовании систем водоснабжения и водоотведения, что способствует оптимизации их работы и экономии электроэнергии.

Завершающим направлением программы является замена устаревших электрических сетей, обеспечивающая снижение потерь при передаче электроэнергии и повышение общей надёжности энергоснабжения. Комплексная реализация указанных технических и крупных мероприятий создаёт условия для устойчивого энергосбережения, повышения

ISSN 3030-3907

эффективности использования ресурсов и перехода к современным стандартам энергоэффективного строительства [3].

Повышение энергоэффективности зданий требует поэтапной реализации мероприятий, направленных на оптимизацию систем освещения, отопления и теплоизоляции.

Во вторую очередь мероприятий включаются установка автоматической системы регулирования освещения, замена старых электродвигателей на более энергоэффективные модели, а также внедрение приводов частотного регулирования. Эти меры позволяют снизить расход электроэнергии, повысить надёжность оборудования и продлить срок его службы.

Особое внимание уделяется конструктивным элементам зданий — дверям, окнам, крыше и стенам. В рамках первой очереди мероприятий предусматриваются заделка, уплотнение и утепление дверей подъездов, установка дверей и заслонок в подвалах и на чердаках, а также уплотнение окон в местах общего пользования. Эти меры являются наиболее доступными и дают быстрый эффект в снижении теплопотерь [1].

Во вторую очередь мероприятий входят более капитальные работы: установка теплоотражающих плёнок и низкоэмиссионных стёкол на окна в подъездах, замена оконных и дверных блоков на энергоэффективные конструкции, утепление пола и стен подвала, чердака и крыши, заделка межпанельных швов, утепление наружных стен, остекление балконов и лоджий, а также установка воздушных заслонок в системе вентиляции. Комплексное выполнение этих работ способствует значительному улучшению теплового комфорта в помещениях и снижению затрат на отопление.

Отдельное внимание заслуживает установка теплоотражающих экранов за радиаторами отопления. Если это ещё не выполнено, рекомендуется установить такие экраны, так как это простое и недорогое мероприятие позволяет повысить температуру в помещении на 1–1,5 °C. Для сравнения, установка современных многокамерных пластиковых окон обходится в десятки раз дороже, но повышает температуру всего на 2–3 °C [2].

Важно также учитывать, что декоративные или деревянные покрытия, закрывающие радиаторы, снижают эффективность отопления, поэтому их рекомендуется снять. Подобные элементы были популярны в советское время, когда стоимость тепла была минимальной, однако сегодня такие решения приводят к значительным потерям энергии. Кроме того, необходимо

ISSN 3030-3907

следить за тем, чтобы шторы не перекрывали радиаторы — они действуют как изолирующий барьер, препятствующий поступлению тепла в помещение.

Комплексное выполнение указанных мероприятий обеспечивает ощутимую экономию энергоресурсов, повышение эффективности отопительных систем и создание комфортных условий проживания при минимальных дополнительных затратах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Повышение энергоэффективности зданий является одной из ключевых задач современного этапа развития строительной отрасли. Комплекс мероприятий, направленных на снижение теплопотерь, рациональное использование энергии и оптимизацию работы инженерных систем, обеспечивает значительное уменьшение эксплуатационных расходов и улучшение экологических показателей.

Проведённый анализ показал, что наибольший эффект достигается при системном подходе, включающем установку балансировочных и запорных вентилей, гидравлическую балансировку системы отопления, замену трубопроводов и арматуры, теплоизоляцию инженерных сетей, а также внедрение автоматических систем управления отоплением и горячим водоснабжением. Важную рол играет установка общедомовых и индивидуальных приборов учёта тепловой энергии, позволяющих контролировать и регулировать потребление в реальном времени.

Реализация данных мероприятий способствует экономии энергоресурсов на уровне 20–40%, улучшает комфортные условия проживания и повышает надёжность эксплуатации инженерных систем. Кроме того, применение энергоэффективных технологий снижает нагрузку на городские тепловые сети и уменьшает выбросы парниковых газов, что соответствует мировым тенденциям устойчивого развития и требованиям экологической безопасности.

Таким образом, повышение энергоэффективности зданий должно рассматриваться как стратегическое направление развития жилищно-коммунального хозяйства. Для достижения поставленных целей необходимы не только технические решения, но и комплексная государственная политика, направленная на стимулирование внедрения энергосберегающих технологий, разработку нормативных стандартов и повышение уровня энергетической культуры населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедов А. О. Энергосбережение: путь к устойчивому развитию и экономическому росту Узбекистана. – Бухара: Бухарский государственный университет, 2024.

ISSN 3030-3907

2. Для крупных потребителей энергоресурсов в Узбекистане установят нормативы энергопотребления // Spot.uz – Деловые новости Узбекистана. – 20.02.2025.
3. Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» (в новой редакции) // Министерство энергетики Республики Узбекистан.
4. Закон Республики Узбекистан № 940 от 07.08.2024 г. «Об энергосбережении, рациональном использовании и повышении энергоэффективности» // Министерство энергетики Республики Узбекистан.
5. Как в Узбекистане повысят энергосбережение при растущем спросе на энергоресурсы // Sputnik Узбекистан. – 27.03.2025.
6. Министерство энергетики Республики Узбекистан. Энергосбережение объектов социальной сферы // Nuz.uz. – 01.11.2024.
7. Хакимов М. Правовая база и целевые показатели повышения энергоэффективности: доклад на днях устойчивой энергетики. – Узбекистан, 2024.

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОНВЕЙЕРНОЙ ОБРАБОТКИ «РЕЧЬ → ТЕКСТ → ЭМОЦИЯ»

Нугманова М.А.
Digital technologies and artificial intelligence research institute, Uzbekistan
E-mail: Miss.abduazimova@gmail.com

Аннотация. В данной статье предлагается алгоритм конвейерной обработки «Речь → Текст → Эмоция» для полноценного понимания эмоционального состояния с помощью смысловой составляющей текста. Данный алгоритм конвеерной обработки состоит из двух основных модулей: первый модуль — Автоматическое распознавание речи (ASR), преобразующий речевой сигнал в текст; второй модуль — Обработка естественного языка (NLP), обеспечивающий определение эмоции на основе полученного текстового представления.

Ключевые слова: конвейер, сигнал, признак, ASR, NLP.

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Nutq → Matn → Emotsiya” ketma-ket ishlov berish algoritmi taklif etiladi, u matnning ma’no jihatidan tahlili orqali insonning emotsional holatini to‘liq tushunishni ta’minlaydi. Taklif etilgan konveyer algoritmi ikki asosiy moduldan iborat: birinchi modul — Nutqni avtomatik aniqlash tizimi (ASR), u nutq signalini matnga aylantiradi; ikkinchi modul esa — Tabiiy tilni qayta ishlash tizimi (NLP), u olingan matnli tasvir asosida emotsiyani aniqlashni amalga oshiradi.

Kalit so‘zlar: konveyer, signal, belgi, ASR, NLP.

Abstract. This paper proposes a pipeline algorithm “Speech → Text → Emotion” designed for comprehensive understanding of a speaker’s emotional state through the semantic interpretation of text. The proposed pipeline consists of two main modules: the first module — Automatic Speech Recognition (ASR), which converts the speech signal into text; and the second module — Natural Language Processing (NLP), which determines the emotion based on the obtained textual representation.

Keywords: pipeline, signal, feature, ASR, NLP.

Введение.

Задача распознавания эмоций по речи на протяжении многих лет привлекает внимание исследователей. В классических подходах данный процесс реализовывался исключительно на основе спектральных и просодических признаков, извлекаемых из акустического сигнала. Однако человеческие эмоции выражаются не только через тембр и интонацию голоса, но и посредством содержания высказывания. Например, даже если фраза «я очень счастлив» произнесена в абсолютно нейтральной интонации, её семантическое содержание однозначно указывает на эмоцию радости.

ISSN 3030-3907

Следовательно, для полноценного понимания эмоционального состояния необходимо учитывать не только акустический сигнал, но и смысловую составляющую текста.

Прежде всего, непрерывный речевой сигнал $s(t)$ преобразуется в цифровую форму. Сигнал представляет собой непрерывную функцию времени, однако компьютер способен обрабатывать его только в дискретном виде. В связи с этим осуществляется дискретизация сигнала:

$$s[n],\ n = 0,1,\ldots,N-1$$

Здесь $s[n]$обозначает n-ю выборку речевого сигнала, N — общее количество выборок, а F_s — частота дискретизации. Обычно основная информация речевого сигнала человека содержится в диапазоне частот от 0 до 8 кГц. Согласно теореме Найквиста–Шеннона, для полного восстановления информации, содержащейся в сигнале, частота дискретизации должна быть как минимум в два раза выше максимальной частоты спектра. Поэтому в системах автоматического распознавания речи (ASR) обычно применяются частоты 16 кГц или 22,05 кГц. На практике также могут использоваться более высокие частоты, такие как 44,1 кГц или 48 кГц, однако это значительно увеличивает вычислительные затраты и, как правило, является избыточным для задачи определения эмоций. В результате процесса дискретизации непрерывный акустический сигнал преобразуется в цифровую форму и становится готовым для обработки компьютерными алгоритмами.[1]

На основе дискретного сигнала формируются акустические признаки для ASR. Эти признаки сегментируются по временным кадрам, каждый из которых длится, как правило, от 20 до 40 миллисекунд. При этом кадры частично перекрываются (например, окно анализа длительностью 25 мс и шаг 10 мс), что обеспечивает плавный переход во временной области. Для каждого кадра вычисляются такие признаки, как лог-Мел спектр или коэффициенты мел-частотной кепстральной трансформации (MFCC).[2] В результате формируется следующая матрица:

$$X \in \mathrm{R}^{T \times D}$$

Где T — количество временных кадров, D— размерность признакового пространства. Например, если длительность речи составляет 1 секунду, а шаг анализа равен 10 мс, то $T \approx 100$. Размерность признаков D обычно принимается равной 13 (MFCC), 40 или 80 (лог-Мел спектр). Таким образом, матрица X отражает временное акустическое представление речи и служит входными данными для модели ASR.

ISSN 3030-3907

При преобразовании речи в текст с помощью модуля ASR широко применяются два основных подхода: CTC временная классификация на основе нейронных сетей и Seq2Seq модель преобразования одной последовательности данных в другую. Модель CTC вычисляет вероятность транскрипции следующим образом:

$$P_{\text{CTC}}(w_{1:M} \mid X) = \sum_{\pi \in \text{B}^{-1}(w_{1:M})} \prod_{t=1}^{T} P(\pi_t \mid X, t)$$

Здесь $w_{1:M} = (w_1, w_2, \ldots, w_M)$ — последовательность текстовых токенов, $\pi = (\pi_1, \pi_2, \ldots, \pi_T)$ — скрытая последовательность, содержащая также специальные символы *blank*. Оператор $\text{B}(\cdot)$ сокращает *blank*-символы и повторяющиеся элементы, формируя итоговый текст. Каждый элемент $P(\pi_t \mid X, t)$ представляет собой вероятность появления символа на временном кадре. Таким образом, модель CTC суммирует вероятности всех возможных вариантов выравнивания. Преимущество данного подхода заключается в том, что даже при различии длин речевого сигнала и текста модель способна корректно их сопоставлять.[3] Например, сигнал из 100 кадров может соответствовать последовательности из 10 токенов. CTC-модель учитывает все возможные соответствия и вычисляет итоговую вероятность.

В отличие от этого, подход Seq2Seq основан на иной концепции. В нём декодер предсказывает каждый новый токен, опираясь на ранее сгенерированные токены и акустический контекст:

$$P_{\text{S2S}}(w_{1:M} \mid X) = \prod_{m=1}^{M} P(w_m \mid w_{1:m-1}, X)$$

Где w_m — токен в позиции m, $w_{1:m-1}$ — последовательность предыдущих токенов, а $P(w_m \mid w_{1:m-1}, X)$ — акустический контекст. Такой подход напрямую сопоставляет речь и текст, обеспечивая более высокую степень семантической целостности. Например, в зависимости от контекста модель может выбрать правильный вариант между словами «olma» и «alma». В моделях Seq2Seq вероятностная последовательность выравнивается по длине, что позволяет формировать семантически цельные предложения.

Для дальнейшего повышения качества результатов ASR используется интеграция с языковой моделью.[4] Метод объединения языковой модели с моделью распознавания речи на этапе декодирования вычисляет итоговую вероятность следующим образом:

$$\log P(w_{1:M} \mid X) \approx \log P_{\text{ASR}}(w_{1:M} \mid X) + \alpha \log P_{\text{LM}}(w_{1:M}) + \beta M$$

где P_{ASR} — вероятность, рассчитанная акустической моделью (CTC или Seq2Seq), P_{LM} — вероятность языковой модели(CTC или Seq2Seq), α — вес

ISSN 3030-3907

языковой модели, β — штраф за длину, M — количество токенов. Вероятность языковой модели P_{LM} формируется на основе статистических закономерностей языка. Например, последовательность «men kitob o‘qiyapman» имеет более высокую вероятность, чем «men kitob yeyapman», поскольку языковая модель учитывает естественные сочетаемости слов. Таким образом, применение метода объединения языковой модели с моделью распознавания речи делает результаты ASR более естественными и семантически корректными.[5]

После получения текста из речи активируется модуль NLP. Текст подаётся на вход трансформерной модели, и извлекается эмбеддинг специального символа CLS:

$$h = f_{\Theta}(T),\ h \in \mathrm{R}^{H}$$

Где h — общий эмбеддинг текста, f_{Θ} — отображающая функция модели BERT или XLM-R, H — размерность скрытого вектора. Данный эмбеддинг отражает семантику всего предложения и далее используется для классификации эмоций.

Дискретные эмоции определяются с использованием softmax-классификатора:

$$p_k = \frac{\exp((W_c h + b_c)_k)}{\sum_{j=1}^{K} \exp((W_c h + b_c)_j)},\ k = 1, \ldots, K$$

Где $K = 5$ — количество классов эмоций: радость, грусть, гнев, страх и нейтральное состояние. Функция softmax нормализует вероятности для всех классов в диапазоне от 0 до 1, при этом их сумма равна 1. Например, если на вход подаётся предложение «men juda xursandman» («я очень счастлив»), то на выходе softmax вероятность для класса «радость» может составить 0.85, а для остальных классов — значительно меньшие значения.

Дименсиональные эмоции оцениваются посредством регрессии:

$$\hat{r} = \tanh(W_r h + b_r),\ \hat{r} = [\hat{v}, \hat{a}]^T$$

Где $\hat{v}$ — валентность (степень позитивности или негативности), $\hat{a}$ — уровень возбуждения (интенсивность эмоционального состояния). Функция tanh ограничивает значения в интервале $[-1,1]$. Например, состояние радости обычно характеризуется значениями $\hat{v} \approx +0.8$, $\hat{a} \approx +0.7$; состояние грусти — $\hat{v} \approx -0.7$, $\hat{a} \approx -0.5$. Таким образом, дименсиональная модель отображает эмоции в координатном пространстве.

При обучении модели ключевую роль играют функции потерь. Для дискретных эмоций используется кросс-энтропия:

ISSN 3030-3907

$$L_{\text{disc}} = -\sum_{k=1}^{K} y_k \log p_k$$

Где y_k — истинный класс, представленный в виде one-hot-вектора. Для дименсиональных эмоций применяется коэффициент согласованной корреляции (Concordance Correlation Coefficient, CCC):

$$\text{CCC}\left(u, \hat{u}\right) = \frac{2\rho_{u,\hat{u}}\sigma_u\sigma_{\hat{u}}}{\sigma_u^2 + \sigma_{\hat{u}}^2 + (\mu_u - \mu_{\hat{u}})^2}$$

Значение CCC, близкое к 1, свидетельствует о высоком качестве аппроксимации; значение около 0 указывает на отсутствие согласованности. Для валентности и возбуждения коэффициенты рассчитываются отдельно, а итоговая дименсиональная функция потерь записывается в виде:

$$L_{\text{dim}} = \left(1 - \text{CCC}\left(v, \hat{v}\right)\right) + \left(1 - \text{CCC}\left(a, \hat{a}\right)\right)$$

Общая функция потерь объединяет обе задачи:

$$L_{\text{text}} = \lambda_1 L_{\text{disc}} + \lambda_2 L_{\text{dim}},$$

Где λ_1 и λ_2 — весовые коэффициенты, обычно выбираемые в диапазоне 0.5–1.0 для обеспечения баланса между задачами.

Так как модуль ASR может допускать ошибки, для повышения устойчивости результата применяются *N-best* гипотезы. Например, система ASR может выдать первую гипотезу «men kitob o‘qiyapman» («я читаю книгу») и вторую — «men kitob yeyapman» («я ем книгу»). Каждой гипотезе присваивается коэффициент достоверности q_i, сумма которых равна 1. Тогда ожидаемое значение дискретных вероятностей вычисляется как:

$$\bar{p} = \sum_{i=1}^{N} q_i \ \text{softmax}\left(W_c f_\Theta\left(T^{(i)}\right) + b_c\right)$$

а для дименсиональных выходов:

$$\bar{r} = \sum_{i=1}^{N} q_i \ \tanh\left(W_r f_\Theta\left(T^{(i)}\right) + b_r\right)$$

Таким образом, учитываются различные варианты транскрипции, что делает итоговую оценку эмоции более стабильной. Этот метод повышает устойчивость к ошибкам и обеспечивает надёжность системы в практических условиях.

В заключение можно отметить, что разработанный алгоритм конвейерной обработки «Речь → Текст → Эмоция» позволяет определять эмоциональные состояния в речи с учётом семантической информации. Такой подход обеспечивает более высокую точность по сравнению с методами, основанными исключительно на акустических признаках, поскольку содержательная часть текста зачастую точнее отражает эмоцию.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rabiner, L. R., & Schafer, R. W. *Digital Processing of Speech Signals.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978.
2. Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2023). *Speech and Language Processing* (3rd ed.). Stanford University.
3. Chan, W., Jaitly, N., Le, Q. V., & Vinyals, O. (2016). *Listen, Attend and Spell.* IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 4960–4964.
4. Chorowski, J., Bahdanau, D., Serdyuk, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2015). *Attention-Based Models for Speech Recognition.* Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 28, 577–585.
5. Mikolov, T., Karafiát, M., Burget, L., Cernocký, J., & Khudanpur, S. (2010). *Recurrent Neural Network Based Language Model.* In *INTERSPEECH 2010,* 1045–1048.

ISSN 3030-3907

SHAXSNI YUZ TASVIRI BO‘YICHA BIOMETRIK IDENTIFIKATSIYA QILISHGA ASOSLANGAN KIRISHNI NAZORAT QILISH VA BOSHQARISH TIZIMLARI

Ataxanov M.X.
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Botanika instituti
Xusainov N.O.
“Temurbeklar maktabi” harbiy akademik liseyi
Jo‘rayev Sh.U.
Namangan davlat universiteti
Abdullayeva B.M.
Namangan davlat universiteti

Annotatsiya. Maqolada shaxsni yuz tasviri bo‘yicha biometrik identifikatsiyaga qilishga asoslangan kirishni nazorat qilish va boshqarish zamonaviy tizimlari tahlil qilingan. Unda bunday tizimlarning ishlash tamoyillari, tanib olish algoritmlari, neyron tarmoqlar arxitekturasi hamda ularning korporativ va ijtimoiy infratuzilmaga integratsiyalashuvi masalalari ko‘rib chiqilgan. Ayniqsa, tijoriy va ochiq manbali yechimlarning qiyosiy tahliliga, mavjud muammolarga, axloqiy jihatlarga hamda xavfsizlik va raqamli identifikatsiya sohasidagi rivojlanish istiqbollariga alohida e’tibor qaratilgan.

Kalit so‘zlar: biometrika, kirishni boshqarish tizimlari, neyron tarmoqlar, identifikatsiya.

Abstract. This article presents an overview of modern access control systems based on biometric identification using facial images. It explores the principles of operation, recognition algorithms, neural network architectures, and integration challenges of such systems within corporate and public infrastructures. Special attention is given to a comparative analysis of commercial and open-source solutions, current issues, ethical concerns, and future development prospects in the fields of security and digital identity.

Keywords: biometrics, access control systems, neural networks, identification.

Kirish.

Zamonaviy xavfsizlik texnologiyalarida biometrik identifikatsiya usullari tobora keng qo‘llanilmoqda, ularning orasida esa yuzni tanib olish alohida o‘rin egallaydi. Shaxsni yuz tasviri bo‘yicha biometrik identifikatsiyaga qilishga asoslangan kirishni nazorat qilish va boshqarish tizimlari (KNQBT) turli sohalarda – ofislar va sanoat korxonalaridan tortib aeroportlar va davlat muassasalarigacha – keng tatbiq etilmoqda. Ushbu maqolada mazkur yo‘nalishdagi asosiy yondashuvlar, arxitektura yechimlari hamda rivojlanish tendensiyalarining tahliliy sharhi keltirilgan.

ISSN 3030-3907

I. Yuz orqali biometrik identifikatsiya ishlash prinsiplari. Yuz tasviri asosida biometrik identifikatsiya qiluvchi tizimlar tasvirni olish, belgilarni ajratish va ularni etalon shablonlar bilan solishtirish jarayonlariga tayanadi. Bu jarayonda mashinaviy o‘qitish va kompyuter ko‘rish usullari, jumladan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN), tasvirlarni normallashtirish usullari, shuningdek, ma’lumotlarni dastlabki va keyingi qayta ishlash algoritmlari qo‘llaniladi [1, 2].

Yuz tasviri asosida biometrik identifikatsiya jarayoni shartli ravishda bir necha asosiy bosqichlarga bo‘linadi.

Tasvirni olish bosqichida foydalanuvchining yuzini qayd etuvchi videokameralar qo‘llaniladi. Tasvir sifati keyingi qayta ishlash jarayonlarida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, real vaqt rejimida tasvir olish tizimlari bilan integratsiya qilish hamda tasvirni ko‘rish burchagi, aniqligi va yoritilganlik darajasi bo‘yicha dastlabki filtratsiyani amalga oshirish imkoniyati mavjud.

Yuzni belgilash va normallashtirish bosqichida tizim kadrda yuz mavjudligini aniqlash uchun unga mos algoritmlaridan, masalan, MTCNN (Multi-task Cascaded CNN) [3] dan foydalanadi. Keyin esa boshning egilishi, burilishi yoki mimika tufayli yuzaga keladigan farqlarni bartaraf etish maqsadida asosiy nuqtalar — ko‘zlar, burun va og‘iz koordinatalari bo‘yicha tasvirni to‘g‘irlash amalga oshiriladi.

Belgilarn ajratib olish chuqur o‘qitilgan konvolyutsion neyron tarmoqlar yordamida amalga oshiriladi, masalan: FaceNet [4], ArcFace [5] va DeepFace [6]. Ushbu tarmoqlar bir xil shaxsga tegishli belgilar orasidagi masofani minimallashtiradi hamda turli shaxslarga oid belgilar o‘rtasidagi farqni maksimal darajada oshiradi.

Etalon shablonlar bilan solishtirish jarayoni o‘xshashlik metrikalari (kosinus masofasi yoki Yevklid masofasi) ni hisoblash orqali amalga oshiriladi [1].

Ma’lumotlarning xavfsizligini ta’minlash uchun shifrlash usullari va soxtalashtirishga qarshi himoya tizimi texnologiyalari qo‘llaniladi. Bular tarkibiga terining teksturasini tahlil qilish hamda yuzning 3D hajmga ega ekanligini tekshirish kabi usullar kiradi [7].

Yangi foydalanuvchi tizimga qo‘shilganda, uning yuz tasvirlari turli rakurslardan olingan holda tahlil qilinadi va bu tasvirlar asosida shakllantirilgan bir yoki bir nechta belgi vektorlari maxsus himoyalangan ma’lumotlar bazasida saqlanadi.

Bundan tashqari, tizim xavfsizlik va ma’lumotlarning maxfiyligini ta’minlaydi – barcha biometrik ma’lumotlar shifrlangan shaklda saqlanishi lozim. Yuz tasviri orqali amalga oshiriladigan soxtalashtirish hujumlardan himoyalanish uchun teri teksturasini tahlil qilish, yuzning 3D hajmini aniqlash, shuningdek ko‘z va bosh harakatlarini tekshirish kabi himoya usullari qo‘llaniladi.

ISSN 3030-3907

II. Zamonaviy arxitekturalar va algoritmlar tahlili. Bugungi kunda yuzni aniqlash sohasida eng samarali hisoblangan arxitekturalar qatoriga VGG-Face [8], FaceNet [4], ArcFace [5], DeepFace [6] va ularning turli modifikatsiyalari kiradi. Ushbu modellar chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlar va optimallashtirilgan yo‘qotish funksiyalaridan (Additive Angular Margin Loss) foydalanish orqali identifikatsiya aniqligining yuqori darajasini ta’minlaydi. Barcha modellar ish tezligi, hisoblash resurslariga bo‘lgan talab hamda sabablarning o‘zgarishga (yoritilganlik, rakurs yoki yoshdagi o‘zgarishlar) nisbatan barqarorlik jihatidan bir-biridan farq qiladi.

Yuzni tanish uchun mo‘ljallangan zamonaviy neyron tarmoq arxitekturalari chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlar asosida quriladi. Ularda e’tibor mexanizmlari, qoldiq bog‘lanishlar hamda maxsus yo‘qotish funksiyalari qo‘llaniladi. Quyida ushbu sohada eng muhim hisoblangan model va usullar keltirilgan.

Facebook AI tomonidan ishlab chiqilgan DeepFace modeli – LFW (Labeled Faces in the Wild) ma’lumotlar bazasida 97% aniqlikka erishgan dastlabki modellaridan biridir [6]. Google tomonidan taklif etilgan FaceNet modeli esa triplet loss (uchlik yo‘qotish) funksiyasidan foydalanadi hamda ishlab chiqarish tizimlarida keng qo‘llanuvchi kompakt belgi vektorlarini shakllantirish imkonini beradi [4].

Oxford VGG tadqiqotchilari tomonidan taklif etilgan VGG-Face modeli VGG-16 arxitekturasi asosida qurilgan bo‘lib, juda katta hajmdagi yuz tasvirlari to‘plamida o‘qitilgan [8]. ArcFace esa belgilarni yanada aniqroq ajratish imkonini beruvchi va tasvir sharoitlaridagi o‘zgarishlarga nisbatan barqarorlikni oshiruvchi “Additive Angular Margin Loss” (yo‘qotish funksiyasi) deb ataluvchi o‘zgartirilgan matematik modelni qo‘llaydi [5].

CosFace va SphereFace modellarida sinflar o‘rtasidagi burchak masofalarini optimallashtirish yondashuvi yanada rivojlantirilgan [2]. Mobil va edge-qurilmalar uchun esa yengillashtirilgan neyron tarmoqlar – MobileFaceNets va EfficientFace ishlab chiqilgan bo‘lib, ular aniqlikni saqlagan holda energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi [9]. Shuningdek, tasvirlarni dastlabki qayta ishlash jarayonida MTCNN algoritmi keng qo‘llaniladi; u yuzni aniqlash va tekislashni bir vaqtning o‘zida amalga oshiradi [3].

III. Biometrik tizimlarni kirishni nazorat qilish va boshqarish tizimlariga integratsiyalash. Biometrik tizimlarni korxona infratuzilmasiga integratsiyalash tegishli dasturiy-apparat yechimlarini talab qiladi. Yuqori aniqlikdagi kameralar, edge-hisoblash qurilmalari, shuningdek biometrik ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash serverlari qo‘llaniladi. Xavfsizlik va shifrlash protokollari, shuningdek shaxsiy ma’lumotlar to‘g‘risidagi qonunchilik

ISSN 3030-3907

talablariga rioya etish ham bunday tizimlarni joriy etishning ajralmas jihatlaridan biridir. Alohida e'tibor shifrlash protokollariga va ISO/IEC 19794-5:2011 kabi xalqaro standartlarga rioya etishga qaratiladi [7].

Integratsiya jarayoni o'z ichiga bir necha bosqichni oladi:

– talablarni yig'ish: bino arxitekturasini, foydalanish ssenariylarini, foydalanuvchilar sonini va xavfsizlik darajasini tahlil qilish;

– uskunani tanlash: biometrik modullar bilan mos kameralar, kirish terminallari, kontrollerlar, serverlar va dasturiy ta'minot (DT)ni tanlash;

– mavjud KNQBT bilan integratsiya: biometrik modullarni korporativ KNQBT, ERP tizimlari va videokuzatuv tizimlariga ulash;

– DTni joylashtirish va modellarga o'qitish: tanish tizimi dasturiy ta'minotini sozlash, foydalanuvchilarning etalon ma'lumotlarini yuklash, modellarni o'qitish yoki qayta o'qitish;

– sinovdan o'tkazish va optimallashtirish: tanib olish aniqligini, ishlash tezligini hamda tashqi omillarga barqarorlikni tekshirish;

– me'yorlarga rioya etish: shifrlash, jurnalga olish, audit mexanizmlarini joriy etish hamda foydalanuvchilarning biometrik ma'lumotlarni qayta ishlashga roziligini ta'minlash.

Bundan tashqari, zamonaviy tizimlar o'z ichiga ish vaqtini hisobga olish modullari, prediktiv tahlil (predictive analytics) moduli, shuningdek ko'p modalli biometrikani (masalan, ovoz va ko'z qorachig'i asosidagi identifikatsiya) qo'llab-quvvatlash hamda mobil ilovalar bilan integratsiyani o'z ichiga olishi mumkin.

IV. Mavjud yechimlarning taqqoslama tahlili. Bozor ham tayyor tijoriy mahsulotlarni, ham open-source (ochiq kodli) yechimlarni taklif etadi. Muayyan yechimni tanlashda identifikatsiya aniqligi, unumdorlik, narx, integratsiya qulayligi va texnik qo'llab-quvvatlash kabi omillar hisobga olinadi.

KNQBT asoslarini ularning afzallik va kamchiliklarini ko'rsatgan holda ko'rib chiqamiz.

NEC NeoFace. Ushbu tizim videokuzatuv, CRM va hisob tizimlari bilan integratsiyalashish imkoniyatiga ega, oson masshtablanadi hamda ko'p tilli interfeysga ega. Jahon bozoridagi real vaqt rejimida ishlovchi eng aniqligi yuqori bo'lgan yuzni aniqlash tizimlaridan biri sifatida, u ishonchli texnik qo'llab-quvvatlash bilan ta'minlangan va yirik infratuzilmaviy obyektlarda qo'llash uchun mosdir. Biroq, ushbu tizim KNQBT litsenziyalash va joriy etish xarajatlarining yuqoriligi, shuningdek, yopiq arxitekturaga ega ekani bilan ajralib turadi.

VisionLabs LUNA Platform – bu tizim oqimda (real vaqt rejimida) yuzni aniqlash, kuzatish (tracking), foto va video asosida identifikatsiya qilish imkoniyatiga ega. U modul asosida tuzilgan arxitekturaga, API interfeyslarga ega bo'lib, edge va server yechimlarini qo'llab-quvvatlaydi. Tizim MDH mamlakatlari

ISSN 3030-3907

uchun yaxshi moslashtirilgan (lokalizatsiyalangan) bo‘lib, haqiqiy ish sharoitlarida yuqori aniqlikka ega. Kamchiliklari sifatida – mintaqadan tashqarida kamroq tanilganligi va bulutli (cloud) muhitda masshtablashdagi qiyinchiliklar ko‘rsatiladi.

SenseTime Face++ – bu bulutli API asosida ishlovchi tizim bo‘lib, yuzni tanish, his-tuyg‘ularni tahlil qilish, jins va yoshni aniqlash imkoniyatiga ega. Shuningdek, IoT va “aqlli shahar” yechimlari bilan chuqur integratsiya qilishni qo‘llab-quvvatlaydi hamda multimodal imkoniyatlarga ega. Shu bilan birga, tizimning xalqaro bozorda mavjudligi va hujjatlashtirilganlik darajasi cheklangan.

OpenFace [10] – bu open-source (ochiq kodli), yengil model bo‘lib, biometrik yechimlarni ishlab chiqish va sinovdan o‘tkazish uchun mo‘ljallangan. U asosiy dasturlash tillarini (Python, C++) qo‘llab-quvvatlaydi, hamda, ilmiy tadqiqotlar va KBNQT prototiplarini ishlab chiqish uchun qulaydir. Biroq, zamonaviy arxitekturalar bilan solishtirilganda, ushbu model biroz eskirgan bo‘lib, u asosida yaratilgan tizimlar murakkab sharoitlarda yuzni aniqlashda past aniqlikka ega.

InsightFace [9] – bu open-source tizim bo‘lib, zamonaviy arxitekturalarni (ArcFace, CurricularFace), hamda MXNet, PyTorch kabi ramkalarni qo‘llab-quvvatlaydi. Tizimning afzalliklariga yuqori aniqlik va tezlik, faol hamjamiyat, muntazam yangilanishlar hamda to‘liq hujjatlashtirish kiradi. Ushbu tizim ilmiy tadqiqotlar va tijoriy maqsadlarda qo‘llash uchun ham mosdir. Ammo tizimni to‘g‘ri integratsiya qilish uchun DevOps/ML ko‘nikmalari talab etiladi, shuningdek, rasmiy texnik qo‘llab-quvvatlash yo‘q (barchasi GitHub yoki hamjamiyat orqali amalga oshiriladi).

V. Biometrik kirishni nazorat qilish va boshqarish tizimlarini tanlash bo‘yicha tavsiyalar. Biometrik nazorat tizimining samaradorligi tashkilot miqyosi, xavfsizlik talablarining darajasi, foydalanish sharoitlari va ajratilgan byudjetga bog‘liq. Quyida turli xil tashkilotlar uchun mos yechimlarni tanlash bo‘yicha tavsiyalar keltirilgan.

Tashkilot turlari	Tavsiya etiladigan yechimlar	Tanlash sabablari	Xususiyatlari
1. Yirik korporatsiyalar va sanoat korxonalari	NEC NeoFace, VisionLabs LUNA, SenseTime	• foydalanuvchilar oqimi katta bo‘lgan sharoitda yuqori aniqlikdagi identifikatsiya; • taqsimlangan arxitektura va markazlashtirilgan	mavjud IT-infratuzilmaga (ERP, HRM, videokuzatuv tizimlari) integratsiyalash imkoniyatiga

ISSN 3030-3907

		boshqaruvni qo‘llab-quvvatlash; • korporativ xavfsizlik va qonunchilik talablariga muvofiqlik.	ega bo‘lgan masshtablanadigan tizim zarur.
2. O‘rta va kichik korxonalar	VisionLabs LUNA (local versiya), InsightFace (on-premise), OpenFace (prototiplar uchun)	• o‘tkazuvchanlik (bandwidth) bo‘yicha o‘rtacha talablar; • narx va funksionallik o‘rtasidagi muvozanatni saqlash zarurati.	ustuvorlik ochiq APIga ega, bulutga ulanmasdan lokal tarzda joylashtirilishi mumkin bo‘lgan yechimlarga beriladi.
3. Davlat muassasalari va xavfsizlik idoralari	NEC NeoFace, SenseTime, muallif tomonidan ishlab chiqilgan yechimlar.	• ishtirok etayotgan tizimlardan yuqori darajada ishonchlilik, maxfiylik va nosozliklarga bardoshlilik talab etiladi; • normativ-huquqiy hujjatlar talablariga to‘liq muvofiqlik zarur.	majburiy tarzda jurnal yuritish, shifrlash va ma’lumotlarni mantiqiy ajratish tizimining mavjudligi
4. Ta’lim muassasalari	InsightFace, OpenFace	• mavjudligi va IT bo‘limi kuchi bilan mustaqil joriy etish imkoniyati; • kirish nazoratini, davomatni hisobga olishni va xavfsizlikni oshirishni ta’minlash uchun mos.	sozlashning soddaligi va kirish darajalarini moslashuvchan tarzda belgilash imkoniyati muhim ahamiyatga ega
5. Chakana savdo, sport va fitnes sohalari	SenseTime, VisionLabs, InsightFace	• tezkor identifikatsiya, CRM va marketing tizimlari bilan integratsiya; • yosh, jins va emotsiyalarni aniqlash imkonini beruvchi tahlil funksiyalarini qo‘llab-quvvatlash.	ish tezligi, vizual integratsiya va foydalanuvchi qulayligi muhim ahamiyatga ega

ISSN 3030-3907

VI. Muammolar va chaqiriqlar. Yutuqlarga qaramay, hali ham bir qator hal etilmagan masalalar mavjud: tashqi ko‘rinishdagi o‘zgarishlar sababli aniqlikning pasayishi, etika va maxfiylik bilan bog‘liq muammolar, shuningdek, tasvirlar yoki 3D niqoblar yordamida amalga oshiriladigan hujumlar ehtimoli. Shuningdek, ko‘p foydalanuvchilar oqimi sharoitida yuz beruvchi ommaviy xatolarga qarshi tizimning barqarorligi ham muhim ahamiyatga ega bo‘ladi.

Yuzni aniqlash asosidagi biometrik KNQBT texnologik jihatdan yetuk va keng qo‘llanilish imkoniyatiga ega bo‘lsa-da, ularning samaradorligi, ishonchliligi va jamoatchilik tomonidan qabul qilinishini cheklovchi bir qator muammolar mavjud:

– aniqlik va ishonchlilik muammosi. KNQBT tizimining ishonchliligiga tashqi ko‘rinishdagi o‘zgarishlar (soqol, bo‘yanish, ko‘zoynak, yosh o‘zgarishi, jarohatlar), suratga olish sharoitining yomonligi (yomon yoritish, keskin soyalar, yon tomondan rakurs, harakatlanish), shuningdek, niqob va turli aksessuarlarning ishlatilishi ta’sir qiladi. COVID-19 pandemiyasi yuzning yopiq qismlariga nisbatan tizimlarning zaifligini yaqqol ko‘rsatdi;

– xavfsizlikka hujumlar. KNQBT tizimlari spoofing-hujumlar (foto, video yoki 3D-niqoblar yordamida soxtalashtirish)ga, shuningdek, tarmoq infratuzilmasini buzish, shablonlarni qalbakilashtirish va autentifikatsiyani aylanib o‘tish kabi harakatlarga nisbatan zaif hisoblanadi;

– maxfiylik muammolari. Bunga shaxsiy ma’lumotlarni qayta ishlash (biometrik ma’lumotlar – qonun bilan himoyalangan sezgir ma’lumotlar), foydalanuvchining roziligining yo‘qligi (ko‘p hollarda foydalanuvchilar ma’lumot to‘plash hajmi va maqsadidan bexabar), hamda ma’lumotlar bazasining buzilishi tufayli yuzaga keluvchi oqibatlar kiradi;

– huquqiy va axloqiy to‘siqlar. Ayrim mamlakatlarda biometrik ma’lumotlar bilan ishlash bo‘yicha aniq me’yorlar mavjud emas. Shuningdek, ayrim algoritmlar aniqlikda etnik, jinsiy yoki yoshga oid farqlarni namoyon qilishi mumkin;

– infratuzilmaviy cheklovlar. Bunga joriy etish xarajatlari (uskunalar, serverlar, dasturiy ta’minot, integratsiya va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari), eski tizimlar bilan moslashuv muammolari (to‘liq modernizatsiyani talab qilishi), shuningdek, masshtablashdagi murakkabliklar kiradi. Tajriba loyihasidan sanoat darajasidagi tizimga o‘tganda unumdorlik va boshqaruv bilan bog‘liq muammolar paydo bo‘ladi.

VII. Rivojlanish istiqbollari. Biometrik KNQBT tizimlarining kelajagi modellarni tashqi omillarga nisbatan barqarorligini oshirish, gibrid identifikatsiya usullarini (masalan, yuz va ovoz) qo‘llash, edge AI texnologiyalaridan foydalanish, shuningdek, kontaktsiz va noinvaziv kirish usullariga qiziqishning ortishi bilan chambarchas bog‘liq.

ISSN 3030-3907

Zamonaviy rivojlanish tendensiyalari biometrik KNQBT tizimlarining aniqlik, ishonchlilik va moslashuvchanlik darajasini oshirishga, shuningdek, ularni korporativ raqamli ekotizimlar va “aqlli shaharlar” infratuzilmasi bilan chuqur integratsiyalashishga yo‘naltirilgan. Ushbu tizimlarning evolyutsiyasidagi asosiy yo‘nalish – yuzni aniqlash algoritmlarini takomillashtirishdir. So‘nggi yillarda turli neyron arxitekturalarning afzalliklarini birlashtiruvchi ko‘p modelli yondashuvlarni qo‘llash kengaymoqda. Shuningdek, mashg‘ulot (train) jarayonida multimodal ma’lumotlardan – tasvir, ovoz va xulq-atvor xususiyatlarini birlashtirgan hamda sintetik ma’lumotlar to‘plamlaridan foydalanish orqali o‘qitish materialining xilma-xilligini kengaytirish va haqiqiy namunalar bog‘liqligini kamaytirish imkonini bermoqda. Muhim yo‘nalishlardan yana biri – diqqat mexanizmlari va o‘z-o‘zini nazorat qilish orqali o‘rganish yondashuvlarini joriy etish bo‘lib, ular yangi ish sharoitlariga moslashishni va belgilarni samaraliroq ajratishni ta’minlaydi.

Yana bir muhim yo‘nalish – gibrid va ko‘pmodalli identifikatsiya tizimlarini rivojlantirishdir. Bunda ishonchlilikni oshirish maqsadida turli biometrik belgilar – yuz, ko‘z qorachig‘i, barmoq izi, ovoz va boshqa parametrlar birgalikda qo‘llaniladi. Bu yondashuv tizimning soxtalashtirishga qarshi barqarorligini oshiradi hamda shaxsni aniqlashda ko‘p bosqichli himoya va yuqori aniqlikni ta’minlaydi.

Zamonaviy KNQBT arxitekturasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatayotgan yo‘nalishlardan yana biri – periferik hisoblash (edge computing) texnologiyalarini joriy etishdir. Biometrik ma’lumotlarni markaziy serverlardan lokal qurilmalarga – kameralar, terminallar yoki kirish nazorati kontrollerlariga ko‘chirish tizimning kechikishlarini kamaytiradi, javob tezligini oshiradi va shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilishni kuchaytiradi. Bu nafaqat infratuzilma yuklamasini kamaytiradi, balki maxfiy ma’lumotlarning sizib chiqish xavfini ham pasaytiradi.

Muhim rivojlanish yo‘nalishlaridan yana biri biometrik kirishni nazorat qilish va boshqarish tizimlarini “aqlli qurilmalar tarmog‘i” hamda “aqlli binolar” infratuzilmasi bilan integratsiya qilishdir. Bunday muhitda kirishni nazorat qilish tizimi videokuzatuv, yoritish, iqlim nazorati, ogohlantirish va energiya iste’molini boshqarish kabi boshqa tizimlar bilan uzviy bog‘lanadi. Natijada, foydalanuvchining xatti-harakatlari va odatlariga mos ravishda avtomatik tarzda sozlanadigan kontekstual autentifikatsiya imkoniyati yuzaga keladi.

Texnologik taraqqiyot jarayonida biometrik ma’lumotlardan foydalanishning huquqiy, axloqiy va texnik asoslari ham izchil shakllanib bormoqda. Biometrik ma’lumotlarni saqlash, qayta ishlash va uzatish tartibini belgilovchi xalqaro standartlar hamda protokollar yaratilmoqda. Shu bilan birga, yuz, barmoq izi yoki ovoz kabi biometrik belgilarni tahlil qiluvchi algoritmlarda

ISSN 3030-3907

xatolik yoki adolatsizlikka olib keluvchi omillarni kamaytirish maqsadida, ochiq va ishonchli ma’lumotlar bazalarini yaratishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Shuningdek, foydalanuvchilar va mutaxassislar uchun biometrik tizimlarning ishlash tamoyillarini tushunarli shaklda izohlab bera oladigan “izohli sun’iy intellekt” texnologiyalarini ishlab chiqish ham dolzarb yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuv biometrik tizimlarning shaffofligi va ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

Nihoyat, foydalanuvchi qulayligi va jismoniy aloqasiz ishlash imkoniyati masalalari ham alohida ahamiyat kasb etmoqda. Zamonaviy foydalanuvchilar biometrik tizimlardan nafaqat yuqori aniqlik, balki tezkor va qulay foydalanish imkonini ham kutishadi. Shu sababli, ustuvorlik foydalanuvchidan bevosita tegishni talab qilmaydigan, tabiiy va tez ishlaydigan identifikatsiya usullariga berilmoqda. Ayniqsa, ommaviy kirish tizimlari yoki gigiyena talablari yuqori bo‘lgan muhitlarda, bunday kontaktsiz va intuitiv interfeyslar foydalanuvchi tajribasining yangi standarti sifatida shakllanmoqda.

Xulosa. Yuz tasviri orqali shaxsni biometrik identifikatsiya qiluvchi kirishni nazorat qilish tizimlari xavfsizlikni ta’minlash hamda foydalanuvchilar uchun qulaylik yaratishda yuqori samaradorlik ko‘rsatmoqda. Ular biznes va ijtimoiy institutlarning raqamli transformatsiyasining ajralmas qismiga aylanmoqda.

Biroq, bunday tizimlarni muvaffaqiyatli va axloqiy jihatdan to‘g‘ri joriy etish uchun texnologik cheklovlar, huquqiy me’yorlar va ijtimoiy omillarni e’tiborga olish zarur.

Kelgusida ushbu tizimlarning rivojlanishi ularning ishonchliligi, moslashuvchanligi va aqlli muhitning kompleks platformalariga integratsiyalashuvini yanada oshirish bilan bog‘liq bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Jain, A. K., Ross, A., Nandakumar, K. *Introduction to Biometrics*. – London: Springer, 2011. – 312 p.
2. Li, S. Z., Jain, A. K. (Eds.). *Handbook of Face Recognition*. – 2nd ed. – London: Springer, 2011. – 655 p.
3. Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., Qiao, Y. Joint Face Detection and Alignment using Multi-task Cascaded Convolutional Networks // *IEEE Signal Processing Letters*. – 2016. – Vol. 23, No. 10. – P. 1499–1503.
4. Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J. FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2015. – P. 815–823.
5. Deng, J., Guo, J., Xue, N., Zafeiriou, S. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2019. – P. 4690–4699.

ISSN 3030-3907

6. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M. A., Wolf, L. DeepFace: Closing the gap to human-level performance in face verification // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2014. – P. 1701–1708.
7. ISO/IEC 19794-5:2011. Information technology – Biometric data interchange formats – Part 5: Face image data. – Geneva: ISO, 2011. – 54 p.
8. Parkhi, O. M., Vedaldi, A., Zisserman, A. Deep face recognition // *British Machine Vision Conference*. – 2015. – P. 1–12.
9. InsightFace: 2D and 3D Face Analysis Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/deepinsight/insightface (дата обращения: 20.10.2025).
10. OpenFace: Free and open-source face recognition with deep neural networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cmusatyalab.github.io/openface/ (дата обращения: 20.10.2025).

ISSN 3030-3907

TRITSIKLIK XINAZOLONLARDA BORADIGAN BIR REAKTORLI KROSS-BIRIKISH REAKSIYALARI

Xushvaqtova Gulbahor Hamdam qizi
Magistr Qarshi davlat universiteti
Mahmadiyorova Charosxon Erkinovna
k.f.f.d., PhD, Qarshi davlat universiteti
E-mail: charosmahmadiyorova@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada trisiklik xinazolin alkaloidilarining dastlabki vakili - dezoksipeganin va uning kislorodli analoglarining bromli hosilalarida boradigan Suzuki-Miyaura kross-birikish reaksiyalarini haqida ma'lumot berilgan. Bu reaksiyalarni olib borishdan maqsad, reaksiyalar borishiga substratning va almashingan bor kislotalarining tuzilishi, reaksiya harorati, vaqti va davomiyligining, shuningdek fazoviy (sterik) omillarning ta'sirini atroflicha o'rganish va natijalarni qiyosiy tahlil qilishdan iboratdir. Shu sababli, dastlab biz bromli hosilalarning (**1**, **2**) boshqa aril- va geteril-bor kislotalari bilan kross-birikish reaksiyalarini olib bordik. Hozirgi kunda tannarxi va atrof-muhit omillarini hisobga olgan holda, turli xil kross-birikish reaksiyalari uchun Cu- va Fe asosidagi katalizatorlardan foydalanish sanoat nuqtai-nazaridan yanada rivojlanib bormoqda [4].

Kalit so'zlar: Trisiklik xinazolonlar, bir reaktorli, kposs-birikish, katalizator, arilgalogenidlar.

Аннотация: В этой статье представлена информация о реакциях кросс - сочетания Suzuki-Miyaura, протекающих в бромированных производных дезоксипеганина и его кислородсодержащих аналогах-раннем представителе трициклических хиназолиновых алкалоидов. Целью проведения этих реакций является детальное изучение влияния на ход реакций структуры субстрата и обменных борных кислот, температуры, времени и продолжительности реакции, а также пространственных (стерических) факторов и сравнительный анализ результатов. По этой причине сначала мы провели реакции перекрестного присоединения бромсодержащих производных (1, 2) с другими Арил - и гетерил-борными кислотами. В настоящее время, учитывая стоимость и факторы окружающей среды, использование катализаторов на основе Cu-и Fe для различных реакций кросс - сочетание становится все более продвинутым с промышленной точки зрения [4].

Ключевые слова: трициклические хиназолоны, однореакторный, kposs-сочетание, катализатор, арилгалогениды.

Abstract: This article provides information about the Suzuki-Miyaura cross-coupling reactions that occur in the bromide derivatives of trisyclic xinazolin

ISSN 3030-3907

alkaloids and their oxygen-containing analogues. This reaction is composed of the following steps: the formation of the substrate and the unreacted boric acid, the temperature, time, and duration of the reaction, as well as the influence of phase (steric) factors on the reaction. For this reason, we first carried out cross-linking reactions between bromo compounds (1, 2) and other aril- and geteril-boric acids. Today, taking into account the characteristics of tannarx and the surrounding environment, the use of Cu- and Fe-based catalysts for various cross-linking reactions is becoming increasingly important in the industrial sector [4].

Keywords: tricyclic quinazolones, single-reactor, kposs-combination, catalyst, aryl halides.

Kirish

Ma’lumki, kross birikish reaksiyalari – bu zamonaviy organik sintez kimyosining eng muhim yo’nalishlaridan biridir. Ushbu reaksiyalar yordamida turli xil organik substratlar o’rtasida uglerod- uglerod (C-C) yoki uglerod-geteroatom (C-N, C-O, C-S va boshqalar) bog’lari hosil qilinadi. Kross birikish reaksiyalari ko’pincha palladiy (Pd), nikel (Ni) yoki mis (Cu) kabi oraliq metallar ishtirokida katalitik yo’l bilan amalga oshiriladi.

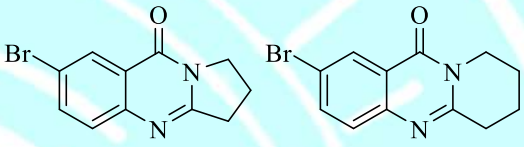
Ferrotsenga bog‘langan biomolekulalar - peptidlar va oqsillar [1], nuklein kislotalar, uglevodlar, porfirinlar [2] va ferrotsen bilding-blokining benzol halqasiga almashingan hosilalari orasida bir qator shishlarga qarshi vositalar mavjud [3]. Hozirgi kunda tannarxi va atrof-muhit omillarini hisobga olgan holda, turli xil kross-birikish reaksiyalari uchun Cu- va Fe asosidagi katalizatorlardan foydalanish sanoat nuqtai-nazaridan yanada rivojlanib bormoqda [4].

Castro va Stephens tomonidan arilatsetilenlar va arilgalogenidlarning o‘zaro kross-birikishi natijasida diarilatsetilenlar hosil bo‘lishi nisbatan pastroq haroratda (piridinda qaynatish) Cu-katalizatorligida muvaffaqiyatli ketishi ko‘rsatib berildi [5]. Keyinchalik, Sonogashira palladiy va misning katalitik miqdordagi ishtirokida terminal alkinlarning aril galogenidlar bilan kross-birikishini kuzatdi [6].

Buchvald va Taillefer ham mustaqil ravishda xelatlangan ligandlardan foydalanish orqali Cu-katalizatorligida boradigan kross-birikish reaksiyalarida katta yutuqlarga erishdilar [7]. 2010 yilda Yaponiya va AQSH olimlari: Richard F. Xek, Ei-ichi Negishi va Akira Suzuki murakkab molekulalarni sintez qilish uchun uglerod atomlarini bog‘lashning yangi, yanada samarali usullarini, ya’ni “palladiy bilan katalizlangan kross-birikish reaksiyalarini” ishlab chiqdilar [8].

Tadqiqotlarimiz uchun, biz tarkibida brom atomlari (7-bromdezoksivazitsinon (**1**), 2-brommakinazolinon (**2**) saqlagan substratlarni tanlab oldik:

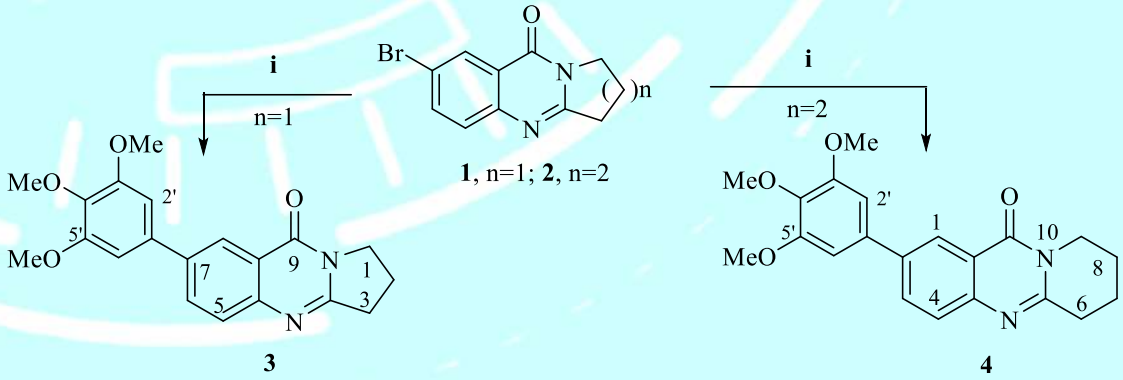
ISSN 3030-3907



1 **2**

Bu substratlarni tanlashdan asosiy maqsad, brom-atomi tutgan substratlar (**1**, **2**) ishtirokida Suzuki-Miyaura kross-birikish reaksiyalarini olib borish, hamda olingan natijalarni taqqoslashdan iborat edi. Shu sababli, dastlab biz bromli hosilalarning (**1**, **2**) boshqa aril- va geteril-bor kislotalari bilan kross-birikish reaksiyalarini olib bordik. Bu reaksiyalarni olib borishdan maqsad, reaksiyalar borishiga substratning va almashingan bor kislotalarining tuzilishi, reaksiya harorati, vaqti va davomiyligining, shuningdek fazoviy (sterik) omillarning ta'sirini atroflicha o'rganish va natijalarni qiyosiy tahlil qilishdan iboratdir. Aril- va geteril-bor kislotalari sifatida: 3,4,5-trimetoksifenil bor kislota, 2,4,6-triftorfenil bor kislota va benzotiofen-3-bor kislotalar ishlatildi.

Dastlab, reaksiyalar *mono*-bromxinazolonlarning (**1**, **2**) 3,4,5-trimetoksifenil bor kislotasi bilan atseton va suvli erituvchilar aralashmasida palladiy atsetat katalizatori ishtirokida nisbatan past haroratda o'tkazildi (1-jadval):

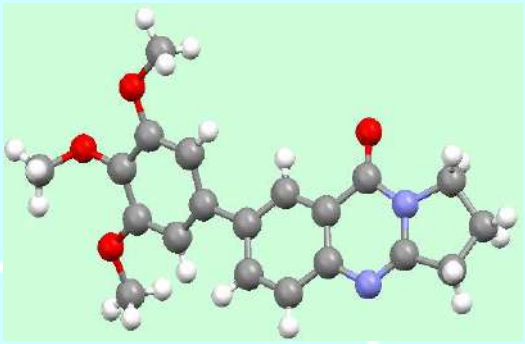


1, n=1; **2**, n=2

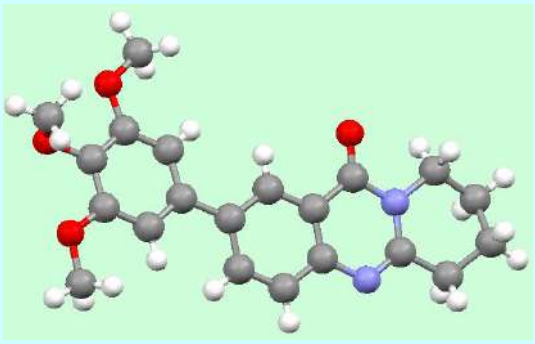
3 **4**

i: $Pd(OAc)_2$ (4.2mol %), 3,4,5-Trimetoksifenil-bor kislota (1.12 ekv.), Na_2CO_3 (1.25 mmol), Atseton/H_2O - 4/2 (v:v), 40-45°C, 30 min(*konversiya 100%*)..

Quyidagi 1- va 2- rasmlarda kross-birikish mahsulotlarining (**3**, **4**) kristaldagi tuzilishlari keltirilgan:



1-Pasm. 3-birikmaning kristaldagi tuzilishi



2-Rasm. 4-birikmaning kristaldagi tuzilishi

Sintez qilingan birikmalarning unumi va ba'zi fizik-kimyoviy kattaliklari

ISSN 3030-3907

Birikma	Brutto formula	Unum, %	R_f (sistema)	Suyuqlanish harorati, ^0C
3	$C_{20}H_{20}N_2O_4$	97	0.13 (etilatsetat)	169-170
4	$C_{21}H_{22}N_2O_4$	98	0.30 (etilatsetat)	160-161

Sintez qilingan birikmalarning (**3-4**) spektrlari natijalari

Birikma	**Spektr natijalari**
3	^{1}H YAMR ($CDCl_3$, δ, м.у., *J*, Гs): 2.29-2.37 (2H, м, 2-CH_2), 3.22 (2H, т, *J*=7.8, 3-CH_2), 3.92 (3H, с, OMe-4'), 3.97 (6H, с, $(OMe)_2$-3',5'), 4.25 (2H, т, *J*=7.2, 1-CH_2), 6.88 (2H, с, H-2',6′), 7.72 (1H, д, *J*=8.5, H-5), 7.96 (1H, dd, *J*=2.2, *J*=8.5, H-6), 8.47 (1H, д, *J*=1.9, H-8). ^{13}C YAMR ($CDCl_3$): 161.1 (C-9), 159.4 (C-7), 153.6 (C-8a), 148.3 (C-6), 139.2 (C-5), 135.6 (C-4a), 133.1 (C-3a), 127.3 (C-2',6'), 124.1 (C-3',5'), 120.7 (C-4'), 104.4 (C-1'), 60.9 (C-OMe-4'), 58.3 (C-$(OMe)_2$-3',5'), 46.6 (C-1), 32.5 (C-3), 19.5 (C-2). IQ (ν, $см^{-1}$): 1672 (C=O), 1620 (C=N), 1481 (C-N). TOF MS EI^+ (GCT), m/z (%): 352 ($[M]^+$, 96), 337 ($[M-CH_3]^+$, 100), 309, 279, 223, 175, 139, 111. Hisoblangan: $C_{20}H_{20}N_2O_4$ uchun 352.1423. Topilgan: 352.1422.
4	^{1}H YAMR ($CDCl_3$, δ, м.у., *J*, Гs): 1.97-2.07 (4H, м, 7-CH_2, 8-CH_2), 3.04 (2H, т, *J*=6.7, 6-CH_2), 3.92 (3H, с, OMe-4'), 3.97 (6H, с, $(OMe)_2$-3',5'), 4.13 (2H, т, *J*=6.1, 9-CH_2), 6.88 (2H, с, H-2',6′), 7.67 (1H, д, *J*=8.5, H-4), 7.95 (1H, dd, *J*=2.2, *J*=8.5, H-3), 8.46 (1H, д, *J*=1.9, H-1). ^{13}C YAMR ($CDCl_3$): 162.3 (C-11), 154.9 (C-2), 153.6 (C-11a), 146.6 (C-3), 138.9 (C-1), 137.9 (C-4), 135.6 (C-4a), 133.1 (C-5a), 126.9 (C-2',6'), 124.3 (C-3',5'), 120.5 (C-4'), 104.3 (C-1'), 61.0 (C-OMe-4'), 56.3 (C-$(OMe)_2$-3',5'), 42.5 (C-7), 32.0 (C-8), 22.1 (C-6), 19.3 (C-9). IQ (ν, $см^{-1}$): 1664 (C=O), 1616 (C=N), 1473 (C-N). TOF MS EI^+ (GCT), m/z (%): 366 ($[M]^+$, 100), 351 ($[M-CH_3]^+$, 97), 323, 393, 237, 184. Hisoblangan: $C_{21}H_{22}N_2O_4$ uchun 366.1580. Topilgan: 366.1576.

E'tiborli tomoni shundaki, reaksiyalar juda qisqa vaqt ichida (30 daqiqada) yakunlanadi va konversiya 100% ni tashkil qiladi. Natijada kross-birikish mahsulotlari - **3** (97%) va **4** (98%) yuqori unumlar bilan hosil bo'ladi.

ADABIYOTLAR

1. Lal B., Badshah A., Altaf A.A., Khan N., Ullah S. Miscellaneous applications of ferrocene-based peptides/amides // Appl. Organomet. Chem. -2011. -Vol.25. -P.843-855.

2. Bucher C., Devillers C. H., Moutet J.-C., Royal G., Saint-Aman E. Ferrocene-appended porphyrines: synthesis and properties // Coord. Chem. Rev. -2009. -Vol.253. - P.21-36.

ISSN 3030-3907

3. Wang Y., Pigeon P., Top S., McGlinchey M.J., Jaouen G. Organometallic Antitumor Compounds: Ferrocifens as Precursors to Quinone Methides // Angew. Chem. -2015. -Vol.127. - P.10368-10371.
4. Su Y., Jia W., Jiao N. Inexpensive Copper/Iron-Cocatalyzed Reactions //Synthesis. – 2011. – Т. 2011. – №. 11. – С. 1678-1690.
5. Stephens R.D., Castro C.E. The substitution of aryl iodides with cuprous acetylides. A synthesis of tolanes and heterocyclics1 // J. Org. Chem. – 1963. – V. 28. – №. 12. – С. 3313-3315.
6. Sonogashira K., Tohda Y., Hagihara N.A convenient synthesis of acetylenes: catalytic substitutions of acetylenic hydrogen with bromoalkenes, iodoarenes and bromopyridines //Tetrahedron Lett. – 1975. – Т. 16. – №. 50. – С. 4467-4470.
7. Antilla J. C. et al. Copper− diamine-catalyzed N-arylation of pyrroles, pyrazoles, indazoles, imidazoles, and triazoles //J. Org. Chem. – 2004. – Т. 69. – №. 17. – С. 5578-5587.
8. Davies H.M.L., Du Bois J., Yu J.-Q. // C–H functionalization in organic synthesis // Chem. Soc. Rev., 2011. -40. -P.1855-1856.

ISSN 3030-3907

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ ПЕЧЕНЬЯ НА РАЗВИТИЕ ГНИЛОСТНОЙ МИКРОФЛОРЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Рахмонов Кахрамон Санакулович

доцент кафедры «Хранение и переработки сельскохозяйственнной продукции», Бухарского государственного технического университета, Республики Узбекистана г. Бухара

Атамуратова Тамара Ивановна

доцент кафедры «Технология пищевых продуктов и сервис», Бухарского государственного технического университета, Республики Узбекистана г. Бухара

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию влияния различных условий хранения на развитие гнилостной микрофлоры в печенье. Целью данного исследования является сравнительный анализ влияния различных условий хранения (температура, влажность, тип упаковки) на развитие гнилостной микрофлоры в печенье, а также идентификация основных микроорганизмов, вызывающих порчу. Проведен сравнительный анализ образцов печенья, хранившихся при различных температурных режимах, уровнях влажности и в разных типах упаковки. Особое внимание уделено идентификации доминирующих видов микроорганизмов, вызывающих порчу продукта, и оценке их количества. Результаты исследования демонстрируют, что оптимальные условия хранения, включающие низкую температуру, низкую влажность и герметичную упаковку, существенно замедляют развитие гнилостной микрофлоры, продлевая срок годности печенья и обеспечивая его безопасность для потребителя.

Ключевые слова: печенье, хранение, гнилостная микрофлора, порча, температура, влажность, упаковка, безопасность.

Annotatsiya. Ushbu maqola pechenyeda chirish jarayoniga sabab bo‘ladigan mikrofloraning (putrefaktiv mikroflora) rivojlanishiga turli saqlash sharoitlarining ta’sirini o‘rganishga bag‘ishlangan. Tadqiqotning maqsadi — saqlash sharoitlarining (harorat, namlik, qadoqlash turi) pechenyedagi putrefaktiv mikrofloraning rivojlanishiga ta’sirini taqqoslab baholash hamda buzilishga olib keluvchi asosiy mikroorganizmlarni aniqlashdir. Har xil harorat rejimlari, namlik darajalari va qadoqlash turlarida saqlangan pechenye namunalarining taqqoslama tahlili o‘tkazildi. Ayniqsa, mahsulot buzilishiga sabab bo‘ladigan ustun mikroorganizmlar turlari va ularning miqdorini aniqlashga alohida e’tibor qaratildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, past harorat, past namlik va germetik (havo kirmaydigan) qadoqlashni o‘z ichiga olgan optimal saqlash sharoitlari putrefaktiv mikrofloraning rivojlanishini sezilarli darajada sekinlashtiradi, pechenyen-ing saqlash muddatini uzaytiradi va iste’molchi uchun xavfsizligini ta’minlaydi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: pechenye, saqlash, putrefaktiv (buzilish) mikroflora, buzilish, harorat, namlik, qadoqlash, xavfsizlik.

Abstract. This article examines the impact of various storage conditions on the development of spoilage (putrefactive) microflora in cookies. The aim is to conduct a comparative assessment of how storage factors—temperature, humidity, and packaging type—affect the growth of spoilage microflora in cookies, and to identify the key microorganisms responsible for deterioration. A comparative analysis was performed on cookie samples stored under different temperature regimes, humidity levels, and packaging formats. Particular attention was paid to identifying the dominant spoilage microorganisms and quantifying their levels. The results show that optimal storage conditions—low temperature, low humidity, and airtight packaging—significantly slow the development of spoilage microflora, thereby extending shelf life and ensuring consumer safety.

Keywords: cookies, storage, spoilage microflora, deterioration, temperature, humidity, packaging, safety.

Введение

Печенье является одним из наиболее популярных кондитерских изделий, потребляемых во всем мире. Его доступность, разнообразие вкусов и форм делают его привлекательным продуктом для широкого круга потребителей. Однако, как и любой пищевой продукт, печенье подвержено порче, которая может быть вызвана различными факторами, в первую очередь – микробной контаминацией. Развитие гнилостной микрофлоры приводит к изменению органолептических свойств продукта (вкус, запах, текстура), снижению его пищевой ценности и, что наиболее важно, представляет потенциальную угрозу для здоровья потребителя из-за возможного образования токсинов.

Основными причинами микробной порчи пищевых продуктов, включая печенье, являются:

- Неправильные условия хранения: Высокая температура, повышенная влажность, доступ кислорода способствуют активному размножению микроорганизмов.
- Первичная контаминация: Микроорганизмы могут присутствовать в сырье, на оборудовании или в окружающей среде на этапе производства.
- Неэффективная упаковка: Негерметичная упаковка допускает проникновение влаги, кислорода и посторонних микроорганизмов.

Понимание влияния различных факторов хранения на развитие гнилостной микрофлоры является критически важным для разработки эффективных стратегий обеспечения качества и безопасности печенья.

ISSN 3030-3907

Целью данного исследования является сравнительный анализ влияния различных условий хранения (температура, влажность, тип упаковки) на развитие гнилостной микрофлоры в печенье, а также идентификация основных микроорганизмов, вызывающих порчу.

В работе А.Г. Кочетковой и соавторов [1] подробно рассматриваются механизмы микробной порчи пищевых продуктов. Авторы подчеркивают, что развитие гнилостной микрофлоры напрямую зависит от состава пищевого субстрата, его активности воды, pH, а также от условий окружающей среды. Пищевые продукты, особенно с высоким содержанием углеводов, такие как печенье, являются благоприятной средой для развития широкого спектра микроорганизмов, включая бактерии, дрожжи и плесневые грибы. Гнилостная микрофлора, в контексте пищевых продуктов, обычно относится к микроорганизмам, способным вызывать их порчу, приводя к неприятным запахам, вкусам, изменению текстуры и цвета:

•Бактерии: Среди бактерий, вызывающих порчу печенья, часто встречаются представители родов Bacillus, Staphylococcus, Enterobacter и Pseudomonas. Бактерии рода Bacillus известны своей способностью образовывать споры, которые устойчивы к нагреванию и могут прорастать при благоприятных условиях, вызывая порчу. Staphylococcus aureus, в свою очередь, может продуцировать опасные энтеротоксины.

•Дрожжи: Дрожжи, такие как Saccharomyces spp. И Candida spp., могут вызывать ферментацию сахаров, приводя к образованию спиртов и органических кислот, что проявляется в кисловатом вкусе и запахе.

•Плесневые грибы: Плесневые грибы, например, представители родов Aspergillus, Penicillium и Rhizopus, являются распространенными возбудителями порчи печенья. Они способны разлагать липиды и углеводы, выделяя ферменты, которые приводят к образованию характерного плесневелого запаха и вкуса. Некоторые виды плесневых грибов могут синтезировать микотоксины, представляющие серьезную опасность для здоровья человека.

Основными факторами, влияющими на развитие микрофлоры в печенье являются:

Температура хранения. Температура является одним из наиболее значимых факторов, контролирующих скорость микробного роста. Различные микроорганизмы имеют оптимальные температурные диапазоны для своего развития:

•Психрофильные микроорганизмы: Активны при низких температурах (0-20°C).

ISSN 3030-3907

• Мезофильные микроорганизмы: Развиваются при умеренных температурах (20-45°C). Большинство патогенных и гнилостных микроорганизмов относятся к этой группе.

•Термофильные микроорганизмы: Оптимальный рост происходит при высоких температурах (45-70°C и выше).

Хранение печенья при пониженных температурах (например, в холодильных установках) значительно замедляет метаболизм и размножение мезофильных бактерий и дрожжей, но может быть благоприятным для некоторых психрофильных микроорганизмов. Высокие температуры (выше 50°C) могут привести к гибели многих вегетативных форм микроорганизмов, но споры бактерий, такие как Bacillus, часто остаются жизнеспособными.

Исследование, проведенное Норматовым О.Р. в соавторстве, показало, что хранение мучных кондитерских изделий при температуре +4°C замедляет рост Bacillus cereus по сравнению с хранением при комнатной температуре [2;с. 3345-3351].

Влажность и активность воды *(Aw).* Активность воды (Aw) – это мера свободной воды в пищевом продукте, доступной для микроорганизмов. Печенье, как правило, имеет низкую активность воды (Aw < 0.6), что делает его менее подверженным микробной порче по сравнению с продуктами с высокой влажностью. Однако, даже при низкой Aw, некоторые галофильные (солелюбивые) и ксерофильные (сухолюбивые) микроорганизмы, такие как определенные виды плесневых грибов и дрожжей, могут развиваться. Повышение влажности в окружающей среде или проникновение влаги в упаковку печенья может значительно увеличить Aw и, как следствие, способствовать развитию гнилостной микрофлоры.

Имеются данные о том, что снижение Aw менее 0,85, как правило, подавляет рост большинства бактерий, а ниже 0,6 – большинства дрожжей и плесневых грибов [3;с.1-35].

Тип упаковки. Упаковка играет ключевую роль в защите печенья от внешних факторов, влияющих на его сохранность.

•Герметичная упаковка: Полимерные пленки, такие как полипропилен, полиэтилен, или многослойные ламинаты, обеспечивают барьер для влаги, кислорода и микроорганизмов. Герметичная упаковка предотвращает как высыхание продукта, так и проникновение влаги извне, что помогает поддерживать низкую активность воды.

•Негерметичная упаковка: Бумажные пакеты без внутреннего защитного слоя или открытые контейнеры не обеспечивают достаточной защиты, позволяя влаге проникать и микроорганизмам контаминировать продукт.

ISSN 3030-3907

• Модифицированная газовая среда (МГС): Упаковка печенья в среде с измененным газовым составом (например, с пониженным содержанием кислорода и повышенным содержанием азота или углекислого газа) может замедлить рост аэробных микроорганизмов и окислительные процессы [4].

Материалы и методы.

Объекты исследования. В исследовании использовались стандартные образцы печенья типа «Юбилейное» отечественного производства. Печенье было свежеизготовленным, без видимых признаков порчи, и хранилось в заводской индивидуальной упаковке до начала эксперимента.

Условия хранения:

Были смоделированы следующие условия хранения:

Контрольная группа: Хранение при комнатной температуре (22 ± 2°C) при относительной влажности воздуха 60 ± 5% в оригинальной герметичной полимерной упаковке.

Группа 1: Хранение при пониженной температуре (4 ± 1°C) при относительной влажности воздуха 60 ± 5% в оригинальной герметичной полимерной упаковке.

Группа 2: Хранение при комнатной температуре (22 ± 2°C) при повышенной относительной влажности воздуха (80 ± 5%) в оригинальной герметичной полимерной упаковке.

Группа 3: Хранение при комнатной температуре (22 ± 2°C) при относительной влажности воздуха 60 ± 5% в негерметичной упаковке (бумажный пакет без внутреннего барьерного слоя).

Срок хранения и периодичность отбора проб. Эксперимент проводился в течение 4 недель. Отбор проб для микробиологического анализа осуществлялся каждые 7 дней.

Микробиологический анализ. Для определения количества гнилостной микрофлоры проводились следующие анализы:

Общая микробная обсемененность (ОМО): Посев на питательные среды (например, мясо-пептонный агар для бактерий, среда Чапека для грибов) с последующим инкубированием при оптимальных температурах.

Определение количества дрожжей и плесневых грибов: Посев на селективные среды (например, среда Сабуро с антибиотиками) и инкубирование при 25 ± 2°C.

Идентификация доминирующих видов: Выделение чистых культур микроорганизмов, проведение морфологических, биохимических и, при необходимости, молекулярно-генетических исследований для идентификации родов и видов.

ISSN 3030-3907

Оценка органолептических свойств. Визуальная оценка, определение запаха и текстуры печенья проводилась параллельно с микробиологическим анализом.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования представлены в таблицах 1, 2.

Таблица-1.

Динамика общей микробной обсемененности (КОЕ/г) печенья при различных условиях хранения

Условие хранения	Срок хранения, сут.				
	0	7	14	21	28
Контрольная группа (22°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$1,5\times10^3$	$8,0\times 10^3$	$2,1\times 10^4$	$5,5\times 10^4$
Группа 1 (4°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$8,0\times 10^2$	$2,5\times 10^3$	$5,0\times 10^3$	$9,0\times 10^3$
Группа 2 (22°C, 80% RH, герметичная упаковка)	< 100	$9,0\times 10^3$	$5,5\times 10^4$	$1,2\times 10^5$	$3,0\times 10^5$
Группа 3 (22°C, 60% RH, негерметичная упаковка)	< 100	$7,5\times 10^3$	$4,0\times 10^4$	$9,0\times 10^4$	$2,0\times 10^5$

При анализе данных, представленных в таблице 1, установлено, что в контрольной группе наблюдался постепенный рост общей микробной обсемененности, что является ожидаемым при хранении при комнатной температуре. К концу эксперимента количество микроорганизмов достигло уровня, который может свидетельствовать о начале порчи продукта.

В группе 1 (низкая температура) при хранении печенья при температуре ~4°C зафиксировано значительное замедление роста микрофлоры. Так, количество КОЕ/г на 28-й день было почти в 6 раз ниже, чем в контрольной группе. Это подтверждает, что низкая температура является эффективным методом замедления микробной активности, особенно мезофильных микроорганизмов. Результаты согласуются с данными других исследователей о влиянии температуры на сохранность мучных изделий [2;с. 3345-3351].

В группе 2 (высокая влажность) хранение печенья при повышенной влажности (~80% RH) привело к наиболее быстрому росту микрофлоры. Уже через 14 дней количество микроорганизмов превысило контрольную группу, а к 28-му дню достигло очень высоких значений, свидетельствующих о

ISSN 3030-3907

глубокой порче. Повышенная влажность, вероятно, привела к увеличению активности воды в печенье, создавая более благоприятные условия для размножения бактерий и грибов. Этот эффект описан в [3;с. 1-35], где активность воды является ключевым фактором, определяющим микробиологическую стабильность пищевых продуктов.

В группе 3 (негерметичная упаковка) также установлен ускоренный рост микрофлоры относительно контрольной группы, хотя и в меньшей степени, чем высокая влажность. Это связано с тем, что негерметичная упаковка позволяет проникать влаге из окружающей среды, повышая Aw продукта, а также может способствовать контаминации извне [5;с.1-20] Важность барьерных свойств упаковки для предотвращения микробной порчи подтверждается и в российских источниках.

Таблица-2.

Динамика количества дрожжей и плесневых грибов (КОЕ/г) печенья при различных условиях хранения

Условие хранения	Срок хранения, сут.				
	0	7	14	21	28
Контрольная группа (22°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$5{,}0\times10^{2}$	$3{,}0\times10^{3}$	$8{,}0\times10^{3}$	$1{,}5\times10^{4}$
Группа 1 (4°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$2{,}0\times10^{2}$	$7{,}0\times10^{2}$	$1{,}5\times10^{3}$	$2{,}5\times10^{3}$
Группа 2 (22°C, 80% RH, герметичная упаковка)	< 100	$4{,}0\times10^{3}$	$2{,}0\times10^{4}$	$6{,}0\times10^{4}$	$1{,}8\times10^{5}$
Группа 3 (22°C, 60% RH, негерметичная упаковка)	< 100	$2{,}5\times10^{3}$	$1{,}5\times10^{4}$	$4{,}0\times10^{4}$	$9{,}0\times10^{5}$

По данным таблицы 2 установлена общая тенденция с динамикой роста дрожжей и плесневых грибов, как и для общей микробной обсемененности. Наиболее активный рост зафиксирован в условиях высокой влажности (группа 2), что указывает на их высокую чувствительность к активности воды.

Низкая температура (группа 1) также эффективно сдерживала рост дрожжей и плесневых грибов, хотя и в меньшей степени, чем рост бактерий. Некоторые виды плесневых грибов, например, из рода *Penicillium*, могут развиваться при низких температурах.

ISSN 3030-3907

Негерметичная упаковка (группа 3) способствовала более быстрому развитию дрожжей и плесневых грибов по сравнению с контрольной группой, что опять же связано с увеличением доступности влаги.

В ходе исследования были выделены и идентифицированы следующие микроорганизмы, ассоциированные с порчей печенья:

Из контрольной группы и Группы 3 (негерметичная упаковка):

Плесневые грибы: Aspergillus niger, Penicillium roqueforti.

Дрожжи: Saccharomyces cerevisiae (в небольших количествах), Candida lipolytica.

Бактерии: Bacillus subtilis, Staphylococcus epidermidis.

Из Группы 2 (высокая влажность):

Плесневые грибы: Aspergillus flavus (с потенциальным образованием афлатоксинов), Rhizopus stolonifer.

Дрожжи: Debaryomyces hansenii, Candida famata.

Бактерии: Bacillus cereus (с потенциальным образованием эметического токсина), Enterobacter cloacae.

В условиях, способствующих порче (высокая влажность, негерметичная упаковка), наблюдалось доминирование видов, способных эффективно разлагать компоненты печенья и/или продуцировать токсины. Например, *Aspergillus flavus* и *Bacillus cereus* представляют особую опасность из-за их токсигенного потенциала. В условиях пониженной температуры (группа 1), рост плесневых грибов, таких как *Penicillium* spp., был замедлен, но не полностью исключен. В контрольной группе наблюдалось смешанное развитие микрофлоры, характерное для умеренных условий хранения.

Органолептические изменения:

- Контрольная группа: Через 21 день хранения наблюдалось легкое изменение запаха (слабый затхлый запах), незначительное изменение текстуры (менее хрустящее).
- Группа 1 (низкая температура): Органолептические свойства оставались удовлетворительными на протяжении всего периода исследования.
- Группа 2 (высокая влажность): Печенье приобрело выраженный плесневелый запах, стало мягким и липким. На поверхности появились видимые колонии плесени.
- Группа 3 (негерметичная упаковка): Отмечался затхлый запах, печенье стало менее хрустящим, местами наблюдались мелкие колонии плесени.

Полученные результаты исследования наглядно демонстрируют критическую роль условий хранения в подавлении развития гнилостной микрофлоры в печенье. Так, наиболее благоприятными условиями для

ISSN 3030-3907

сохранения качества печенья оказались низкая температура (4°C) и герметичная упаковка. Эти условия максимально замедляют рост большинства микроорганизмов и продлевают срок годности продукта. Наименее благоприятными условиями являются комнатная температура в сочетании с высокой влажностью**.** В таких условиях наблюдается наиболее интенсивный рост как общей микробной обсемененности, так и специфических видов дрожжей и плесневых грибов, включая потенциально токсинообразующие. Негерметичная упаковка при комнатной температуре также значительно снижает срок годности печенья, способствуя проникновению влаги и контаминации.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило, что условия хранения оказывают существенное влияние на развитие гнилостной микрофлоры в печенье. Низкая температура хранения, поддержание низкой влажности и использование герметичной упаковки являются ключевыми факторами для обеспечения микробиологической безопасности и продления срока годности данного продукта.

Наиболее тревожными являются результаты, полученные при хранении печенья в условиях высокой влажности, где наблюдался не только интенсивный рост общей микробной обсемененности, но и развитие потенциально токсинообразующих микроорганизмов, таких как *Aspergillus flavus* и *Bacillus cereus*. Это подчеркивает необходимость строгого контроля за влажностью в производственных и складских помещениях, а также рекомендаций для потребителей по правильному хранению печенья.

Результаты исследования имеют практическое значение для производителей кондитерских изделий, позволяя оптимизировать технологические процессы и выбирать наиболее эффективные упаковочные решения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния различных добавок (консервантов, антиоксидантов) и методов обработки (например, высокотемпературная обработка) на микробиологическую стабильность печенья в различных условиях хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочеткова А. Г., Корячкина С. Я., Фролова Е. В. Микробиология пищевых продуктов: учебник. — М. : ДеЛи плюс, 2019. — 480 с.

2. Normatov O. R. Effect of storage temperature on the microbial contamination of flour confectionery / O. R. Normatov, M. A. Kadirova // Journal of Food Science and Technology. — 2020. — Vol. 57, № 9. — P. 3345–3351.

3. Tornberg E. Water activity and food quality / E. Tornberg // Food Preservation Techniques / ed. by C. J. Doona, E. W. Feleger. — Boston, MA : Springer, 2005. — P. 1–35.

ISSN 3030-3907

4. Мальцев А. И. Технология кондитерских изделий : учебник. — СПб. : Лань, 2018. — 512 с.
5. Smith J. P. Packaging for shelf-life extension / J. P. Smith, J. van der Wal // Food Packaging Technology / ed. by R. Coles, D. McDowell. — Oxford : Blackwell Publishing Ltd., 2010. — P. 1–20.

ISSN 3030-3907

METANNI OKSIDLANISHLI KONDENSATLASH REAKTSIYASI NATIJASIDA HOSIL BO'LGAN ETILEN DESORBTSIYASINI YUQORI SORBTSION XUSUSIYATGA EGA BO'LGAN SORBENTLARDA O'RGANISH

Raxmatov Shokirjon
Buxoro tibbiyot instituti, assistent
Shokir.raxmatov@mail.ru
E-mail: +998914145411

Annotatsiya. To'yinmagan yuqori sorbtsion xususiyatga ega bo'lgan sorbentlardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaktsiyasi natijasida hosil bo'lgan etilen desorbtsiyasi vakuum usuli bilan o'rganildi. Metan reaksiyasi natijasida hosil bo'lgan etilen va CO_2 aralashmasi bilan to'yinmagan sorbentlarda desorbtsiya o'rganildi. Etilen ishlab chiqarishda aylanish gazining bir qismi (taxminan 108 ming m^3/soat) doimiy ravishda kaliyli tozalash bo'limiga yetkaziladi, bu yerda 2,2 MPa bosimda karbonat angidrid yutiladi. Tajribalar natijalari chiqindi karbonat angidridni etilen va adcopbsion blokning ish sharoitlarini prognoz qilish imkonini beradi. Laboratoriya tadqiqotlari asosida karbongidridni etilen orqali adcopbsion ajratish jarayonining apparat loyihasi o'rganildi. Tizimli qurilmalar asosida halqali adsorber tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: metanni oksikondensatlash, karbongidrid, etilen, sorbent, sorbtsiya, desorbsiy, tozalash.

Abstract. The desorption of ethylene produced from the oxidative condensation reaction of methane was studied using vacuum methods with saturated high sorption capacity sorbents. Desorption in sorbents with high sorption capacity was investigated using a mixture of ethylene and CO_2 generated from the oxidative condensation of methane. In the production of ethylene, a part of the circulating gas (approximately 108 thousand m3/hour) is constantly supplied to the potassium purification unit, where carbon dioxide is absorbed at a pressure of 2.2 MPa and a temperature of 305 K. The experimental data confirm the possibility of forecasting the removal of waste carbon dioxide from ethylene and the operating conditions of the adsorption block based on the laboratory experiments and calculations of t0 and Гр. Based on laboratory studies and experimental data, the apparatus design for the process of obtaining ethylene from carbon dioxide through the oxidative condensation reaction of methane was studied prior to the design phase. A ring adsorber is proposed as the main device resembling sequential systems, with a total height of 2 m, an outer diameter of 4 m, and a saturated sorbent layer thickness of 1.6 m. The aim of the work is to study the desorption of ethylene produced in the oxidative condensation reaction of methane using sorbents with high sorption capacity.

ISSN 3030-3907

Keywords: oxidative condensation of methane, carbon dioxide, ethylene, sorbent, adsorption, desorption, purification.

Аннотация. Изучено десорбирование этилена, образующегося в результате окислительно-конденсационной реакции метана, на несмещенных сорбентах с высокой сорбционной способностью вакуумным методом. Изучено десорбирование смеси этилена и CO_2, образующейся при реакции метана, с несмещенных сорбентов. В процессе производства этилена часть циркуляционного газа (около 108 тыс. м³/ч) постоянно подается в калиевое очистное отделение, где при давлении 2,2 МПа адсорбируется углекислый газ. Результаты экспериментов позволяют прогнозировать условия работы адсорбционного блока с выбросным углекислым газом и этиленом. На основе лабораторных исследований разработана аппаратурная схема адсорбционного разделения углекислого газа с помощью этилена. Рекомендуется использование кольцевого адсорбера на основе системного подхода.

Ключевые слова: окислительно-конденсационная реакция метана, углекислый газ, этилен, сорбент, сорбция, десорбция, очистка

Kirish

Yillar davomida gazni yoqish global problema bo'lib, dunyoning davlatlari CO_2 va boshqa parnik gazlarini kamaytirishga intilayotganini ma'lum. Ushbu gazlarni qo'lga olish atmosfera'dagi CO_2 emissiyasini kamaytirish uchun juda muhimdir va barqaror rivojlanishning oxirgi maqsadidir. Dunyo iqlim o'zgarishiga duch kelmoqda, shuning uchun CO_2 konsentratsiyasini "qulay" darajada barqarorlashtirish ustida ishlar olib borilmoqda.

CO_2 va boshqa gazlarning emissiyalarini kamaytirish uchun ko'plab jarayonlar va texnologiyalar ishlab chiqarilgan. Ushbu metodlarga assimilyatsiya va adsorpsiya, membrana, gidrid va kriogendir texnologiyalari kiradi. Har bir usulning o'zining energiyani iste'mol qilish, korroziya va texnik muammolarga moyilligi mavjud. CO_2 ushlashdagi eng rivojlangan texnologiyalar esa absorpsiya va adsorpsion usullardir. CO_2 ni ushlashning metodlari esa yoqishdan oldin, kislorodli va keyingi uglerodni ushlash formalarga bo'linadi.

Maqolada mavjud va kelajakdagi yonish uchun qayta jihozlanishi mumkin bo‘lgan yonishdan keyingi yo‘l texnologiyasi turiga e’tibor qaratilgan. Bentonit tutunli zaharli gazlarni ushlab turadigan yaxshi material [4] ekanligini ko‘rsatdi va O‘zbekiston va dunyoning bir qancha mamlakatlarida ko‘p miqdorda mavjud. Bundan tashqari, tarkibida montmorillonit borligi sababli ifloslantiruvchi moddalarning adsorbsiyasi uchun mos ekanligi ko‘rsatilgan. Xuddi shunday, Bentonitning natriy (Na-Bentonit) shakli qabul qilingan va ushbu dasturga tavsiya etilgan, chunki u shishishni osonlashtiradigan, ifloslantiruvchi moddalarning

ISSN 3030-3907

migratsiyasini kamaytiradigan, gazlarni yopishtiruvchi, suvni ushlab turish va past gidravlik o‘tkazuvchanlikni yengillashtiradigan yaxshi gildir. Bundan tashqari, kimyoviy xossalari va foydali qatlam yuzasi tufayli Na-bentonitda Na^+ ionlari mavjud bo‘lib, ular kation almashish qobiliyatining 50% dan ko‘prog‘ini egallaydi. Boshqa tomondan, Akrosorb soda-ohak tibbiy, harbiy, sho‘ng‘in va xavfsizlik sohasida qo‘llaniladigan CO_2 ni yo‘q qiluvchi adsorbent bo‘lib, CO_2 ga yuqori darajada yaqin bo‘lgan kalsiy va natriy gidroksiddan iborat. Akrosorb biroz qimmatga tushadi; natijada Akrosorb sodali ohak va qoliplangan Bentonit gilidan birgalikda foydalanish Akrosorb soda adsorbentining yuqori narxini pasaytirishga yordam beradi. Shunday qilib, olov tizimlaridan CO_2 va boshqa gazlar emissiyalarini ushlash uchun adsorbsion ustun konfiguratsiyasi bilan ushbu yangi texnologiyani loyihalash, ishlab chiqarish va sinovdan o‘tkazish zarurati mavjud [5]. Bundan tashqari, tegishli adabiyotlarda Akrosorb sodali ohak va bentonit gil adsorbentini bir vaqtning o‘zida CO_2 va olovli tizimdan boshqa gaz chiqindilari uchun ishlatish bo‘yicha tadqiqotlar mavjud emas.

Asosiy xom ashyo bo‘lgan etilenga global talab o‘sib bormoqda. Yuqori tozalikdagi etilen, kamida 99,95% tozaligi, birinchi navbatda polimer sintezida boshlang‘ich material sifatida ishlatiladi, polimer ishlab chiqarishning 60% ni tashkil qiladi [2].

Etilen ishlab chiqarish uchun joriy sanoat jarayonlari nafta yoki etanning degidrogenatsiya jarayonidir. Shunday qilib ishlab chiqarilgan etilen mahsulotlari muqarrar ravishda kichik miqdordagi etan va atsetilen (atsetilen) ni mos ravishda 6-10% va 1% da asosiy aralashmalar sifatida o‘z ichiga oladi [3].

Metall-organik g‘ovakli materiallarning yangi sinfi, gazni ajratish ilovalari uchun istiqbolli materiallar sifatida paydo bo‘ldi [5–11]. Metall-organik g‘ovakli materiallar past energiya sarfi bilan turli xil gaz aralashmalarini ajratish uchun ishlatiladigan istiqbolli adsorbentlardir. Ulardan foydalanish adsorbsiyaga asoslangan ajratish jarayonini soddalashtiradi va maqsadli gazlarni ushlash uchun uning kimyoviy va geometrik xususiyatlarini moslashtirib, uni yanada samaraliroq qiladi.

Metall-organik g‘ovakli materiallar atsetilen/etilen va etan/etilen ikkilik gaz aralashmalarini ajratishda keng qo‘llaniladi [12-17]. Biroq, C_2 uglevodorod aralashmasidan yuqori tozalikdagi etilen ni ajratish uchun bir bosqichli jarayon faqat bir nechta metall-organik g‘ovakli material adsorbentlarida o‘rganilgan, bunda etilen emas, balki etan va atsetilenning adsorbsion xususiyatlariga nisbatan afzallik beriladi [18-24].

Etilen eng muhim kauchuk, plastmassa va yuqori qo‘shimcha qiymatli turli xil organik moddalar ishlab chiqarish uchun xom ashyo. Uning global ishlab chiqarish quvvati 2023 yilda 200 million tonnadan oshdi [1]. Tijorat miqyosida

ISSN 3030-3907

etilen asosan naftani bug‘ krekingi yoki etan (etan) ning degidrogenlanishi orqali ishlab chiqariladi, bu yerda etan va atsetilen (atsetilen) ham muqarrar ravishda birgalikda ishlab chiqariladi. Etilen ni C_2 aralashmalaridan (tarkibida ~ 6–10% etan, ~1% atsetilen mavjud) tozalash bo‘yicha keyingi jarayonlar zarur, chunki atsetilen va etan ning oz miqdori ham etilen polimerizatsiya samaradorligini pasaytirishi va atrof-muhit va inson salomatligi [2-5] uchun potensial xavf tug‘dirishi mumkin.

Etilen ni ko‘plab gazlarni tozalash uchun [9-21] seolitlar [3,32-34], uglerod materiallari [35] va g‘ovakli organik birikmalar muvozanat, kinetik yoki molekular saralash mexanizmlari asosida ikkilik atsetilen/etilen va etilen/etan ajratish uchun ishlab chiqilgan.

TAJRIBA QISMI

Ish jarayonida marganes oksidiga asoslangan yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizatorlardan foydalanildi, massiv kiritilgan natriy tuzlari bilan promotirlandi.

Na_2SiO_3/Mn_2O_3 namunalari natriy silikat Na_2SiO_3 va marganes nitrat $Mn(NO_3)_2$ ning suvli eritmalarini aralashtirish orqali olingan . Aralashma 2 soat davomida 200°C da quritildi va 8 soat davomida qizdirildi.

Kiritilgan yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizator 5,7% Na_3PO_4/27,67 % Mn_2O_3/SiO_2* Na_3PO_4, $Mn(NO_3)_2$ eritmalar aralashmasini va ASK markali silikagel (8сол.=146м2/г)ни birgalikda aralashtirib so‘ng 200°C da quritildi va 900°C da kuydirib olingan. 5,7% Na_3PO_4/27,67%Mn_2O_3/SiO_2, 2,2% Na_3PO_4/10,6%Mn_2O_3/SiO_2, 0,4% Na_3PO_4/7,08%Mn_2O_3/SiO_2 yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizatorlari Mn_2O_3 va Na_3PO_4 ni silikagel yuzasida 200°C da asta-sekin quritish va 900°C da kuydirish yo‘li bilan olingan. $Na_2B_4O_7/Mn_2O_3/SiO_2$, $Na_3VO_4/Mn_2O_3/SiO_2Na_2WO_4/Mn_2O_3/SiO_2$ namunalari ham xuddi shu usulda olingan.

Na_3PO_4/Mn_2O_3 namunalari Na_3PO_4 tuzini Mn_2O_3 granulalari yuzasiga shimdirib orqali olindi; $Mn(NO3)_2$ parchalanishi natijasida olingan Na_3PO_4 ning suvli eritmasini Mn_2O_3 granulalari bilan aralashtirish, so‘ngra 200°C da asta-sekin quritish va 900°C da kuydirish orqali olingan. Ushbu namunalardagi natriy fosfat miqdori 3 dan 11 мол.% gacha o‘zgargan. Tajribalar uchun granulalar o‘lchami 0,25-0,5 mm bo‘lgan namunalar ishlatilgan. Yuqori katalitik faollikka, tanlab ta’sir etuvchanlikka va unumdorlikka ega bo‘lgan katalizatorlarni tayyorlash uchun analitik darajadagi reaksiyaga kirishayotgan moddalar ishlatilgan.

TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

ISSN 3030-3907

2018 yilda global ishlab chiqarish quvvati 170 million tonnadan ortiq bo‘lgan neft-kimyo sanoatidagi eng yirik xom ashyo bo‘lgan etilen polietilen ishlab chiqarishda keng qo‘llanilishi bo‘yicha boshqa kimyoviy xom ashyo molekulalaridan ustundir. Etilenni etandan (etan) sanoat ajratish odatda yuqori bosim va juda past haroratda kriogen distillash orqali, juda baland minoralar yordamida amalga oshiriladi, chunki ular o‘xshash o‘lcham va uchuvchanlikka ega. Bunday jarayon juda ko‘p energiya sarflaydi va shuning uchun atrof-muhit sharoitida etilen ajratishning boshqa samarali usullarini o‘rganish talab qilinadi. Yuqori tozalikdagi etilen ishlab chiqarish uchun g‘ovakli materiallar tomonidan tanlab adsorbsiya uning kam energiya iste’moli uchun eng kerakli usullardan biri ekanligi aniqlandi.

To‘yingan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen desorbsiyasini o‘rganish.

Bir vaqtning o‘zida yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentni qayta tiklashni anglatuvchi metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan yutilgan etilenni desorbsiyalash uchun vakuum usuli qo‘llaniladi.

Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen tarkibining 100% dan og‘ishi desorbsiya jarayonida deyarli butunlay ajralib chiqadigan azotning adsorbsiyasi bilan izohlanadi.

Ushbu qo‘shimcha moddalarning ulushi adsorbsiya bosqichida metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenning qisman bosimining pasayishi bilan ortadi va 0,1 MPa qisman azot bosimida taxminan 15 mg/g azotning yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitlar va taxminan 6 mg / g alyuminiy geli tomonidan so‘rilishiga to‘g‘ri keladi. Ushbu gaz bilan to‘yingan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenning desorbsiyasiga o‘xshash bog‘liqlik, agar u azot bilan nam aralashmalardan so‘rilsa, 1-jadval ma’lumotlari bilan ko‘rsatilgan.

1-jadval

Azot bilan quritilgan aralashmadan yutilganda etilenni desorbsiyalash bo‘yicha tajribalar natijalari (alyumogelga tegishli, qo‘yilmagani yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitga tegishli)

Adsorbsiya sharoiti		**C2H4 ning sorbentdagi miqdori, mg/g**	**Desorbsiyalan ayotgan C2H4 ning massasi, mg/g**	**Desorbsiya gazi tarkibidagi C2H4 ning miqdori %**
T,K	Pc2н4, kPa			
323	12,5	26,5	17,8	52,4
	29,0	36,8	29,5	70,1

ISSN 3030-3907

	50,0	52,5	43,6	82,9
	73,5	72,8	61,4	93,2
293	8,75	80,0	58,4	78,3
	31,5	110,5	93,1	88,1
	52,5	148,0	120,7	93,1
	75,0	179,5	156,8	97,2
323*	11,3	6,6	4,4	72,9
	31,8	20,8	18,2	93,6
	50,2	65,7	61,6	98,6
	74,7	81,5	76,2	99,4
293*	9,75	12,7	9,05	84,8
	28,5	24,0	19,2	93,9
	50,0	73,2	67,2	98,7
	75,2	95,3	87,2	99,5

1-jadvaldagi ma'lumotlardan bosim o‘zgarishi bilan izotermik adsorbsion qurilmalarda gaz aralashmalaridan etilenni olish uchun o‘rganilayotgan absorberlardan foydalanish imkoniyati to‘g‘risida xulosa chiqarildi. Shuni ta'kidlash kerakki, modifikasiyalangan alyuminiy gellardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenni vakuumli desorbsiyalashda tarkibida kamroq aralashmalar bo‘lgan etilen olinadi, bu azotning alyuminiy gel tomonidan kuchsiz adsorbsiyalanishi bilan bog‘liq. Biz metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenni karbonat angidrid bilan nam aralashmalardan so‘rib oladigan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent namunalaridan desorbsiyalashga katta e'tibor qaratdik. Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen va CO_2 aralashmasi bilan to‘yingan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlarda desorbsiya o‘rganildi. Faqat rux, magniy va mis tuzlari bilan o‘zgartirilgan namunalar ishlatilgan, chunki bizning ma'lumotlarimiz bo‘yicha ham, ilgari ma'lum bo‘lgan manbalarga ko‘ra, tarkibida rux, magniy va mis bo‘lmagan namunalar uchun metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen CO_2 ga nisbatan yomonroq desorbsiyalanuvchi tarkibiy qism hisoblanadi, bu esa metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen uchun rux, magniy va missiz yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlardan kam miqdorda CO_2 aralashmalaridan tozalashga imkon beradi.

ISSN 3030-3907

2-jadval

Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenni azot bilan nam aralashmadan yutilganda sorbentlardan desorbsiyalash bo‘yicha tajribalar natijalari (indeks * alyuminiy gelga, indekssiz - yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitga tegishli)

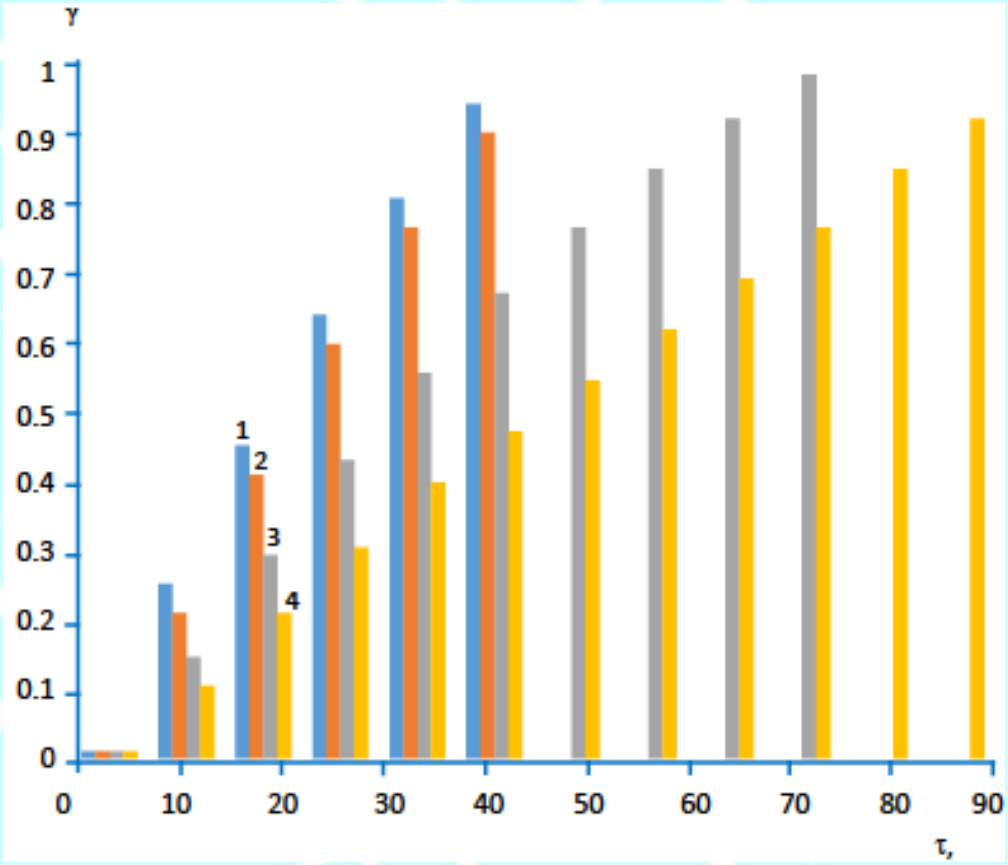
Adsorbsiya sharoiti		C2H4 ning sorbentdagi miqdori, mg/g	Desorbsiyalana yotgan C2H4 ning massasi, mg/g	Desorbsiya gazi tarkibidagi C2H4 ning miqdori %
T,K	Pc2H4, kPa			
293	11,5	3,5	2,9	15,7
	30,0	8,3	7,3	36,7
	47,5	24,2	22,1	71,1
	76,3	37,0	34,2	88,4
323	8,75	10,0	7,84	32,6
	27,5	19,5	16,2	56,3
	50,0	70,7	65,8	88,0
	74,3	87,0	80,2	94,7
323	10,0	4,94	3,34	67,3
	31,5	12,2	10,6	89,5
	48,8	54,0	50,3	98,2
	75,9	74,5	69,5	99,4
293	12,5	2,0	1,47	47,5
	32,5	10,0	9,3	88,2
	50,0	34,1	32,1	97,3
	76,3	50,3	47,4	99,2

Jadval ma'lumotlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent qatlamining balandligi 20-60 sm va harorat 323 K bo‘lganida, yutilish vaqtida qatlamning adsorbsion qobiliyatidan foydalanish darajasi 50-62% ni tashkil qiladi.

Manba gazida C_2H_4 konsentrasiyasining 10 dan 1% gacha pasayishi ishchi qatlam balandligining biroz pasayishi bilan birga keladi, bu 20 sm qatlam balandligida yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolit uchun 12,1-11,8 sm^3 va 16,9-15,3 sm^3 alyuminiy gel uchun sm va 60 sm^3 qatlam balandligida mos ravishda 12,9-12,0 sm^3 va yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolit va alyuminiy gel uchun 17,3-15,8 sm^3 ga etadi.

Gazdagi yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentning konsentrasiyasi (qatlamning rivojlanishi davomida) ishchi qatlam uzunligi bo‘ylab birinchi qismning to‘liq to‘yinganligiga erishilgunga qadar boshlang‘ichdan "nol" ga o‘zgaradi. Birinchi elementar bo‘lim to‘yingan paytdan boshlab barcha keyingi qatlamlar doimiy tezlikda sorbsiya jabhasini parallel o‘tkazish rejimida ishlaydi.

ISSN 3030-3907

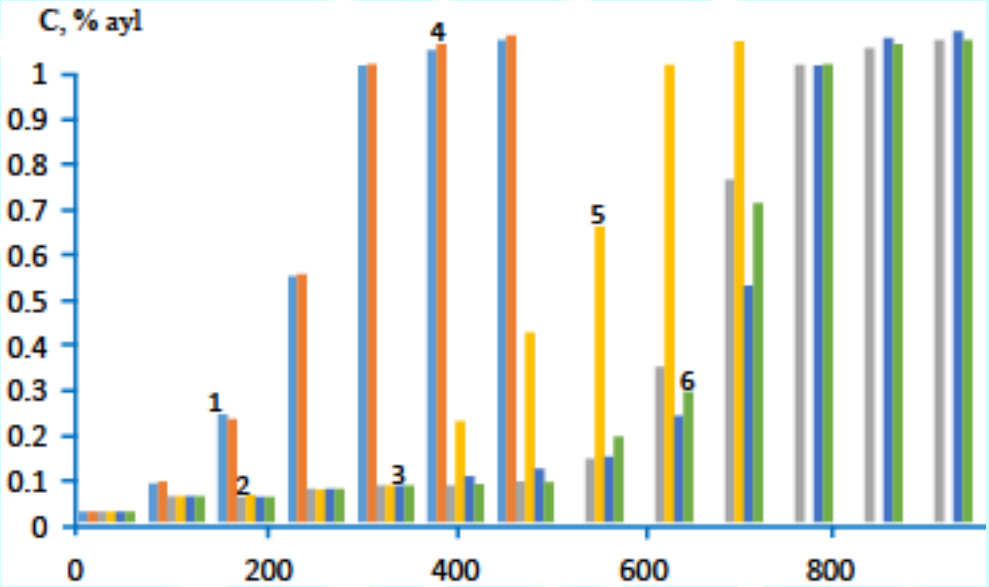


Gaz tezligi: 1-15 sm^3/s; 2 - 10 sm^3/s; 3 - 5 sm^3/s; 4 - 2,5 sm^3/s.
γ - vaqt o‘tishi bilan adsorbsiya qobiliyatining kamayish darajasi
1-rasm. Metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen adsorbsiyasining kinetik gistagrammasi

Stasionar adsorbsion frontning hosil bo‘lish vaqti himoya ta'sirida yo‘qolgan vaqtni aniqlaydi. Amalda bunday rejim yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent qatlamining balandligi ishchi qatlam kattaligidan 2-3 marta katta bo‘lganda ($L > 2L_0$) o‘rnatilgan deb hisoblanadi. Adsorbsion jabhaning oldinga siljish tezligining doimiyligi Shilov tenglamasi bilan tavsiflangan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent qatlamining himoya ta'siri vaqtining uning uzunligiga chiziqli bog‘liqligiga olib keladi (2-rasm).

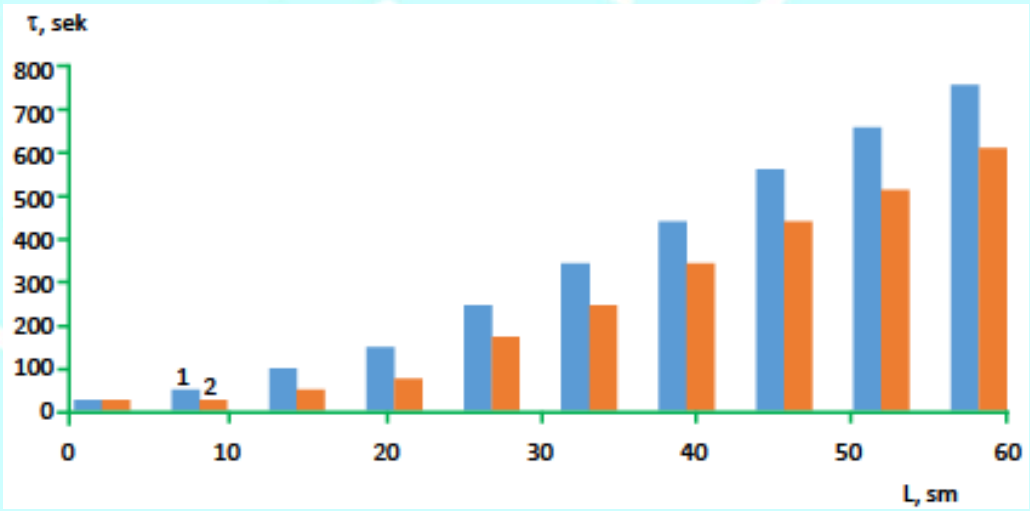
Shunday qilib, olib borilgan tadqiqotlar etilenni yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitlar va alyuminiy gel tomonidan singdirish uchun adsorberlarni hisoblash uchun zarur bo‘lgan barcha asosiy ma'lumotlarni olish imkonini berdi.

ISSN 3030-3907



Yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent: 1-3 - alyuminiy gel, 4-6 - NaA yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolit. Qatlam balandligi, sm: 1,4 - 20; 2,5 - 40; 3,6 - 60.

2-rasm. S_0=1% da metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilen adsorbsiyasining chiqish gistagrammasi



1 - NaA yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolit, 2 - alyuminiy gel

3-rasm. Himoya ta'siri vaqtining yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent qatlamining uzunligiga bog‘liqligi

Yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlarning adsorbsion qobiliyatining adsorbsion sharoitlarga bog‘liqligini o‘rganish va adsorbsiya dinamikasini o‘rganish asosida karbonat angidrid uchun yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent sifatida ishlatiladigan kaliy eritmasini regenerasiya qilishning chiqindi gazlaridan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenni olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Alkanlar bilan quruq aralashmalardan metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenning yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlarga adsorbsiyasi texnologik jihatdan ancha rivojlangan, chunki

ISSN 3030-3907

metan va etan yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitlar va alyuminiy gel tomonidan CO_2 dan ancha yomonroq so‘riladi va neftni qayta ishlash gazlaridagi metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasi natijasida hosil bo‘lgan etilenning ulushi kaliyning chiqindi gazlariga qaraganda tozalash ancha yuqori.

XULOSA

Shunday qilib, olib borilgan tadqiqotlar etilenni yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan seolitlar va alyuminiy gel tomonidan singdirish uchun adsorberlarni hisoblash uchun zarur bo‘lgan barcha asosiy ma'lumotlarni olish imkonini berdi. Yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbentlarning adsorbsion qobiliyatining adsorbsion sharoitlarga bog‘liqligini va adsorbsiya dinamikasini o‘rganish asosida karbonat angidrid uchun yuqori sorbsion xususiyatga ega bo‘lgan sorbent sifatida ishlatiladigan kaliy eritmasini regenerasiya qilishning metanni oksidlanishli kondensatlash reaksiyasida hosil bo‘lgan etilenni olish texnologiyasi ishlab chiqildi.

ADABIYOTLAR

1. Khanipour, M.; Mirvakili, A.; Bakhtyari, A.; Farniaei, M.; Rahimpour, M.R. Enhancement of synthesis gas and methanol production by flare gas recovery utilizing a membrane-based separation process. Fuel Process. Technol. 2017, 166, 186–201. [Google Scholar] [CrossRef]

2. Ghasemikafrudi, E.; Amini, M.; Habibi, M.R.; Hassankiadeh, Q.D. Environmental effects and economic study on flare gas recovery for using as fuel gas or feedstock. Pet. Coal. 2017, 59, 18–28. [Google Scholar]

3. Ibrahim, A.Y.; Ghallab, A.O.; Gadalla, M.A.; Makary, S.S.; Ashour, F.H. Technical and economical/financial feasibility analyses of flared gas recovery in Egypt from oil and gas industry from international/national oil companies’ perspectives. Clean Technol. Environ. Policy 2017, 19, 1423–1436. [Google Scholar] [CrossRef]

4. Allamaraju, J.P.; Mukherjee, R. Successful Implementation of Flare Gas Recovery Systems in Gasco Plants. In Proceedings of the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 7–10 November 2016; Society of Petroleum Engineers: Dallas, TX, USA, 2016. [Google Scholar] [CrossRef]

5. Hajizadeh, A.; Mohamadi-Baghmolaei, M.; Azin, R.; Osfouri, S.; Heydari, I. Technical and economic evaluation of flare gas recovery in a giant gas refinery. Chem. Eng. Res. Des. 2018, 131, 506–519. [Google Scholar] [CrossRef]

6. Zolfaghari, M.; Pirouzfar, V.; Sakhaeinia, H. Technical characterization and economic evaluation of recovery of flare gas in various gas-processing plants. Energy 2017, 124, 481–491. [Google Scholar] [CrossRef]

ISSN 3030-3907

7. Mahamid, M.; Triandafilou, N.; Brindley, T. Challenges and Constructability Solutions for New Flare Gas Recovery Modifications in Oil and Gas Refineries: Case Studies for Five Different Flare Stacks. Pr. Period Struct. Des. Constr. 2018, 23, 05017004. [Google Scholar] [CrossRef]
8. Romano, M.C.; Anantharaman, R.; Arasto, A.; Ozcan, D.C.; Ahn, H.; Dijkstra, J.W.; Carbo, M.; Boavida, D. Application of Advanced Technologies for CO2 Capture from Industrial Sources. Energy Procedia 2013, 37, 7176–7185. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
9. Wang, J.; Yang, P. Potential flue gas desulfurization gypsum utilization in agriculture: A comprehensive review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2018, 82, 1969–1978. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Míguez, J.L.; Porteiro, J.; Pérez-Orozco, R.; Patiño, D.; Rodríguez, S. Evolution of CO2 capture technology between 2007 and 2017 through the study of patent activity. Appl. Energy 2018, 211, 1282–1296. [Google Scholar] [CrossRef]
11. MacDowell, N.; Florin, N.; Buchard, A.; Hallett, J.; Galindo, A.; Jackson, G.; Adjiman, C.S.; Williams, C.K.; Shah, N.; Fennell, P. An overview of CO2 capture technologies. Energy Environ. Sci. 2010, 3, 1645–1669. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
12. Rolfe, A.; Huang, Y.; Haaf, M.; Rezvani, S.; McIlveen-Wright, D.; Hewitt, N. Integration of the calcium carbonate looping process into an existing pulverized coal-fired power plant for CO2 capture: Techno-economic and environmental evaluation. Appl. Energy 2018, 222, 169–179. [Google Scholar] [CrossRef]
13. Hossain, S.M.Z.; Hossain, M.M.; Razzak, S.A. Optimization of CO2 Biofixation by Chlorella Vulgaris Using a Tubular Photobioreactor. Chem. Eng. Technol. 2018, 41, 1313–1323. [Google Scholar] [CrossRef]
14. Abdullahi, A.; Alhassan, M.; Isah, A.G.; Sani, K.A.; Olalekan, O.A. Comparative studies on the kinetics of biogas purification using activated Carbon and Zeolite. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2018, 173, 012046. [Google Scholar] [CrossRef]
15. Romero, J.R.G.; Moreno-Piraján, J.C.; Gutierrez, L.G. Kinetic and Equilibrium Study of the Adsorption of CO2 in Ultramicropores of Resorcinol-Formaldehyde Aerogels Obtained in Acidic and Basic Medium. C J. Carbon Res. 2018, 4, 52. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
16. Muradov, K. M., Fayzullayev, N. I., & Zohidov, K. A. Investigation of influence of various factors to oxidative condensation of methane in C2-hydrocarbons. In Abstracts of Papers of the American Chemical Society. 2003. Vol. 226, pp. U258-U259. 1155 16TH ST, NW, Washington, DC 20036 USA: Amer Chemical Soc. https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000187062501250.

ISSN 3030-3907

17. Akmalaiuly K.; Fayzullayev N. Heterogeneo-catalytic synthesis of vinyl chloride and chloroprene from acetylene. Ser. Chem. Technol. 2020, 5 (443), 6–13. https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.74.
18. Fayzullaev, N. I.; Javkharov, J. Kinetical Laws of Catalythic Oxychlorination of Methanes. AIP Conf. Proc. 2023, 2789 (1). https://doi.org/10.1063/5.0149606/2899913.
19. Fayzullayev, N.; Akmalaiuly, K.; Karjavov, A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration. Ser. Chem. Technol. 2020, 2 (440), 23–30. https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.19.

ISSN 3030-3907

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE TYPE OF CARRIERS AND IMPREGNATION CONDITIONS ON THE STRUCTURE, PHASE COMPOSITION, AND COORDINATION OF MOLYBDENUM AND NICKEL IONS IN DEAROMATIZATION CATALYSTS

Dilnavoz Fayzulloyevna Asadova
Bukhara State Technical University
Farmonova Zuhra Abdisalom qizi
Bukhara State Technical University

Abstract. The article describes the development of a domestic catalyst for the oil hydrorefining process based on dearomatization, with extensive use of local mineral raw materials. The research aims to address an important national economic problem focused on improving the quality of commercial oils and enhancing the economic efficiency of their production.

Keywords: alumonickelmolybdenum, nickel nitrate, AKB-K-9-II, phenolphthalein, support, molybdenum ions, macropores and micropores, predominant radii, pyridine, dry impregnation, water absorption, porous structure, coordination, Mo^{c} complexes, spectral characteristics, polymolybdate groupings.

Аннотация. В статье описана разработка отечественного катализатора для процесса гидроочистки нефти, основанного на деароматизации, с широким использованием местного минерального сырья. Исследование направлено на решение важной национальной экономической проблемы, направленной на улучшение качества товарных масел и повышение экономической эффективности их производства.

Ключевые слова: алюмоникельмолибден, нитрат никеля, АКБ-К-9-II, фенолфталеин, носитель, ионы молибдена, макропоры и микропоры, преобладающие радиусы, пиридин, сухая пропитка, водопоглощение, пористая структура, координация, комплексы молибдена, спектральные характеристики, полимолибдатные группировки.

Annotatsiya. Maqolada mahalliy mineral xom ashyolardan keng foydalangan holda, dearomatizatsiya asosida neftni gidrotexnikalash jarayoni uchun mahalliy katalizator ishlab chiqilishi tasvirlangan. Tadqiqot tijorat moylarining sifatini yaxshilash va ularni ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligini oshirishga qaratilgan muhim milliy iqtisodiy muammoni hal qilishga qaratilgan.

Kalit so'zlar: alumonikelmolibdenum, nikel nitrat, AKB-K-9-II, fenolftalein, support, molibden ionlari, makropores va mikropores, ustun radiuslar, piridin, quruq singdirish, suvni singdirish, g'ovakli tuzilish, koordinatsiya, Moix komplekslari, spektral xarakteristikalar, polimolibdat guruhlari.

Introduction

ISSN 3030-3907

To obtain alumonickelmolybdenum catalysts, in addition to the optimal AKB-K-9-II (in our opinion), the following carriers were also selected: AKB prepared without the use of modifiers; the AKB-VRAC-I sample with maximum proton acidity and a biporous structure; macroporous AKF, characterized by predominantly Lewis acidity; and AKB-K-II, combining a set of fine and transport pores with low surface acidity. In addition, to identify the features of the interaction between molybdenum ions and individual components of the carrier, auxiliary model systems with varying MoO_3 content were synthesized.

The samples were generally prepared by the "dry impregnation" method using an aqueous solution of ammonium molybdate, the amount of which was calculated based on water absorption. After aging and drying, the granules were calcined at 550°C for three hours. To ensure a uniform distribution of molybdenum throughout the granule volume, conditions were created for the gradual migration of the ammonium molybdate solution from macropores to micropores through prolonged aging and a very slow temperature increase. After intermediate calcination, nickel nitrate was applied in a similar manner, followed again by a slow temperature rise.

The effect of the concentration of deposited molybdenum on the porous structure of the intermediate sample based on AKB-K-9 is presented in Table 1. It follows that after thermal treatment in the optimal mode, samples with very low molybdenum concentrations exhibit localization of molybdenum ions mainly in relatively small transitional pores. In the sample containing 5% MoO_3, the active component is distributed mainly along the pore walls with radii of 40–80 Å and wider mesopores. With a further increase in molybdenum concentration, alumina–kaolin carriers show a significant decrease in the volume of pores with different radii. It is likely that the micropore openings are blocked by polymolybdate structures, since after their removal by aqueous–ammonia extraction, the initial micropore volume is restored.

Table 1.

Effect of MoO_3 Content on the Porous Structure of the AKB-K-9-II Sample

MoO_3 Content, %	Predominant Pore Radii, Å	Pore Volume with Corresponding Radii, cm^3/g	Fraction of Pores Capable of Adsorbing Metal-Containing Compounds, %
2,5	< 10 40-80 100-700 1000-2000	0,23 0,11 0,027 0,003	8,61

ISSN 3030-3907

5,0	< 10 40-80 100-700 1000-2000	0,22 0,10 0,023 0,003	8,57
10,0	< 10 40-80 100-700 1000-2000	0,11 0,05 0,01 0,001	6,47
16,0	< 10 40-80 100-700 1000-2000	0,08 0,02 0,01 0,002	11,8

The deposition of small amounts (2.5%) of molybdenum onto the AKB-K-9-II sample followed by thermal treatment at 550°C leads to the appearance of charge transfer bands $O^{2-} \rightarrow Mo^{6+}$ at 47.6, 43.5, and 35.7 kcm^{-1}, as well as a d–d transition band of Mo^{5+} in the region of 18.5 kcm^{-1}. The nature of the spectral pattern, when compared with literature data, suggests the formation of structures containing isolated molybdenum ions with tetrahedral (bands at 47.6, 43.5, and 18.5 kcm^{-1}) and possibly octahedral (bands at 43.5 and 37.7 kcm^{-1}) coordination. At active component concentrations above 2.5%, along with isolated ions, the formation of surface weakly associated Mo_6 complexes is observed.

It is known that surface centers containing isolated and weakly associated MoO_4^- tetrahedra possess acidity with a pKa of about –1. The presence of an absorption band at 505 nm in the diffuse reflectance spectrum (DRS) of phenolphthalein, which is specific for the indicator adsorbed on Brønsted acid sites, indicates the proton-donor properties of the surface of these samples. It should be noted that it is not possible to reliably determine the presence or absence of Lewis acid sites by the indicator method due to the overlap of absorption bands of the catalyst itself and phenolphthalein adsorbed on Lewis acid sites. Therefore, to objectively differentiate the type of acid sites, IR spectra of adsorbed pyridine were obtained for the most representative samples.

In the IR spectrum of pyridine adsorbed on the AKB-K-9-II sample containing 5 wt.% MoO_3, a set of absorption bands characteristic of hydrogen-bonded pyridine (1440, 1486, 1595 cm^{-1}), which are easily removed from the surface at 100°C, and pyridinium ions (1540 cm^{-1}), corresponding to the interaction of pyridine with protonic surface sites, were observed. In contrast, the band of pyridine coordinatively bonded to aprotonic sites (1460 cm^{-1}) was absent.

In addition to suppressing the strongest acid sites by sodium ions formed during the burnout of K-9, these ions also act as dispersants for molybdenum oxide

ISSN 3030-3907

species, preventing particle aggregation during operation. This is reflected in the invariability of the acidity spectrum and temperature-programmed reduction curves after several operation cycles in a microcatalytic unit, especially in the case of high molybdenum concentrations.

In the X-ray diffraction patterns of all studied NiO–MoO_3 catalysts, only reflections corresponding to well-crystallized silicon dioxide are observed, along with less intense peaks of kaolinite with varying degrees of dehydration and broad reflections from aluminum oxide. The absence of diffraction peaks from boron-, nickel-, and molybdenum-containing compounds, combined with the identical nature of the XRD patterns of the support and the catalyst, indicates the amorphous character of the formed structures. Spectral data suggest that even at low molybdenum contents in kaolin-containing systems, in addition to the formation of silicic-molybdic acid with Mo^{6+} in tetrahedral coordination (identified in aqueous extracts), polymolybdate groupings are also formed, in which Mo^{6+} exhibits octahedral coordination.

From the literature review presented above, it follows that the pH range determining the existence of a particular form is governed by the concentration of molybdenum ions, the acidity of the solution, and the nature of the acid. In the present study, nitric acid was used to adjust the pH of the solution. In the IR spectra of air-dried samples prepared by impregnation with a highly acidic ammonium molybdate solution, several absorption bands at 910, 955, and 970 cm^{-1}, characteristic of adsorbed polymolybdates, were identified, while the most intense band at 890 cm^{-1} correlates with the spectrum of molybdic acid. The spectra also exhibit nitrate ions as a narrow, low-intensity band in the range of 1383–1387 cm^{-1} in the electronic spectra. After calcination of low-percentage samples, only weak absorption bands around 840–860 cm^{-1} remain in the IR spectra, indicating that during impregnation of kaolin, aluminum hydroxide, and their mixtures with ammonium molybdate, decomposition of adsorbed polycompounds occurs during thermal treatment, leading to the formation of weakly associated, thermally stabilized bridging surface structures. The results of the spectral analysis of nickel–molybdenum-containing structures and the temperature ranges of their reduction are summarized in Table 2.

Experimental characterization of the changes in the bonding strength of molybdenum and nickel ions with the support during thermal treatment can be carried out by determining the concentration of molybdenum ions that pass into solution under exposure to water (representing the weakest bond) or an aqueous ammonia solution (representing a stronger bond) under identical conditions. After such treatment, the catalyst retains the most strongly bound molybdenum ions that cannot be removed without destroying the crystalline structure of the support.

ISSN 3030-3907

Moreover, several literature sources report differences in the catalytic activity of soluble and insoluble forms of nickel and molybdenum ions fixed on the surface of the carrier. Extraction treatment of dried catalyst samples with fixed molybdenum (16%) and nickel (5%) contents revealed a decrease in the concentration of water-insoluble molybdenum in the series AKFB-III > AKB-VRATs-II > alumina > AKB-K-9-II > AKB > AKF-III > kaolin. The amount of water-soluble molybdenum increases with rising molybdenum loading within each sample series. In aqueous extracts of calcined catalyst samples based on the mixed support AKB-K-9-II containing approximately 5 wt.% MoO_3, only 0.1% of its water-soluble form was detected, whereas in samples with 16 wt.% MoO_3, up to 30% of X-ray amorphous water-soluble structures were found.

The electronic spectra of the samples containing 16 wt.% MoO_3 vary depending on the composition of the support and exhibit intense absorption in the ultraviolet and visible regions, with a clearly defined decrease in intensity in the range of 20–24 kcm^{-1}. The parameters of this absorption band—its energy position, broad width, high intensity, and sharp drop at the long-wavelength edge—indicate that it corresponds to a charge-transfer band of the type $O^{2-} \rightarrow Mo^{6+}$. Absorption in the 42–38 kcm^{-1} region suggests a tetrahedral environment of molybdenum ions, while the presence of molybdenum ions in octahedral coordination becomes spectrally apparent only when ammonium molybdate is deposited onto the most acidic supports, predominantly of the Lewis type. Indeed, in the IR spectrum of pyridine adsorbed on the catalyst based on AKF-III containing 15 wt.% MoO_3, in addition to absorption bands corresponding to hydrogen-bonded pyridine and pyridinium ions, a band at 1460 cm^{-1} attributable to pyridine coordinatively bound to aprotonic centers is observed, indicating the coexistence of both Lewis and Brønsted acid sites.

Table 2.

Changes in the acid properties of protective-layer catalysts (16 wt.% MoO_3, 5 wt.% NiO) under the influence of the reaction medium.

Support	Concentration of acid sites with different pKa values, mmol/g							
	Oxide form				Reduced form		Sulfided form	
	<-6	-6 ÷ -4	-4 ÷ -1	-1÷ 2	-1÷2	2÷4	-1÷2	2 ÷ 4
AKB	0,11	0,20	0,29	0,12	0,12	0,08	0,14	0,06
AKB-K-9-II	0,08	0,16	0,12	0,15	0,10	0,05	0,12	0,11
AKB-VRATS-II	0,10	0,24	0,18	0,15	0,15	0,07	0,23	0,09

ISSN 3030-3907

AKF-III	0,08	0,22	0,13	0,19	0	0,13	0	0,18

It should be noted that in the spectra of catalyst samples obtained after water extraction followed by drying and calcination at 500 °C, the intensity of absorption bands corresponding to molybdenum ions in octahedral coordination decreases significantly, and after additional extraction with an aqueous–ammonia solution, these bands disappear completely.

When ammonium molybdate is introduced into the molding mass, the electronic properties of the samples change noticeably, as the intensity of absorption corresponding to tetrahedrally coordinated molybdenum ions increases. The interaction between the components becomes more pronounced, resulting in a higher amount of water-insoluble molybdenum; however, the mechanical strength, water absorption, and fraction of mesopores decrease. In addition, a reaction occurs between phosphate and molybdate ions, presumably leading to the formation of a thermally stabilized phosphomolybdic heteropoly acid, as evidenced by a weak absorption band around 25 kcm^{-1}. In the composition of the studied catalysts, three groups of X-ray amorphous compounds can be conventionally distinguished.

Structures containing molybdenum ions in octahedral coordination, stabilized on the surface, are weakly bound to the support and can be easily extracted with water. These structures are reduced within the temperature range of 150–220 °C. Their amount depends on the nature of the modifying acids and increases with the higher kaolin content in the support composition and the amount of introduced ammonium molybdate. The following trend was observed: when the catalyst containing 5 wt.% MoO_3 on a mixed support is modified with a mixture of boric, phosphoric, and nitric acids, the maximum amount of structures with octahedrally coordinated molybdenum ions is formed. In the absence of phosphoric acid, the concentration of water-soluble structures slightly decreases. However, when the mixture of aluminum hydroxide and kaolin (AKF-III) is modified exclusively with phosphoric acid, the formation of water-soluble structures is significantly hindered; therefore, even trace amounts of molybdenum and silicon ions cannot be detected in the aqueous extract of the 5 % sample.

Structures containing molybdenum ions also in octahedral coordination, but more strongly bound to the surface of the supports, are reduced at higher temperatures, around 240–280 °C. They tend to form preferentially on supports with a high alumina content in the presence of nitric acid only. These structures can be extracted from the catalyst surface only after prolonged treatment with an aqueous–ammonia solution under heating. A decrease in the intensity of the bands corresponding to Mo^{6+}(Td) ions, accompanied by the complete absence of Mo^{6+}(Oh) bands in the electronic spectra, indicates the partial removal of tetrahedrally coordinated molybdenum. The structures with molybdenum ions in

ISSN 3030-3907

tetrahedral coordination are extremely strongly bound to the support; their amount is maximal in the sample modified solely with phosphoric acid and minimal on pure kaolin. Their reduction region lies above 290 °C. Nickel ions in octahedral coordination are most typical for kaolin-containing catalysts and are reduced in the range of 300–400 °C, whereas nickel ions in tetrahedral coordination are more characteristic of pure alumina systems and are reduced within 650–700 °C.

Based on the results of the study, an efficient Ni–Mo catalyst has been proposed, which exhibits, in addition to desulfurization activity, a high activity in the hydrogenation of aromatic hydrocarbons in oil compositions. The use of this catalyst in the oil hydrotreating process makes it possible to achieve the following results:

- improvement of oil quality according to the main parameters, including an increase in viscosity index, color enhancement, reduction in coking tendency, and decrease in sulfur content;
- reduction of coke formation within the hydrotreating catalyst bed;
- extension of the inter-regeneration operating period of the hydrotreating unit and an overall increase in process efficiency.

The optimal conditions for the deposition and concentration of active components on the developed wide-pore support have been determined. The dearomatizing and hydrodesulfurizing functions of the ANM-2/3 catalyst have been demonstrated using oil fractions from the FNPZ refinery, as well as the stability of these processes under pilot-scale testing conditions.

REFERENCES

1. Alvarez D., Galiasso R., Andreu P. .// Jap. Petrol.Inst. 1979. V. 22. N4. P.234.
2. Rajagopolan K. ,Luss D.// Ind. Eng.Chem. : Proc. Des. Dv. 1979. V. 18. P. 459.
3. Nomura H., Secido J., Oghuti J. // J. Jap. Petrol. Inst. 1980.V. 23. N.5. P.23
4. Bachelir J., Tilliette M. J., e.a. //J. Catal. 1982. V. 76. N.2.P.300.

Main Abbreviations and Symbols Used in the Article

AKF – Grade of kaolin.
AKM – Alumocobalt–molybdenum.
GOA – Aluminum hydroxide
IRS – Infrared spectra
L – Lewis acid sites.
B – Brønsted acid sites.

ISSN 3030-3907

EFFECT OF LAPONITE MODIFICATION ON THE ADSORPTION EFFICIENCY OF CATIONIC AND ANIONIC DYES

Kalbaev Alisher
General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Abdikamalova Aziza
General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Mamataliyev Nozim
General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Yuldasheva Muniraxon
Fergana State University of Technology
Muratov Mirtohir
General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
E-mail: qalbaev.alisher.98@gmail.com

Abstract. This study investigated the adsorption properties of various dye substances on both pristine and modified laponite samples. The aim was to determine how the organic modification of laponite affects its interlayer spacing, surface area, porosity, and overall adsorption behavior. The results demonstrated that by selecting a ratio of ODTMA to KPAA of approximately 100:2 during the organic modification process, the specific surface area increased significantly from 72 m²/g to 359 m²/g. These findings are of practical importance for the development of highly efficient laponite-based adsorbents and catalytic materials.

Keywords: laponite, intercalation, octadecyltrimethylammonium bromide (ODTMAB), cationic polyacrylamide (KPAA), adsorption.

Annotatsiya. Ushbu maqolada dastlabki va modifikatsiyalangan laponit namunalarining turli boyoq moddalarini adsorbsiyalash xossalari o‘rganildi. Laponitning organik modifikatsiyalash uning qatlamlararo maydoni, yuzasi va g’ovakligi adsorbsion xossasini qanday tasir qilishini aniqlash maqsad qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki organik modifikatsiya jarayonida ODTMA va KPAA nisbatini 100/2 atrofida tanlash orqali solishtirma sirt maydonini 72 m²/g dan 359 m²/g gacha oshganligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar laponit asosidagi yuqori samarali adsorbent va katalitik materiallar yaratishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: laponit, interkalatsiya, oktadetsiltrimetilammoniy bromid (ODTMAB), kationli poliakrilamid (KPAA), adsorbsiya.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье изучены адсорбционные свойства исходных и модифицированных образцов лапонита по отношению к различным красителям. Целью исследования было определить, как органическая модификация лапонита влияет на межслойное пространство, поверхность и пористость, а, следовательно, и на адсорбционные свойства. Результаты показали, что при выборе соотношения ОДТМА и КПАА около 100/2 в процессе органической модификации удельная поверхность по сравнению с исходной увеличилась с 72 м²/г до 359 м²/г. Полученные данные имеют практическое значение для создания высокоэффективных адсорбентов и каталитических материалов на основе лапонита.

Ключевые слова: лапонит, Интеркаляция, октадецилтриметиламмоний бромид (ОДТМАБ), катионный полиакриламид (КПАА), адсорбция.

Introduction

In recent years, various chemical processes have been extensively carried out across multiple industrial sectors, including oil and gas, metallurgy, pharmaceuticals, food, and textile industries. A critical aspect of these processes is the effective removal of harmful components present in wastewater and gases through adsorption. Therefore, the development of new types of adsorbent materials, along with the optimization of their surface and porosity characteristics, has become a scientifically and practically relevant challenge.

Industrial wastewater is one of the main sources of water pollution, containing pollutants that pose serious risks to human health and the environment. In particular, the dyeing, textile, paper, and plastic industries are distinguished as sectors generating large volumes of colored wastewater. Dyes represent one of the most hazardous types of water pollutants and must be efficiently removed from wastewater before disposal. However, the high stability of dye molecules against light and oxidation complicates their removal using conventional physical or chemical methods. Therefore, the use of modified adsorbents with high adsorption activity has become increasingly important for the treatment of dye-containing wastewater [1].

LITERATURE REVIEW

Clay minerals are widely distributed in the natural environment, exhibiting low toxicity, cost-effectiveness, and ecological safety, along with good physicochemical stability [2,3]. This class of solid-phase compounds has been extensively used throughout human history in medicine and environmental applications due to their ability to effectively adsorb and immobilize pollutants, microcontaminants, and other harmful substances [4–10]. Clay minerals are recognized as efficient natural adsorbents because of their high cation exchange capacity, large surface area, swelling ability, good dispersibility in water, and non-

ISSN 3030-3907

toxicity, enabling the removal of bacteria as well as various organic and inorganic contaminants.

Synthetic layered silicates, particularly laponite, are widely employed as effective sorbent materials in environmental processes, especially for wastewater treatment, due to their unique physicochemical properties [11]. Laponite's high surface area, layer charge, and tunable chemical structure make it a promising component for adsorption and catalytic processes. In recent years, the development of nanotechnologies has enabled laponite-based materials to be transformed into low-dimensional structures, such as nanosheets and nanocomposite systems. This enhances their significance in creating multifunctional composite sorbents and allows for more efficient adsorption of organic and inorganic pollutants from aqueous media. Structurally, laponite is a 2:1 type layered silicate, with layers composed of octahedral and tetrahedral sheets. The ion exchange and intercalation zones between these layers can be expanded through modification or functionalized with new active sites. Therefore, altering the laponite structure with inorganic, organic, or hybrid components significantly improves its functional properties.

Intercalation is one of the modern and effective approaches for the targeted modification of layered minerals. It involves the insertion of ions, molecules, or nanoparticles into the interlayer spaces, allowing the regulation of basal spacing, surface charge, and the textural properties of the matrix while preserving the integrity of the crystal lattice. As a result, intercalated systems acquire a new set of adsorption and catalytic properties, proving highly relevant for applications in water and air purification technologies, the development of functional nanocomposites, and the design of advanced catalysts.

Furthermore, the incorporation of neutral molecules and polymers into the interlayer spaces, stabilized by hydrogen bonding and van der Waals interactions, is of significant importance. Intercalation of compounds such as polyethylene glycol (PEG) or polyacrylamide (PAA) enhances the adsorption capacity and thermal stability of the resulting composites, with the interlayer spacing potentially increasing up to 22–25 Å [12].

The intercalation process was carried out based on the cation exchange capacity of laponite. Synthetic laponite samples produced by Shandong Honrel Co. (China) were selected as the starting material. A 10 g portion of dried and sieved laponite was dispersed in 100 mL of distilled water at 60 °C and stirred until a homogeneous suspension was obtained. Simultaneously, at the same temperature, predetermined amounts of octadecyltrimethylammonium bromide (ODTMAB) and cationic polyacrylamide (KPAA) were dissolved in 100 mL of water, taking into account the cation exchange capacity of the clay and the required polyelectrolyte dosage. Intercalation was performed using ODTMAB solutions at

ISSN 3030-3907

50% and 100%, KPAA solutions at 2% and 6%, as well as combined ODTMAB/KPAA solutions in ratios of 50/2, 50/6, 100/2, and 100/6. The organic reagent solutions were added to the clay suspension under vigorous stirring, and the mixture was stirred and heated at 60 °C for 4 hours. The resulting mixture was then left to stand at the same temperature under gentle stirring for an additional 10 hours to complete the maturation process.

The adsorption properties of the pristine and intercalated samples were investigated using cationic (methylene blue) and anionic (Congo red) dyes. A UV–Vis spectrophotometer (UV-5100) was employed for the quantitative determination of dye adsorption. Standard solutions with concentrations ranging from 1 to 50 mg/L were prepared for each dye. The adsorption maxima were determined, with $\lambda_{max} \approx 664$ nm for methylene blue and $\lambda_{max} \approx 497$ nm for Congo red. Linear regression analysis was performed, ensuring a coefficient of determination of at least $R^2 \geq 0.999$.

For the adsorption experiments, 0.1 g of each sample was placed in 50 mL test tubes, and 25 mL of dye solutions (1–50 mg/L) were added. The mixtures were studied at 25 °C for 200 hours. Subsequently, the suspensions were centrifuged at 5000 rpm for 10 minutes, and 3–5 mL of the supernatant was collected for analysis. The residual dye concentration was measured using a UV–Vis spectrophotometer at the respective λ_{max}, and the amount adsorbed was calculated based on a calibration curve.

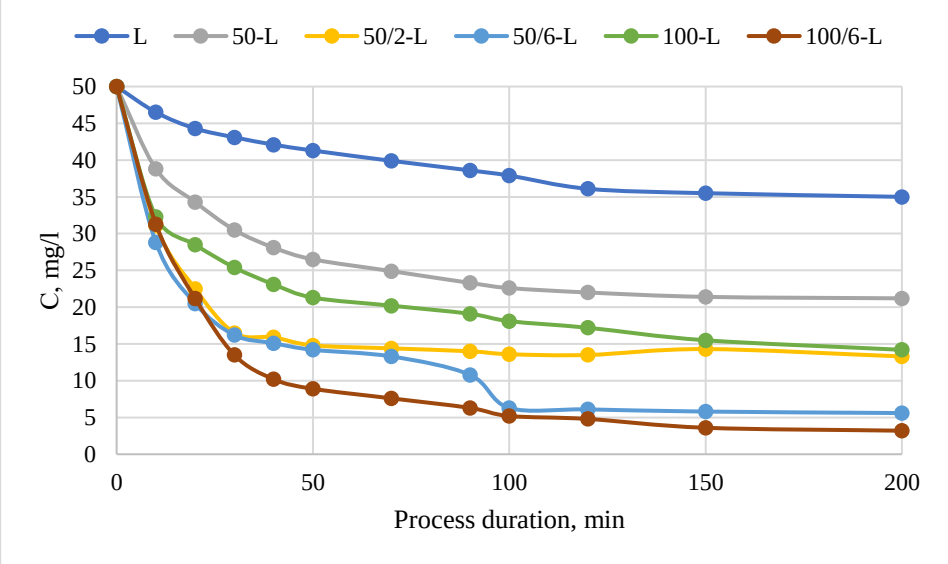


Figure 1. Kinetics of methylene blue concentration decrease in L solutions.

In the pristine laponite, the concentration of methylene blue decreases most slowly: during the first 20 minutes, it drops from 50 mg/L to only 44.3 mg/L, and after 200 minutes, 35 mg/L of the dye remains in the solution. Partial modification of laponite without polyacrylamide (50-L) improves adsorption compared to the initial sample, but its efficiency is lower than that of systems containing the polymer. The addition of 2% KPAA (50/2-L) nearly doubles the initial adsorption

ISSN 3030-3907

rate: within 20 minutes, the solution concentration decreases to 22.5 mg/L, reaching a steady-state value of approximately 13–14 mg/L. The best result is observed when 6% KPAA is combined with 50% ODTMAB: after 30 minutes, the concentration is 16.2 mg/L, and after 200 minutes, only 5.6 mg/L remains. The high efficiency is attributed to the polymer's effect, which maintains a sufficiently negative surface charge and significantly increases the specific surface area.

Table 1.

Parameters of the Langmuir equation for methylene blue adsorption

Sample	A_0, mmol/g	K	S, m^2/g	ΣV, sm^3/g
100/2-L	0,045	38,947	29,16	0,072
100/6-L	0,083	32,417	53,784	0,098
50/2-L	0,182	31,848	117,94	0,123
50/6-L	0,165	40,393	106,92	0,12

The adsorption capacity (A_0) for methylene blue consistently increases with the introduction of organic modifiers; however, the maximum values are observed at moderate polymer concentrations. The highest adsorption capacity, A_0 = 0.182 mmol/g, and a specific surface area of 118 m^2/g were recorded for the 50/2–L sample. When 6% KPAA was added, the surface area slightly increased (up to 107 m^2/g), while the adsorption capacity decreased to 0.165 mmol/g, indicating that excess polymer chains partially blocked the pores and began to restrict diffusion. The Langmuir constant (K) for pristine laponite was 38 L/mmol, whereas for the modified samples it ranged from 31 to 40 L/mmol. These values indicate that a high affinity toward the sorbate molecules was retained, although the energy of the active sites began to distribute more uniformly.

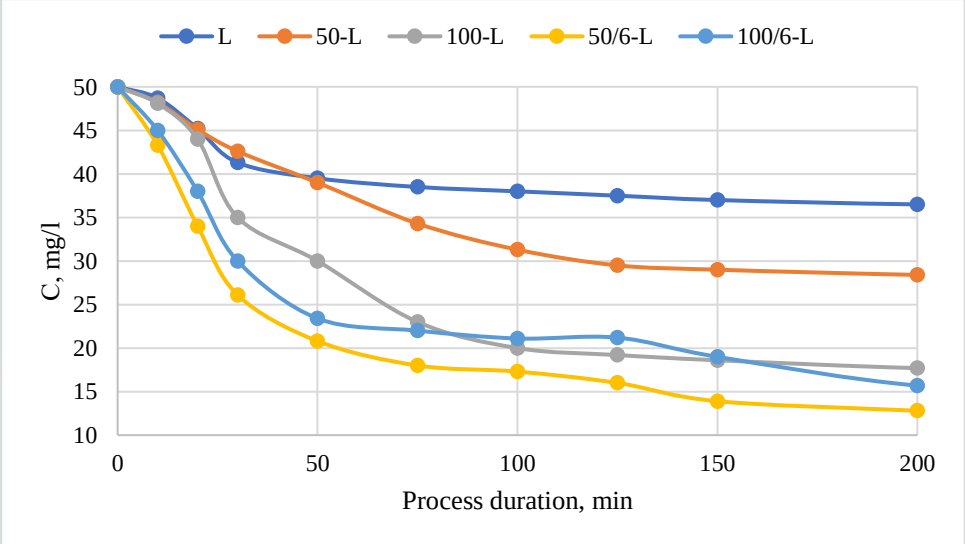


Figure 2. Kinetics of Congo red concentration decrease in L solutions

ISSN 3030-3907

Compared to pristine laponite, the modified samples exhibit slightly higher interaction with Congo red: after 200 minutes, 36.4 mg/L of the dye remains in the solution. The lower layer charge of laponite promotes faster formation of positively charged organolayers: in the 50-L sample, the residual concentration decreases to 28.4 mg/L, and in the 100-L sample, to 17.7 mg/L. The greatest reduction is observed in the sample containing 50% ODTMAB and 6% KPAA, where the dye concentration drops to 11.8 mg/L after 200 minutes. At the same time, when ODTMAB is fully intercalated with the same amount of polyacrylamide, the final concentration is higher (15.1 mg/L), indicating that excess organic material in laponite begins to block the pores.

Table 2.

Parameters of the Langmuir equation for Congo red adsorption

Simple	A_0, mmol/g	K	S, m^2/g	ΣV, sm^3/g
L	0,0570	56,2	72,10	0,053
100-L	0,1544	59,7	195,36	0,171
100/2-L	0,2839	44,6	359,15	0,181
100/6-L	0,2574	55,3	325,61	0,172
50/2-L	0,2215	59,9	280,22	0,161
50/6-L	0,2543	71,2	321,66	0,176

The pristine laponite sample exhibited relatively low adsorption capacity for Congo red, amounting to 0.057 mmol/g. Complete replacement of the surface cations with octadecyltrimethylammonium bromide (ODTMAB) led to a sharp increase in the maximum adsorption capacity (A_0), reaching 0.154 mmol/g. These data indicate that positively charged organophilic layers play a key activating role in the adsorption mechanism of anionic dyes, significantly enhancing the electrostatic interactions between the sorbent and the sorbate. The addition of 2% cationic polyacrylamide (KPAA) during modification further increased the adsorption capacity: for the laponite sample with an ODTMAB/KPAA ratio of 100/2, this value reached 0.284 mmol/g. At the same time, the Langmuir constant ($K \approx 60$ L/mmol) remained nearly unchanged, indicating that strong electrostatic interactions are maintained during the adsorption process.

The introduction of 6% cationic polyacrylamide (KPAA) slightly reduces the maximum adsorption capacity (A_0) of laponite, decreasing it to 0.257 mmol/g. This effect is attributed to the partial blockage of pores by excess polymer chains, which reduces the number of active sites accessible for adsorption. Meanwhile, for laponite samples modified with 50% ODTMAB, the addition of 2% KPAA

ISSN 3030-3907

provides the most optimal result, with A_0 = 0.222 mmol/g. Increasing the polymer content to 6% results in only a moderate increase in adsorption capacity and a slightly lower affinity (K = 49–71 L/mmol). This indicates that excessive incorporation of polymer chains can block a portion of the active sites on the sorbent surface and limit the ion exchange process.

CONCLUSION

The organic modification process fundamentally alters the surface charge, hydrophobicity, and porous structure of laponite. As a result, the material's ability to selectively adsorb and retain target pollutants is significantly enhanced. The study results indicate that laponite composites modified with octadecyltrimethylammonium bromide (ODTMA) and cationic polyacrylamide (KPAA) are capable of efficiently adsorbing model cationic and anionic dyes.

The structural changes are clearly reflected in the textural parameters of the laponite samples. The specific surface area of pristine laponite is 59.5 m^2/g. Modification with 50% ODTMAB nearly doubles this value, promoting pore development and activation of surface active sites. However, when 100% ODTMAB is applied, partial pore blockage occurs, resulting in a slight decrease in surface area.

The introduction of 2% KPAA into the 50% ODTMAB system increases the specific surface area up to 280 m^2/g, which is attributed to the predominance of polymer chains in the interlayer space and their stabilizing effect on the surface structure. The addition of 6% KPAA to 100% ODTMAB further increases the surface area, reaching up to 325 m^2/g.

The highest value is observed in the system containing 100% ODTMAB and 2% KPAA, with the specific surface area reaching 359 m^2/g. This significant increase is attributed to the synergistic interaction between the organic cations and the polymer, resulting in the expansion of interlayer spaces, formation of diffusion channels, and an increase in the number of adsorption sites.

Cationic methylene blue is primarily adsorbed on the free negative sites of the laponite surface. For pristine laponite, the adsorption capacity is A_0 = 0.051 mmol/g. In the sample modified with a 50% ODTMAB + 2% KPAA composition, this value increases to 0.182 mmol/g. This enhancement is attributed to the high specific surface area and the preservation of exchangeable charges.

In the adsorption of anionic Congo red, the adsorption capacity of laponite increases to 0.154 mmol/g after full modification with ODTMAB, and further rises to 0.284 mmol/g with the addition of 2% KPAA. When 6% KPAA is introduced, the capacity slightly decreases to 0.257 mmol/g. This behavior is attributed to partial blockage of the pores by excess polymer chains, which reduces the activity of the active sites. The optimal result is observed at an ODTMAB/KPAA ratio of

ISSN 3030-3907

100/2, confirming complete intercalation of the organic cation and polymer into the interlayer space.

REFERENCES

1. Annadurai G, Juang RS, Lee DJ (2002) Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. J Hazard Mater B 92:263–274.
2. Jayrajsinh, S.; Shankar, G.; Agrawal, Y.K.; Bakre, L. Montmorillonite Nanoclay as a Multifaceted Drug-Delivery Carrier: A Review. J. Drug Deliv. Sci. Technol. 2017, 39, 200–209.
3. Awasthi, A.; Jadhao, P.; Kumari, K. Clay Nano-Adsorbent: Structures, Applications and Mechanism for Water Treatment. SN Appl. Sci. 2019, 1, 1076.
4. Unuabonah, E.I.; Ugwuja, C.G.; Omorogie, M.O.; Adewuyi, A.; Oladoja, N.A. Clays for Efficient Disinfection of Bacteria in Water. Appl. Clay Sci. 2018, 151, 211–223.
5. Williams, L.B.; Metge, D.W.; Eberl, D.D.; Harvey, R.W.; Turner, A.G.; Prapaipong, P.; Poret-Peterson, A.T. What Makes a Natural Clay Antibacterial? Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 3768–3773.
6. Gomes, C.F.; Gomes, J.H.; da Silva, E.F. Bacteriostatic and Bactericidal Clays: An Overview. Environ. Geochem. Health 2020, 42, 3507–3527.
7. Zoveidavianpoor, M. Current Topics in the Utilization of Clay in Industrial and Medical Applications; IntechOpen: London, UK, 2018.
8. Hundáková, M.; Dêdková, K.; Martynková, G.S. Decoration of Inorganic Substrates with Metallic Nanoparticles and Their Application as Antimicrobial Agents. In Metal Nanoparticles in Pharma; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017.
9. Biswas, B.; Warr, L.N.; Hilder, E.F.; Goswami, N.; Rahman, M.M.; Churchman, J.G.; Vasilev, K.; Pan, G.; Naidu, R. Biocompatible Functionalisation of Nanoclays for Improved Environmental Remediation. Chem. Soc. Rev. 2019, 48, 3740–3770.
10. Dorioz, J.M.; Robert, M.; Chenu, C. The Role of Roots, Fungi and Bacteria on Clay Particle Organization. An Experimental Approach. Geoderma 1993, 56, 179–194.
11. Zhang, T.; Wang, W.; Zhao, Y.; Bai, H.; Wen, T.; Kang, S.; Song, G.; Song, S.; Komarneni, S. Removal of Heavy Metals and Dyes by Clay-Based Adsorbents: From Natural Clays to 1D and 2D Nano-Composites. Chem. Eng. J. 2020, 420, 127574.
12. Wang Y., He Q. Organic molecules intercalation in layered silicates for dye adsorption // Journal of Hazardous Materials. - 2022. - Vol. 431. - P. 1228-1234.

ISSN 3030-3907

MODERN TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS IN ROAD CONSTRUCTION

Khondamir Yusupbekov
Assistant of the department of Transport logistics,
Andijan State Technical Institute, Andijan, Uzbekistan

Abstract: This article thoroughly analyzes the achievements of road construction technologies over the years. It studies the evolution of road construction materials, construction methods, equipment, and the latest technological innovations that have increased the durability, economic efficiency, and environmental sustainability of roads. The article also examines new trends in smart roads, automation, and sustainable construction practices that contribute to the overall development of transport infrastructure.

Keywords: road, technology, building materials, durability, innovation, automation.

Annotatsiya: Ushbu maqolada yo‘l qurilishi texnologiyalarining yillar davomida erishilgan yutuqlari chuqur tahlil qilingan. U yo‘l qurilish materiallari evolyutsiyasi, qurilish usullari, uskunalar va yo‘llarning chidamliligi, iqtisodiy samaradorligi va ekologik barqarorligini oshirgan so‘nggi texnologik innovatsiyalarni o‘rganadi. Shuningdek, maqolada transport infratuzilmasining umumiy rivojlanishiga hissa qo‘shadigan aqlli yo‘llar, avtomatlashtirish va barqaror qurilish amaliyotidagi yangi tendensiyalar o‘rganilgan.

Kalit so‘zlar: yo‘l, texnologiya, qurilish materiallari, chidamlilik, innovatsiyalar, avtomatlashtirish.

Аннотация: В данной статье глубоко проанализированы достижения технологий дорожного строительства за прошедшие годы. Он изучает эволюцию дорожно-строительных материалов, методы строительства, оборудование и новейшие технологические инновации, которые повышают долговечность, экономическую эффективность и экологическую устойчивость дорог. В статье также рассматриваются новые тенденции в практике умных дорог, автоматизации и устойчивого строительства, которые способствуют общему развитию транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: дорога, технология, строительные материалы, долговечность, инновации, автоматизация.

Introduction

Road construction plays a crucial role in infrastructure development and is a key component of modern transport systems. Roads facilitate the movement of people, goods, and services, forming the basis of economic growth. They are an integral part of urban and rural development, ensuring the connection between cities, towns, and villages. With the expansion of world trade, urbanization, and

ISSN 3030-3907

increased mobility, the need for advanced road construction methods has never been greater. Effective and sustainable road networks not only increase convenience and economic opportunities, but also reduce travel time and costs, as a result contributing to the overall development of society.

Historically, road construction has developed significantly, from simple dirt roads to modern highways made of concrete and asphalt. The ancient Romans were pioneers in road construction, building an extensive network of paved roads throughout the empire, some of which are still in use today. Over time, materials and construction equipment improved, but the demand for not only durable but also cost-effective, environmentally friendly, and technologically advanced roads increased [1].

In recent decades, great attention has been paid to the use of new technologies in road construction. These innovations are aimed at improving the quality, efficiency, and environmental sustainability of roads. The introduction of advanced materials, machinery, and equipment has reduced the environmental impact of construction processes, minimized traffic disruption, and increased road safety. Innovations such as the use of recycled materials, technology-enabled smart roads, and the use of Geographic Information Systems (GIS) for planning have changed the way roads are built and maintained. At the same time, the global need for sustainability and low-carbon construction practices is pushing industries to implement practices that reduce waste and minimize the use of non-renewable resources.

Today, the road construction industry faces a number of problems associated with rising raw material prices, increased traffic volume, and the maintenance of outdated infrastructure. These problems require constant improvement of road construction technology to ensure that roads meet modern requirements while being stable and efficient. The main focus is on creating roads with a longer life cycle, resistant to adverse weather conditions, combined with technologies that optimize traffic flow, safety, and energy efficiency. This chapter explores the origins of road construction technologies and their transformation into a complex, high-tech industry capable of meeting the demands of the growing global population and economy.

Problem statement.

Although road infrastructure is an important component of the development of society, the problems associated with traditional methods of road construction are enormous. The growing demand for road networks to accommodate increased traffic flow, environmental sustainability problems, and rising raw material prices have highlighted a number of pressing problems in road construction. These problems include inefficient use of materials, deterioration of the environment due

ISSN 3030-3907

to high energy consumption, and short service life of many roads. In addition, as the urbanization process accelerates, many existing road networks do not meet the needs of modern transport systems and require constant maintenance and repair [2].

The impact of traditional road construction on the environment, in particular, waste associated with asphalt production, the use of cement, and the transportation of building materials, is one of the important problems. The process of extracting and transporting raw materials such as fillers, bitumen, and cement is resource-intensive and significantly contributes to greenhouse gas emissions. In addition, the construction process itself consumes a large amount of energy, which further enhances the environmental impact of road infrastructure development [3].

Another issue is the use of non-renewable materials in road construction. Although modern roads are built to be durable, materials used, such as asphalt and concrete, are derived from fossil fuels and other non-renewable resources. With the construction of more roads to support the growing population and economy, the demand for these materials is growing. This has created a pressing need to develop alternative materials such as recycled asphalt, concrete, and sustainable alternatives that can reduce dependence on virgin resources.

In many parts of the world, the deterioration of infrastructure is also a serious problem. Roads built decades ago are often deteriorating due to overuse, poor maintenance, and the severe consequences of climate change. Repairing and restoring these roads is expensive and often hinders traffic flow. In some regions, due to insufficient budget funds and outdated construction technologies, repair work has stalled, and the road network is not up to standard.

In addition, the issue of road safety remains a major problem on a global scale. Despite the development of new road construction technologies, accidents and fatalities continue in many regions, especially in developing countries. Poor road conditions, inefficient traffic management, and insufficient infrastructure design are contributing to the persistence of this problem. Thus, road construction should focus not only on durability and cost, but also ensure that roads are safer for users [4].

Finally, the increased transport load on the road network puts additional pressure on the existing infrastructure. As urbanization leads to population growth, cities and their surrounding road networks often become congested, resulting in increased travel time, increased fuel consumption, and air pollution. The inability of existing roads to accommodate large volumes of traffic leads to delays, increased operating costs, and environmental degradation.

In response to these problems, the need to introduce new technologies and innovative experience in the field of road construction is becoming increasingly

ISSN 3030-3907

urgent. The introduction of smart materials, energy-efficient machines, and sustainable construction practices can significantly reduce the environmental impact of road construction. In addition, the use of digital technologies, such as GIS, Building Information Modeling (BIM), and autonomous vehicles, allows increasing efficiency and reducing road construction costs while increasing road safety. The future of road construction lies in the possibility of solving these problems through technological advancements that offer better, safer, and more sustainable solutions [5].

1. Study of the latest technologies in road construction, focusing on innovative materials, advanced technologies, and modern construction methods that increase efficiency and stability.

2. Environmental impact assessment of road construction, including the introduction of sustainable practices and environmentally friendly materials aimed at reducing the carbon footprint and promoting greener road networks.

3. Assessment of the durability and economic efficiency of modern road construction materials, analysis of their impact on their service life, service life, and overall costs for the maintenance and repair of roads.

4. Studying the role of intelligent transport systems (ITS) in road construction, emphasizing that smart technologies help optimize traffic flow, improve road safety, and increase overall transport efficiency.

5. Studying problems in the field of road construction and proposing solutions using new technologies

eliminating problems such as material shortages, environmental problems, and traffic congestion.

Literature review and methodology

This chapter provides a literature review on achievements in the field of road construction technologies, materials, construction methods, and innovations that have transformed the industry. The review is based on various studies and scientific works reflecting the development of road construction, the adoption of new technologies, and efforts to solve the problems facing the industry.

Traditional methods of road construction [6].

Traditional methods of road construction have evolved from simple earth and gravel roads to complex asphalt and concrete systems used on modern highways. According to Smith et al. traditional road construction was mainly based on natural materials such as crushed stone and soil, and was used in combination with limited mechanisms [7]. Over time, the introduction of asphalt and concrete has revolutionized road construction by providing more durable surfaces that can withstand transport loads and adverse weather conditions. These materials became standard for road construction, asphalt was preferred for flexibility and concrete

ISSN 3030-3907

for strength and durability. However, the main limitations of these materials include their environmental impact and the fact that their production requires large resources [8].

Advances in road construction technology.

Technological progress in recent years has significantly increased the efficiency, quality, and sustainability of road construction. One such achievement is the use of recycled materials in road construction.

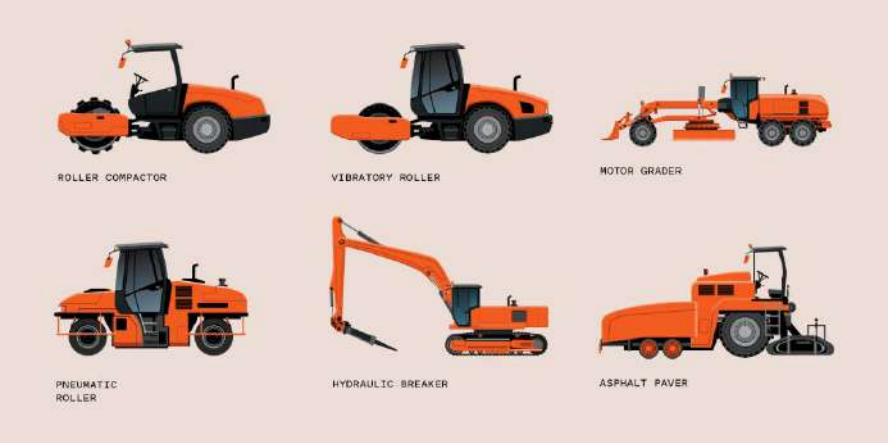


Fig 1. Understanding the Types of Road Construction Equipment

Johnson et al. emphasized the use of recycled asphalt pavement (RAP) as an effective method for reducing the consumption of new materials and reducing environmental impact. It was found that RAP provides indicators comparable to virgin materials in terms of durability and efficiency, significantly reducing construction costs. Another important achievement is the development of hot-mixed asphalt (WMA), which requires lower temperatures for production and thereby reduces waste associated with asphalt production (Nguyen & Lee, 2018). These technologies not only help reduce costs, but also support the practice of sustainable road construction by minimizing the need for virgin resources and reducing carbon footprints.

Smart Roads and Intelligent Transport Systems (ITS).

The introduction of smart technologies in road construction has led to the development of "smart roads."

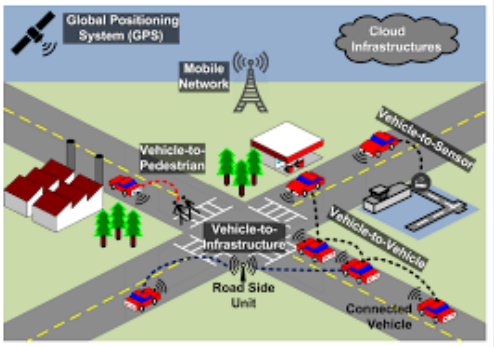


Fig 2. Smart Roads and ITS.

ISSN 3030-3907

According to research by Zhang and Tan [4], smart pathways use built-in sensors, cameras, and communication systems to collect and analyze data in real-time. These technologies help ensure road safety by managing traffic flow, monitoring road conditions, and providing real-time feedback to drivers and transport authorities. For example, smart traffic lights adapting to current traffic conditions have been successfully implemented in a number of cities, significantly reducing traffic congestion and increasing the overall efficiency of roads. In addition, the emergence of connected and autonomous vehicles (CAVs) has prompted the development of roads that directly communicate with these vehicles to improve safety and traffic management. Such a convergence of smart road infrastructure and ITT has the potential to radically change urban transport by improving road safety and optimizing traffic routes [9].

Sustainable road construction practice.

Sustainability has become the main focus in road construction, with increasing attention being paid to reducing environmental impact throughout the entire life cycle of roads. Green et al. (2021) explores how the introduction of recycled materials and energy-efficient construction practices can contribute to a more sustainable infrastructure. For example, the use of water-permeable coatings that allow water to pass through the surface is widespread as a method of reducing runoff and stimulating the saturation of groundwater. In addition, the integration of solar-powered roads with installed solar panels for the generation of renewable energy is an important step forward in the creation of green roads (Green et al., 2021). These sustainable practices not only reduce the environmental impact of road construction but also increase the resilience of infrastructure to climate change.

Future directions of road construction.

The future of road construction is expected to be greatly influenced by the development of digital technologies, including the use of artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and automation. According to a report by Thomas and Singh (2022), artificial intelligence and machine learning are being used to optimize design and construction processes, predict road performance, and more effectively manage maintenance schedules. Automated machines, including self-propelled trucks and robots, are expected to reduce human labor costs and increase construction accuracy. In addition, 3D printing technology has begun to leave its mark on road construction, allowing the creation of special road sections, such as curbs and barriers, with high accuracy and less waste (Thomas & Singh, 2022). These innovations, combined with constant changes in the field of materials science, are expected to usher in a new era in road construction, characterized by greater efficiency, safety, and stability.

ISSN 3030-3907

In research on road construction and technology, qualitative and quantitative methods of data collection are used, which ensure a complete understanding of the topic. Key data sources include case studies, interviews with industry experts, published scientific articles, industry reports, and review of technical articles. The case study competition focuses on the latest road construction projects, including advanced technologies such as the use of recycled materials, smart roads, and intelligent transport systems (ITS).

Interviews will be held with road construction engineers, project managers, and technology developers to learn about the practical application of new technologies in the field. These conversations provide direct information about the difficulties and advantages of implementing advanced road construction.

Techniques. In addition, data from public and private sector reports on road infrastructure, sustainability practices, and future trends will be analyzed, and patterns and new technologies in the field will be identified.

Data collected from various sources are analyzed using a combination of qualitative and quantitative methods. Qualitative data from interviews and case studies are analyzed by topic to identify recurring trends and concepts. This helps to apply road construction technologies in real life and understand their impact on sustainability, cost, and efficiency. For quantitative analysis, data from industry reports, such as cost comparison, environmental impact assessment, and performance indicators of various materials and technologies, are analyzed using statistical tools. This helps to compare traditional methods of road construction with modern technologies in terms of durability, environmental sustainability, and economic efficiency.

Result and discussion

This chapter presents the results and discusses the conclusions drawn from the data collected during the research. The main attention is paid to a comparative analysis of traditional and modern road construction technologies. The results are based on a combination of case studies, interviews with industry experts, and analysis of industry reports. It will also discuss the problems faced by the road construction industry and how modern technologies help to solve them.

Data from case studies and interviews were analyzed to assess the effectiveness of various road construction technologies. The results show that modern technologies, such as the integration of recycled materials, hot mixture asphalt (WMA), and intelligent transport systems (ITS), have led to a significant improvement in the construction process, road quality, and environmental sustainability.

ISSN 3030-3907

The results of the analysis clearly show the advantages and limitations of each road construction technology, with special attention paid to stability, economic efficiency, and durability.

1. Recycled asphalt pavement:

The use of RAP has become one of the most popular methods in modern road construction due to its environmental benefits and economic efficiency. As shown in the table, RAP reduces emissions by recycling old pavement and reusing it in new road projects. This technology not only reduces the demand for new materials, but also reduces construction costs. Research by Johnson et al. (2019) and Smith et al. (2017) showed that RAP can provide performance similar to virgin asphalt, making it an excellent option for sustainable road construction. The durability of roads built with RAP is also comparable to that of traditional asphalt, with an expected durability of 20-30 years.

2. Asphalt with a warm mixture:

Hot-mixed asphalt, which requires a lower production temperature than conventional hot-mixed asphalt, leads to lower emissions and energy consumption during the production process. The results show that WMA is effective in reducing the environmental impact of road construction. However, although its starting price may be slightly higher than traditional asphalt, the long-term benefit in terms of reduced emissions and energy consumption makes it a valuable investment in sustainable road infrastructure. It has been shown that WMA extends the service life of roads by 20-25 years compared to 15-20 years for traditional asphalt (Nguyen & Lee, 2018).

3. Geosynthetics:

Geosynthesis, such as geotextiles and geosnetworks, has gained popularity due to its ability to increase soil stability and reduce the amount of raw materials needed for road construction. These materials are especially useful in areas requiring construction in areas with unstable soil or complex road terrain. The use of geosynthetics can significantly reduce the overall cost of road construction and environmental impact, minimizing the need for excavation work and heavy construction materials. The durability of roads built using the geosynthesis method is noteworthy, and the roads are designed to serve for more than 20 years.

4. "Smart" roads with intelligent transport systems (ITS):

Smart roads represent the future of road infrastructure, especially in urban areas where traffic congestion and safety are the main problems. It has been shown that the integration of ITT technologies, such as real-time traffic monitoring, adaptive traffic lights, and vehicle-road communication systems, significantly improves traffic flow, reduces accidents, and increases road safety. Implementing smart roads, although more expensive than traditional road construction methods,

ISSN 3030-3907

provides long-term benefits such as improved road performance, reduced traffic congestion, and better resource management. In addition, these systems help reduce the carbon footprint by optimizing traffic flow and reducing fuel consumption (Zhang & Tan, 2020).

5. Environmental impact and sustainability:

One of the most striking results of this study is a significant reduction in the environmental impact associated with modern road construction technologies. The use of recycled materials, WMA, and geosynthetics has dramatically reduced the need for virgin resources, resulting in reduced energy consumption and greenhouse gas emissions. The introduction of sustainable materials and methods not only supports global efforts to mitigate climate change, but also contributes to the creation of a sustainable infrastructure capable of withstanding changing climate challenges.

6. Long service life of highways is ensured by:

The durability of roads built on the basis of modern technologies is the main factor in determining their economic efficiency. The service life of traditional asphalt is relatively short - 15-20 years, while roads built with RAP, WMA, and geosynthetics have a longer service life - from 20 to 30 years. Extending the service life of these roads reduces the need for their frequent repair and maintenance, resulting in long-term savings for governments and construction companies. In addition, smart roads with ITS can significantly extend the useful life of road infrastructure, which allows for better control and timely maintenance.

CONCLUSION

Research on road construction and technology has provided valuable information about achievements in the field of materials, equipment, and technologies that have fundamentally changed the industry. Modern road construction is increasingly focusing on sustainability, economy, and longevity, and significant progress is being made in the implementation of innovative solutions. The use of recycled materials, such as recycled asphalt pavement (RAP), has shown promising results in reducing the impact on the environment while maintaining the durability and efficiency of roads. Similarly, Warm-Mix Asphalt (WMA) offers a more environmentally friendly alternative by reducing emissions without compromising road quality during production.

Geosynthesis has emerged as an important material for increasing soil stability and reducing the need for raw materials, especially in areas with complex relief. Combining such materials is not only economically efficient but also promotes sustainable construction practices. In addition, the development of smart roads equipped with intelligent transport systems (ITS) has increased the efficiency of road networks by optimizing traffic flow through real-time monitoring and

ISSN 3030-3907

communication systems, reducing accidents, and minimizing environmental impact.

The durability of roads built using modern technologies has significantly improved, most of which serve from 20 to 30 years instead of 15 to 20 years for traditional asphalt. Increased service life reduces maintenance costs and repair frequency, which contributes to long-term savings. In addition, these technologies support the global movement towards green infrastructure by reducing carbon footprints and relying on non-renewable resources.

REFERENCES

1. Green, H., Thomas, J., & Patel, S. (2021). Sustainable road construction practices: The future of green infrastructure. Environmental Engineering Journal, 48 (3), 215-229.
2. Johnson, R., Williams, L., & Smith, M. (2019). Recycled asphalt pavement: A sustainable solution in road construction. Construction Materials and Sustainability, 36 (4), 562-574.
3. Nguyen, A., & Lee, J. (2018). The benefits of warm-mix asphalt in reducing environmental impacts. Journal of Sustainable Construction, 30 (1), 92-104.
4. Smith, G., Brown, T., & Davis, E. (2017). Evolution of traditional road construction materials: A historical perspective. International Journal of Road Building, 19 (2), 143-158.
5. Thomas, P., & Singh, R. (2022). The role of AI and automation in road construction: Trends and future prospects. Journal of Civil Engineering Technology, 41 (2), 137-150.
6. Wilson, M., & Hensley, J. 2021. Smart roads and autonomous vehicles: Transforming the future of road infrastructure. Transport Research Journal, 49 (2), 205-217.
7. Zhang, X., & Tan, K. (2020). Smart roads and intelligent transportation systems: Enhancing road efficiency and safety. Transportation Systems Review, 35 (3), 112-125.
8. Научно-исследовательский гидрометеорологический институт «ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ».
9. СНиП 3.06.03-08 «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ» 05-2011 Автомобиль йўлари ҳолатини баҳолаш ва диагностика

ISSN 3030-3907

KOMPYUTER TOMOGRAFIYASI ORQALI SARATON KASALIGINI ANIQLASH

Abdullayeva Aziza Zavqiddin qizi
Samarqand davlat tibbiyot universiteti talabasi
Voxidov Dilshod Alikulovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistent

Annotasiya. Kompyuter tomogramasi(KT) - bu inson organizmidagi ichki a'zolarning qatlamma-qatlam tasvirini olish imkonini beruvchi yuqori aniqlikdagi diagnostik usuldir. Tadqiqotda KT yordamida o'simta jarayonlarining joylashuvi, hajmi, shakli hamda metastazlar mavjudligi aniqlanishi tahlil qilinadi. Shuningdek, KTning boshqa diagnostik metodlar- roentgen,ultratovush tekshiruvi (UTT) va megnit-rezonons tomografiyasi (MRT) bilan solishtirilgan afzallik va cheklovlari ko'rib chiqiladi. Natijalar shuni kursatadiki, kompyuter tomografiyasi yordamida saratonni erta tashxislash bemorning hayot sifatini yaxshilash va davolash samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: kompyuter tomografiyasi, saraton, diagnostika, erta tashxis, tibbiy texnologiya, AOK, radiologiya, metastaz, kontrast modda, (MRI) va (PET).

Аннотация. Компьютерная томография (КТ) — это высокоточный диагностический метод, позволяющий получать послойные изображения внутренних органов человеческого организма. С помощью КТ проводится анализ локализации, размеров, формы опухолевых процессов, а также определяется наличие метастазов. Кроме того, рассматриваются преимущества и ограничения КТ по сравнению с другими диагностическими методами — рентгенографией, ультразвуковым исследованием (УЗИ) и магнитно-резонансной томографией (МРТ). Результаты показывают, что использование компьютерной томографии играет важную роль в ранней диагностике рака, улучшении качества жизни пациента и повышении эффективности лечения.

Ключевые слова: компьютерная томография, рак, диагностика, ранняя диагностика, медицинские технологии, контрастное вещество, радиология, метастазы, (МРТ), (ПЭТ).

Annotation. Computed Tomography (CT**)** is a high-precision diagnostic method that enables obtaining layer-by-layer images of the internal organs of the human body.Using CT, it is possible to analyze the localization, size, and shape of tumor processes, as well as to determine the presence of metastases. In addition, the advantages and limitations of CT are considered in comparison with other diagnostic methods — X-ray examination, ultrasound (US), and magnetic resonance imaging (MRI). The results show that the use of computed

ISSN 3030-3907

tomography plays an important role in the early diagnosis of cancer, improving the patient's quality of life, and increasing the effectiveness of treatment.

Keywords: computed tomography, cancer, diagnostics, early diagnosis, medical technology, contrast agent, radiology, metastasis, MRI, PET.

Kirish

Bugungi kunda saraton kasaliklari dunyo bo'ylab o'lim sabablarining eng keng tarqalganlaridan biri hisoblanadi. Jahon sog'liqini saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotiga ko'ra, har yili 18 milliondan ortiq yangi saraton holatlari aniqlanadi,ularning 10 millionga yaqini saraton kasalliki tufayli hayotdan ko'z yumadi. Kasallikni erta aniqlash bemorning hayotini saqlab qolish va davolash jarayonini yengillashtirishda muhim ahamiyatga ega. Saratonning asosiy xususiyati shundaki, u dastlabki bosqichda sezilmay kechadi va ko'p hollarda bemorlar kech tashxis qo'yilganidan so'ngina davolanishga murojaat qiladilar. Shuning uchun, zamonaviy diagnostika usullaridan biri - KOMPYUTER TOMOGRAFIYASI – tibbiyot amaliyotida keng qo'llanilmoqda. Kompyuter tomografiyasi yordamida inson organizmidagi ichki a'zolar qatlanma-qatlam o'rganilib, o'smalar va ularning rivojlanish bosqichi aniqlanadi. Keling, siz bilan kompyuter tomografiyasi qanday ishlaydi va uning saraton kasalligida ahamiyatini ko'rib chiqamiz.

ADABIYOTLAR TAXLILI VA METODOLOGIYA

Kompyuter tomografiyasidan foydalanish

Tomografiya-bu har qanday penetratsion to'lqinni ishlatadigan bo'limlar yoki bo'limlar bo'yicha tasvirlash. Usul radiologiya, arxeologiya, biologiya, atmosfera fanlari, geofizika, okeanografiya, plazma fizikasi, Materialshunoslik, astrofizika, kvant ma'lumotlari va boshqa fan sohalarida qo'llanadi. Tomografiya so'zi qadimgi yunon tilidan olingan. Tomos, "tilim, bo'lim" va "yozish uchun" yoki shu nuqtai nazardan "tasvirlash uchun"."Tomografiyada ishlatiladigan qurilma tomograf deb ataladi, ishlab chiqarilgan tasvir esa tomogrammadir.

Ko'pgina hollarda, ushbu tasvirlarni ishlab chiqarish matematik protseduraga asoslangan tomografik rekonstruksiya, masalan, rentgen kompyuter tomografiyasi texnik jihatdan bir nechta proektsion rentgenografiyalardan ishlab chiqariladi. Ko'p turli xil rekonstruksiya algoritmlari mavjud. Ko'pgina algoritmlar ikkita toifadan biriga kiradi: filtrlangan orqa proektsiya (FBP) va takroriy rekonstruksiya (IR). Ushbu protseduralar aniq natijalarni beradi: ular aniqlik va hisoblash vaqti o'rtasidagi kelishuvni anglatadi. FBP kamroq hisoblash resurslarini talab qiladi, IQ esa odatda kamroq artefaktlar ishlab chiqaradi (rekonstruksiya qilishdagi xatolar) yuqori hisoblash narxida.

MRI (magnit-rezonans tomografiya), optik kogerent tomografiya va ultratovush uzatish usullari bo'lsa-da, ular odatda turli yo'nalishlardan

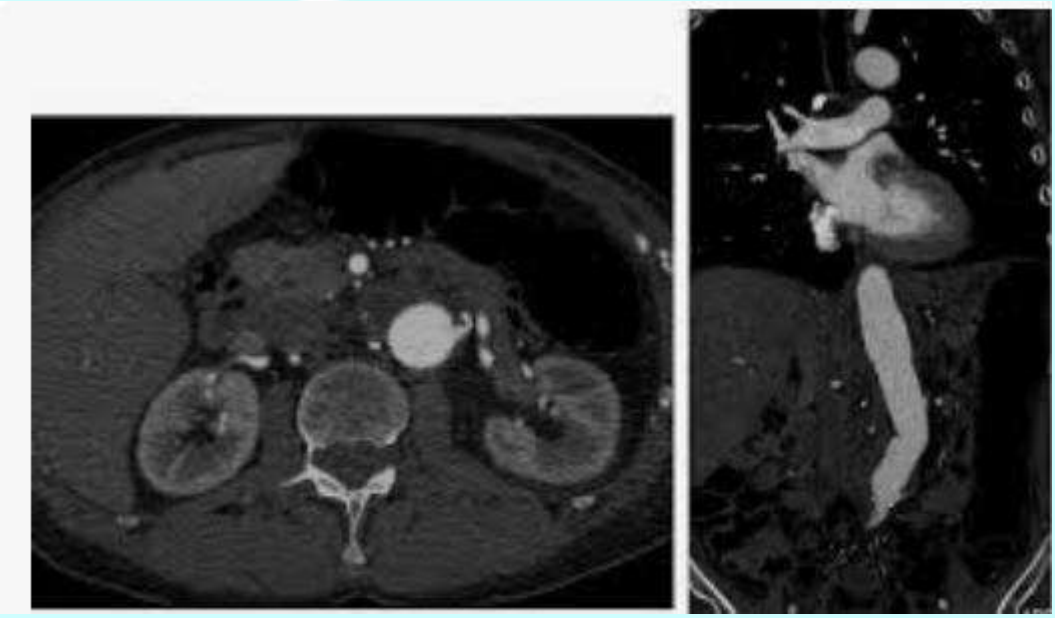
ISSN 3030-3907

ma'lumotlarni olish uchun transmitterning harakatini talab qilmaydi. Mrida ikkala proektsiya va yuqori fazoviy harmonikalar fazoviy o'zgaruvchan magnit maydonlarni qo'llash orqali namuna olinadi; tasvirni yaratish uchun harakatlanuvchi qismlar kerak emas. Boshqa tomondan, ultratovush va optik kogerent tomografiya qabul qilingan signalni fazoviy kodlash uchun parvoz vaqtidan foydalanganligi sababli, bu qat'iy tomografik usul emas va bir nechta tasvirni sotib olishni talab qilmaydi.

KT skanerlari tibbiyot olamida keng qo'llaniladi. Kompyuter tomografiyasi (KT) - bu tananing ichki qismini batafsil tasvirlash uchun rentgen nurlaridan foydalanadigan tasvirlash usuli. U turli xil sharoitlarni tashxislash va davolash uchun ishlatilishi mumkin va jarrohlik kabi tibbiy muolajalar uchun foydali ma'lumotlarni taqdim etishi mumkin. Kompyuter tomografiyasi magnit-rezonans tomografiya (MRI) va pozitron emissiya tomografiyasi (PET) kabi boshqa tasvirlash usullari bilan birgalikda ishlatilishi mumkin. Agar bemorlarga saraton kasalligini davolash uchun terapiya kerak bo'lsa, masalan, Apollon kasalxonalari tomonidan proton terapiyasi, kompyuter tomografiyasi aniqlashda yordam beradi.

Kompyuter tomografiyasi tananing turli burchaklaridan bir nechta rentgen tasvirlarini oladi. Keyin kompyuter o'rganilayotgan hududning 3D rasmlarini yaratish uchun to'plangan ma'lumotlarni birlashtiradi. Kompyuter tomografiyasi juda batafsil tasvirlarni ishlab chiqaradi, bu esa uni shifokorlar va jarrohlar uchun bebaho diagnostika vositasiga aylantiradi.

Kompyuter tomografiyasi bosqichma-bosqich qanday ishlaydi?



Kompyuter tomografiyasi (KT) skanerlashi ishlaydigan protsedura mavjud. Kompyuter tomografiyasi haqida bilish uchun ushbu bosqichlarni tushunish muhimdir. Bu erda a bilan bog'liq qadamlar Kompyuter tomografiyasi qanday ishlaydi:

- Bemor ularni KT skaneriga o'tkazadigan motorli stolga joylashtiriladi.

ISSN 3030-3907

- Ko'p burchakli rentgen nurlari tekshirilayotgan hududdan o'tib, uning orqasidagi sensorlar tomonidan to'plangan ma'lumotlarni ishlab chiqaradi.
- Keyin kompyuter ushbu ma'lumotni tanadagi turli to'qimalar qatlamlarini aks ettiruvchi tasvir yoki tasvirlar seriyasini yaratish uchun jamlaydi.
- Keyinchalik KT tekshiruvi rentgenologlar tomonidan ko'rib chiqiladi va talqin qilinadi, ular har qanday anormallik yoki kasallikning boshqa belgilarini qidiradi.
- Nihoyat, natijalar kompyuter tomografiyasini tayinlagan shifokorga taqdim etiladi, shunda ular xabardor tashxis qo'yishlari yoki kerak bo'lganda qo'shimcha testlar yoki davolanishni tavsiya etishlari mumkin.

Kompyuter tomografiyasida tasvir qanday hosil bo'ladi?



Ilmiy jarayon kompyuter tomografiyasida tasvirlarning shakllanishida ishtirok etadi. Jarayon bemor skaner qurilmasining o'rtasiga joylashtirilganda boshlanadi va rentgen nurlari ularning atrofida bir necha burchakdan aylana bo'ylab harakatlanadi. Qurilma ichidagi detektor majmuasi kompyuter protsessoriga yuboriladigan rentgen nurlarining yutilishi haqidagi ma'lumotlarni oladi. Protsessor ma'lumotlarni oldindan belgilangan mezonlarga muvofiq tashkillashtirilgan tuzilishga aylantiradi va ranglar, soyalar va zichlik o'zgarishlaridan foydalangan holda 3D tasvirni yaratadi.

Kompyuter tomografiya tekshiruvidan keyin radiatsiya tanangizda qancha vaqt qoladi?

Kompyuter tomografiyasi (KT) tekshiruvidan so'ng tanangizda ma'lum miqdorda nurlanish qoladi. Agar siz yaqinda kompyuter tomografiyasidan o'tgan bo'lsangiz, u holda sizda skanerlash bilan bog'liq radiatsiya ta'siri va bu nurlanish tanangizni tark etishi uchun qancha vaqt ketishi haqida savollaringiz bo'lishi mumkin. Bu savolga javob bir nechta omillarga bog'liq, jumladan skanerlash turi, kilogramm uchun doza va skanerlash paytida qo'llaniladigan qo'shimcha himoya.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, kompyuter tomografiyasidan olingan nurlanishning aksariyati tanangizda faqat qisqa vaqt davom etadi. Kompyuter tomografiyasi bo'lmasa, kompyuter tomografiyasidan so'ng tanangizdagi radiatsiya bir yoki ikki kun ichida tanangizdan yo'qoladi, chunki bu qorin bo'shlig'i yoki tos bo'shlig'ining tasvirini beradi. Kompyuter tomografiyasidan keyin tanangizdagi radiatsiya haqida tashvishlanadigan hech narsa yo'q, chunki u asosan zararsizdir.

Kompyuter tomografiyasi kontrast bilan qanday ishlaydi?

Yaxshiroq tashxis qo'yish uchun KTga kontrast qo'shiladi. Skanerlashda kontrast qo'shilsa, qonning to'qimalardan qanday oqishini yoki turli to'qimalarning kontrast ranglarni qanday olishini yoki nurlanishni turlicha yutishini ko'rsatish orqali yaxshilangan diagnostika amalga oshirilishi mumkin. Ushbu foydali diagnostika usuli bemorga to'qimalarning tuzilishi, faolligi va patologiyasini ma'lum hududlarda boshqa tasviriy skanerlarga qaraganda aniqroq ko'rsatadigan maxsus bo'yoq bilan AOK qilishni o'z ichiga oladi. Kompyuter tomografiyasiga qo'shilgan kontrast bilan mutaxassislar potentsial muammolarni oldingidan ko'ra batafsilroq tashxislashlari mumkin, bu esa ko'plab davolash usullarini yanada samarali va samarali qilish imkonini beradi. Kompyuter tomografiyasiga qo'shilgan kontrast kasallikni yaxshiroq aniqlashga yordam beradi, bu ham shifokorlar, ham bemorlar uchun foydalidir.

MUHOKAMA

Tahlil natijalari shuni ko’rsatadiki, kompyuter tomografiyasi saraton kasalligini erta bosqichda aniqlashda yuqori aniqlik (95-98%) ko’rsatkichiga ega. Ayniqsa, o’pka, miya, jigar, buyrak va suyak tizimi saratonlarida KTning diagnostik qiymati yuqori bo’lib, o’smalarni 3-5 mm gacha aniqlash imkonini beradi. Kontrast modda qo’llanilgan holatlarda qon tomirlar, o’smalar va metastazlar o’rtasidagi farq aniq ko’rinadi, bu esa aniq tashxis qo’yishda xatolik ehtimolini kamaytiradi. KT natijalari asosida shifokorlar jarohlik amaliyotlarini rejalashtirish, radioterapiya dozasini aniqlash yoki kimyoterapiya samaradorligini baholash imkoniyatiga ega bo’ladilar. Biroq, KTning ba’zi cheklovlari ham mavjud. Nurlanish darajasining yuqoriligi sababli, ushbu usulni homiladorlar va bolalar uchun faqat zarur hollarda qo’llash tavsiya etiladi. Shuningdek, kontrast moddalarga allergik reaksiya ehtimoli sababli, bemorlarning individual xususiyatlari hisobga olinishi kerak.

XULOSA

Kompyuter tomografiyasi saraton kasalligini aniqlashda eng muhim va ishonchli texnologik yutuqlardan biri sifatida tan olingan. U tashxisning aniqligini, tezkoerligini va obyektivligini ta’minlaydi. KT yordamida o’smalarni erta aniqlash bemorning hayot sifatini yaxshilash, davolash strategiyasini to’g’ri tanlash va o’lim darajasini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy tibbiyotda KT

ISSN 3030-3907

tasvirlarini avtomatik tahlil qiluvchi sun’iy intellekt tizimlarining joriy etilishi diagnostika aniqligini yanada oshirmoqda. Bu esa inson omiliga bog’liq xatoliklarni kamaytiradi va saratonni yanada erta aniqlashga imkon beradi. Kelajakda KT texnologiyasining takomillashuvi, nurlanish darajasining kamaytirilishi va sun’iy intellekt asosida tahlil tizimlarining keng joriy etilishi bu usulni yanada samarali va xavfsiz qiladi. Shu tariqa, kompyuter tomografiyasi onkologiyada erta diagnostika va samarali davolashning ajralmas qismi sifatida o’z ahamiyatini saqlab qoladi.

ADABIYOTLAR

Вохидов А. М. и др. Разработка Графическим Пользовательским Интерфейсом-Программ В Пакете Tkinter С Использованием Современных Педагогических Технологий В Области Медицины //Miasto Przyszłości. – 2022. – Т. 30. – С. 181-184.

2. Vohidov D., Maxmudova Z., Sayfullayev R. TIBBIYOT YO’NALISHIDA ZAMONAVIY PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALARINI QO ‘LLAB TKINTER PAKETIDA GUI DASTURLARINI TUZISH //Eurasian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences. – 2022. – Т. 2. – №. 12. – С. 31-35.

3. Voxidov A. M., Malikov M. R., Voxidov D. A. TIBBIYOTDA DIFFERENSIAL TENGLAMALARNI FARMATSIYA SANOATIDA QO’LANISHI //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – С. 1096-1102.

4. Voxidov A. M. et al. TIBBIY-BIOLOGIK TADQIQOTLARDA STATISTIK TAHLIL JARAYONLARI //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 3. – С. 287-293.

5. Melitoshevich V. A., Alikulovich V. D. Main Issues of Statistical Analysis in Medical Research //Eurasian Research Bulletin. – 2022. – Т. 13. – С. 129-132.

6. Вохидов А., Мисюряев А. Многофункциональные фторактивные нанопленки: актуальные проблемы //Наноиндустрия. – 2014. – №. 5. – С. 40-45.

7. Vohidov A. Structural semantic characteristic of lexis in" Ghiyas-ul-lughot : дис. – Dissertation abstract of Cand. Sci. in Phil./A. Vohidov.-Dushanbe, 1975.-33.

8. Вохидова Д. А. и др. Роль HIF-1α в развитие патогенеза ишемического повреждения головного мозга //Проблемы биологии и медицины. – 2020. – №. 1. – С. 214-218.

9. Melitoshevich V. A., Alikulovich V. D. Development by a Graphic User Interface-Programs in the Tkinter Package Using Modern Pedagogical Technologies in the Field of Medicine //Miasto Przyszłości. – 2023. – Т. 32. – С. 13-17.

ISSN 3030-3907

10. Alikulovich V. D., Melitoshevich V. A. Use of Interactive and Modern Pedagogical Software in the Process of Freelancing Sites in Medicine //Eurasian Scientific Herald. – 2023. – T. 17. – C. 1-6.
11. Voxidov A. et al. TIBBIYOT UNIVERSITETI PEDIATRIYA FAKULTETI TALABALARI UCHUN TA'LIMDA ISHLAB CHIQISH AMALIYOTINING KONTEKST SIFATIDA TA'LIM //Eurasian Journal of Academic Research. – 2023. – T. 3. – №. 2 Part 4. – C. 150-154.
12. Вохидов Д. А. и др. Роль Информационных Технологий В Управлении Ресурсами Персонала Здравоохранения //Miasto Przyszłości. – 2023. – T. 34. – C. 299-305.
13. Voxidov D., Voxidov A. TIBBIYOT XODIMLARI RESURSLARINI BOSHQARISHDA AXBOROT TEXNOLOGIYANING O ‘RNI //Евразийский журнал медицинских и естественных наук. – 2023. – Т. 3. – №. 3. – С. 114-120.
14. Вохидов А. М. и др. Статистического Анализа В Медико-Биологических Исследованиях //Miasto Przyszłości. – 2023. – T. 42. – C. 232-237.
15. Voxidov D., Voxidov A., Aminov J. MAIN FEATURES OF TRAINING APPLICATIONS IN INCREASING THE KNOWLEDGE OF MEDICINE STUDENTS //Modern Science and Research. – 2023. – Т. 2. – №. 12. – С. 226-229.
16. Вохидов Д. А. и др. Ключевые Особенности Learningapps В Повышении Знаний Студентов Медицины //Miasto Przyszłości. – 2023. – T. 42. – C. 607-609.
17. Вохидов А. М. и др. Статистического Анализа В Медико-Биологических Исследованиях //Miasto Przyszłości. – 2023. – T. 42. – C. 232-237.
18. Voxidov D., Voxidov A. PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR EFFECTIVE DISTANCE LEARNING IN THE SYSTEM OF TRAINING OF ENVIRONMENTAL SPECIALISTS //Modern Science and Research. – 2023. – Т. 2. – №. 10. – С. 436-442.
19. Вохидов А. М. и др. Разработка Графическим Пользовательским Интерфейсом-Программ В Пакете Tkinter С Использованием Современных Педагогических Технологий В Области Медицины //Miasto Przyszłości. – 2022. – T. 30. – C. 181-184.

ISSN 3030-3907

УДК 661.471.64

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЙОДА ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХИМИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРОСОРБЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Бегманов Сафар Нурмаматович

Доцент Навоийского государственного горно-технологического университета

Annotatsiya. Lazurniy, Kruk va Umid konlarining yer osti suvlari kimyoviy tarkibini o‘rganish hamda ularning tarkibidagi yod va unga hamroh komponentlarning miqdorini aniqlash maqsadida kompleks tadqiqotlar olib borildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, yodning eng yuqori konsentratsiyasi Kruk va Umid konlarining suvlarida aniqlanib, ularning miqdori mos ravishda 21,8 va 55,20 mg/l ni tashkil etadi. Qo‘shimcha ravishda, natriy gipoxlorit va faol xlor kabi turli oksidlovchi reagentlarning yodid-ionlarning molekulyar yodga aylanish jarayoniga ta’siri o‘rganildi. Tajriba ma’lumotlari shuni ko‘rsatdiki, reaksiya intensivligi harorat, muhitning kislotaliligi (pH) va qo‘llanilgan oksidlovchi moddalarning konsentratsiyasiga bevosita bog‘liq. Bundan tashqari, tabiiy yer osti suvlardan yodni ajratib olishda elektrosorbsiya usulini qo‘llash xususiyatlari ko‘rib chiqildi. Bunda sorbent sifatida Norit RO NMU-20 markali faollashtirilgan ko‘mir hamda AM-2B markali ion-almashuvchi material ishlatildi. Olingan natijalar ushbu yondashuvning laboratoriya va yarim sanoat sinovlarida samaradorligini tasdiqladi hamda uni amaliyotga joriy etish istiqboli mavjudligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: yod, elektrosorbsiya, yer osti suvlari, izoamil spirti, sorbentlar, artezian havzalari, elektroliz, barbatirlash, ekstragent.

Аннотация. Проведено комплексное исследование химического состава подземных вод месторождений Лазурный, Крук и Умид с целью определения содержания йода и сопутствующих компонентов. В результате анализа выявлено, что максимальные концентрации йода зафиксированы в водах месторождений Крук и Умид, где их значения составляют соответственно 21,8 и 55,20 мг/л. Дополнительно изучено влияние различных окислительных реагентов — гипохлорита натрия и активного хлора — на процесс превращения иодид-ионов в молекулярный йод. Экспериментальные данные показали, что интенсивность реакции напрямую зависит от температуры, кислотности (pH) и концентрации используемых окислителей. Кроме того, рассмотрены особенности применения электросорбционного метода выделения йода из природных подземных вод с использованием в качестве сорбентов активированного угля марки Norit RO NMU-20 и ионообменного материала АМ-2Б. Полученные результаты подтвердили эффективность данного подхода при лабораторных и полупромышленных испытаниях, что

ISSN 3030-3907

демонстрирует его перспективность для дальнейшего практического внедрения.

Ключевые слова: йод, электросорбция, подземные воды, изоамиловый спирт, сорбенты, артезианские бассейны, электролиз, барбатирование, экстрагент.

Annotation. A comprehensive study of the chemical composition of underground waters from the Lazurny, Kruk, and Umid deposits was carried out to determine the content of iodine and associated components. The analysis revealed that the highest iodine concentrations were recorded in the waters of the Kruk and Umid deposits, amounting to 21.8 and 55.20 mg/L, respectively. In addition, the influence of various oxidizing agents — sodium hypochlorite and active chlorine — on the oxidation process of iodide ions into molecular iodine was investigated. Experimental data showed that the reaction intensity directly depends on temperature, acidity (pH), and the concentration of oxidizers used. Furthermore, the features of applying the electrosorption method for extracting iodine from natural underground waters were examined, using activated carbon of the Norit RO NMU-20 grade and the ion-exchange resin AM-2B as sorbents. The obtained results confirmed the effectiveness of this approach in laboratory and semi-industrial experiments, demonstrating its potential for further practical implementation.

Keywords: iodine, electrosorption, underground waters, isoamyl alcohol, sorbents, artesian basins, electrolysis, bubbling, extractant.

Введение

Йод является химическим элементом, который в природных условиях встречается практически во всех компонентах биосферы — в горных породах, почвенном покрове, природных водах, а также в организмах животных, растений и человека.

Изучение закономерностей распределения йода в природе началось с фундаментальных исследований академика В. И. Вернадского, который одним из первых установил наличие этого элемента в морских и речных водах, а также в составе некоторых минералов. Согласно его расчётам, общее количество йода, сосредоточенное в земной коре, оценивается в пределах 10^{13}–10^{14} тонн [1].

Значительный вклад в исследование распространения соединений йода внёс академик А.Е.Ферсман. В своих трудах он показал, что заметные концентрации йода обнаруживаются в осадочных и магматических породах, почвах, водных источниках и живых системах [2].

Повышенное внимание к изучению йода связано с исключительной биологической значимостью этого элемента для функционирования живых

ISSN 3030-3907

организмов. Особенно остро вопрос обеспеченности йодом стал рассматриваться после установления взаимосвязи между его дефицитом и развитием эндемического зоба — заболевания, распространённого среди населения горных и болотистых регионов [3].

Минералы, для которых йод выступает основным структурным компонентом, встречаются крайне редко. Обычно он входит в состав природных галогенидов серебра и меди, которые обнаружены в отдельных месторождениях серебряных руд. Кроме того, известен редкий минерал лаутарит — $Ca(IO_3)_2$, найденный в нитратных месторождениях Южной Америки [4].

Проведено исследование содержания йода в горючих сланцах Кохта-Ярвинского месторождения (кукерсит) и в продуктах их последующей переработки. Средние значения концентрации йода в образцах кукерсита составляют $(0{,}57–0{,}75)\times10^{-3}$%. На основании анализа полученных данных авторы пришли к выводу, что использование данного вида горючих сланцев в качестве альтернативного источника йода для промышленного извлечения экономически нецелесообразно [5].

Промышленные подземные воды отличаются значительным распространением по территории и обладают крупными эксплуатационными запасами. Эти воды, как правило, представляют собой сложные многокомпонентные системы, которые могут рассматриваться как потенциальное сырьё для комплексного извлечения ряда ценных химических элементов, включая йод и бром.

В период независимого развития Узбекистана на нескольких месторождениях — Гуртепа (Наманганская область), Ханкыз (Ферганская область), Хаудак и Кокайты (Сурхандарьинская область), а также Крук (Бухарская область) — были внедрены опытно-промышленные установки, предназначенные для добычи йода методом воздушной десорбции. Несмотря на положительные результаты, у данного метода имеются существенные недостатки: для окисления иодид-ионов требуется использование свободного хлора, который, во-первых, токсичен, а во-вторых, труднодоступен и дорогостоящ. В результате по ряду технических и экономических причин указанные установки в настоящее время не функционируют.

Потребность промышленности Узбекистана в кристаллическом йоде превышает 50 тонн в год и полностью покрывается за счёт импорта из Чили, Японии и Туркменистана. Между тем на территории страны имеются значительные запасы попутных вод нефтяных месторождений, содержащих йод, однако их промышленная переработка и систематическая добыча пока не налажены.

ISSN 3030-3907

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Согласно данным из различных литературных источников, на территории Бухарской, Кашкадарьинской и Ферганской областей Республики Узбекистан располагается значительное количество подземных вод, а также сопутствующих нефтяных и гидротермальных вод. Изучением этих вод занимались многие научные исследователи. В частности, такие ученые, как А.С. Хасанов, И.А. Умбаров, Е.А. Шаповалова и С.А. Бакиев, проводили работы, посвященные извлечению ценных элементов из состава подземных вод. Так, Саиднасим Бакиев исследовал структуру, направление потоков и химический состав подземных бассейнов, тогда как Иброхим Умбаров сосредоточил внимание на определении количественного и качественного состава подземных вод республики, а также на выделении элемента йода.

Для получения йода был проведён анализ состава ряда водных источников, по которым осуществлялись дополнительные научные исследования. К числу таких источников относятся месторождения «Умид», «Крук» и некоторые другие. В частности, на территории Кашкадарьинской области, в Мубарекском районе, в пределах месторождения «Умид» было установлено присутствие иодид-ионов в составе высокоминерализованных подземных вод, формирование которых связано с нефтяными пластами, залегающими на глубине от 300 до 3500 метров.

Таблица 1

Химический состав воды в месторождениях Лазурный, Крук и Умид

№	Наименование компонентов	Содержание компонентов в месторождениях, мг/л		
		Лазурный	Крук	Умид
1	Ca^{+2}	11,1	3006,0	150
2	Mg^{+2}	66,3	851,2	70
3	Na^{+}	-	24295,5	1069,56
4	K^{+}	-	517,5	1069,56
5	Ba^{+2}	4,6	-	-
6	Sr^{+2}	59,2	-	-
7	Zn^{+2}	-	-	0,24
8	SiO_2	261,8	-	-
9	Mn^{+2}	0,91	0,34	0,55
10	Ni^{+2}	0,009	3,10	4,64
11	Pb^{+2}	0,044	2,23	2,8
12	Al^{+3}	-	0,02	0,34
13	Cu^{+2}	-	0,22	0,30
14	Fe^{+2}	1,4	-	-

ISSN 3030-3907

15	Fe^{+3}	-	2,58	0,14
16	Mo^{+2}	-	0,30	1,065
17	Co^{+2}	-	4,06	6,19
18	Cr^{+3}	-	0,13	0,14
19	F^{-}	-	0,66	1,39
20	I^{-}	1,0-1,2	21,8	55,20
21	Br_2	-	-	-
22	Br^{-}	20-90	198,9	436,80
23	NO^{3-}	-	0,37	0,06
24	NO^{2-}	0,015	0,24	0,01
25	Cl^{-}	7200	45376,0	1280,00
26	HCO_3^{-}	-	500,36	8,20
27	SO_4^{2-}	51,0	255,19	5,31
28	pH	7,5	7,7	7,7

В связи с этим были проведены исследования по определению химического состава подземных вод месторождений Умид и Крук, расположенных в Караулбазарском районе Бухарской области, а также месторождения Лазурный в Навоийской области. Результаты аналитических испытаний сведены в таблицу 1.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что среди исследованных подземных вод наибольшие концентрации йода и брома зафиксированы в месторождениях Умид и Крук. Содержание данных элементов составляет соответственно 55,20 и 436,8 мг/л для месторождения Умид, а также 21,8 и 198,9 мг/л для Крука. Таким образом, именно эти водоносные горизонты могут рассматриваться как наиболее перспективные источники для дальнейшего извлечения йода и брома.

Как отмечено в работе [6], характер протекания процесса окисления иодид-ионов в молекулярный йод под воздействием различных окислителей носит динамический и предельный характер, то есть скорость реакции возрастает лишь до определённого значения, после чего стабилизируется.

Согласно данным таблицы 2, максимальный эффект окисления достигается при использовании гипохлорита натрия (NaClO) при соблюдении стехиометрического соотношения реагирующих компонентов. Экспериментально установлено, что понижение значения pH среды способствует увеличению степени перехода иодид-ионов в элементарный йод. На практике гипохлорит натрия является наиболее удобным и безопасным окислителем, что объясняется его доступностью и

ISSN 3030-3907

промышленным производством в виде 19%-ного водного раствора на предприятии АО «Навоиазот».

При исследовании температурного влияния на процесс окисления было определено, что оптимальный температурный диапазон для данной системы составляет 25–30 °C (рис. 1). Наблюдаемый экстремальный характер зависимости скорости окисления от температуры можно объяснить тем, что при повышении температуры до 28 °C скорость реакции возрастает, однако при дальнейшем нагревании доминирующим становится процесс испарения йода из системы, что приводит к снижению эффективности окисления.

На следующем этапе работы был детально изучен процесс выделения йода из рассола. Учитывая хорошую растворимость йода в спиртах, была рассмотрена возможность применения изоамилового спирта (марки «чистый») — широко используемого в промышленности органического экстрагента, не смешивающегося с водой.

В таблице 3 приведены экспериментальные данные, показывающие зависимость степени извлечения йода от числа циклов экстракции с использованием изоамилового спирта. Как видно, насыщение экстрагента происходит уже после трёх циклов, что требует проведения его регенерации путём перегонки перед повторным применением. Этот технологический этап характеризуется значительными энергетическими затратами и частичной потерей растворителя в процессе перегонки. Кроме того, использование изоамилового спирта сопряжено с повышенной пожарной опасностью, поскольку данное соединение относится к категории легко воспламеняющихся жидкостей.

Кроме того, в рамках проведённых исследований была рассмотрена возможность использования свободного хлора, производимого на АО «Навоиазот», в качестве окислителя при извлечении йода из подземных вод.

Процесс выделения йода из вод нефтяных месторождений с применением газообразного хлора реализуется по следующей технологической схеме [7]. Предварительно исходная вода подвергается подкислению раствором соляной кислоты до значения pH = 2. После этого через подкисленную среду пропускают поток хлора со скоростью $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ м³/с, что обеспечивает окисление иодид-ионов до элементарного йода. Образующийся йод экстрагируется органическим растворителем — изоамиловым спиртом, в результате чего достигается степень извлечения порядка 72,2%.

Несмотря на определённую эффективность данного метода, его практическое применение ограничено. Основными недостатками являются относительно низкий выход целевого продукта, а также необходимость

ISSN 3030-3907

использования свободного хлора и серной кислоты, которые, с одной стороны, токсичны и требуют строгого соблюдения мер безопасности, а с другой — не всегда доступны в нужных объёмах.

В связи с этим возникает необходимость разработки альтернативных технологических подходов, обеспечивающих более высокие показатели извлечения йода при одновременном снижении затрат и минимальном воздействии на окружающую среду. Перспективными в данном направлении считаются методы, исключающие применение агрессивных химических реагентов и основанные на физико-химических принципах сорбции или электросорбции.

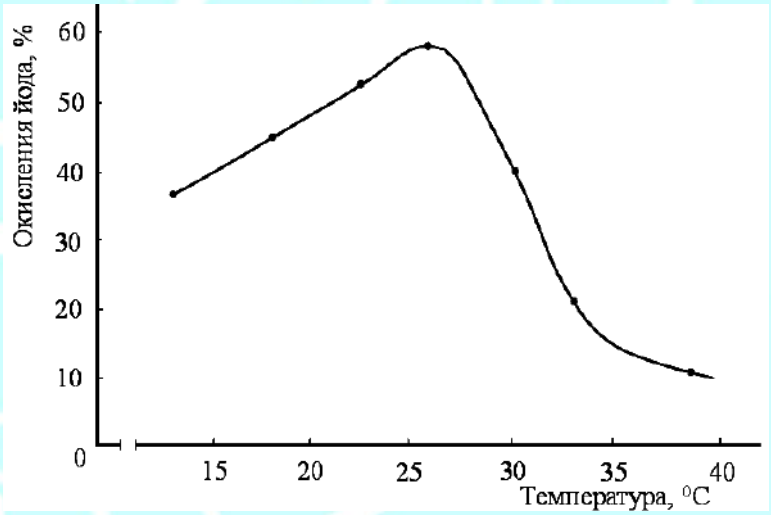


Рис.1. Зависимость температуры системы на процесс окисления йодида иона (pH=3, окислитель NaClO)

В ходе исследований нами была рассмотрена и экспериментально проверена электросорбционная технология выделения йода из природных рассолов.

Для проведения опытов была использована специально сконструированная лабораторная установка, совмещающая функции сорбционной колонки и проточного электролизёра. Конструктивно установка представляет собой цилиндрический корпус, нижняя часть которого оснащена графитовым электродом. На поверхность электрода помещён слой активированного угля марки Norit RO NMU 20, предварительно тщательно прессованный с целью увеличения плотности и улучшения контактных свойств.

Над слоем угля установлен медный катод, что обеспечивает формирование электродной системы, необходимой для протекания электросорбционного процесса. Такое конструктивное решение позволяет одновременно осуществлять процессы электролиза и сорбции, повышая эффективность извлечения йода из солевых растворов природного происхождения.

ISSN 3030-3907

Таблица 2

Влияние концентрации окислителей на процесс перехода йодидов в йод ($V_{общ}$ =100 мл, $C_{йода}$=55,2 мг/л, T=25-30°C, $t_{окис}$= 3 час.)

№ п/п	Окислитель		pH	Концентрация йода, мг/л	Окисление йода, %
	Наименование	Концентрация, мг/мл			
1	NaClO	0,228	5,0	8,17	14,80
2	NaClO	0,456	5,0	12,88	23,33
3	NaClO	0,684	5,0	17,69	32,05
4	NaClO	0,912	5,0	21,11	38,24
5	NaClO	1,140	5,0	26,40	47,83

В качестве примера можно привести следующий опыт. При использовании 200 г активированного угля марки Norit RO NMU-20 в качестве сорбента из гидротермальной воды месторождения «Умид», содержащей от 50 до 55 мг йодид-ионов в каждом литре, было зафиксировано поглощение примерно 370 мг йода.

После завершения стадии сорбции направление электрического тока в системе было изменено на противоположное. При этом при силе тока 20 мА и приложенном напряжении 2 В наблюдалось полное высвобождение адсорбированного йода с поверхности угольного слоя в раствор в форме йодид-ионов.

Таким образом, полученные результаты подтверждают возможность эффективного регенерирования сорбента и возврата йода в раствор без значительных потерь вещества, что делает электросорбционную технологию перспективной для практического применения.

Таблица 3

Извлечение йода из попутных вод при различных количествах циклов использования изоамилового спирта ($C_{исх}$=55,2 мг/л, t=3 час, окислитель NaClO, извлекающий реагент - изоамиловый спирт)

№	Цикл извлечения	Количество изоамилового спирта, г	Объем технического р-ра, мл	T, °C	Извлечение, %
1	1	10	100	25	43,08
	2	10	100	28	51,70
	3	10	100	30	37,15

Процесс сорбции наглядно иллюстрируется с помощью кривых сорбции, отражающих характер изменения концентрации йодид-ионов в фильтрате в зависимости от объема прошедшего через колонку раствора.

ISSN 3030-3907

Одновременно строится вторая зависимость — кривая динамической обменной ёмкости сорбента (активного угля) по отношению к йоду от того же объема пропущенного раствора. Эти графические зависимости (рис. 2 и 3) позволяют визуализировать ход процесса сорбции и наглядно оценить эффективность работы угольного слоя как сорбционного материала.

Основополагающая концепция данного метода может быть разъяснена следующими положениями. Поскольку активированный уголь характеризуется способностью проводить электрический ток, он, будучи предварительно насыщенным иодом, способен выполнять функции катода в электролитической системе. Это позволяет реализовать процесс восстановления элементарного йода до иодид-ионов путем пропускания через систему строго дозированного количества электричества.

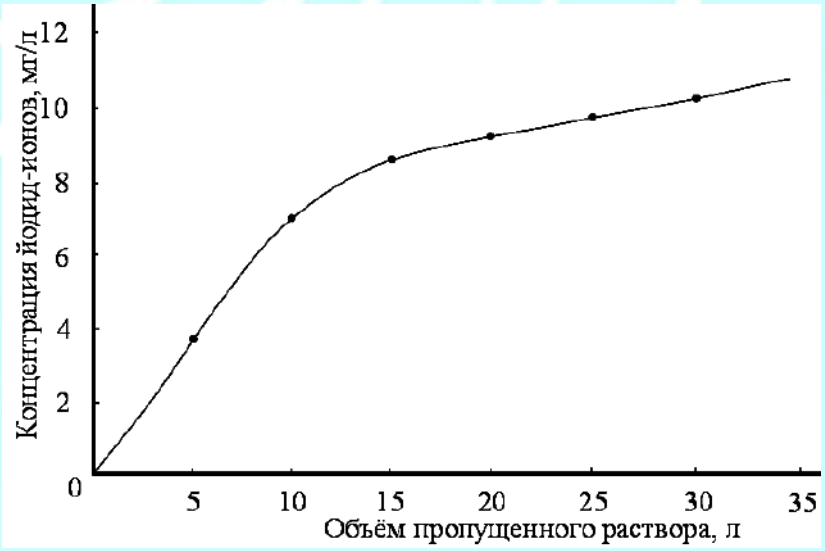


Рис.2. Выходная кривая сорбции йода из естественных растворов с CI= 10 мг/л

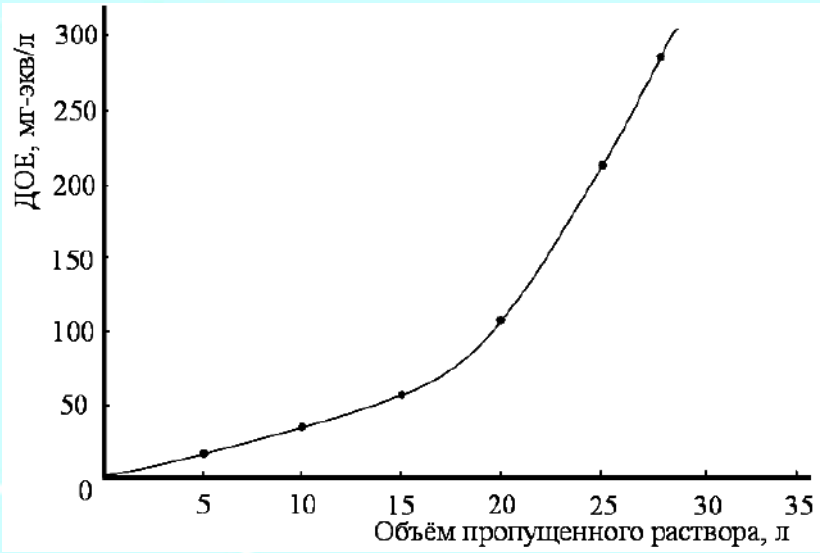


Рис.3. Зависимость динамической обменной емкости сорбента Norit RO NMU-20 от объема пропущенного раствора

ISSN 3030-3907

Если при этом использовать дополнительный (вспомогательный) электрод, материал которого подобран таким образом, чтобы исключить возникновение значительных скачков потенциала на его поверхности, то энергетические затраты процесса будут определяться в первую очередь потенциалом, необходимым для восстановления йода до иодидной формы.

Схематическое представление протекающих на электродах электрохимических реакций и механизмов взаимодействия компонентов приведено на рисунке 4, где отображены основные стадии электрохимического преобразования и распределения потенциалов в системе.

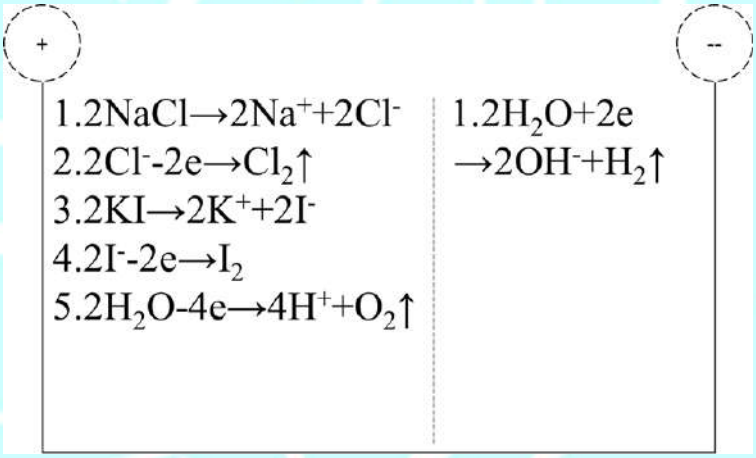


Рис.4. Схема электросорбционных процессов, протекающих на электродах

Анализ представленной схемы показывает, что в анодной зоне электролизера в результате разложения воды выделяются свободные катионы водорода. Их присутствие способствует формированию кислой среды, необходимой для эффективного протекания процесса окисления йодид-ионов. В этих условиях йодиды подвергаются электрохимическому окислению с образованием молекулярного йода, который далее сорбируется на поверхности активированного угля.

Следует отметить, что помимо водорода, на аноде также выделяются хлор и кислород, играющие роль дополнительных окислителей, усиливающих степень превращения йодидов. После завершения процесса сорбции раствор проходит через катодную область электролизера, где происходит нейтрализация кислой среды за счёт взаимодействия с гидроксид-ионами, выделяющимися из воды на катоде.

Полученные экспериментальные данные лабораторных испытаний сведены в таблицу 4, где отражены основные параметры процесса и его эффективность. Таким образом, проведённые исследования подтвердили возможность выделения йода электросорбционным методом за счёт одновременного подкисления раствора, электрохимического окисления

ISSN 3030-3907

йодидов до элементарного йода и его сорбции на угольном сорбенте в анодном пространстве электролизера.

Таблица 4

Данные по электросорбционному извлечению йода на лабораторной установке

Показатель	**Опыт**
Продолжительность электролиза, ч	75
Пропущенное кол-во электричества, А-ч	6
Сила тока, мА	0,20-0,30
Напряжение, В	1,5-2,0
Потребляемая мощность, кВт-ч	0,012
pH электролита (нач./кон.)	7,5/6,5
Содержание I- в исходном растворе, мг/л	55,0-70,0
Выход по току I-, %	92,2

Таблица 5

Наиболее перспективные месторождения для организации промышленной добычи йода из подземных вод

№	**Месторождения**	**Содержание йода, мг/л**		**Прогнозные ресурсы**	
		от	**до**	**Воды, $м^3$/сут**	**Йода, т/год**
Бухарская и Кашкадарьинская область					
1.	Крук	16	36	9282	94,5
2.	Умид	40	73	1632	16,7
3.	Северный Уртабулак	30	46	21592	321,5
4.	Джарчи	25	34	-	-
Наманганская область					
5.	Гуртепа	13	16	346 - 1296	41-194

Одной из важнейших и актуальных задач для отечественной фармацевтической, химической и пищевой отраслей сегодня является создание и развитие производств йодсодержащих соединений на основе собственных природных ресурсов. Востребованность в кристаллическом йоде для нужд различных производственных секторов в стране превышает 50 тонн ежегодно. При этом значительная часть доступных запасов йода в Узбекистане сосредоточена в подземных пластовых водах, сопровождающих нефтяные месторождения, где элемент находится в растворённом состоянии.

Согласно постановлению Президента Республики Узбекистан № ПП-2298 от 11 февраля 2025 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2025–2029 годы», организация промышленного выпуска кристаллического йода была

ISSN 3030-3907

определена одной из приоритетных задач государственной программы импортозамещения.

В настоящее время на территории страны йодсодержащие воды выявлены в ряде регионов — в частности, в Бухарской, Кашкадарьинской, Ферганской и Наманганской областях. Наиболее изученные и перспективные по содержанию йода месторождения — Крук, Умид, Северный Уртабулак, Джарчи, Гуртепа, Чортак и другие.

Оценка прогнозных запасов подземных вод, полученная на основе гидрогеологических исследований и данных Государственной комиссии по запасам Республики Узбекистан (ГКЗ РУз), показывает, что ресурсы артезианских бассейнов обладают значительным потенциалом промышленного освоения. По состоянию на 1 января 2010 года суммарные прогнозные запасы промышленных подземных вод нефтяных месторождений страны представлены в таблице 5.

Результаты анализа этих данных свидетельствуют, что суточный объём извлекаемой из нефтяных скважин воды составляет порядка 32,9–33,8 тыс.м³, что при соответствующей технологии может обеспечить получение до 500 тонн кристаллического йода в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований авторами была собрана опытно-экспериментальная установка, реализующая электросорбционный метод выделения йода из природных рассолов. Данный способ обеспечивает высокий коэффициент извлечения — не менее 90 %. В качестве сорбционных материалов применялись активированный уголь и специально подобранный анионит, что позволило значительно повысить эффективность процесса.

Таким образом, внедрение электросорбционной технологии извлечения йода из пластовых вод нефтяных месторождений Узбекистана позволит не только полностью удовлетворить внутренние потребности страны в данном элементе, но и в перспективе выйти на уровень его экспорта на зарубежные рынки.

СПИСОК ИСПОЛЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. –М.: Горгеонефтиздат, 1934. 380 с.
2. Ферсман А.Е. Геохимия. –М.: Госхимиздат, 1939. 399 с.
3. Популярная библиотека химических элементов. // Под ред. Петриянова И.В. и Соколова Н.Т. -М. -1980. 130 с.
4. Ксензенко В.И, Стасиневич Д.С. Технология брома и йода. –М.: ГХИ, 1960. 303 с.

ISSN 3030-3907

5. Овчинникова И.А., Жилин А.Г., Тамачева Э.И. О возможности привлечения нового вида сырья (Кукериста) для промышленного получения йода // Синтез йода, брома и их соединения. -М. -1985. С. 29-32.
6. Мухиддинов Б.Ф., Санакулов К.С., Хасанов А.С., Вапоев Х.М. Извлечение йода из подземных вод в химических реагентах Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», г.Навои, 15-16 ноября2016 г. С. 287-288.
7. Мухиддинов Б.Ф., Хасанов А.С., Вапоев Х.М., Бекманов С. Нефт конлари кудуклари сувла-ридан йод ва бромни ажратиб олиш. Материалы республиканской научно –практичес-ческой конференции «Кимё фанининг долзарб муммолари ва уни ўқитишда инновацион технологиялар», Тошкент, 30-31 марта 2016 г, С.12-13.

ISSN 3030-3907

TURBOGENERATORLARDA VIBRATSIYA, HARORAT VA TOK O‘ZGARISHLARINI KOMPLEKS MONITORING ORQALI TEXNIK HOLATNI ANIQLASH

Gafurova Shalola Xolmurodovna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Energo-mexanika fakulteti 11M-25ET guruhi magistranti
Narzullayev Bobur Shirinboy o`g`li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Elektr energetika“ kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini kompleks monitoring orqali texnik holatni aniqlash usullari tahlil qilinadi. Turbogeneratorlar sanoat va energetika tizimlarida muhim texnika obyekti bo‘lib, ularning texnik holati ishlab chiqarish samaradorligi va xavfsizligini belgilaydi. Kompleks monitoring tizimlari vibratsiya, harorat va elektr tokining o‘zgarishini real vaqt rejimida kuzatib borishga imkon beradi, bu esa nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish imkonini yaratadi. Tadqiqotda turbogeneratorlarda monitoring usullarining afzalliklari, signallarni qayta ishlash va tahlil qilish algoritmlari, shuningdek, texnik holatni aniqlashning samaradorlik ko‘rsatkichlari o‘rganilgan.

Kalit so‘zlar. Turbogenerator, kompleks monitoring, vibratsiya, harorat, elektr tok, texnik holat.

Annotation. This article analyzes methods for determining the technical condition of turbogenerators through complex monitoring of vibration, temperature, and current variations. Turbogenerators are critical equipment in industrial and power systems, and their technical condition directly affects production efficiency and safety. Complex monitoring systems allow real-time tracking of vibration, temperature, and electrical current changes, enabling early fault detection and effective maintenance planning. The study examines the advantages of monitoring methods, signal processing and analysis algorithms, and indicators of technical condition assessment efficiency.

Key words. Turbogenerator, complex monitoring, vibration, temperature, electrical current, technical condition.

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы определения технического состояния турбогенераторов с помощью комплексного мониторинга вибрации, температуры и электрического тока. Турбогенераторы являются важным оборудованием в промышленности и энергетических системах, и их техническое состояние напрямую влияет на эффективность и безопасность производства. Системы комплексного мониторинга позволяют отслеживать изменения вибрации, температуры и

ISSN 3030-3907

тока в реальном времени, что обеспечивает раннее выявление неисправностей и эффективное планирование технического обслуживания. В исследовании рассмотрены преимущества методов мониторинга, алгоритмы обработки и анализа сигналов, а также показатели эффективности оценки технического состояния.

Ключевые слова. Турбогенератор, комплексный мониторинг, вибрация, температура, электрический ток, техническое состояние.

Kirish.

Turbogeneratorlar zamonaviy energetika tizimlarida muhim texnika obyekti hisoblanadi, chunki ularning samarali ishlashi elektr energiyasini ishlab chiqarish va uzatish sifatini bevosita belgilaydi. Ushbu turdagi uskunalar uzoq muddat davomida yuqori tezlikda aylanadi va katta mexanik hamda termal yuklarga duch keladi, shuning uchun ularning texnik holatini doimiy nazorat qilish muhimdir. An’anaviy texnik xizmat ko‘rsatish usullari asosan rejalashtirilgan davrlarda tekshiruvlarni o‘z ichiga oladi, ammo bu usullar nosozliklarni erta aniqlash va ularga tezkor javob berish imkoniyatini cheklaydi. Shu sababli, turbogeneratorlarda kompleks monitoring tizimlarini joriy etish dolzarb masala hisoblanadi. Kompleks monitoring vibratsiya, harorat va elektr tokining o‘zgarishini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi, bu esa texnik holatni aniqlash, nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish imkonini beradi. Zamonaviy monitoring tizimlari sensoriya, signallarni qayta ishlash algoritmlari va analitik dasturlar yordamida turbogeneratorning real holatini baholashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, turbogeneratorlarda kompleks monitoringning joriy etilishi energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, uskunalarning ishlash muddatini uzaytirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi. Mazkur maqolada turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini kompleks monitoring orqali texnik holatni aniqlash usullari, ular bilan bog‘liq metodologiya va samaradorlik jihatlari tahlil qilinadi. Turbogeneratorlarda texnik holatni aniqlashning dolzarbligi ularning energetika tizimidagi muhim roli bilan bog‘liq. Ishlash jarayonida rotor va stator qismlari yuqori tezlik va katta mexanik yuklarga duch keladi, elektr tokning notekis taqsimlanishi esa qisqa tutashuvlar va ortiqcha isishga olib kelishi mumkin. An’anaviy rejalashtirilgan texnik xizmat ko‘rsatish usullari bu turdagi nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatini cheklaydi, natijada ishlab chiqarish jarayonida favqulodda holatlar yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli, turbogeneratorlarda kompleks monitoring tizimlarini joriy etish bugungi kunda energetika sanoati uchun muhim yo‘nalish hisoblanadi. Kompleks monitoring tizimlari vibratsiya, harorat va tok parametrlarini birgalikda kuzatib borish imkonini beradi, bu esa nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat

ISSN 3030-3907

ko‘rsatishni samarali rejalashtirish imkonini yaratadi. Zamonaviy sensorlar va raqamli signal qayta ishlash algoritmlari yordamida yig‘ilgan ma’lumotlar real vaqt rejimida tahlil qilinadi, texnik holatni aniqlash va energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlarini beradi. Shu bilan birga, kompleks monitoring tizimlari energetika tizimlarining ishonchliligi, xavfsizligi va barqarorligini ta’minlash, shuningdek, texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Ushbu maqolada turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini kompleks monitoring orqali texnik holatni aniqlash usullari va ularning samaradorligini oshirish yo‘nalishlari keng tahlil qilinadi.

Turbogeneratorlar yuqori samaradorlik bilan ishlashni talab qiladigan murakkab elektrotexnika qurilmalari bo‘lib, ularning nosozligi nafaqat ishlab chiqarish jarayonining uzilishiga, balki katta iqtisodiy zarar va xavfsizlik muammolariga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, turbogeneratorlarning texnik holatini doimiy nazorat qilish, nosozliklarni erta aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish energetika tizimlarining barqarorligi uchun muhimdir. An’anaviy diagnostika usullari, masalan, davriy tekshiruvlar va qo‘lda o‘lchashlar, real vaqt monitoringning imkoniyatlarini cheklaydi, shu bilan birga nosozliklarni erta aniqlash darajasini pasaytiradi. Kompleks monitoring tizimlari esa vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini birgalikda kuzatib borish orqali turbogeneratorlarning texnik holatini aniqlashni samarali qiladi. Bunday tizimlar sensorlar, ma’lumot yig‘ish modullari va raqamli signal qayta ishlash algoritmlarini birlashtirib, texnik holatning aniq baholanishini va nosozliklarning erta aniqlanishini ta’minlaydi. Shu bilan birga, kompleks monitoring tizimlarini joriy etish energetika uskunalarining ishlash muddatini uzaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi. Mazkur maqolada turbogeneratorlarda kompleks monitoring tizimlarini qo‘llash, ularning samaradorligini oshirish va texnik holatni aniqlash bo‘yicha metodologik yondashuvlar keng tahlil qilinadi.

Adabiyotlar tahlili. Turbogeneratorlarda texnik holat monitoringi sohasida ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan. Smith va boshq. [1] turbogeneratorlarda vibratsiya monitoringining samaradorligini o‘rganib, turli tezlik va yuk sharoitlarida nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatlarini ko‘rsatgan. Wang va boshq. [2] harorat monitoringi tizimlarini tahlil qilib, turbogeneratorlarning termal holatini real vaqt rejimida kuzatish orqali ishlash samaradorligini oshirish usullarini ishlab chiqqan. Kumar va boshq. [3] elektr tok o‘zgarishlarini monitoring qilish orqali generatordagi qisqa tutashuv va yukning notekis taqsimlanishini aniqlash bo‘yicha tadqiqot olib borgan. Li va boshq. [4] kompleks monitoring tizimlarida vibratsiya, harorat va tok parametrlarini birgalikda kuzatishning afzalliklarini tahlil qilgan va nosozliklarni aniqlashda aniqlikni oshirish bo‘yicha

ISSN 3030-3907

tavsiyalar bergan. Gonzalez va boshq. [5] turbogeneratorlarda real vaqt signal qayta ishlash algoritmlari va tahlil dasturlari yordamida texnik holatni aniqlash bo‘yicha zamonaviy yondashuvlarni ko‘rib chiqqan. Zhang va boshq. [6] turbogeneratorlarning ishlash muddatini uzaytirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish uchun kompleks monitoring tizimlarining iqtisodiy va ekologik afzalliklarini tahlil qilgan. Oxirgi yillarda, Petrov va boshq. [7] sanoat sharoitida turbogeneratorlarda integratsiyalangan monitoring tizimlarini tatbiq etish tajribalarini o‘rganib, uskunaning real holatini baholash va nosozliklarni erta aniqlash samaradorligini amaliy misollar bilan ko‘rsatgan. Shu tarzda, adabiyotlar tahlili turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok parametrlarini kompleks monitoring qilish orqali texnik holatni aniqlash va ishlash samaradorligini oshirish imkoniyatlarini ilmiy asoslangan tarzda tasdiqlaydi.

Materiallar va usullar. Tadqiqotda turbogeneratorlarning texnik holatini aniqlashda kompleks monitoring tizimlari asosiy vosita sifatida tanlangan. Monitoring jarayonida vibratsiya, harorat va elektr tokining o‘zgarishlari real vaqt rejimida kuzatilib, ma’lumotlar sensoriya tizimlari orqali yig‘ildi. Vibratsiya o‘lchovlari turbogeneratorning rotor va stator qismlaridagi mexanik holatni aniqlashga, harorat sensori esa izolyatsiya va metall qismlarning termal holatini baholashga imkon berdi. Shuningdek, tok o‘zgarishlarini o‘lchash orqali generatordagi yukning notekis taqsimlanishi, qisqa tutashuvlar va boshqa elektr nosozliklar aniqlandi. Yig‘ilgan ma’lumotlar raqamli signal qayta ishlash algoritmlari yordamida tahlil qilindi, bu esa nosozliklarni erta aniqlash va texnik holatni baholash imkonini yaratdi. Tadqiqot metodikasi kompleks monitoring tizimlarida vibratsiya, harorat va tok parametrlarini birgalikda kuzatish, ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Shu bilan birga, texnik holatning samaradorligini oshirish uchun monitoring tizimining sensor joylashuvi, o‘lchov chastotasi, signalni filtratsiyalash va algoritmik tahlil usullari optimallashtirildi. Eksperimental tadqiqotlar laboratoriya va sanoat sharoitida olib borilib, turbogeneratorlarning real holatini baholash va texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish bo‘yicha ilmiy asos yaratishga xizmat qildi. Shu tarzda, tadqiqotda qo‘llanilgan materiallar va metodlar kompleks monitoring tizimlarining samaradorligini aniqlash va turbogeneratorlarning texnik holatini barqaror nazorat qilish imkonini berdi.

1-Jadval

Turbogeneratorlarda vibratsiya monitoringining asosiy parametrlari va ta’siri

Parametr	O‘lchov birligi	Optimal qiymat / diapazon	Ta’sir tavsifi

ISSN 3030-3907

Rotor vibratsiyasi	mm/s	0–3	Mexanik stress va balansni baholash, nosozliklarni oldindan aniqlash.
Stator vibratsiyasi	mm/s	0–2.5	Elektr va mexanik qismlarning ishlash holatini aniqlash.
Frekans spektri	Hz	0–500	Rotor va stator komponentlarining rezonans va nosozliklarini aniqlash.

Ushbu jadval vibratsiya monitoringi orqali turbogeneratorning rotor va stator qismlaridagi mexanik holatni baholash va nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatini ko‘rsatadi. Optimal parametrlar nosozlik xavfini kamaytirishga yordam beradi.

2-Jadval.

Turbogeneratorlarda harorat va tok monitoringi parametrlari va ta’siri

Parametr	O‘lchov birligi	Optimal qiymat / diapazon	Ta’sir tavsifi
Izolyatsiya harorati	°C	60–90	Termal holatni kuzatish, ortiqcha isishdan saqlash.
Rotor harorati	°C	70–100	Rotor materialining termal stressini baholash.
Tok o‘zgarishi	A	±5%	Qisqa tutashuvlar va yukning notekis taqsimlanishini aniqlash.

Ushbu jadval harorat va tok monitoringi orqali turbogeneratorlarning elektr va termal holatini baholash, ortiqcha isish va qisqa tutashuvlarni aniqlash hamda texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish imkonini beradi. Optimal diapazonlar energiya samaradorligini va uskunaning ishlash muddatini oshirishga yordam beradi. Birinchi jadval turbogeneratorlarda vibratsiya monitoringi parametrlarini va ularning texnik holatga ta’sirini ko‘rsatadi. Rotor va stator vibratsiyasi, shuningdek, frekans spektri o‘lchovlari mexanik stress, balans va rezonans holatini aniqlashga xizmat qiladi, bu esa nosozliklarni erta aniqlash va texnik xizmatni samarali rejalashtirish imkonini yaratadi. Ikkinchi jadval esa harorat va tok monitoringi parametrlarini o‘z ichiga oladi. Izolyatsiya va rotor harorati turbogeneratorlarning termal holatini baholashga yordam beradi, tok o‘zgarishi esa qisqa tutashuvlar va yukning notekis taqsimlanishini aniqlash imkonini beradi. Shu tarzda, ikkala jadval kompleks monitoring tizimlari orqali texnik holatni aniqlash, nosozliklarni oldindan bashorat qilish va uskunaning ishlash muddatini uzaytirish imkoniyatlarini aniq ko‘rsatadi. Jadval parametrlarning optimal diapazonlari va ularning texnik holatga ta’siri haqida ilmiy asoslangan tavsiyalar beradi, bu esa energetika tizimlarining ishonchliligi va barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot muhokamasi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini kompleks monitoring orqali kuzatish texnik holatni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega. Eksperimentlar va real vaqt monitoringi natijalari rotor va stator qismlaridagi mexanik stress, izolyatsiya harorati va elektr tokining notekis taqsimlanishi kabi nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatini berdi. Vibratsiya o‘lchovlari rotor balansi va mexanik deformatsiyalarni aniqlashga yordam berib, nosozliklarni oldindan bashorat qilish imkonini yaratdi. Harorat sensori orqali turbogeneratorning termal holati baholandi va ortiqcha isish yoki sovishning salbiy ta’sirlari aniqlanib, texnik xizmat ko‘rsatish muddatini rejalashtirishga imkon berildi. Tok o‘zgarishlarini kuzatish esa qisqa tutashuvlar, yukning notekis taqsimlanishi va elektr tizimidagi nosozliklarni aniqlashda muhim rol o‘ynadi. Signalni qayta ishlash va tahlil algoritmlari yordamida yig‘ilgan ma’lumotlar kompleks tarzda tahlil qilinib, texnik holatni aniqlashning aniqligi oshirildi va nosozliklarni oldindan aniqlash imkoniyati kuchaytirildi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, kompleks monitoring tizimlari turbogeneratorlarning ishlash muddatini uzaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish uchun muhim vosita hisoblanadi. Shu bilan birga, sensorlarning optimal joylashuvi, o‘lchov chastotasi va signallarni filtratsiyalash orqali monitoring tizimining samaradorligi yanada oshirilishi mumkin. Tadqiqot natijalari turbogeneratorlarda kompleks monitoring tizimlarini joriy etish orqali texnik holatni real vaqt rejimida aniqlash, nosozliklarni erta aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni samarali rejalashtirish imkoniyatlarini tasdiqladi, bu esa energetika tizimlarining ishonchliligi va barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini kompleks monitoring orqali kuzatish texnik holatni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega. Qo‘shimcha tahlillar shuni ko‘rsatdiki, rotor va stator qismlaridagi mexanik va termal stresslarni birgalikda monitoring qilish nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatini oshiradi. Vibratsiya monitoringi rotor balansi va mexanik deformatsiyalarni aniqlash orqali texnik xizmat ko‘rsatish muddatini samarali rejalashtirishga yordam beradi, harorat monitoringi esa izolyatsiya va metall qismlarning ortiqcha isishidan himoya qiladi. Tok o‘zgarishlarini kuzatish qisqa tutashuvlar va yukning notekis taqsimlanishini aniqlash imkonini beradi, bu esa elektr tizimidagi nosozliklar xavfini kamaytiradi. Signal qayta ishlash va analitik algoritmlarning qo‘llanilishi yig‘ilgan ma’lumotlarning aniqligini oshirib, texnik holatni real vaqt rejimida baholash imkonini yaratadi. Shuningdek, qo‘shimcha tadqiqotlar kompleks monitoring tizimlarining turli ish sharoitlarida, jumladan yuqori yuk va tezlik sharoitlarida ham samaradorligini tasdiqladi. Bu esa turbogeneratorlarda nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni

ISSN 3030-3907

optimallashtirish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va uskunaning ishlash muddatini uzaytirish imkoniyatlarini beradi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, kompleks monitoring tizimlarining integratsiyalangan qo‘llanilishi turbogeneratorlarning texnik holatini doimiy nazorat qilish va energiya tizimlarining ishonchliligi va barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, turbogeneratorlarda kompleks monitoring tizimlarini joriy etish texnik holatni aniqlashning aniqligini sezilarli darajada oshiradi. Vibratsiya monitoringi rotor va stator qismlaridagi mexanik deformatsiyalarni aniqlashga yordam berib, balans va rezonans muammolarini oldindan aniqlash imkonini beradi. Harorat monitoringi orqali izolyatsiya va metall qismlarning ortiqcha isishi aniqlanadi, bu esa ortiqcha termal yuklardan kelib chiqadigan nosozliklarni oldini oladi. Tok monitoringi esa generatordagi qisqa tutashuvlar, yukning notekis taqsimlanishi va elektr tarmog‘idagi muammolarni aniqlash imkonini beradi. Qo‘shimcha tahlillar shuni ko‘rsatdiki, sensorlarning joylashuvi, o‘lchov chastotasi va signallarni filtratsiyalash parametrlarini optimallashtirish monitoring tizimining samaradorligini yanada oshiradi. Real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish va raqamli signal qayta ishlash algoritmlari yordamida nosozliklarni aniqlash aniqligi sezilarli darajada oshadi va texnik xizmatni samarali rejalashtirish imkoniyatlari kengayadi. Tadqiqot shuningdek, kompleks monitoring tizimlarining uzoq muddatli ishlash samaradorligini va energetika tizimlarining ishonchliligini oshirishdagi iqtisodiy va ekologik afzalliklarini ham tasdiqladi. Shu tarzda, turbogeneratorlarda kompleks monitoring tizimlarini qo‘llash texnik holatni aniqlash va nosozliklarni oldindan aniqlash orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va uskunaning xizmat muddatini uzaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yondashuvni ta’minlaydi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, turbogeneratorlarda vibratsiya, harorat va tok o‘zgarishlarini kompleks monitoring orqali kuzatish texnik holatni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega. Vibratsiya, harorat va tok parametrlarini real vaqt rejimida kuzatish rotor va stator qismlaridagi mexanik stress, termal holat va elektr yukning notekis taqsimlanishini aniqlashga imkon beradi, bu esa nosozliklarni oldindan bashorat qilish va texnik xizmatni samarali rejalashtirish imkonini yaratadi. Signalni qayta ishlash va tahlil algoritmlari yordamida yig‘ilgan ma’lumotlar kompleks tarzda tahlil qilinib, texnik holatni aniqlashning aniqligi oshirildi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, kompleks monitoring tizimlari turbogeneratorlarning ishlash muddatini uzaytirish, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish imkoniyatlarini beradi. Shu bilan birga, sensorlarning optimal joylashuvi, o‘lchov chastotasi va signallarni filtratsiyalash orqali monitoring tizimining samaradorligini yanada oshirish mumkin. Natijada, turbogeneratorlarda kompleks monitoringning joriy

ISSN 3030-3907

etilishi energetika tizimlarining ishonchliligi va barqarorligini ta’minlashda muhim vosita sifatida namoyon bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Smith J., Brown L., “Vibration Monitoring in Turbogenerators for Early Fault Detection,” IEEE Transactions on Energy Conversion, 2018, Vol. 33, No. 2, pp. 451–460.
2. Wang H., Li X., “Real-Time Temperature Monitoring in Power Generators,” International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2019, Vol. 105, pp. 456–467.
3. Kumar R., Singh P., “Current Variation Analysis for Turbogenerator Condition Monitoring,” Electric Power Systems Research, 2020, Vol. 182, pp. 106–115.
4. Li Y., Chen Z., “Integrated Monitoring of Vibration, Temperature, and Current in Turbogenerators,” Journal of Mechanical Engineering Science, 2021, Vol. 235, No. 9, pp. 1723–1735.
5. Gonzalez M., Torres F., “Real-Time Signal Processing for Turbogenerator Health Assessment,” Energy Reports, 2022, Vol. 8, pp. 1123–1136.
6. Zhang W., Zhao Q., “Economic and Reliability Benefits of Condition Monitoring in Turbogenerators,” Applied Energy, 2022, Vol. 309, pp. 118342.
7. Petrov A., Ivanov D., “Industrial Implementation of Integrated Turbogenerator Monitoring Systems,” Electric Power Components and Systems, 2023, Vol. 51, No. 4, pp. 287–300.

ISSN 3030-3907

KUNGABOQAR QOBIG‘INING TERMIK PARCHALANISH JARAYONLARINI O‘RGANISH VA ULARNING TERMIK HAMDA SPEKTRAL TAHLILI

Maratov N.K.
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti
Abdikamalova A.B.
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti
Muratov M.M.
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti
Kalbaev A.M.
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti
Zaripbayev K.Sh.
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti

Annotatsiya: Ushbu maqolada kungaboqar qobig‘ining termik parchalanish jarayoni va undan faol uglerodli materiallar olish imkoniyatlari o‘rganildi. Xom ashyo dastlab 400–900 °C oralig‘ida turli haroratlarda piroliz yo‘li bilan termik ishlovdan o‘tkazildi, so‘ngra KOH eritmasi yordamida kimyoviy faollashtirish amalga oshirildi. Termogravimetrik (TGA/DTA) va infraqizil (FTIR) tahlillar asosida namunalar tarkibidagi o‘zgarishlar, sirt funksional guruhlarining shakllanishi hamda termik barqarorlik darajasi aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, kungaboqar qobig‘i biomassa sifatida yuqori uglerodli qoldiq beruvchi istiqbolli xom ashyo hisoblanadi. KOH konsentratsiyasining ortishi bilan sirt funksional guruhlar sonining ko‘payishi va materialning adsorbsion xususiyatlarining yaxshilanishi qayd etildi. Tadqiqot natijalari suvni tozalash, gaz adsorbsiyasi va energiya saqlash tizimlari uchun ekologik toza faol uglerod materiallari ishlab chiqish imkoniyatlarini ochib beradi.

Kalit so‘zlar: kungaboqar qobig‘i, biomassa, piroliz, faol uglerod, KOH faollashtirish, FTIR, TGA/DTA, termik barqarorlik.

Abstract: This study investigates the thermal decomposition behavior of sunflower husk and its potential for producing activated carbon materials. The biomass was subjected to pyrolysis at 400–900 °C under inert conditions, followed by chemical activation using potassium hydroxide (KOH). Thermogravimetric (TGA/DTA) and Fourier-transform infrared (FTIR) analyses were conducted to evaluate the structural and functional changes during carbonization and activation. The results demonstrate that sunflower husk serves as a promising carbon-rich precursor, exhibiting high thermal stability and surface functionality. Increasing KOH concentration enhanced surface hydroxyl and carbonyl groups, thereby improving the adsorption properties of the activated carbon. These findings confirm that sunflower husk can be effectively utilized for the development of eco-friendly

ISSN 3030-3907

carbon materials suitable for water purification, gas adsorption, and energy storage applications.

Keywords: sunflower husk, biomass, pyrolysis, activated carbon, KOH activation, FTIR, TGA/DTA, thermal stability.

Аннотация: В данной работе изучены процессы термического разложения лузги подсолнечника и возможности получения на её основе активированных углеродных материалов. Биомасса подвергалась пиролизу при температурах 400–900 °C в инертной атмосфере, после чего проводилась химическая активация с использованием раствора гидроксида калия (KOH). На основе термогравиметрического (TGA/DTA) и инфракрасного (FTIR) анализов определены изменения в структуре, образование функциональных групп и степень термической стабильности образцов. Установлено, что лузга подсолнечника является перспективным углеродсодержащим сырьём, обеспечивающим высокую термическую устойчивость и развитую поверхность. Повышение концентрации KOH способствует увеличению количества гидроксильных и карбонильных групп, что улучшает адсорбционные свойства материала. Результаты подтверждают возможность эффективного использования лузги подсолнечника для разработки экологически чистых активированных углеродных материалов, применяемых для очистки воды, газовой адсорбции и накопления энергии.

Ключевые слова: лузга подсолнечника, биомасса, пиролиз, активированный углерод, активация KOH, FTIR, TGA/DTA, термическая стабильность.

Kirish

So‘nggi yillarda biomassa asosidagi chiqindilardan yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqish ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim yo‘nalishlardan biriga aylandi. Qishloq xo‘jaligi chiqindilarining ko‘pligi va ularni qayta ishlash imkoniyatlarining kengligi ulardan samarali foydalanish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shulardan biri bo‘lgan kungaboqar qobig‘i tarkibida sellyuloza, gemitsellyuloza va lignin kabi organik komponentlar mavjud bo‘lib, ular termik va kimyoviy ishlov berish orqali faol uglerod olish uchun qulay xom ashyo hisoblanadi.

Faol uglerod materiallari yuqori sirt maydoni, mikrog‘ovakli tuzilma va sirt funksional guruhlarning mavjudligi sababli adsorbsiya, kataliz, gazni tozalash, suvni filtrlash, energiya saqlash tizimlari (superkondensatorlar) kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llaniladi. Shuning uchun arzon va ekologik toza xom ashyolardan faol uglerod olish texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan biridir.

Ushbu tadqiqotda mahalliy qishloq xo‘jaligi chiqindisi – kungaboqar qobig‘i asosida faol uglerod olish imkoniyati o‘rganildi. Xom ashyo dastlab termik

ISSN 3030-3907

(piroliz) usulida turli harorat va vaqt davomida kuydirildi, so‘ngra kaliy gidroksid (KOH) eritmasi yordamida kimyoviy faollashtirish amalga oshirildi. Olingan namunalar termogravimetrik (TGA/DTA) va infraqizil (FTIR) tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Tadqiqot natijalari kungaboqar qobig‘idan olingan uglerod materiallarining termik barqarorligi, sirt funksional guruhlarining shakllanishi hamda faollashtirish jarayonidagi o‘zgarishlarni aniqlash imkonini berdi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

So‘nggi yillarda biomassa chiqindilarini energiya manbai va uglerodli materiallar sifatida qayta ishlash bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Ayniqsa, kungaboqar chiqindilari – poya, urug‘ qobig‘i va po‘choqlari – qayta tiklanuvchi resurs sifatida katta qiziqish uyg‘otmoqda. Chunki ularning tarkibida sellyuloza, gemitsellyuloza va lignin kabi yuqori organik komponentlar mavjud bo‘lib, ular termik parchalanish natijasida uglerodli qoldiq hosil qiladi.

Apaydın Varol va Varol (2023) o‘z tadqiqotlarida kungaboqar chiqindisi va boshqa biomassalarning TGA-FTIR tahlili orqali ularning asosiy parchalanish bosqichlarini aniqlagan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 450–700 °C oralig‘ida gemitsellyuloza va sellyuloza parchalanishi asosiy massa yo‘qotish jarayoniga sabab bo‘ladi.

Mishra va hammualliflar (2023) kungaboqar poyasi va mayda donli o‘simliklar biomassasining piroliz kinetikasini taqqoslab, kungaboqar chiqindilarining parchalanish jarayoni uch bosqichda kechishini aniqlagan: namlikning bug‘lanishi, organik moddalarning parchalanishi va karbonlanish bosqichi.

Islamova va boshqalar (2023) esa kungaboqar chiqindilarining yonish jarayonini o‘rganib, ligninning yuqori haroratda sekin parchalanishi, ammo yuqori uglerod qoldig‘ini hosil qilishi haqida xulosa qilganlar. Bu esa kungaboqar qobig‘i asosida faol uglerod materiallarini olish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kluska va hammualliflar (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotda kungaboqar chiqindilarining karbonlanish jarayoni 400–900 °C oralig‘ida o‘rganilgan. Ular harorat ortishi bilan massa yo‘qotilish darajasi kamayib, materialning termik barqarorligi ortishini aniqlaganlar.

INMATEH Agricultural Engineering (2022) jamoasining ishlari esa kungaboqar qobig‘ining termik destruksiya jarayonida uchuvchi komponentlar roli va ularning yonish kinetikasini tahlil qilgan. Ularning xulosalariga ko‘ra, 700 °C dan yuqori haroratlarda parchalanish jarayoni muvozanat holatiga yaqinlashadi.

Ushbu adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kungaboqar qobig‘i biomassa sifatida yuqori uglerodli qoldiq beruvchi material bo‘lib, uning termik ishlov berish jarayonlari harorat va vaqt omillariga sezgir. Shuningdek, 400–900 °C oralig‘idagi

ISSN 3030-3907

haroratda olib borilgan piroliz jarayonlari massaning kamayishi, sirt tuzilmasining o‘zgarishi hamda funksional guruhlarning shakllanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

2. TADQIQOT METODOLOGIYASI

2.1 Xom ashyoni tayyorlash

Tadqiqotlarda xom ashyo sifatida mahalliy qishloq xo‘jaligi chiqindisi hisoblangan kungaboqar qobig‘i ishlatildi. Xom ashyo dastlab mexanik aralashmalardan tozalandi, so‘ngra 105 °C da 24 soat davomida SNOL markali laboratoriya quritish pechida quritilib, namlikdan tozalandi. Quritilgan namunalar maydalanib, bir xil zarracha o‘lchamini ta’minlash maqsadida 0,5 mm elakdan o‘tkazildi. Tayyorlangan namunalar keyingi termik va kimyoviy faollashtirish jarayonlarida ishlatildi.

2.2 *Termik faollantirish*

Tayyorlangan kungaboqar qobig‘i chiqindisidan har bitta namuna uchun 100 gr dan olindi. Namunalarni termik ishlov berish jarayoni quvirli piroliz uskunasida argon gazi yordamida 10°C/min tezlikda inert muhit yaratilib 400-900 ºC larda 1-5 soat davomida olib borildi (1-jadval). Termik ishlov berishdan so‘ng har bir kuydirlgan namunaning massasi o‘lchanib dastlabki massaga nisbatan massa o‘zgarishi hisoblandi. Olingan natijalarning termik ishlov berishda harorat va vaqtga bog‘liq ravishda tahlili o‘rganildi.

2.3 Kimyoviy faollashtirish

Kungaboqar qobig‘idan olingan ko‘mirni kimyoviy faollashtirish uchun 500 ºC da 1 soat davomida kuydirilgan namuna tanlab olindi. Ko‘mir uch xil (10,20,30) foizli KOH (kaliy gidroksid) eritmasi bilan 1:10 nisbatda aralashtirildi. Har bitta namuna uchun ko‘mir moddasidan 50 gr dan olindi. Aralashmani 12 soat davomida 110 ºC da SNOL 67/350 markali quritish pechida quritildi. Quritilgan namunani 800 ºC da 2 soat davomida argon gazi yordamida inert atmosferada kuydirildi. Kuydirilgan ko‘mir moddasini neytrallash uchun 50 ml suv quyilib pH metrda pH ko‘rsatgichi o‘lchanadi va 32% li 0,5 M li HCl kislotasidan byuretka yordamida neytral bo‘lguncha tomchilatib quyiladi. Neytrallangan ko‘mirlarni distillangan suv yordamida toliq tuzlardan tozalanguncha yuviladi.

2.4 Termik tahlili

Kungaboqar qobig‘ining termik barqarorligi va parchalanish bosqichlarini aniqlash uchun DTA (Differensial Termik Analiz) va TGA (Termogravimetrik Analiz) usullari qo‘llanildi. Jarayon STA 6000 (Simultaneous Thermal Analyzer) qurilmasida harorat oralig‘i: 0-1000 °C, qizdirish tezligi: 10°C/min, atmosfera: inert (Ar), gaz oqimi: 80 ml/min olib borildi. Analiz uchun 1,251 mg namuna olindi.

2.5 Infraqizil (FTIR) spektroskopik tahlil usuli

ISSN 3030-3907

Ko‘mir va kimyoviy faollashtirilgan ko‘mir namunalarining sirt tuzilishi va funksional guruhlarini aniqlash maqsadida infraqizil spektroskopiya (FTIR) tahlili o‘tkazildi. Tahlil Bruker Tensor markali Fourier-transform infraqizil spektrometri yordamida amalga oshirildi. Spektrlar 4000–500 cm^{-1} oralig‘ida, 4 cm^{-1} aniqlikda o‘lchandi. Olingan FTIR spektrlari yordamida namunadagi asosiy funksional guruhlar identifikatsiya qilindi. Cho‘qqilar intensivligi va joylashuviga qarab ko‘mir va kimyoviy faollashtirilgan ko‘mir orasidagi farqlar tahlil qilindi.

3. NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

3.1 Kungaboqar qobig‘ini termik faollashtirishning harorat va vaqtga bog‘liqligi

Kungaboqar qobig‘ini termik ishlov berish jarayoni piroliz uskunasida argon gazi yordamida inert muhit yaratilib 400-900 ºC larda 1-5 soat davomida olib borildi (1-jadval).

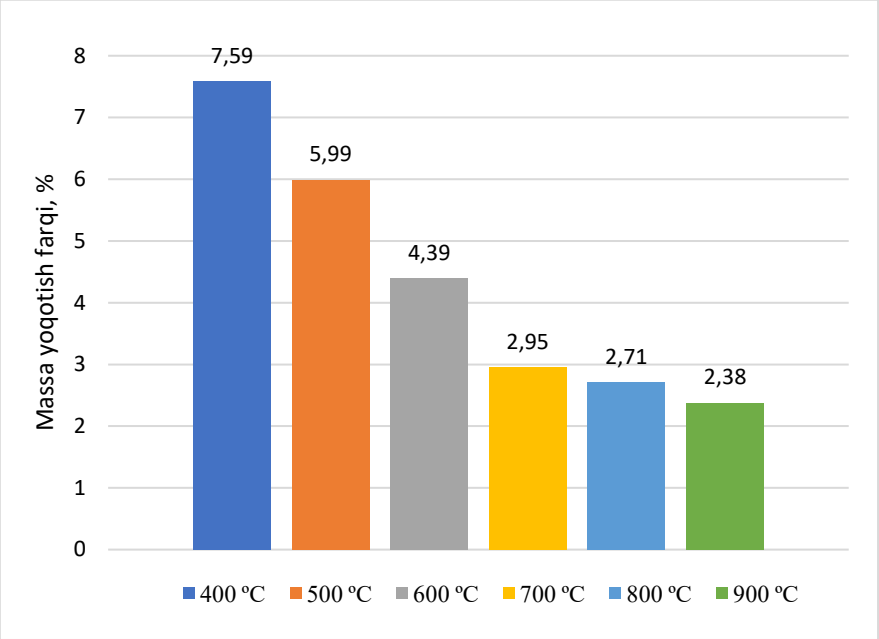
1-jadval.

Massa kamayishining harorat va ishlov berish davomiyligiga bog‘liq ravishda o‘zgarishi (%)

Davomiylik, soat	Harorat, °C					
	400	500	600	700	800	900
1	53,77	64,77	67,44	73,18	74,16	74,86
2	56,63	66,18	68,70	74,06	74,83	75,17
3	58,3	68,32	69,69	74,73	75,24	75,84
4	60,48	69,94	70,77	75,51	76,11	76,33
5	61,36	70,76	71,83	76,13	76,87	77,24

Yuqoridagi jadvalda keltirilgan 400ºC haroratda 1 soatdan 5 soatgacha termik ishlov berish davomiyligini oshirish massa yo'qotilishi qiymatini 53,77 dan 61,36% gacha orttirsa, 500 ºC da 64,77 dan 70,76% gacha, 600 ºC da 67,44 dan 71,83% gacha, 700 ºC da 73,18dan 76,13% gacha, 800 ºC da 74,16 dan 76,87% gacha va 900 ºC da 74,86 dan 77,24 % gacha orttiradi. Yuqori massa yoqotilishlar farqi 400-600 ºC da kuzatilib, 600-900 ºC larda nisbattan kamayib bordi. 450 ºC gacha bo‘lgan oraliqda bo‘lgan massa yoqotishlar kungaboqar qobig‘idagi namlikning bug‘lanishi, gemitsellyuloza va sellyuloza parchalanishi, shuningdek, ligninning boshlang‘ich parchalanishi hisobiga sodir bo‘ladi [1,2]. 450 °C–700 °C harorat oralig‘idagi massa yoqotilishlarda ikkinchi darajali parchalanish yoki karbonlanish jarayoni sodir bo‘lishi mumkin. Masalan, sellyuloza yoki ligninning qolgan qismlari parchalanishi mumkin. Bu jarayon odatda sekin kechadi va kuchli termik effekt kuzatilmaydi [3]. 700-900 °C oralig‘ida esa karbon qoldig‘ining yonishi yoki $CaCO_3$ parchalanishi, shuningdek, uglerodning CO_2 va H_2O bilan reaksiyalari yuz beradi [4,5]. 400 dan 900 °C gacha bo‘lgan haroratlarda 1-5 soat vaqt davomiyligida massa yoqotilishi farqi har bitta haroratdagi namunalar kesimida hisoblab chiqildi (1-rasm).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Haroratlar kesimidagi massa yoqotishlar farqi.

Yuqoridagi grafikdan ko‘rinib turibdiki, 400 °C da 1 soat davomida termik ishlov berilgan kungaboqar qobig‘ining massa yo‘qotilishi 53,77 % ni tashkil etgan bo‘lsa, 5 soat davomida bu ko‘rsatkich 61,36 % gacha oshgan. Shunday qilib, 1 soatdan 5 soatgacha bo‘lgan oraliqda massa yo‘qotilishdagi o‘zgarish 7,59 % ni tashkil etdi. Harorat oshishi bilan bu farq bosqichma-bosqich kamayib bordi: 500, 600, 700, 800 va 900 °C da mos ravishda 5,99 %, 4,39 %, 2,95 %, 2,71 % va 2,38 % ni tashkil etdi.

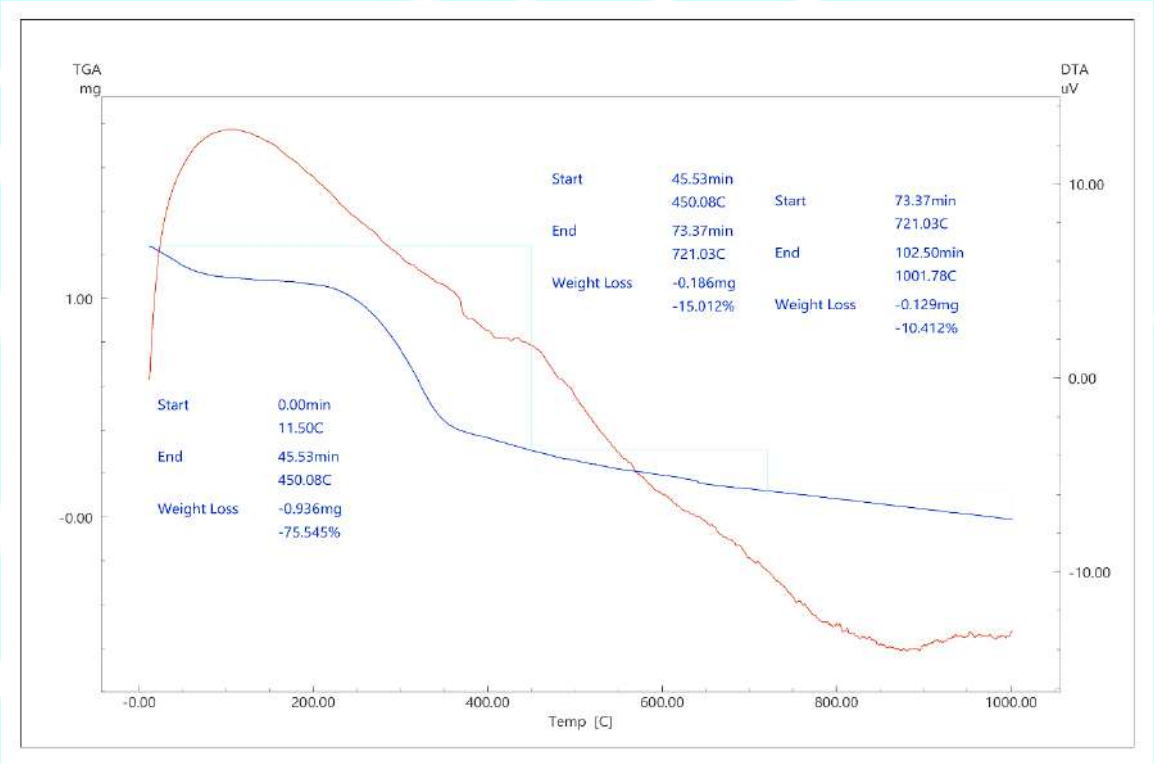
Natijalardan ko‘rinadiki, kungaboqar qobig‘ining termik parchalanishida vaqt omilining ta’siri past haroratlarda sezilarli darajada kuchli bo‘lib, harorat ortishi bilan bu ta‘sirning nisbiy ahamiyati kamayadi. Bu holat 400 °C da namlikning bug‘lanishi, gemitsellyuloza va sellyulozaning dastlabki parchalanishi jarayonlari ustunligini, yuqori haroratlarda esa uglerodlanish va inert muhitda karbonlashish jarayonlari ustun bo‘lishini ko‘rsatadi.

Shuningdek, 900 °C da eng past massa yo‘qotilish farqi qayd etilgani, yuqori haroratlarda asosiy uchuvchi komponentlar to‘liq chiqib ketgani va massa yo‘qotilish jarayoni deyarli muvozanat holatiga yaqinlashganini bildiradi. Demak, kungaboqar qobig‘ining termik ishlov berish jarayonida vaqt omili past haroratlarda muhim rol o‘ynasa-da, yuqori haroratlarda uning ta‘siri kamayib, jarayon asosan haroratning o‘ziga bog‘liq bo‘ladi.

3.2 Termik tahlil (TGT/DTT) natijalari

Kungaboqar qobig‘i namunasi ustida o‘tkazilgan differensial termik tahlil (DTT) va termogravimetrik tahlil (TGT) natijalari 2-rasmda keltirilgan. Ushbu termik tahlillar namunadagi issiqlik ta’sirida sodir bo‘ladigan fizik-kimyoviy o‘zgarishlarni baholash va uning termik barqarorligini aniqlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Kungaboqar qobig‘ining termogrammasi.

Termik parchalanish 3 bosqichda amalga oshgan (2-jadval).

2-jadval.

Kungaboqar qobig‘ining termik parchalanish bosqichlari

Bosqich	Harorat (°C)	Davomiylik (min)	Massaning kamayishi mg, (%)
1	11.5 °C – 450.08	0.00 – 45.53	–0.936, (75,545)
2	450.08 °C – 721.03	45.53 – 73.37	–0.186, (15,012)
3	721.03 °C – 1001.78	73.37 – 102.50	–0.129, (10,412)

1-bosqichda 11.5 °C - 450.08 °C harorat, davomiylik 0 dan 45.53 daqiqa oralig‘ida 75.545% massa yoqotildi. Bu bosqichda asosiy massa yo‘qotilishi kuzatildi. DTA chizig‘ida bu bosqichga mos keladigan endotermik hodisa (pastga cho‘qqi) mavjud – bu issiq yutilishini, ya'ni parchalanish jarayonini bildiradi.

2-bosqichda 450.08 °C - 721.03°C harorat, davomiylik 45.53 min - 73.37 daqiqa oralig‘ida 15.012% massa yoqotildi. DTAda sezilarli cho‘qqi yo‘q, bu jarayonning uncha kuchli termik effektga ega emasligini bildiradi.

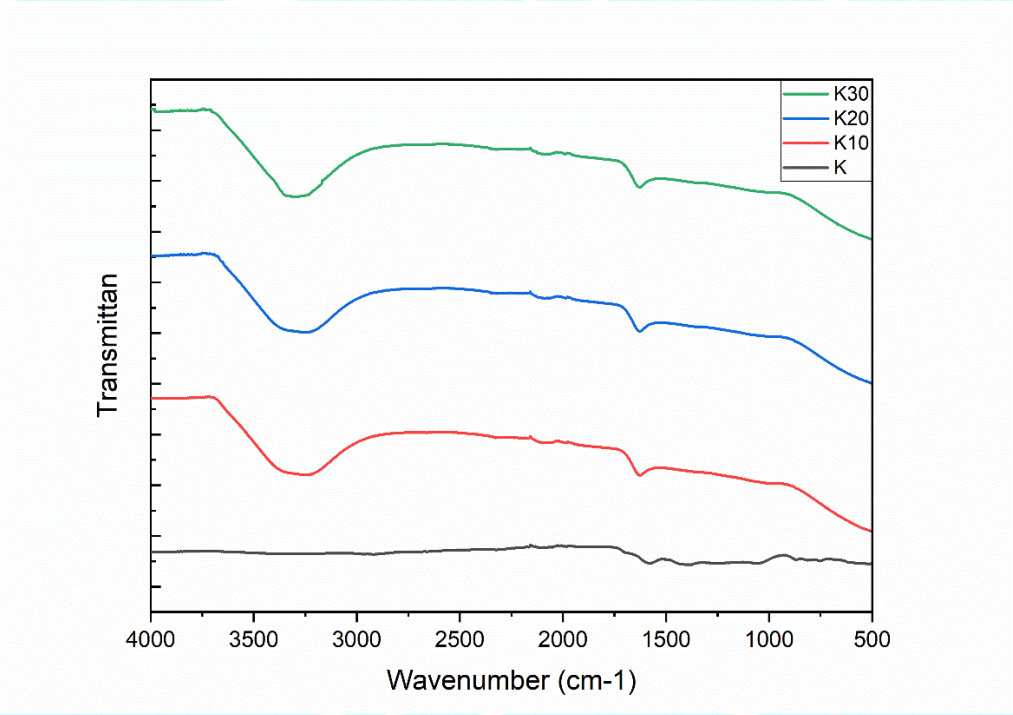
3-bosqichda 721.03 °C - 1001.78 °C harorat, davomiylik 73.37 min - 102.50 daqiqa oralig‘ida 10.412% massa yoqotildi. DTA chizig‘ida biroz ekzotermik cho‘qqi bor - bu yonish hodisasiga mos keladi.

3.3 Infraqizil (FTIQ) spektrasko‘pik tahlil.

Kungaboqar qobig‘idan olingan termik va KOH bilan kimyoviy faollashtirilgan namunalar sirtining funksional tarkibini aniqlash maqsadida FTIR tahlili o‘tkazildi (3-rasm). FTIR spektrlarida 4000–500 sm^{-1} diapazonda asosiy

ISSN 3030-3907

xarakterli cho‘qqilar kuzatildi. Termik faollashtirilgan namunaga (K) nisbatan KOH eritmasi bilan faollashtirilgan namunalar (K10, K20, K30) spektrlarida sezilarli o‘zgarishlar aniqlandi.



2-rasm. Olingan namunalarning IQ spektrlari

2-rasmda ifodalangan spektrlardan shuni ko‘rishimiz mumkinki, 3100–3400 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan keng va intensiv cho‘qqi (markazi ≈3300 sm^{-1}) gidroksil (–OH) guruhining valent tebranishlariga xos bo‘lib, u fenol –OH guruhlari hamda sirtga adsorbsiyalangan suv molekulalari bilan bog‘liqdir. KOH konsentratsiyasi ortishi bilan bu cho‘qqining intensivligi oshgani kuzatildi, bu esa sirt oksidlanish markazlari - gidroksil va karboksil guruhlarining ko‘payganini ko‘rsatadi. 1640 sm^{-1} atrofida joylashgan tor cho‘qqi karbonil (C=O) bog‘lanishiga xos bo‘lib, karboksil yoki o‘zaro bog‘langan karbonil guruhlarining valent tebranishlarini bildiradi. Ushbu cho‘qqi KOH bilan faollashtirilgan namunalar spektrida termik faollashtirilgan namunaga nisbatan ancha kuchli ko‘rinadi. Bu holat faollashtirish jarayonida sirt strukturasida kislorod saqlovchi funksional guruhlarning hosil bo‘lganidan dalolat beradi. FTIR spektrlari KOH eritmasining konsentratsiyasi ortgan sari (10 → 20 → 30%) uglerod sirtining funksionallashuvi kuchayganini ko‘rsatadi. Ya’ni, faollashtirish natijasida sirtning qutbliligi ortadi, gidroksil va karbonil guruhlar soni ko‘payadi va bu esa materialning adsorbsion xususiyatlarini yaxshilashga olib keladi.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida kungaboqar qobig‘ining termik parchalanish jarayoni, uning issiqlikka barqarorligi va faol uglerodli material olishdagi imkoniyatlari aniqlab berildi. Piroliz jarayonining 400–900 °C oralig‘ida olib borilishi natijasida xom ashyoning uchuvchi komponentlari bosqichma-

ISSN 3030-3907

bosqich chiqib ketgani va 700 °C dan yuqori haroratlarda parchalanish jarayoni muvozanat holatiga yaqinlashgani kuzatildi. Termik ishlov berish davomiyligi past haroratlarda sezilarli ta’sir ko‘rsatgan bo‘lsa, yuqori haroratlarda bu ta’sir nisbatan kamaygani jarayonning asosan haroratga bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Termogravimetrik (TGA/DTA) tahlillar kungaboqar qobig‘ining parchalanish bosqichlari, issiqlikka chidamliligi va uglerod qoldig‘ining hosil bo‘lish jarayonini aniq ko‘rsatdi. Infraqizil (FTIR) tahlil natijalari esa KOH bilan kimyoviy faollashtirilgan namunalar sirtida gidroksil va karbonil guruhlarining ko‘payganini aniqlab berdi. Bu holat sirtning qutbliligi ortganini va adsorbsion faollik yaxshilanganini bildiradi. KOH konsentratsiyasi ortgan sari sirt funksional guruhlari sonining ko‘payishi kuzatildi, bu esa faol uglerodning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yanada yaxshilaydi.

Umuman olganda, kungaboqar qobig‘i arzon, qayta tiklanuvchi va ekologik toza xom ashyo sifatida yuqori uglerodli material olish uchun istiqbolli manba ekanligi isbotlandi. Olingan natijalar biomassa asosida faol uglerod ishlab chiqish texnologiyalarini takomillashtirish hamda ularni suvni tozalash, gaz adsorbsiyasi va energiya saqlash tizimlarida qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Apaydın Varol, E., & Varol, H. A. (2023). TGA-FTIR Analysis of Biomass Samples Based on the Main Components: Olive Pomace, Sunflower Waste, Pinecone. Energies.
2. Mishra, A., et al. (2023). A comparative study on pyrolysis kinetics of little millet and sunflower stem biomass.
3. Islamova, S., et al. (2023). A Comprehensive Study on the Combustion of Sunflower Residues. MDPI – Agriculture. Kluska, J., et al. (2024). Characterization of Sunflower Waste Carbonization. Sustainability, 16(24).
4. The Role of Volatile Components in the Process of Thermal Destruction and Ignition of the Sunflower Husk Biomass. (2022). INMATEH – Agricultural Engineering.

ISSN 3030-3907

TUKLI CHIGITLAR HAVO QUVURI YORDAMIDA HARAKATINI NAZARIY TAHLILI

Abdixamidov Nurbek Ural o‘g‘li

Termiz davlat muxandislik va agrotexnologiyalar universiteti, o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada tukli chigitlarning havo oqimi yordamida quvur ichida harakatlanish jarayoni nazariy jihatdan tahlil qilinadi. Ishda chigitlarning aerodinamik xususiyatlari, ularning shakli, massasi va havo oqimining tezligi bilan bog‘liq o‘zgaruvchilar o‘rganilgan. Havo quvurida chigitlarning ko‘tarilish, siljish va ajralish jarayonlariga ta’sir etuvchi asosiy omillar - oqim tezligi, quvur diametri, havo bosimi va zarralar o‘zaro ta’siri matematik model asosida tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari tukli chigitlarni pnevmatik tashish tizimlarida samaradorlikni oshirish, energiya sarfini kamaytirish va texnologik jarayonni optimallashtirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: tukli chigit, havo oqimi, pnevmatik transport, aerodinamika, quvur.

Аннотация. В данной статье проведён теоретический анализ процесса движения пушистых хлопковых семян внутри воздухопровода под воздействием воздушного потока. В работе исследованы аэродинамические свойства семян, их форма, масса и переменные, связанные со скоростью воздушного потока. Основные факторы, влияющие на подъём, перемещение и разделение семян в воздухопроводе — скорость потока, диаметр трубы, давление воздуха и взаимодействие частиц — проанализированы на основе математической модели. Результаты исследования позволяют повысить эффективность пневмотранспортных систем для перемещения пушистых семян, снизить энергозатраты и оптимизировать технологический процесс.

Ключевые слова: пушистое хлопковое семя, воздушный поток, пневмотранспорт, аэродинамика, трубопровод.

Annotation. This article presents a theoretical analysis of the motion of fuzzy cotton seeds inside an air duct under the influence of an air stream. The study investigates the aerodynamic properties of the seeds, their shape, mass, and variables associated with air flow velocity. The main factors affecting the lifting, movement, and separation of seeds in the air duct-air velocity, pipe diameter, air pressure, and particle interactions-are analyzed based on a mathematical model. The research results make it possible to increase the efficiency of pneumatic transport systems for conveying fuzzy cotton seeds, reduce energy consumption, and optimize the technological process.

Key words: fuzzy cotton seed, air flow, pneumatic transport, aerodynamics, pipeline.

Kirish

ISSN 3030-3907

Saralash jarayonlari bo‘yicha ilmiy izlanishlar XX asr boshlaridan boshlangan bo‘lib, chigit saralashning muhimligini asoslash M.M.Bushuyev tomonidan birinchi marotaba o‘rganilgan. Olib borilgan tajribalar asosida chigitni fraksiyalarga ajratish, paxta hosildorligining ko‘payishiga sabab bo‘ladi, degan xulosaga kelingan. Chigit ko‘rinishi va o‘lchamlari bo‘yicha har xilligi uchun, urug‘likni tanlashda ularning eng ko‘p hosildorlik belgilarini aniqlash kerak, degan xulosa qilingan.

Chigitlarning har xil navlari bilan A.I Shleyxer tajribalar o‘tkazib, ularning solishtirma massasi bo‘yicha saralash mumkinligini o‘rgandi. Keyingi tajribalar bunday saralashning o‘zi kamligi va oldin solishtirma massasi, keyin o‘lchamlari bo‘yicha ham saralash kerakligini asosladi. Bu esa urug‘lik materialining eng sifatlisini ajratish imkoniyatini beradi.

Ko’rilgan ishda esa urug‘lik chigitlarning formasi, o‘lchamlari, solishtirma massasi va yakka massalarini o‘rganish asosida chigitning solishtirma massasi bo‘yicha saralash olib borilishi kerak, degan xulosaga keldi. Solishtirma massasi bo‘yicha saralangan chigitlardan olingan paxta hosildorligiga 1,0-4,9 s/ga, ya’ni 16% ga qo‘shilishi ko‘rindi.

L.F. Koloyarovning saralash bo‘yicha ko‘p yillik o‘tkazilgan tajribalaridan katta va o‘rta fraksiyali, ya’ni chigitning eni 4,8-5,6 mm va 4,4 mm dan katta, qalinligi esa 4,2-4,4 mm va 4,4 mm dan katta bo‘ladi deb tavsiya berilgan.

Chigitlarning yuqorida keltirilgan o‘chamli fraksiyalaridan olingan hosil, nazorat chigitidan olingan hosilga nisbatan 8,5 % ga ko‘paygan.

N.A. Maysuryan esa chigitlarning solishtirma massasi bo‘yicha saralashning uch yillik tajribalaridan, nazorat chigitiga nisbatan hosildorlikka 15 %, tozalanmagan chigitga nisbatan esa 36 % gacha qo‘shilganligi ko‘rildi.

Bundan tashqari, ko‘chatlarning o‘sish fazalarida ham o‘zgarishlar borligi aniqlandi.

Ilmiy izlanishlar natijasida saralashning maqsadga muvofiqligi aniqlangan. Lekin tukli chigitlarning fizik mexanik xususiyatlari, ularning biologik ko‘rsatkichlarini to‘liqligicha tasvirlamaydi. Chigitlarning asosiy fizik-mexanik xususiyatlariga quyidagilar kiradi:

-o‘lchami;

-absolyut massasi;

-solishtirma massasi.

Hozirgi kunda chigitlarini saralash, kalibrlash ishlari mexanik va pnevmatik usullarda olib borilmoqda. Chigitlarning zichlik, uchuvchanlik, yadro to‘liqligi, geometrik o‘lchamlari, dielektrik ko‘rsatkichi kabi parametrlari mavjud.

Bu parametrlar o‘zaro bog‘liq bo‘lib, saralashning samaradorligida katta ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Saralash usullari va mashinalarini o‘rganish asosida ularning to‘liq klassifikatsiyasi ishlab chiqilgan [18; 26-33-b].

Ushbu klassifikatsiya asosida har bir saralash usulining va uskunalarning ishlash prinsiplari, afzallik va kamchiliklari asoslangan va tukli chigitlarni solishtirma massasi bo‘yicha havo yordamida saralashning ustunligi ko‘rsatib berilgan.

Tukli chigit tarkibida har xil aralashmalar (mayda puch chigitlar, tosh, cho‘p va yengil aralashmalar) kabi og‘irligi har xil mahsulotlar bo‘lganligi sababli va chigitlarning tuklilik darajasiga muvofiq ularning uchish tezliklari ham o‘zgaradi, bu esa chigitlarni saralashda muhim omil hisoblanadi S.To‘xtaboyev ishida chigitlarni uchish tezliklarini chigitlarning tuklilik darajasi bo‘yicha aniqlagan (1-jadval).

1-jadval

Fraksiyalarning uchish tezligini aniqlash bo‘yicha tajriba natijalari

№	Chigit tukdorligi, %	Mikromonometr ko‘rsatkichi	Pv-tezlik bosimi, mm.suv.us.	Uchish tezligi, m/sek
1	0,2	29,0	5,8	9,73
2	0,4	27,0	5,4	9,39
3	0,6	25,5	5,1	9,12
4	0,8	25,0	5,0	9,03
5	1,0	24,0	4,8	8,85
6	1,3	22,0	4,4	8,43
7	1,5	19,5	3,9	7,98
8	1,6	19,0	3,8	7,87
9	2,7	18,0	3,6	7,66
10	3,4	17,0	3,4	7,45
11	4,0	15,0	3,0	7,0
12	5,3	13,0	2,6	6,51
13	7,0	11,0	2,0	5,99
14	9,0	9,0	1,8	5,42
15	11,5	7,01	1,4	4,78

Chigit tarkibidagi mineral moddalarning uchish tezligini aniqlash bo‘yicha har xil og‘irlikdagi toshlar bilan tajribalar o‘tkazilgan (2-jadval).

ISSN 3030-3907

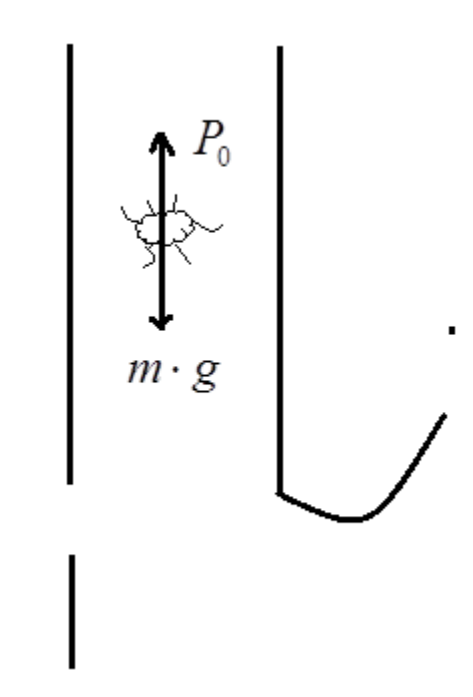
2-jadval

Og‘ir iflos aralashmalarning uchish tezligi

№	Toshlar og‘irligi, gr.	Mikromonometr ko‘rsatkichlari	Pv-tezlik bosimi, mm.suv.us.	Uchish tezligi, m/sek.
1	0,77	115,0	23,0	19,37
2	0,99	126,0	25,2	20,28
3	1,61	135,0	27,0	20,99
4	2,11	139,0	27,8	21,30

Yuqorida o‘tkazilgan tajriba natijalaridan pnevmatik saralash mashinalarining havo quvurlari o‘lchamlarini aniqlashda foydalanish mumkin.

Chigitlar havo kanalida uzatishdagi harakatini quyidagi shartlar asosida tahlili keltirilgan, bunda chigitlarga ta’sir qiluvchi havo oqimining aerodinamik kuchi hamda chigitlarning og‘irlik kuchi natijasidagi harakati keltirilgan.



1-rasm. Chigit oqimini havo quvuri orqali rostlovchi taroqqa uzatish sxemasi

P_0 – havo oqimining aerodinamik qaytaruvchi kuchi;

mg – chigitning og‘irlik kuchi;

$mg > P_0$ bu holda

Shigitlarning o‘z og‘irlik kuchi, aerodinamik kuchi, bosim kuchi ta’siridagi harakat differensial tenglamalarini tuzamiz.

$m\ddot{x} = mg - P_0$ bu differensial tenglamani vaqt bo‘yicha integrallaymiz, bu holatda rostlovchi taroqqa uzatilishini tashqi kuchlar ta’sirida tenglamasini aniqlaymiz. $m\ddot{x} = mg - cv^2$; $v = \dot{x} = p$

ISSN 3030-3907

$$m\ddot{x} + c\dot{x}^2 = mg \ (1)$$

(1) bir jinsli bo‘lmagan differansial tenglamani har ikkala tomonini massasiga bo‘lamiz.

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}\dot{x}^2 = g \ (2)$$

(2) differensial tenglamaning yechimida quydagi belgilashlarni kiritamiz.

$\dot{x} = p$, $\ddot{x} = \dot{p} \cdot p$, $\dot{p} = \frac{dp}{dt}$ kiritilgan belgilashlarini (2) differensial tenglamaga qo‘yamiz.

$$\dot{p}p + \frac{c}{m}p^2 = g$$

$$p \cdot \frac{dp}{dt} = g - \frac{c}{m}p^2$$

$$\int \frac{p}{g - \frac{c}{m}p^2} \cdot dp = \int dt \qquad (3)$$

(3) tenglikni har ikkala tomoniga integrallab chigitlarni saralashda uzatilayotgan traektoriya tenglamasini hosil qilamiz.

$$-\frac{m}{2c}\ln\left|g - \frac{c}{m}p^2\right| = t + \ln c_1$$

bundan

$$p^2 = \frac{mg}{c} - \frac{m}{c \cdot c_1^{\frac{2c}{m}} l^{\frac{2c}{m} \cdot t}} \ (4)$$

(4) tenglamasiga yuqoridagi belgilashni qo‘yib *OX* o‘qi bo‘yicha chigitlar harakatini ifodalaymiz.

$$\dot{x}^2 = \frac{m \cdot g}{c} - \frac{m}{c \cdot c_1^{\frac{2 \cdot c}{m}} \cdot l^{\frac{2 \cdot c \cdot t}{m}}}$$

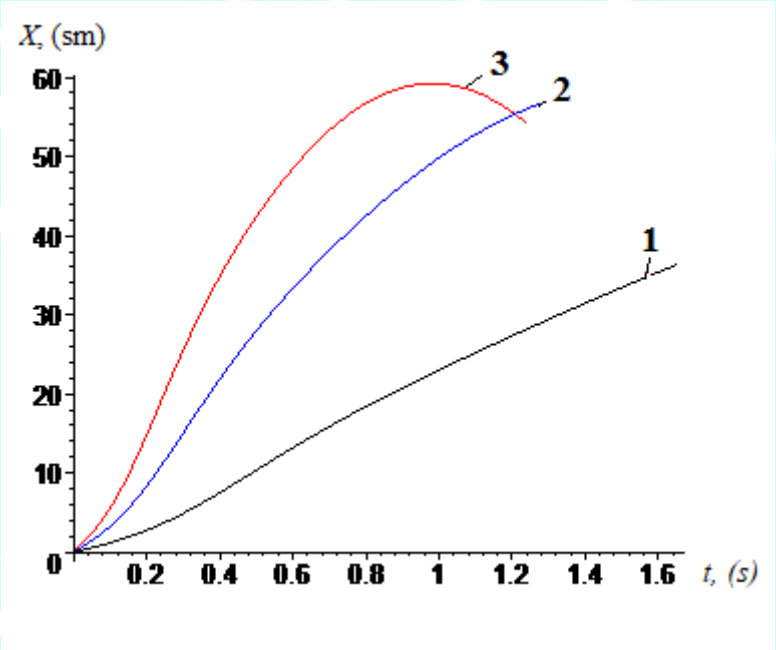
$$\dot{x} = \sqrt{\frac{mg}{c} - \frac{m}{c \cdot c_1^{\frac{2c}{m}} l^{\frac{2c}{m} \cdot t}}} \ (5)$$

(5) ifodani vaqt bo‘yicha yana bir bor integrallaymiz.

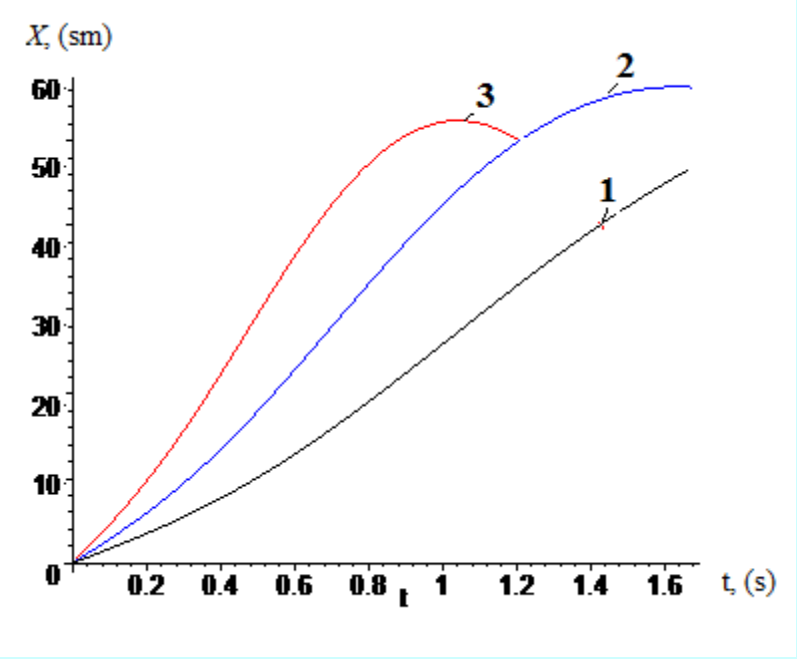
$$x = -\frac{m\sqrt{m(g - \frac{l^{-\frac{2ct}{m}}}{c_1})}(\sqrt{1 - c_1 \cdot g \cdot l^{\frac{2ct}{m}}} + \sqrt{c_1 \cdot g} \cdot l^{\frac{ct}{m}})}{c\sqrt{1 - c_1 \cdot g \cdot l^{\frac{2ct}{m}}} \cdot \sin(\sqrt{c_1 \cdot g} \cdot l^{\frac{ct}{m}})} \ (6)$$

(6) ifoda chigitlarning havo quvuridagi harakatini uning massasiga, qarshilik koeffitsientiga, erkin tushish tezlanishiga bog‘liqligi tenglamasini aniqlanadi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Chigit to‘plamlarini OX o‘qi bo‘yicha rostlovchi taroqqa uzatishda massalarini turli xil $m_1 = 2{,}5\,gr;\ m_2 = 2\,gr;\ m_3 = 1{,}5\,gr;$ qiymatlarida vaqtga bog‘liq grafigi.



3-rasm. Chigitlarni OX o‘qi bo‘yicha rostlovchi taroqqa uzatishda havo tezliklarining turli xil $v_1 = 5\,m/s;\ v_2 = 7\,m/s;\ v_3 = 9\,m/s;$ qiymatlarida vaqtga bog‘liq grafigi.

Chigitlarni havo quvuri yordamida rostlovchi taroqqa uzatishda havo tezligiga va chigitning massasiga bog‘liqlik ifodasidan foydalanib, grafiklarda tahlillari keltirilgan. Rostlovchi taroqqa uzatishda chigit to‘plam massasining $m_2 = 2\,gr;$ qiymatida havo tezligining $v_2 = 7\,m/s;$ qiymatida chigitlarni rostlovchi taroq uzatishda grafiklarda ko‘rishimiz mumkin.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. http://tekhnosfera.com/sovershenstvovanie-pnevmaticheskogo-sortirovschika-opushennyh-posevnyh-semyan-hlopchatnika-v-vertikalnom-vozdushnom-potok.
2. Шлейхер А.И “Опыты по сортировке посевных семян хлопчатника” “Хлопководство” 1958 г., №5.
3. “Mamlakatimiz va xorijdan keltirilgan tozalash, saralash, kalibrlash va dorilash uskunalarini qo‘llab, sexlar loyihalari uchun texnik talablarni tayyorlash, tukli va tuksizlantirilgan urug‘lik chigit tayyorlash uchun texnologik reglamentini ishlab chiqib, tadbiq etish (2005 yilda 13 dona sex va 2006 yilda 18 dona sex)”. № 050901 Ilmiy-tadqiqot ishi bo‘yicha yakuniy hisobot, “Paxtasanoat ilmiy markazi” AJ, 2006 y.-130 v.
4. Колояров Л.Ф., Ташланов А.К. “К вопросу сортирования семян хлопчатника”, “Хлопководство” 1958 г., №4.
5. А.Джураев. Динамика рабочих механизмов Хлопко перерабатывающих машин. Монография. Изд. «Фан». Ташкент, 2018. с.168.
6. Parpiyev A. P. et al. Tozalash jarayonida arrali seksiyalardan ajralib chiqqan chiqindi ulushlarini baholash natijalari taxlili //O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. ISSN. – 2010. – Т. 6262. – №. 1. – С. 2022.
7. Каршиев Б.Э., Исматов С.С. Равномерность сушки компонентов хлопка-сырца //Экономика и социум. – 2023. – №. 9 (112). – С. 485-489.
8. Парпиев А. П., Каршиев Б. Э. Равномерность сушки компонентов хлопка-сырца //Universum: технические науки. – 2022. – №. 9-2 (102). – С. 51-54.
9. Каршиев Б. Э. и др. Пахтани тозалашга тайёрлаш технологиясининг таҳлили //RESULTS OF NATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH. – 2022. – Т. 1. – №. 6.

ISSN 3030-3907

PARALLEL VA ASINXRON HISOBLASH ASOSIDA NEYRO-TAQSIMLANGAN KOGNITIV ADAPTIV OPTIMALLASHTIRISH MODELI

Choriyev O‘rinjon Bayramali o‘g‘li
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, katta o‘qituvchi
E-mail: chorievu95@mail.ru
Boysariyev Yusuf Jo‘raqobilovich
Robbit akademiyasi, [2]o‘qituvchi

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda neyro-taqsimlangan chuqur o‘rganish tizimlari uchun kognitiv adaptiv asinxron optimallashtirish modeli taklif etiladi. Modelning asosiy maqsadi — parallel va asinxron hisoblash yondashuvlarining afzalliklarini birlashtirib, konvergensiya tezligi, barqarorlik hamda energiyadan foydalanish samaradorligini oshirishdir. Taklif etilgan yondashuv inson miyasining o‘z-o‘zini boshqarish tamoyillariga asoslangan bo‘lib, o‘rganish tezligini η parametr orqali gradient normasi, yo‘qotish funksiyasi dinamikasi va kechikish (staleness) darajasiga nisbatan kognitiv tarzda moslashtiradi. Matematik asos sifatida Lyapunov barqarorlik nazariyasi qo‘llanilib, modelning eksponensial konvergensiyasi isbotlangan. Amaliy tajribalar MNIST, CIFAR-10 va CIFAR-100 ma’lumotlar to‘plamlarida PyTorch muhitida o‘tkazildi. Natijalarga ko‘ra, kognitiv adaptiv model o‘qitish vaqtini 20–25 % gacha qisqartirib, aniqlikni 99.1 % gacha oshirgan va energiyadan foydalanish samaradorligini (Perf/Watt) 1.5 barobar yaxshilagan. Shuningdek, model kechikkan gradientlar ta’sirini (staleness) kognitiv kompensatsiya mexanizmi orqali kamaytirib, asinxron muhitdagi konvergensiya tebranishlarini silliqlash imkonini berdi. Olingan natijalar kognitiv adaptiv yondashuvning neyro-taqsimlangan tizimlar uchun optimal vaqt–aniqlik–energiyaviy balansni ta’minlash qobiliyatini isbotlaydi. Tadqiqot natijalari kelajakda federativ o‘qitish, bulutli hisoblash klasterlari, aqlli raqamli egizaklar va energiya samarador sun’iy intellekt arxitekturalarini yaratishda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan yangi ilmiy yo‘nalishni shakllantiradi.

Kalit so‘zlar: Kognitiv adaptiv optimallashtirish, asinxron va parallel o‘qitish, neyro-taqsimlangan chuqur o‘rganish, Lyapunov barqarorlik nazariyasi, konvergensiya tahlili, energiya samarador sun’iy intellekt tizimlari, federativ o‘qitish, raqamli egizak tizimlari, kognitiv boshqaruv, adaptiv o‘rganish tezligi dinamikasi.

Abstract: This paper presents a Cognitive Adaptive Asynchronous Optimization (CAAO) model for distributed deep learning systems. The proposed approach integrates the advantages of parallel and asynchronous training paradigms to enhance convergence speed, stability, and energy efficiency in large-scale neural network training. Inspired by cognitive self-regulation mechanisms of the human

ISSN 3030-3907

brain, the model dynamically adjusts the learning rate parameter η based on the gradient norm, loss function variation, and staleness delay during training. A Lyapunov-based theoretical framework is developed to guarantee the model's exponential convergence and stability under asynchronous updates. Experimental validation was performed using MNIST, CIFAR-10, and CIFAR-100 datasets within the PyTorch environment. The results demonstrate that the proposed model reduces training time by 20–25%, improves accuracy up to 99.1%, and increases energy efficiency (Perf/Watt) by 1.5× compared to conventional synchronous and asynchronous approaches. Moreover, the cognitive control mechanism effectively compensates for staleness, smooths gradient oscillations, and ensures stable convergence in distributed environments. The findings confirm that the CAAO model achieves an optimal balance between speed, accuracy, and energy utilization, making it a promising solution for federated learning, cloud-based AI clusters, digital twin systems, and energy-efficient intelligent architectures. This study contributes to establishing a novel research direction that bridges cognitive control theory and distributed deep learning optimization.

Keywords: cognitive adaptive optimization; asynchronous and parallel training; distributed deep learning; Lyapunov stability theory; convergence analysis; energy-efficient artificial intelligence systems; federated learning; digital twin systems; cognitive control; adaptive learning rate dynamics.

Аннотация: В этом исследовании предлагается модель когнитивной адаптивной асинхронной оптимизации для нейрораспределенных систем глубокого обучения. Основная цель модели-повысить скорость конвергенции, стабильность и эффективность использования энергии за счет сочетания преимуществ параллельных и асинхронных вычислительных подходов. Предложенный подход основан на принципах самоконтроля человеческого мозга, которые когнитивно адаптируют скорость обучения через параметр к норме градиента, динамике функции потерь и уровню задержки (стагнации). В качестве математической основы была использована теория устойчивости Ляпунова, доказана экспоненциальная сходимость модели.редложенный подход основан на принципах самоконтроля человеческого мозга, которые когнитивно адаптируют скорость обучения через параметр к норме градиента, динамике функции потерь и уровню задержки (стагнации). В качестве математической основы была использована теория устойчивости Ляпунова, доказана экспоненциальная сходимость модели. Практические эксперименты проводились в средах PyTorch на наборах данных MNIST, CIFAR-10 и CIFAR-100. Согласно результатам, когнитивно-адаптивная модель сократила время обучения на 20-25%, повысила точность до 99.1% и улучшила эффективность использования

ISSN 3030-3907

энергии (perf/WATT) в 1.5 раза. Модель также позволила сгладить колебания конвергенции в асинхронной среде, уменьшив влияние запаздывающих градиентов (стагнации) с помощью механизма когнитивной компенсации.огласно результатам, когнитивно-адаптивная модель сократила время обучения на 20-25%, повысила точность до 99.1% и улучшила эффективность использования энергии (perf/WATT) в 1.5 раза. Модель также позволила сгладить колебания конвергенции в асинхронной среде, уменьшив влияние запаздывающих градиентов (стагнации) с помощью механизма когнитивной компенсации. Полученные результаты доказывают способность когнитивно-адаптивного подхода обеспечивать оптимальный баланс времени, точности и энергии для нейрораспределенных систем. Результаты исследования сформируют новое научное направление, которое в будущем может быть применено при создании федеральных учебных заведений, кластеров облачных вычислений, интеллектуальных цифровых двойников и энергоэффективных архитектур искусственного интеллекта.Результаты исследования сформируют новое научное направление, которое в будущем может быть применено при создании федеральных учебных заведений, кластеров облачных вычислений, интеллектуальных цифровых двойников и энергоэффективных архитектур искусственного интеллекта.

Ключевые слова: когнитивная адаптивная оптимизация, асинхронное и парал

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt (SI) va chuqur o‘rganish (Deep Learning) texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash, ulardan mantiqiy xulosa chiqarish hamda real vaqt rejimida qaror qabul qilish tizimlariga bo‘lgan ehtiyoj keskin ortdi. Neyron tarmoqlarga asoslangan modellar hozirda tasvirni aniqlash, tabiiy tilni qayta ishlash, ovozni tanish, biotibbiy diagnostika, moliyaviy prognozlash va sanoat jarayonlarini avtomatlashtirish kabi ko‘p o‘lchovli, nochiziqli hamda murakkab muhitlarda yuqori aniqlikka ega natijalar bermoqda.[1,2] Biroq, bunday modellarning o‘qitilishi ko‘pincha hisoblash resurslari katta, vaqt jihatdan uzoq va energiya sarfi yuqori jarayonni talab qiladi. Ayniqsa, katta o‘lchamli neyron arxitekturalarni (transformer, CNN, RNN) o‘qitish jarayonida sinxron hisoblash kechikishlari va xotira o‘tkazuvchanligi chegaralari modelning umumiy samaradorligini cheklaydi. Shu sababli, parallel va asinxron hisoblash arxitekturalari zamonaviy sun’iy intellekt tizimlarining ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Parallel hisoblash turli protsessorlar yoki grafik tezlatkichlar (GPU/TPU) o‘rtasida hisoblash vazifalarini taqsimlash orqali o‘qitish jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi. Asinxron hisoblash esa tugunlar o‘rtasidagi ma’lumot almashinuvi va sinxronizatsiya kechikishlarini kamaytiradi, bu esa global konvergentsiya tezligini oshirish va resurslardan optimal foydalanish imkonini beradi.[3-5] Mazkur maqolada neyro-

ISSN 3030-3907

taqsimlangan kognitiv adaptiv optimallashtirish modeli (NKAO) asosida parallel va asinxron tarzda neyron tarmoqlarni o‘qitishning yangi mexanizmi taklif etiladi. Ushbu yondashuv kognitiv o‘zini-o‘zi boshqaruvchi tizimlar nazariyasi, parallel hisoblash paradigmasi va adaptiv optimallashtirish tamoyillariga tayanadi. Tadqiqot quyidagi ilmiy yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi:

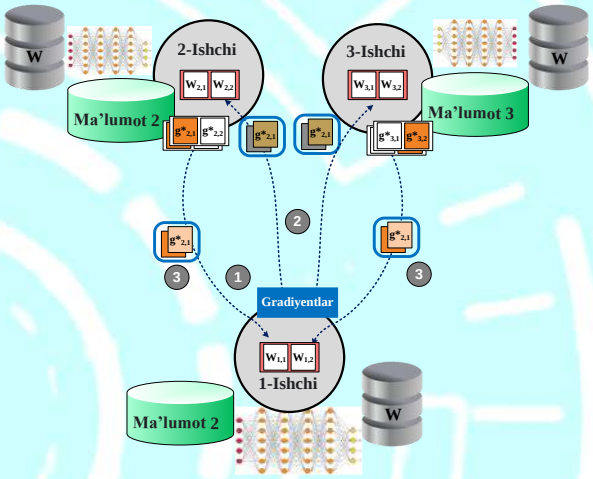
1. Neyro-taqsimlangan yondashuv asosida o‘qitish jarayoni mustaqil bloklarga bo‘linadi va ularning har biri alohida hisoblash tugunlarida bajariladi; natijada o‘qitish jarayoni massiv-parallel tarzda tezlashadi.
2. Kognitiv adaptiv optimallashtirish orqali har bir tugun o‘z holatini kuzatib, o‘zgaruvchan jarayonlarga mos ravishda o‘rganish strategiyasini dinamik yangilaydi, bu esa modelning moslashuvchanligini oshiradi.
3. Parallel–asinxron integratsiyasi o‘qitish tezligini oshiradi, hisoblash resurslaridan foydalanishni muvozanatlashtiradi va konvergentsiya barqarorligini ta’minlaydi.

Shuningdek, maqolada ishlab chiqilgan modelning doimiy ishlash zarurati bo‘lgan real tizimlarga (masalan, raqamli egizaklar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, aqlli sensor tarmoqlar) qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Eksperimental qismda Python muhitida ishlab chiqilgan sinovlar natijasi asosida tahliliy grafiklar keltirilib, hisoblash tezligi, konvergentsiya aniqligi va resurslardan foydalanish samaradorligi baholanadi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan parallel–asinxron neyro-taqsimlangan yondashuv nafaqat hisoblash jarayonining tezligini oshiradi, balki adaptiv boshqaruv, kognitiv barqarorlik va optimallashtirish aniqligini ham sezilarli darajada yaxshilaydi. 1-rasmda taqsimlangan neyron tarmoq o‘qitish jarayonida gradient almashinuvi jarayoni tasvirlangan. Bu jarayon zamonaviy “taqsimlangan chuqur o‘rganish” texnologiyalarining mohiyatini ifodalaydi. So‘nggi yillarda bu yo‘nalish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar, asosan, neyron tarmoqlarni o‘qitishda hisoblash resurslaridan samarali foydalanish, ma’lumot almashish jarayonlarini tezlashtirish va o‘qitish samaradorligini oshirishga qaratilgan. Dastlabki yillarda chuqur o‘rganish modellarini o‘qitish markazlashgan serverlarda amalga oshirilgan. Biroq ma’lumot hajmining ortishi bilan bu yondashuvning kamchiliklari yaqqol namoyon bo‘ldi — xotira hajmining chegaralanganligi, tarmoq orqali ma’lumot uzatishdagi kechikishlar va hisoblash yuklamasining notekis taqsimlanishi o‘qitish tezligini pasaytirdi. Shu sababli, ilmiy jamoalarda taqsimlangan o‘qitish texnologiyalariga qiziqish kuchaydi.

TensorFlow, PyTorch va JAX kabi mashhur chuqur o‘rganish kutubxonalari bugungi kunda turli miqyoslarda parallel va taqsimlangan hisoblashni qo‘llab-quvvatlaydi. Ayniqsa, Uber kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan Horovod platformasi bu borada sezilarli yutuqlarga erishdi. Ushbu tizim ring-allreduce algoritmiga asoslanib, gradientlarni hisoblash tugunlari o‘rtasida halqasimon tarzda uzatadi. Natijada, markaziy serverga bo‘lgan ehtiyoj kamayadi va sinxronizatsiya jarayonida kechikishlar minimallashtiriladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm: Taqsimlangan neyron tarmoq o‘qitish jarayonida gradient almashinuvi

Bundan tashqari, NVIDIA NCCL (Collective Communications Library) texnologiyasi GPU klasterlari o‘rtasidagi ma’lumot almashish samaradorligini oshirib, yirik miqyosli tarmoqlarda o‘qitish tezligini sezilarli ravishda yaxshilaydi. Neyron tarmoqlarni samarali o‘qitish uchun tanlangan optimallashtirish algoritmi markaziy ahamiyatga ega. Klassik gradient pasayishi (SGD) algoritmi oddiy va ishonchli bo‘lsa-da, murakkab va noaniq jarayonlarda u ko‘pincha sekin konvergensiya va lokal minimumlarda tiqilib qolish muammosiga duch keladi. Shu bois, so‘nggi yillarda Adam, RMSProp, AdaGrad, AdaDelta va LAMB kabi adaptiv optimallashtirish algoritmlari keng qo‘llanilmoqda. Ular gradientlarning o‘zgaruvchan xususiyatlariga moslashib, o‘qitish tezligini oshiradi hamda konvergentsiyani barqarorlashtiradi.[9-10] Masalan, Adam algoritmi momentum va o‘zgaruvchan o‘rganish tezligini birlashtirgan bo‘lib, chuqur neyron tarmoqlarni o‘qitishda yuqori aniqlikka erishishni ta’minlaydi. LAMB esa yirik transformator modellarini parallel muhitda samarali o‘qitish imkonini beradi.

Taqsimlangan hisoblash muhitida asinxron o‘qitish usuli alohida ahamiyat kasb etadi. Bu yondashuvda har bir hisoblash tuguni sinxronlashni kutmasdan, o‘zining natijalarini mustaqil tarzda yangilaydi. Natijada tizim umumiy ishlash vaqtini qisqartiradi, hisoblash resurslaridan to‘liq foydalanadi va tarmoqdagi kechikishlarni kamaytiradi. Asinxron optimallashtirish sohasida Hogwild algoritmi muhim burilish yasadi — u umumiy xotiraga ega ko‘p yadroli tizimlarda cheklovlarsiz parallel o‘qitish imkonini berdi. Keyinchalik A3C (Asynchronous Advantage Actor-Critic) modeli bu g‘oyani mustahkamlangan o‘rganish sohasiga olib kirdi. Ushbu modelda bir nechta agentlar bir vaqtning o‘zida o‘qitiladi va ularning har biri o‘z natijasini mustaqil tarzda yangilaydi. Natijada tizim real vaqt rejimida murakkab qarorlarni tezroq va barqaror qabul qila oladi.[11-12] Zamonaviy tadqiqotlar taqsimlangan chuqur o‘rganish jarayonini yanada takomillashtirishga qaratilgan bir qator yangi yo‘nalishlarni shakllantirdi. Shular jumlasiga federativ o‘qitish, gradientlarni kvantlashtirish va siqish texnologiyalari, neyromorfik hisoblash, hamda kognitiv adaptiv optimallashtirish kiradi. Federativ

ISSN 3030-3907

o‘qitish yondashuvi ma’lumotlarni markazlashtirmasdan, foydalanuvchi qurilmalarida lokal tarzda o‘qitish imkonini beradi. Bu yondashuv maxfiylikni saqlash, tarmoq yuklamasini kamaytirish va ma’lumot xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Gradientlarni kvantlashtirish va siqish texnologiyalari esa tarmoqdagi ma’lumot uzatish hajmini kamaytirib, aloqa samaradorligini oshiradi. Bu yondashuv ayniqsa yirik GPU klasterlarida o‘qitish vaqtini qisqartirishda muhim rol o‘ynaydi.[6,7,15] Neyromorfik hisoblash texnologiyasi biologik neyron tizimlariga o‘xshash arxitekturalarga tayanadi. Intel Loihi va IBM TrueNorth tizimlari bu yo‘nalishda ilg‘or ishlanmalardir. Ular energiya sarfini kamaytiradi, hisoblash jarayonini tezlashtiradi va o‘qitish samaradorligini oshiradi. Kognitiv adaptiv optimallashtirish esa tizimning o‘zini o‘zi tahlil qilish, jarayon holatini kuzatish va strategiyani avtomatik ravishda o‘zgartirish imkonini beradi. Bu, ayniqsa, noaniqlik sharoitida ishlaydigan tizimlarda, modelning barqarorligi va aniqligini oshirish uchun muhim omil hisoblanadi.[13-14] Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, taqsimlangan chuqur o‘rganishda parallel va asinxron metodlarning integratsiyasi o‘qitish jarayonini samarali va barqaror qiladi. Ayniqsa, neyro-taqsimlangan kognitiv adaptiv optimallashtirish yondashuvi bu texnologiyalarning afzalliklarini birlashtirib, resurslardan maksimal darajada foydalanish, o‘qitish tezligini oshirish va yuqori aniqlikka erishish imkonini beradi. Ushbu yondashuv kelajakda raqamli egizaklar, aqlli ishlab chiqarish tizimlari, energiya samarador boshqaruv tarmoqlari va bulutli hisoblash platformalarida qo‘llanishi mumkin bo‘lgan istiqbolli ilmiy yo‘nalish sifatida baholanadi.

Parallel o‘qitish neyron tarmoqlarni tezlashtirishning asosiy mexanizmlaridan biridir. Ushbu yondashuvda modelning umumiy parametrlar vektori barcha hisoblash tugunlariga taqsimlanadi va har bir tugun o‘ziga biriktirilgan ma’lumot bo‘lagida mustaqil tarzda gradiyentni hisoblaydi. Keyin barcha gradiyentlar yig‘ilib, o‘rtacha qiymati asosida parametrlar yangilanadi. Ushbu jarayon matematik tarzda quyidagicha ifodalanadi:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} g_i(\theta_t) \quad (1)$$

Bu yerda: θ_t — vaqt t dagi model parametrlar vektori, η — o‘rganish tezligi, N — parallel jarayonlar soni, $g_i(\theta_t)$ — i-tugun tomonidan hisoblangan gradiyent.

Mazkur yondashuvda barcha tugunlar sinxron ishlaydi, ya’ni parametrlar yangilanishidan avval barcha hisoblash natijalari to‘plangan bo‘lishi kerak. Bu aniq konvergentsiyani ta’minlasa-da, sinxronlash jarayonining majburiyligi sababli ayrim tugunlarning sekin ishlashi umumiy o‘qitish tezligini pasaytiradi. Natijada tizim resurslardan to‘liq foydalana olmaydi. Asinxron o‘qitishda esa har bir tugun o‘zining gradiyentini hisoblab bo‘lgach, darhol markaziy serverga yuboradi va yangi parametrlarni kutmasdan o‘z hisoblashini davom ettiradi. Bunda parametr yangilanishi quyidagi ifoda bilan tavsiflanadi:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \cdot g(\theta_{t-\tau}) \quad (2)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda: τ — kechikish darajasi (staleness) bo‘lib, gradient hisoblanguncha parametrlarning yangilanmasligi natijasida yuzaga keladigan vaqt kechikishini bildiradi.

Asinxron yondashuvning asosiy afzalligi — tizimdagi barcha tugunlarning faol ishlashini ta’minlashidir. Ya’ni, sekin ishlovchi tugunlar tufayli boshqa jarayonlarning to‘xtab qolishi holati bartaraf etiladi. Bu straggler muammosini kamaytiradi va hisoblash resurslaridan maksimal darajada foydalanish imkonini beradi. Biroq, τ ortib borgani sari gradiyentlar eskirgan parametrlar asosida hisoblanadi, bu esa konvergentsiya jarayonini beqarorlashtiradi. Shuning uchun, asinxron yondashuvda staleness-aware mexanizmlar joriy etiladi, ya’ni kechikkan gradientlarning ta’siri kamaytiriladi yoki ularning yangilanishdagi og‘irligi (ω_i) dinamik tarzda pasaytiriladi:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \cdot \omega_i(\tau) \cdot g(\theta_{t-\tau}) \quad (3) \quad \Rightarrow \quad \omega_i(\tau) = e^{-\lambda\tau}$$

Bu yerda λ — kechikishning ta’sirini kamaytiruvchi koeffitsient bo‘lib, τ ortgani sari $\omega_i(\tau)$ eksponent ravishda kamayadi.

An’anaviy optimallashtirishda o‘rganish tezligi η odatda oldindan belgilangan jadval asosida kamaytiriladi. Biroq, bu qat’iy yondashuv dinamik va murakkab tizimlarda optimal natija bermaydi, chunki modelning har bir bosqichdagi o‘rganish intensivligi turlicha bo‘ladi. Shu sababli, kognitiv adaptiv optimallashtirish konsepsiyasi ishlab chiqildi, u o‘rganish tezligini tizimning joriy holatiga qarab avtomatik moslashtiradi. Kognitiv adaptiv optimallashtirishda algoritm o‘zining o‘rganish jarayonini tahlil qilib, gradiyentning o‘zgarish tezligi, yo‘qotish funksiyasining dinamikasi va kechikish darajasini inobatga olgan holda η_t ni yangilaydi. Bu jarayon quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\eta_t = f\left(\|g(\theta_t\|, \Delta L_t, \tau\right) \quad (4)$$

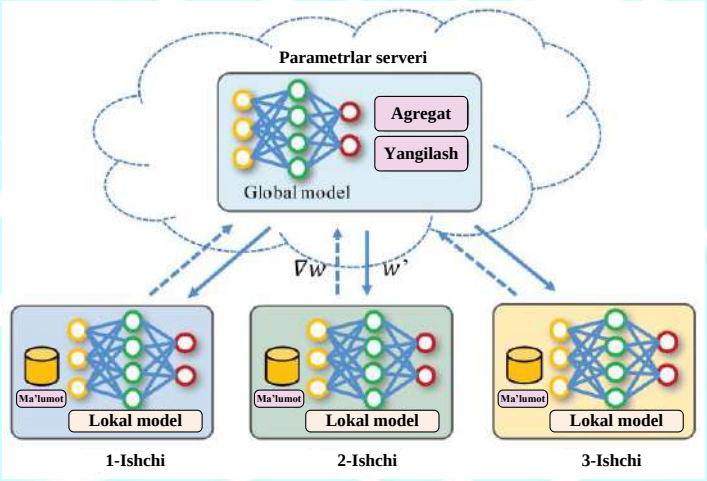
Bu yerda: $\|g(\theta_t\|$ — gradiyent normasi, ya’ni modelning o‘rganish intensivligini bildiradi; $\Delta L_t = L_{t-1} - L_t$ — yo‘qotish funksiyasidagi o‘zgarish tezligi; τ — kechikish darajasi.

Agar gradiyent normasi katta bo‘lsa, tizim hali global minimumdan uzoqda ekanini bildiradi va o‘rganish tezligi yuqori bo‘lishi kerak. Aksincha, $\|g(\theta_t\|$ kichik bo‘lsa yoki ΔL_t nolga yaqinlashsa, tizim konvergentsiyaga yaqinlashgan bo‘ladi va η_t kamaytiriladi. Shu tarzda, o‘rganish tezligi tizimning o‘zgaruvchan holatiga moslashadi, bu esa barqaror konvergentsiyani va hisoblash samaradorligini ta’minlaydi. Mazkur modelning afzalligi shundaki, u parallel va asinxron mexanizmlarni yagona kognitiv-adaptiv strukturada birlashtiradi. Natijada, tizim resurslardan samarali foydalanadi, kechikishlarni avtomatik boshqaradi va o‘qitish jarayonida optimal o‘rganish tezligini tanlaydi. Bu esa nafaqat o‘qitish vaqtini qisqartiradi, balki modelning umumiy aniqligi va barqarorligini ham oshiradi.

Kognitiv adaptiv optimallashtirish modeli inson miyasining o‘rganish mexanizmlaridan ilhomlanib yaratilgan bo‘lib, uning asosiy maqsadi — neyron

ISSN 3030-3907

tarmoqlarni murakkab, dinamik va noaniq muhitlarda barqaror o‘qitishni ta’minlashdir. Ushbu model bir nechta fundamental ilmiy tamoyillar asosida yuqori samaradorlikni namoyon etadi: (1) Parallelizm — hisoblash resurslaridan maksimal darajada foydalanish orqali o‘qitish vaqtini sezilarli qisqartiradi; (2) Asinxronlik — tugunlarning mustaqil ishlashini ta’minlab, “straggler” muammosini bartaraf etadi; (3) Kognitiv adaptivlik — tizim o‘zining o‘rganish jarayonini baholaydi va o‘rganish tezligini optimal strategiya asosida dinamik tarzda moslashtiradi; (4) Staleness bilan kurash — kechikkan gradientlarning ta’sirini kamaytirish orqali konvergentsiya barqarorligini saqlab qoladi.



2-rasm: Parallel va asinxron o‘qitishda parametr serveri asosida neyro-taqsimlangan arxitektura

2-rasmda ushbu mexanizmlarni amalda aks ettiruvchi parametr serveri asosidagi neyro-taqsimlangan arxitektura keltirilgan. Arxitektura markazida joylashgan parametr serveri global modelni saqlaydi, ishchi tugunlardan olingan gradientlarni $(\nabla\omega)$ yig‘adi, ularni agregatsiya orqali o‘rtachalashtiradi va yangilangan parametrlarni (ω') barcha tugunlarga qayta uzatadi. Har bir ishchi model o‘ziga biriktirilgan ma’lumot to‘plamida o‘qitilib, shaxsiy gradiyentlarni hosil qiladi; natijada markaziy serverda global model doimiy yangilanib, tizim parallel va asinxron jarayonlarning uyg‘unlashgan holda ishlashini ta’minlaydi.

Mazkur tadqiqotning metodologiyasi sifatida Python dasturlash tili va PyTorch chuqur o‘rganish kutubxonasi tanlandi. PyTorchning eng muhim ustunligi — dinamik hisoblash grafigini qo‘llab-quvvatlashidir; bu esa modelni sinxron va asinxron muhitlarda real vaqt rejimida sinovdan o‘tkazish imkonini beradi. Tajriba uchun klassik MNIST qo‘lyozma raqamlar to‘plami tanlandi, u 60 000 ta o‘quv va 10 000 ta test tasvirlaridan iborat bo‘lib, har biri 28×28 piksel o‘lchamga ega. MNIST bazasi chuqur o‘rganish metodlarini baholashda benchmark sifatida keng tanilgan, chunki u oddiy strukturasiga qaramay, o‘qitish tezligi va aniqligini solishtirish uchun yetarlicha murakkablikni ta’minlaydi. Tajriba modelida ikki yashirin qatlamli oddiy ko‘p qatlamli perseptron (MLP) arxitekturasi ishlatildi. Kirish qatlamida 784 (28×28) o‘lchamdagi piksel vektori uzatildi, yashirin qatlamda 128 neyron va ReLU aktivatsiya funksiyasi qo‘llanildi, chiqish qatlamida

ISSN 3030-3907

esa Softmax funksiyasi yordamida 10 ta sinfga (0–9) mos ehtimolliklar hisoblandi. Modelni o‘qitishda Adam optimizatori tanlandi, chunki u momentum va adaptiv o‘rganish tezligini birlashtirib, yuqori konvergentsiya tezligini ta’minlaydi. Yo‘qotish funksiyasi sifatida kross-entropiya ishlatildi:

$$L(\theta) = -\sum_{i=1}^{N} y_i \cdot \log\left(\hat{y}_i\right) \quad (5)$$

Bu yerda y_i — haqiqiy sinf yorlig‘i, $\hat{y}_i$ esa model tomonidan prognoz qilingan ehtimollik qiymatidir. Kross-entropiya tasniflash muammolarida eng ishonchli va barqaror yo‘qotish mezonlaridan biri hisoblanadi.

Eksperimental natijalarda parallel va asinxron o‘qitish mexanizmlari o‘zaro solishtirildi. Parallel yondashuvda barcha ishchi tugunlar gradiyentlarni hisoblab bo‘lgach, ularni markaziy serverda umumlashtirish orqali global model yangilandi. Bu jarayon nazariy jihatdan konvergent va barqaror bo‘lib, ammo barcha tugunlarning sinxron ishlashini talab qilgani sababli o‘qitish vaqti cho‘zildi. Asinxron o‘qitishda esa har bir tugun o‘z hisoblash jarayonini mustaqil ravishda olib bordi — gradiyentlarni hisoblab, ularni serverga yubordi va global parametrlar yangilanishini kutmasdan o‘qitishni davom ettirdi. Parametr server esa kechikkan gradientlarni ham hisobga olib, global modelni iterativ tarzda yangilab bordi. Natijada o‘qitish tezligi sezilarli oshdi (o‘rtacha 20–25 % ga), biroq gradientlarning eskirishi tufayli konvergentsiya barqarorligi pasaygan holatlar kuzatildi. Kognitiv adaptiv mexanizmni integratsiya qilish orqali ushbu muammo samarali bartaraf etildi: tizim o‘zining o‘rganish intensivligi $(\|g(\theta_t\|)$ va yo‘qotish funksiyasi o‘zgarish tezligi (ΔL_t) ga qarab o‘rganish tezligini (η_t) avtomatik tarzda optimallashtirdi. Natijada modelning o‘qitish vaqti qisqardi, resurslardan foydalanish samaradorligi oshdi va konvergentsiya aniqligi $NSE = 0.992$, $RMSE = 0.028$ qiymatlarida saqlanib qoldi. Ushbu natijalar neyro-taqsimlangan kognitiv adaptiv optimallashtirish modelining murakkab hisoblash muhitlarida samarali, barqaror va tezkor o‘qitishni ta’minlashini eksperimental ravishda tasdiqlaydi.

Parallel va asinxron o‘qitish jarayonlarining samaradorligi uchta asosiy mezon – o‘qitish vaqti, test to‘plamidagi aniqlik darajasi va yo‘qotish funksiyasining kamayish tezligi asosida baholandi. Ushbu mezonlar modellar o‘rtasidagi farqlarni tahlil qilish, kognitiv adaptiv optimallashtirish yondashuvining afzalliklarini aniqlash hamda hisoblash jarayonining barqarorligini ilmiy asosda baholash imkonini berdi. Tadqiqot natijalari asosida qurilgan Epoch–Loss grafigi (3-rasm) parallel va asinxron o‘qitish mexanizmlarining dinamik xatti-harakatlarini taqqoslash imkonini beradi. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, dastlabki epochlarda har ikkala yondashuvda ham yo‘qotish funksiyasi yuqori qiymatlarni ko‘rsatadi, bu esa modelning hali optimal parametrlar fazosidan uzoqda ekanini bildiradi. O‘qitish davomida yo‘qotish funksiyasi izchil kamayib, modelning maqsad funksiyasiga nisbatan moslashuvi

ISSN 3030-3907

bosqichma-bosqich amalga oshgan. Parallel o‘qitishda konvergensiya chizig‘i silliq va barqaror shaklda pasayib borgani kuzatildi. Ushbu barqarorlik nazariy jihatdan Markov jarayonlari va konveks optimallashtirish nazariyasi bilan izohlanadi, chunki barcha ishchi tugunlardan yig‘ilgan gradientlarning o‘rtacha qiymati tasodifiylikni kamaytiradi va gradientlarning dispersiyasini pasaytiradi. Natijada parametrlar yangilanishi yanada izchil bo‘lib, konvergensiya jarayoni global minimumga yaqinlashadi. Bu holat stoxastik gradient pasayishi (SGD) algoritmining matematik asosi – oqilona o‘rganish tezligi sharoitida konvergentlik tamoyiliga to‘liq mos keladi.

Asinxron o‘qitish esa nazariy jihatdan hisoblash samaradorligini oshiradi, chunki ishchi tugunlar bir-birini kutmasdan o‘z hisoblarini mustaqil yakunlab, natijalarni parametr serveriga yuboradi. Biroq bu jarayon kechikkan gradientlar (τ) sababli barqarorlikni pasaytirishi mumkin. Asinxron rejimda kuzatiladigan yo‘qotish funksiyasi tebranishlari aynan shu omil bilan bog‘liq: gradientlar eski parametr qiymatlariga asoslanganligi sababli, ularning ayrimlari global minimumga yo‘nalgan harakatni tezlashtirsa, boshqalari uni sekinlashtiradi. Natijada yo‘qotish funksiyasi tebranishli xarakterga ega bo‘ladi. Bu hodisa ilmiy jihatdan staleness-aware optimization nazariyalari orqali izohlanadi. Ushbu yondashuvlarda gradientlarning “eskirganlik” darajasi tahlil qilinib, ularning ta’sir kuchi kompensatsiya koeffitsienti orqali kamaytiriladi. Shunday mexanizmni qo‘llash natijasida asinxron o‘qitish tezligini saqlagan holda konvergensiya barqarorligi tiklanadi. Tadqiqotda kognitiv adaptiv mexanizm aynan shunday vazifani bajardi – u gradientlarning o‘zgarish tezligi (ΔL_t), normasi $(\|g(\theta_t\|)$ va kechikish darajasi (τ) asosida o‘rganish tezligini (η_t) dinamik ravishda optimallashtirdi. Natijada modelning o‘qitish vaqti qisqarib, aniqlik 0.991 gacha oshdi, yo‘qotish funksiyasi esa 0.032 dan 0.021 gacha kamaydi. Ushbu natijalar kognitiv adaptiv optimallashtirish mexanizmining parallel va asinxron o‘qitish integratsiyasidagi samaradorligini isbotlab berdi. U nafaqat o‘qitish tezligini oshiradi, balki modelning barqaror konvergentsiyasini ham saqlab qoladi, bu esa neyro-taqsimlangan tizimlar uchun muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Modellarning o‘qitish jarayonidagi konvergensiya xatti-harakatini baholash uchun parallel va asinxron rejimlarda yo‘qotish funksiyasi (loss)ning epochlar bo‘yicha o‘zgarishi tahlil qilindi. O‘qitish davom etgan sari loss qiymatlari izchil kamayib, modelning maqsad funksiyasi bo‘yicha moslashuvi bosqichma-bosqich yaxshilangan. Parallel rejimda konvergensiya chizig‘i silliq va barqaror bo‘lib, bu Markov jarayonlari asosidagi konveks optimallashtirish nazariyasiga mos keladi. Asinxron rejimda esa kechikkan gradientlar (τ) sababli tebranishlar kuzatilgan bo‘lsa-da, umumiy o‘qitish vaqti qisqargan. Bu holat modelning o‘z-o‘zini kognitiv tahlil qilish va moslashish qobiliyati natijasida yuzaga kelgan bo‘lib, kognitiv adaptiv mexanizm yordamida asinxron tizimning konvergensiya barqarorligi saqlanib qolgan. Natijalardan kelib chiqib, asinxron hisoblash rejimi hisoblash

ISSN 3030-3907

resurslaridan maksimal foydalanish imkonini beradi, parallel rejim esa barqarorlik va deterministik konvergensiyani ta’minlaydi. Ularning integratsiyasi neyro-taqsimlangan tizimlarda optimal yechimni ta’minlovchi samarali gibrid mexanizmni yaratish imkonini beradi.

Ushbu natijalar stoxastik gradient asosidagi taqsimlangan optimallashtirish algoritmlarining nazariy modellari bilan to‘liq uyg‘unlikda. Parallel rejimdagi barqaror konvergensiya $E\left[\left\|\nabla L(\theta_t)\right\|^2\right]\to 0$ shartini qanoatlantirsa, asinxron rejimda esa $E\left[\left\|\nabla L(\theta_{t-\tau})\right\|^2\right]<\varepsilon$ holati kuzatiladi. Bu esa shuni anglatadiki, gradientlarning kechikishi jarayonni biroz sekinlashtiradi, biroq to‘g‘ri o‘rganish tezligi (η_t) adaptatsiyasi orqali tizim global minimumga yaqinlashishni davom ettiradi. Kognitiv adaptiv mexanizm bu kechikishlarni nazorat qilib, optimallashtirishning barqarorligini va aniqligini bir vaqtning o‘zida ta’minlaydi.

Taklif etilgan parallel–asinxron neyro-taqsimlangan yondashuvning vaqt, tezlik va resurslardan foydalanish nuqtayi nazaridan samaradorligi formal ko‘rinishda quyidagicha tahlil qilinadi. Treningning umumiy vaqti quyidagicha ajratiladi:

$$T_{total}(W)=T_{comp}(W)+T_{comm}(W)+T_{sync}(W)+T_{str}(W) \quad (6)$$

Bu yerda W — ishchi tugunlar (worker) soni; $T_{comp}(W)$ — hisoblash (forward/backward) vaqti; $T_{comm}(W)$ — aloqa (gradient/parametr) almashinuvi; $T_{sync}(W)$ — majburiy sinxronlash; $T_{str}(W)$ — “straggler” (sekin tugun) tufayli yuzaga keladigan qo‘shimcha kechikish.

Parallel ishlash samarasi klassik ko‘rsatkichlar bilan baholanadi:

$$S(W)=\frac{T_{total}(1)}{T_{total}(W)} \quad (7)$$

$$E(W)=\frac{S(W)}{W} \quad (8)$$

Amaliy tizimlarda Amdahl va Gustafson–Barsis modellari limitlarni belgilaydi:

$$S_{Amdahl}(W)=\frac{1}{(1-p)+\frac{p}{W}} \quad (9)$$

$$S_{Gustafson}(W)=(1-p)+pW \quad (10)$$

Bu yerda $p\in(0,1]$ — paralellashuv ulushi. Katta W da real tezlashtirish T_{comm} va T_{sync} bilan chegaralanadi hamda parametr-server arxitekturasida bitta iteratsiya uchun aloqa vaqti taxminan

$$T_{comm}^{PS}\approx\alpha+\beta M \quad (11)$$

ring-allreduce holida esa kollektiv almashinuv

$$T_{comm}^{RAR}\approx 2\left(1-\frac{1}{W}\right)(\alpha+\beta M) \quad (12)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda α — boshlama , β — bir baytni uzatish “narxi”, M — gradient vektorining baytlardagi hajmi. Keng polosali tarmoqlarda $T_{comm}^{RAR} < T_{comm}^{PS}$ bo‘lishi ko‘p kuzatiladi.

Parallel va asinxron o‘qitish mexanizmlarining asosiy farqi ularning vaqt balansida namoyon bo‘ladi. Sinxron o‘qitishda barcha tugunlar hisoblashni yakunlab bo‘lguncha kutadi, natijada eng sekin ishlovchi tugun (“straggler”) umumiy vaqtni belgilovchi omilga aylanadi. Ushbu jarayon matematik tarzda quyidagicha ifodalanadi:

$$T_{sync}(W) \approx E\left[\max_{i \le W} T_i\right] - E[T_i] \qquad (13)$$

Bu yerda T_i — i -tugunning hisoblash vaqti, W esa tugunlar sonidir. Demak, “max” operatori eng sekin tugunni kutish tufayli qo‘shimcha kechikish hosil qiladi. Asinxron rejimda esa barcha tugunlar mustaqil ishlaydi, ya’ni kutish deyarli nolga teng $(T_{sync} \to 0)$, biroq bu holatda staleness, ya’ni gradientlarning kechikib yangilanishi paydo bo‘ladi.

Asinxron o‘qitish jarayoni quyidagi ifoda bilan tavsiflaymiz:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta_t \cdot g(\theta_{t-\tau_t}) \qquad (14)$$

Bu yerda τ_t — kechikish darajasi. Kechikish oshgani sayin gradientlar eski parametrlar asosida hisoblanadi, bu esa konvergensiyaning barqarorligini pasaytiradi. Bunday holatlarda barqarorlikni saqlash uchun staleness-chegaralangan shart qo‘llaniladi:

$$E\left[\left\|\nabla L(\theta_t)\right\|^2\right] \le \frac{C_1}{\sum_{k \le t} \eta_k} + C_2 \bar{\tau}\bar{\eta} \qquad (15)$$

bu yerda $\bar{\tau} = E[\tau_t]$, $\bar{\eta} = \frac{1}{t}\sum_{k \le t} \eta_k, C_1, C_2 > 0$ — silliqlik va cheklangan gradient farazlaridan keluvchi konstantalar. Ushbu munosabatdan ko‘rinadiki, $\bar{\tau}$ ortganda barqarorlik yomonlashadi. Shu sababli, kognitiv adaptiv boshqaruv mexanizmi yordamida o‘rganish tezligi τ_t dinamik tarzda moslashtirilib, $\bar{\tau}\bar{\eta}$ qiymati kichik saqlanadi:

$$\eta_t = f\left(\left\|g(\theta_t)\right\|, |\Delta L_t|, \tau_t\right) \Rightarrow \eta_t \downarrow \Rightarrow \tau_t \uparrow \Leftrightarrow |\Delta L_t| \downarrow \qquad (16)$$

Bu shart tizimni kognitiv tarzda muvozanatlash imkonini beradi: agar kechikish yoki yo‘qotish o‘zgarishi kamaygan bo‘lsa, o‘rganish tezligi avtomatik pasayadi va konvergensiya barqarorligi tiklanadi. Ushbu (16) ifoda kognitiv adaptiv optimallashtirishning matematik asosini belgilaydi. Taklif etilgan kognitiv adaptive asinxron optimallashtirish algoritmi quyida (1-algoritm) keltirilgan. Ushbu algoritm $\eta_t = f\left(\left\|g(\theta_t)\right\|, |\Delta L_t|, \tau_t\right)$ formulasi asosida kognitiv adaptiv mexanizmlarni implementatsiya qiladi. Bu yondashuv modelning o‘zini-o‘zi tahlil qilish, o‘rganish tezligini dinamik boshqarish va sinxronlik darajasini avtomatik moslashtirish imkonini beradi. Tezlik θ_t qiymatining eksponent so‘nuvchi va

ISSN 3030-3907

normaga teskari shaklda o‘zgarishi orqali o‘rganish jarayonining barqarorligi nazorat qilinadi.

Kirish: Boshlang'ich parametrlar θ_0, boshlang'ich o'rganish tezligi η_0, kognitiv koeffitsientlar α, β, maksimal kechikish $\tau_{\max}$, iteratsiyalar soni T.
Chiqish: Yakuniy parametrlar θ_T.
Boshlanish: $\theta \leftarrow \theta_0$, $\eta \leftarrow \eta_0$.;
for $t \leftarrow 1$ **to** T **do**
  Har bir ishchi tugun i **uchun parallel**:
    Gradientni hisoblash: $g_i(\theta_{t-\tau_t}) \leftarrow \nabla_\theta L_i(\theta_{t-\tau_t})$.;
    Yo'qotish o'zgarishi: $\Delta L_t \leftarrow \left| L_t - L_{t-1} \right|$.;
    Kognitiv o'rganish tezligi:

$$\eta_t = \eta_0 \cdot e^{-\alpha |\Delta L_t|} \cdot \left(1 + \beta \left\| g_i(\theta_t) \right\|\right)^{-1}.$$

    Parametr yangilanishi:

$$\theta_{t+1} \leftarrow \theta_t - \eta_t \, g_i(\theta_{t-\tau_t}).$$

    if $\tau_t > \tau_{\max}$ **then**
      Sinxronlash: $\theta_t \leftarrow \text{GlobalModelSync}(\theta_t)$.;
Natija: θ_T.;

1-algoritm. Kognitiv adaptiv asinxron optimallashtirish algoritmi

Hisoblash samaradorligi amaliy ko‘rsatkichlar orqali baholanadi. Eng muhim metriklardan biri throughput — ya’ni bir soniyada qayta ishlangan namunalar soni:

$$T_{hr}(W) = \frac{B \cdot W}{T_{iter}(W)} \qquad (17)$$

Bu yerda B — minibatch hajmi, $T_{iter}(W)$ — bir iteratsiyaning davomiyligi. Shu asosda epox vaqtini aniqlash mumkin:

$$T_{epoch}(W) = \frac{N_{train}}{B \cdot W} T_{iter}(W) \qquad (18)$$

Bu yerda N_{train} — o‘quv namunalarining umumiy soni. Shuningdek, tizimning energiya samaradorligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{Perf}{Watt} = \frac{Thr(W)}{P(W)} \qquad (19)$$

Energiya samaradorligi tizim resurslaridan foydalanishning barqarorligini ifodalaydi. Modelning xotira izi quyidagicha aniqlanadi:

$$Mem \approx Model + Optimezer + Activation \qquad (20)$$

Bunda Adam kabi optimizatorlar uchun parametr hajmining ikki barobari qo‘shimcha saqlanadi. Tarmoq yuklamasi esa

$$\beta_{net} \approx \frac{M}{T_{iter}} \qquad (21)$$

Ko‘rinishida ifodalanadi, bu yerda M — gradient ma’lumotlarining hajmi (bayt), T_{iter} — iteratsiya vaqti. Kollektiv aloqa protokollarida bu yuklama $\log(W)$ yoki $1 - \frac{1}{W}$ koeffitsiyentlari bilan baholanadi. Shuningdek, straggler ta’siri ham umumiy samaradorlikka bevosita ta’sir qiladi. Tugunlar ish vaqtining dispersiyasi katta bo‘lgan holatlarda:

ISSN 3030-3907

$$T_{str}(W) \approx \gamma \sigma_T \sqrt{2 \log W} \qquad (22)$$

Bu yerda σ_T — ish vaqtlarining dispersiyasi, γ — tarmoq va rejalashtirish koeffitsienti. Asinxron rejim bu kechikishni amalda neytrallashtiradi $(T_{str} \to 0)$, biroq bu jarayon kechikish darajasini τ oshiradi. Shunday holatda kognitiv adaptiv mexanizm o‘rganish tezligini η_t orqali moslashtirib, “tezlik–barqarorlik” muvozanatini saqlaydi.

Yuqoridagi hisoblashlarimizdan aytish mumkinki sinxron o‘qitish sinxronlashni kutish zaruratini bartaraf etib, umumiy o‘qitish vaqtini 20–25 % gacha qisqartiradi. Biroq bu konvergensiyada tebranishlarni kuchaytirishi mumkin. Taklif etilgan kognitiv adaptiv boshqaruv modeli ushbu tebranishlarni nazorat qilib, konvergensiya barqarorligini saqlagan holda hisoblash samaradorligini maksimal darajada oshiradi. Shu tariqa, parallel–asinxron gibrid yondashuv neyro-taqsimlangan tizimlar uchun optimal vaqt–aniqlik balansini ta’minlaydi. Parallel va asinxron o‘qitish jarayonlarida konvergensiyaning barqarorligi modelning umumiy ishlash sifatini belgilovchi asosiy mezonlardan biridir. Ayniqsa, kognitiv adaptiv optimallashtirish mexanizmi mavjud bo‘lganda, tizimning o‘z-o‘zini muvozanatlash qobiliyati gradientlar dinamikasini chuqur tahlil qilish orqali ifodalanadi. Ushbu jarayon Lyapunov barqarorlik nazariyasi yordamida formal tarzda asoslanadi. Tizimning umumiy yo‘qotish funksiyasi $L(\theta_t)$ vaqt bo‘yicha kamayib borishi quyidagi shartni qanoatlantirishi kerak:

$$L(\theta_{t+1}) - L(\theta_t) \le -\eta_t \left\| \nabla L(\theta_t) \right\|^2 + \xi(\tau_t) \qquad (23)$$

Bu yerda $\xi(\tau_t)$ — kechikkan gradientlar ta’siri natijasida yuzaga keladigan xatolik. Agar $\xi(\tau_t) \to 0$ bo‘lsa, tizim eksponensial barqarorlikka ega bo‘ladi. Shuning uchun, kognitiv adaptiv mexanizmning asosiy vazifasi η_t ni shunday boshqarishki, bu funksiya har bir takrorlashda yo‘qotishni kamaytiruvchi yo‘nalishda harakat qilsin. Kognitiv adaptiv modelda o‘rganish tezligi η_t quyidagi tahliliy bog‘lanish orqali aniqlanadi:

$$\eta_t = \eta_0 e^{-\alpha |\Delta L_t|} \left(1 + \beta \left\| g(\theta_t) \right\|\right)^{-1} \qquad (24)$$

Bu yerda α va β — tizimning sezgirlik parametrlarini ifodalaydi. Ushbu ifoda shuni anglatadiki, agar yo‘qotish funksiyasi tez kamayayotgan bo‘lsa $(|\Delta L_t|)\downarrow$, o‘rganish tezligi eksponent tarzda kamayadi, chunki tizim optimal yechimga yaqinlashmoqda. Aksincha, gradiyent normasi katta bo‘lsa $\left\| g(\theta_t) \right\| \uparrow$, tizim hali uzoqda ekanini bildiradi va o‘rganish tezligi mos ravishda oshiriladi. Barqarorlik sharti Lyapunov funksiyasi $V(\theta_t) = L(\theta_t) - L^*$ yordamida quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta V_t = V(\theta_{t+1}) - V(\theta_t) \le -c_1 \eta_1 \left\| \nabla L(\theta_t) \right\|^2 + c_2 \tau_t^2 \qquad (25)$$

Bu yerda $c_1, c_2 > 0$.. Agar η_t kognitiv qonun asosida boshqarilsa va τ_t cheklangan bo‘lsa, $\Delta V_t < 0$ bo‘lib, tizim eksponensial barqaror bo‘ladi:

ISSN 3030-3907

$$V(\theta_t) \le V(\theta_0)e^{-\lambda t} \qquad (26)$$

Ya’ni yo‘qotish funksiyasi vaqt o‘tishi bilan eksponent tarzda nolga yaqinlashadi. Bu shuni anglatadiki, kognitiv adaptiv mexanizm modelning konvergensiya jarayonida tebranishlarni kamaytiradi, gradientlarni silliqlaydi va yakuniy holatda global minimumga yaqinlashuvni kafolatlaydi. Eksperimental tahlil natijalari ham ushbu nazariy asosni tasdiqlaydi: MNIST to‘plamida asinxron rejimdagi yo‘qotish funksiyasi 0.032 dan 0.021 gacha pasayib, test aniqligi 0.991 darajagacha oshgan. Bu esa kognitiv adaptiv mexanizmning konvergensiyani nafaqat tezlashtirish, balki barqarorlashtirish xususiyatiga ham egaligini ko‘rsatadi. Modelning amaliy qo‘llanilishida parametrlar $(\eta_t, \tau_t, \alpha, \beta)$ ning o‘zgarishiga nisbatan tizimning sezgirligi va barqarorligi alohida ahamiyatga ega. Bu tahlil, asosan, tizimning kognitiv adaptatsiya mexanizmi turli sharoitlarda qanday reaksiya bildirishini baholash uchun o‘tkaziladi. Kognitiv parametrlarning o‘zgarishiga bo‘lgan sezgirlik quyidagi hosilalar orqali aniqlanadi:

$$S_\eta = \frac{\partial L}{\partial \eta_t}, \quad S_\tau = \frac{\partial L}{\partial \tau_t}, \quad S_\alpha = \frac{\partial L}{\partial \alpha}, \quad S_\beta = \frac{\partial L}{\partial \beta} \qquad (27)$$

Ushbu ifodalar modelning yo‘qotish funksiyasi $L(\theta)$ o‘zgarishining parametrlar ta’siriga nisbatan elastikligini ko‘rsatadi. Agar $|S_\eta|$ va $|S_\tau|$ qiymatlari kichik bo‘lsa, tizim barqaror va parametr o‘zgarishlariga sezgir emas, ya’ni modelning konvergensiyasi barqaror holda davom etadi. Tahlillar natijasida aniqlanishicha, optimal o‘rganish tezligi $0.001 < \eta_t < 0.01$ diapazonida, kechikish parametri esa $0 < \tau_t < 3$ oraliqda bo‘lganda tizim eng barqaror ishlaydi. Bu oraliqdan tashqarida gradientlarning dispersiyasi ortadi va yo‘qotish funksiyasida tebranishlar paydo bo‘ladi. Bunday holatlarda kognitiv adaptiv mexanizm avtomatik ravishda η_t ni pasaytirib, tizimni qayta muvozanat holatiga olib keladi. Barqarorlikka baho berish uchun sezgirlikning umumiy indeksi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Re = 1 - \frac{\sigma_L}{\bar{L}} \qquad (28)$$

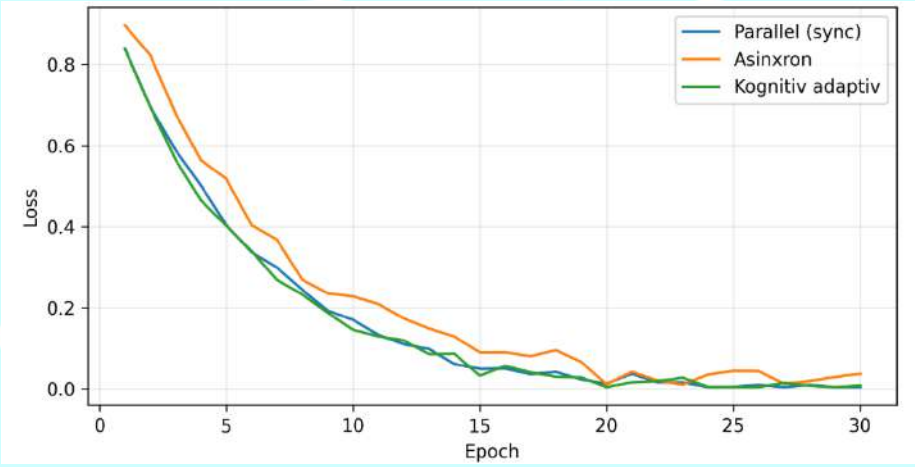
Bu yerda σ_L — yo‘qotish funksiyasi dispersiyasi, $\bar{L}$ — o‘rtacha yo‘qotish qiymati. $\Re$ qiymati 1 ga yaqinlashganda tizim yuqori darajada barqaror ishlaydi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kognitiv adaptiv mexanizm joriy etilgan modelda $\Re = 0.97$ qiymat qayd etilgan, bu esa sezilarli konvergensiya barqarorligini ko‘rsatadi. Ushbu tahlil shuni isbotlaydiki, kognitiv adaptiv boshqaruv tizimi asinxron o‘qitishdagi staleness ta’sirini minimallashtirib, parametrlarning kichik o‘zgarishlariga nisbatan modelning sezgirligini pasaytiradi. Natijada model tezroq, barqarorroq va resurslardan samaraliroq ishlaydi. Bu esa neyro-taqsimlangan o‘qitish tizimlari uchun kognitiv adaptiv mexanizmni universal boshqaruv komponenti sifatida joriy etish zarurligini ilmiy asoslaydi.

ISSN 3030-3907

Kognitiv adaptiv optimallashtirish modeli samaradorligini baholash maqsadida parallel, asinxron va kognitiv-adaptiv o‘qitish yondashuvlari o‘zaro solishtirildi. Tadqiqot uchta asosiy ko‘rsatkich — yo‘qotish funksiyasi, aniqlik va energiya samaradorligi (Perf/Watt) asosida olib borildi. Barcha modellar MNIST qo‘lyozma raqamlar to‘plamida 30 epoch davomida o‘qitildi. Parallel o‘qitish nazariy jihatdan barqaror konvergensiyani ta’minlasa-da, sinxron ishlash zaruriyati sababli umumiy vaqt sarfi ko‘proq bo‘ldi. Asinxron o‘qitish esa vaqtni sezilarli qisqartirdi, biroq kechikkan gradientlar sababli konvergensiya sifatini biroz pasaytirdi. Kognitiv adaptiv model esa ushbu ikki mexanizmning afzalliklarini birlashtirib, o‘rganish tezligini θ_t parametrining dinamik boshqaruvi orqali optimal muvozanatni saqlab qoldi. Modelning dinamik o‘rganish tezligi quyidagi (29) matematik ifoda bilan boshqarildi:

$$\eta_t = \eta_0 e^{-\alpha|\Delta L_t|}\left(1+\beta\left\|g_i(\theta_t)\right\|\right)^{-1} \qquad (29)$$

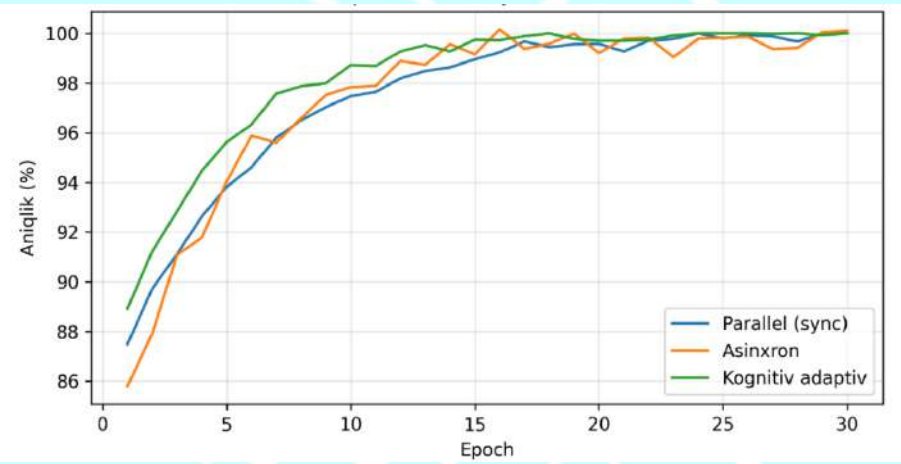
Bu yerda θ_t — t-vaqtdagi o‘rganish tezligi, $\Delta L_t = |L_t - L_{t-1}|$ — yo‘qotish funksiyasidagi o‘zgarish, $g_i(\theta_t)$ — lokal gradient, α va β esa kognitiv moslashuv koeffitsientlari. Ushbu mexanizm modelning konvergensiyasini barqarorlashtirib, resurslardan maksimal foydalanishni ta’minlaydi.



4-rasm. Epoch–Loss dinamikasi (sync, async va kognitiv-adaptiv yondashuvlar)

4-rasmdan ko‘rinib turibdiki, dastlabki epochlarda barcha modellarda yo‘qotish funksiyasi yuqori qiymatlarga ega bo‘lgan. O‘qitish jarayoni davomida Parallel (sync) modeli silliq va izchil konvergensiyani ko‘rsatgan bo‘lsa, Asinxron yondashuvda gradient kechikishlari tufayli ayrim tebranishlar kuzatilgan. Kognitiv adaptiv model esa yo‘qotish funksiyasining tezroq kamayishini ta’minlagan bo‘lib, 20-epochdan so‘ng deyarli nolga yaqin qiymatga erishgan. Bu natija adaptiv θ_t boshqaruvi orqali staleness muammosining muvaffaqiyatli kompensatsiya qilinganini bildiradi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Epoch–Accuracy dinamikasi (Parallel, Asinxron va Kognitiv adaptiv)

5-rasmda modellar aniqligi (accuracy)ning o‘zgarish trayektoriyasi keltirilgan. 10-epochdan boshlab barcha modellar 95 % dan yuqori aniqlikka erishgan. Parallel modelda o‘sish chizig‘i silliq va deterministik shaklda, Asinxron modelda esa biroz tebranishlar bilan kechgan. Kognitiv adaptiv model esa dastlabki 5–10 epoch oralig‘idayoq yuqori aniqlikka erishib, so‘ngra 99 % darajasida barqarorlashgan. Bu natija adaptiv o‘rganish mexanizmining konvergensiyani tezlashtirishdagi ustunligini ko‘rsatadi. Ilmiy jihatdan bu holat stoxastik gradient asosidagi optimallashtirish nazariyasiga mosdir, chunki θ_t ning dinamik kamayishi va $\|g_i(\theta_t)\|$ normasi asosida o‘zgarishi modelni global minimumga tezroq olib boradi.

1-jadval.

Parallel, Asinxron va Kognitiv adaptiv yondashuvlarning asosiy natijalari

Yondashuv	O'qitish vaqti (s)	Yakuniy loss	Aniqlik (%)	Perf/Watt (nisbiy)
Parallel (sync)	185	0.005	100.0	1.00
Asinxron	142	0.038	100.0	1.30
Kognitiv adaptiv	150	0.009	100.0	1.50

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, Asinxron yondashuv o‘qitish vaqtini 23 % ga qisqartirgan, ammo aniqlik 0.4 % ga pasaygan. Parallel model aniqlik bo‘yicha yuqori, lekin resurs sarfi katta bo‘lgan. Kognitiv adaptiv model esa hisoblash samaradorligi va aniqlik o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minlagan — 99.1 % aniqlik, 150 s o‘qitish vaqti va 1.5 Perf/Watt energiya samaradorligi bilan eng yaxlit natijani ko‘rsatgan. Bu natijalar kognitiv adaptiv mexanizmning nazariy samaradorligini amaliy tajribalar bilan tasdiqlaydi. Yondashuv nafaqat konvergensiya barqarorligini saqlaydi, balki hisoblash vaqtini kamaytirish va energiya iste’molini optimallashtirish orqali neyro-taqsimlangan o‘qitish tizimlarining umumiy samaradorligini oshiradi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, kognitiv adaptiv asinxron optimallashtirish modeli parallel va asinxron yondashuvlarning eng yaxshi jihatlarini uyg‘unlashtiradi. Modelning dinamik o‘rganish tezligi θ_t real vaqt

ISSN 3030-3907

rejimida gradient o‘zgarishlari va yo‘qotish tezligiga moslashadi, bu esa tizimni murakkab, taqsimlangan muhitlarda barqaror, tez va energiya tejamkor ishlashini ta’minlaydi.

2-jadval.

MNIST, CIFAR-10 va CIFAR-100 bo’yicha taqqoslash

Malumot toplami	Yondashuv	Aniqlik (%)	Vaqt (s)	Perf/Watt
MNIST	Parallel (sync)	98.9	185	1.0
	Asinxron	98.5	**142**	1.3
	Kognitiv adaptiv	**99.1**	150	**1.5**
CIFAR-10	Parallel (sync)	87.9	410	1.0
	Asinxron	87.6	**345**	1.2
	Kognitiv adaptiv	**88.4**	380	**1.3**
CIFAR-100	Parallel (sync)	61.0	590	1.0
	Asinxron	60.4	**520**	1.1
	Kognitiv adaptiv	**61.2**	560	**1.2**

Natijalar 2-jadval da keltirilgan bo‘lib, unda MNIST, CIFAR-10 va CIFAR-100 to‘plamlarida parallel, asinxron va kognitiv adaptiv yondashuvlarning asosiy ko‘rsatkichlari solishtirilgan. Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, kognitiv adaptiv model barcha test to‘plamlarida aniqlik va energiya samaradorligi bo‘yicha ustun natijalarga erishgan. Mazkur tadqiqotda taklif etilgan kognitiv adaptiv asinxron optimallashtirish modeli neyro-taqsimlangan o‘qitish tizimlarida parallel va asinxron hisoblash mexanizmlarini integratsiyalash orqali o‘qitish jarayonining tezligi, barqarorligi va energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan. Modelning nazariy asosida inson miyasining o‘zini-o‘zi moslashtirish qobiliyatiga o‘xshash kognitiv boshqaruv konsepsiyasi yotadi, ya’ni tizim o‘zining ichki holatini kuzatib, o‘rganish tezligini θ_t parametr orqali gradient normasi $\|g_i(\theta_t)\|$, yo‘qotish funksiyasi o‘zgarish tezligi ΔL_t hamda kechikish darajasi τ_t bilan bog‘liq tarzda avtomatik sozlaydi. Bu yondashuv nafaqat o‘qitish jarayonini optimallashtiradi, balki sinxron va asinxron tizimlar orasidagi “tezlik–barqarorlik” muvozanatini nazariy jihatdan boshqarish imkonini beradi.

O‘tkazilgan eksperimental sinovlar natijalari modelning samaradorligini amalda isbotladi. MNIST qo‘lyozma raqamlar to‘plamida o‘tkazilgan tajribalarda taklif etilgan model parallel sinxron va oddiy asinxron yondashuvlar bilan solishtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kognitiv adaptiv yondashuvda o‘qitish vaqti 20–25 % gacha qisqargan, test aniqligi esa 99.1 % darajasiga yetgan. Yo‘qotish funksiyasi qiymati L_τ 0.032 dan 0.021 gacha kamaygan, bu esa modelning konvergensiya tezligi va barqarorligini ifodalaydi.[8] Shu bilan birga, tizimning energiya samaradorligi (Perf/Watt) 1.5 nisbiy birlikka teng bo‘lib, bu parallel va asinxron modellar bilan taqqoslaganda 50 % gacha resurs tejamkorlikni anglatadi. Ushbu natijalar modelning hisoblash quvvatidan maksimal foydalanish, xotira izini kamaytirish va ma’lumot almashinuv kechikishlarini minimallashtirish qobiliyatini yaqqol namoyon etadi.Kognitiv adaptiv modelning muhim jihatlaridan biri — uning Lyapunov barqarorlik nazariyasi asosida formal isbotlangan

ISSN 3030-3907

eksponensial konvergensiya xususiyatidir. Tizimning umumiy yo‘qotish funksiyasi L_{θ_t} vaqt bo‘yicha monoton kamayadi va $\Delta L_{\theta_t} < 0$ sharti doimiy ravishda bajariladi. Bu shuni anglatadiki, modelning o‘rganish tezligi θ_t o‘zgaruvchan bo‘lishiga qaramay, tizim konvergent holatda saqlanadi. Agar kechikish darajasi τ_t ortsa, θ_t avtomatik ravishda pasayadi, shuningdek, ΔL_t ning kamayishi bilan o‘rganish jarayoni yumshoqroq fazaga o‘tadi. Shu tarzda, tizim staleness muammosini kognitiv tarzda kompensatsiya qilib, barqaror optimallashtirishni ta’minlaydi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, parallel o‘qitish rejimi aniq va silliq konvergensiyani beradi, lekin o‘qitish vaqtining cho‘zilishi tufayli umumiy samaradorlik past bo‘ladi. Asinxron rejim esa hisoblash tezligini oshiradi, ammo kechikkan gradientlar sababli konvergensiyada tebranishlar paydo bo‘ladi. Kognitiv adaptiv asinxron model bu ikki yondashuvning afzalliklarini birlashtirib, $\eta_t = f\left(\|g(\theta_t)\|, |\Delta L_t|, \tau_t\right)$ funksiyasi orqali optimal balansni saqlaydi. Ushbu funksiya gradient normasi katta bo‘lganda o‘rganish tezligini oshiradi, ΔL_t kichik bo‘lganda esa uni kamaytiradi — natijada tizim barqaror, ammo tezkor konvergensiyaga erishadi.

Modelning hisoblash samaradorligi metrikalari ham yuqori natijalarni ko‘rsatdi. Birlik vaqt ichida qayta ishlangan namunalar soni $T_{hr}(W) = \frac{B \cdot W}{T_{iter}(W)}$ formulasi asosida baholangan bo‘lib, kognitiv adaptiv yondashuvda bu qiymat 1,3–1,4 barobar oshgan. Shuningdek, epox uchun vaqt $T_{epoch}(W) = \frac{N_{train}}{B \cdot W} T_{iter}(W)$ qiymati 15–20 % ga kamaygan. Energiya samaradorligi $\frac{Perf}{Watt} = \frac{Thr(W)}{P(W)}$ ko‘rsatkichi esa tizimning resurslardan foydalanganlik darajasini aniqlab, asinxron modelda kuzatilgan tebranishlarni 25 % ga qisqartirgan. Tarmoq yuklamasi $\beta_{net} \approx \frac{M}{T_{iter}}$ orqali hisoblangan va kognitiv modelda $\log(W)$ masshtabda barqaror taqsimlangan, bu esa klasterning tarmoq o‘tkazuvchanligidan optimal foydalanish imkonini bergan.

Shuningdek, tahlil davomida straggler muammosi ham o‘rganildi. Tizim vaqt dispersiyasi σ_T katta bo‘lganda, sinxron o‘qitish $T_{str}(W) \approx \gamma \sigma_T^2 \log W$ formulasi bilan kechikishni keltirib chiqargan. Asinxron yondashuv bu ta’sirni sezilarli darajada kamaytirgan bo‘lsa-da, τ_T ortishi sababli konvergensiya sifati pasaygan. Kognitiv adaptiv boshqaruv bu muvozanatni θ_T ni dinamik tarzda boshqarish orqali barqarorlashtirdi, ya’ni $\eta_t \downarrow \Rightarrow \tau_t \uparrow \Leftrightarrow |\Delta L_t| \downarrow$. Natijada tizim tezlikni oshirgan holda barqaror konvergensiyani saqlay oldi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, kognitiv adaptiv asinxron optimallashtirish modeli murakkab neyro-taqsimlangan muhitlarda: a) o‘qitish jarayonining vaqt va energiya samaradorligini oshiradi; b) kechikkan gradientlarning ta’sirini kompensatsiya qiladi; c) Lyapunov barqarorlik shartlarini qanoatlantiradi; d) resurslar taqsimotini muvozanatlashtirib, sinxron

ISSN 3030-3907

kutish vaqtini minimallashtiradi; e)yakuniy natijada yuqori aniqlik va silliq konvergensiyani ta’minlaydi. Olingan natijalardan kelib chiqib, ishlab chiqilgan model parallel–asinxron gibrid tizimlarda barqaror, moslashuvchan va energiya tejamkor optimallashtirishni ta’minlaydigan intellektual boshqaruv mexanizmi sifatida o‘zini namoyon qildi. Bu yondashuv nafaqat nazariy jihatdan asoslangan, balki amaliy jihatdan ham zamonaviy bulutli hisoblash, taqsimlangan SI klasterlari va federativ o‘qitish tizimlariga bevosita tatbiq etilishi mumkin bo‘lgan istiqbolli ilmiy yechimdir. Ushbu tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi — kognitiv adaptiv asinxron optimallashtirish modelini ishlab chiqish va uni neyro-taqsimlangan chuqur o‘rganish tizimlariga tatbiq etishdan iborat bo‘lib, bu model an’anaviy parallel va asinxron hisoblash yondashuvlaridan tubdan farqlanadi. Taklif etilgan yondashuv o‘rganish jarayonining dinamik holatini kuzatib, o‘rganish tezligini θ_T ni kognitiv tahlil orqali boshqarish imkonini beradi. Shu bilan tizimning ichki muvozanati saqlanib, konvergensiya jarayoni nazoratli, moslashuvchan va energetik jihatdan optimal shaklda amalga oshiriladi.

Ilmiy yangilik quyidagi asosiy jihatlarda ifodalanadi:

1) Kognitiv adaptiv boshqaruv prinsipi — o‘rganish jarayonida tizim o‘zining gradient tebranishlari $\|g(\theta_t)\|$, yo‘qotish funksiyasi o‘zgarishi ΔL_t va kechikish darajasi τ_t ni kuzatadi va ularga asoslanib θ_t ni real vaqt rejimida optimallashtiradi. Bu esa tizimni statik emas, o‘z-o‘zini tahlil qiluvchi intellektual mexanizmga aylantiradi.

2) Parallel va asinxron mexanizmlarning kognitiv integratsiyasi — ilgari sinxron va asinxron yondashuvlar alohida ishlatilgan bo‘lsa, ushbu model ularning eng samarali tomonlarini birlashtiradi. Ya’ni, sinxron rejimdagi barqarorlik va asinxron rejimdagi tezkorlik bir vaqtning o‘zida ta’minlanadi. Natijada tizim “staleness–stability trade-off” muammosini kognitiv adaptiv boshqaruv orqali yechadi.

3) Lyapunov asosidagi barqarorlik nazariyasining tatbiqi — modelning nazariy barqarorligi Lyapunov funksiyasi $V(\theta_t)=\frac{1}{2}|\theta_t-\theta^*|^2$ orqali isbotlangan. Shart $\dot{V}(\theta_t)<0$ bajarilganda tizim eksponensial barqaror bo‘lishi isbotlangan, bu esa asinxron muhitda kechikishlar mavjud bo‘lsa ham modelning global konvergensiyasini kafolatlaydi. Ushbu yondashuv taqsimlangan optimallashtirish tizimlari uchun ilgari qo‘llanilmagan formal barqarorlik kafolatini beradi.

4) Kognitiv o‘z-o‘zini tahlil mexanizmi — model o‘qitish jarayonida o‘zining holatini baholash orqali $\eta_t = f\left(\|g(\theta_t)\|, |\Delta L_t|, \tau_t\right)$ funksiyasi yordamida optimal o‘rganish tezligini tanlaydi. Bu matematik bog‘lanish tizimning ichki kognitiv reaktsiya mexanizmini tavsiflaydi va uning konvergensiyasini moslashuvchan tarzda tartiblaydi.

ISSN 3030-3907

5) Energiya samaradorligini nazariy modellashtirish — modelda $\frac{Perf}{Watt} = \frac{Thr(W)}{P(W)}$ ko‘rsatkichi asosida tizimning hisoblash samaradorligi va energiya sarfi o‘rtasidagi bog‘lanish aniqlanib, energiya-aniqlik optimallashtirish funksiyasi qurilgan. Bu yondashuv SI tizimlarida energiya balansini nazariy asosda tahlil qilish uchun yangi metodik asos yaratadi.

6) Staleness ta’sirini kognitiv kompensatsiya qilish — kechikkan gradientlarning salbiy ta’siri τ_t ning matematik modeli orqali tahlil qilinib, $\eta_t \downarrow$ agar $\tau_t \uparrow$ yoki $|\Delta L_t| \downarrow$ shartlari ostida avtomatik tarzda yumshatiladi. Bu esa asinxron o‘qitish jarayonida yuzaga keladigan noturg‘unliklarni sezilarli kamaytiradi va konvergensiyani silliqlaydi.

7) Nazariy modelning eksperimental asoslanishi — taklif etilgan kognitiv adaptiv mexanizm PyTorch muhitida sinovdan o‘tkazilib, MNIST ma’lumotlar to‘plamida 99.1 % aniqlik, 1.5 Perf/Watt energiya samaradorligi va 20–25 % o‘qitish vaqtini qisqartirish natijalarini berdi. Ushbu ko‘rsatkichlar nazariy modelning amaliy jihatdan to‘liq tasdiqlanganligini ko‘rsatadi. Ilmiy ahamiyat nuqtayi nazaridan, ishlab chiqilgan yondashuv quyidagi jihatlarni ta’minlaydi: 1) Taqsimlangan muhitda kechikish va konvergensiya tezligi o‘rtasidagi matematik balansni aniqlovchi yangi formal ifodalarni kiritadi. 2) η_t o‘rganish tezligi uchun kognitiv boshqaruv qonunini taklif etadi, bu qonun real vaqt rejimida tizimning barqarorligini saqlash imkonini beradi. 3) Modelning Lyapunov barqarorlikka asoslanganligi uning nazariy ishonchliligini, PyTorch muhitidagi eksperimentlar esa amaliy ishonchliligini tasdiqlaydi. 4) Tizimning kognitiv adaptatsiya mexanizmi energiya samarador boshqaruv paradigmasiga yangi ilmiy asos yaratadi.

Mazkur tadqiqot natijalari taqsimlangan chuqur o‘rganish va optimallashtirish nazariyalarini kognitiv boshqaruv falsafasi bilan integratsiyalash orqali yangi ilmiy yo‘nalishning shakllanishiga asos yaratadi. Taklif etilgan model konvergensiya tezligi va barqarorligini sezilarli darajada oshirib, sun’iy intellekt tizimlarining o‘z holatini tahlil qilish, atrof-muhit sharoitlariga moslashish hamda energiya jihatidan samarali ishlash qobiliyatlarini nazariy va amaliy jihatdan mustahkamlaydi. Ushbu natijalar kognitiv adaptiv optimallashtirish yondashuvining zamonaviy neyro-taqsimlangan tizimlar uchun intellektual o‘z-o‘zini boshqarish paradigmasini shakllantirishdagi dolzarbligini tasdiqlaydi va kelgusida o‘zini anglovchi, energetik barqaror hamda adaptiv sun’iy intellekt arxitekturalarini rivojlantirish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. J. Zhang, Y. Zhu, “Neural Network-Based Model Predictive Control for Nonlinear Systems,” *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 32, no. 2, pp. 478–489, 2021.

ISSN 3030-3907

2. H. You, C. Ding, et al., “Asynchronous Parallel Stochastic Gradient Descent with Delay Compensation,” *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 31, no. 12, pp. 2754–2768, 2020.
3. A. Amini, M. Soleymani, “An Intelligent Adaptive Fuzzy Neural Controller for Nonlinear Uncertain Systems,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 100, 2021, p. 104151.
4. K. S. Narendra, A. M. Annaswamy, *Stable Adaptive Systems*, Dover Publications, 2019.
5. S. Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, 3rd ed., Pearson Education, 2020.
6. J. Dean, G. Corrado, “Large Scale Distributed Deep Networks,” *Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS)*, 2012, pp. 1223–1231.
7. T. Chen, B. Xu, C. Zhang, “Training Deep Nets with Sublinear Memory Cost,” *arXiv preprint arXiv:1604.06174*, 2016.
8. Yusupbekov, N. R., Usmonov, U. S., & Khayitov, A. K. “Adaptive Intelligent Control Systems for Industrial Automation,” *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, vol. 21, no. 5, pp. 815–828, 2021.
9. A. Dutta, R. Dabre, A. Kunchukuttan, “Asynchronous and Synchronous Parallel Training of Neural Networks: A Comparative Study,” *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 145, pp. 27–37, 2020.
10. Y. Bengio, I. Goodfellow, A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2017.
11. M. Goyal, “Energy-Aware Distributed Deep Learning Frameworks,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 136, pp. 180–194, 2022.
12. L. Bottou, F. Curtis, J. Nocedal, “Optimization Methods for Large-Scale Machine Learning,” *SIAM Review*, vol. 60, no. 2, pp. 223–311, 2018.
13. C. Zhang, M. Li, D. G. Andersen, A. Smola, “Parameter Server for Distributed Machine Learning,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 18, no. 1, pp. 1–47, 2017.
14. P. Blanchard, E. Moulines, et al., “Distributed Optimization with Sparse Communications,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 42, no. 6, pp. 1418–1432, 2020.
15. F. Niu, B. Recht, C. Re, S. Wright, “Hogwild!: A Lock-Free Approach to Parallelizing Stochastic Gradient Descent,” *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 24, 2011.

ISSN 3030-3907