ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

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

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

ISSN 3030-3907

MUNDARIJA

1	Adsorbsion quritish jarayonining fizik-kimyoviy mohiyati. *Ashurov Sh.M.* *Bozorov O.N* *Quyboqarov O.E.*	9
2	O‘simlik ekstraktlari bilan boyitilgan atir sovunlarning antioksidant va mikrobiologik barqarorligini tadqiq etish *S.N. Shodiyeva* *N.K. Majidova*	22
3	Metan konversiyasi jarayonida turli xil membranali reaktorlarning katalizatorga ta’sirini o‘rganish *Shabarova Umida* *Abdirashidov Durbek* *Abdurasulova Sug‘diyona*	33
4	Lia seolitining toza kimyoviy reagentlar yordamida sintezi va mikrostrukturaviy sem tahlili *Hamidov Raxmatullo* *Oydinov Muxlis*	41
5	Совершенствование рабочего органа карьерных электрических экскаваторов типа экг *Зохидов Одил Умирзокович* *Рахимов Бекзод Абдикомил угли* *Азимов Шохжахон Бобомурод угли* *Азаматов Ахадбек Садирдин угли*	48
6	Olgellarni sem hamda edx analiz tahlilari orqali sirt yuzasini va element tarkibini tahlil qilish *Ernazarova Nasiba Temirovna* *Xusanova Mamlakat Furqatovna* *Djalilov Abdulahat Turapovich.* *Shomuradov Ulug‘bek Meyli o‘g‘li*	56
7	Bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olish imkoniyatlari *Ashurov Sh.M.* *Bozorov O.N.* *Quyboqarov O.E.*	64
8	Ikkilamchi pet chiqindilaridan yuqori sifatli tereftaldiamid sintez qilish *Saidnazarov Toir Raxmon o‘gli* *To‘rayev Xayit Xudaynazarovich* *Karimov Ma’sud Ubaydilla o‘g‘li* *Eshmurodov Xurshid Esanberdiyevich*	77
9	Shamol turbinalarini tahlil qilishda qo‘llaniladigan zamonaviy dasturlar tahlili *B.Raxmonov* *B.Boynazarov* *M.Uzbekov* *M.Qosimova*	87
10	Bolalar va o‘smirlarda allergik kasalliklar: etiologiya, patogenez,diagnostika va davolashning zamonaviy tamoyillari *Axmadjonova Gulhayo Rafiqjon qizi*	98
11	Ikkilamchi polimer chiqindilar pet va eva asosida geteropolimer modifikatorlar sintezi va ularni qo‘llash imkoniyatlari *Xo‘jaqulov Kamoliddin Ramazanovich* *Ubaydullayeva Sevara Ahmad qizi*	103
12	Sintetik va ananaviy yoqilg`ilarni kompoudlash asosida ekologik va ekspluatatsion xossalari yaxshilangan yoqilg‘ilar olish va ularning fizik-kimyoviy xossalari *Ro`ziyev A.T* *Hayitov R.R* *Mavlonov Sh.B..*	112

ISSN 3030-3907

13	“O`zbekiston gtl” mahsulotlarnining fizik-kimyoviy xossalari va ularni kompoudirlash asosida ekologik toza yoqilg`ilar olish istiqbollari *Ro`ziyev Aliakbar To`raqulovich* *Hayitov Ruslan Rustamjonovich* *Mavlonov Shohrux Boboxon o`g`li*	123
14	Faza o‘zgaruvchan va qattiq materiallardan birgalikda foydalanilgan issiqlik energiyasini saqlash tizimlarining hisobi *Shodmonov Musulmon Farxodovich*	133
15	Magistral yo‘llarda harakatlanishda texnika xavfsizlik qoidalari va atrof muhitga ta’siri. *Shodmonov Sayidbek* *Habibullayev Halililo Oybek o‘g‘li*	141
16	O‘zbekiston xalqaro savdosida nazariy asoslar tahlil va zamonaviy tendensiyalar *Shodmonov Sayidbek Abduvayitovich* *Sharifjonov Sarvarbek Mirzaakbar o‘g‘li*	149
17	Suv xo‘jaligi nasos stansiyalarida asinxron elektr yuritmalarning energiya sarfini kamaytirish *Axmedov Durbek Madaminjon o‘g‘li*	156
18	Ta’lim muassasalarida liderlik va boshqaruv: pedagogik jamoa hamda ma’muriyat o‘rtasidagi hamkorlik modelining nazariy-metodologik asoslari. *Kambarova Dilnoza Musakulovna*	162
19	Tabiiy konveksiya asosidagi bevosita quyosh quritgichlarning olma quritish jarayoniga ta`sirini baholash *Ma`murova Dildora Ma`ruf qizi*	167
20	Boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyatlarni yechishda ijodiy tafakkurni o‘rni *Toshtemirova Gulsanamoy Ilhomjon qizi*	175
21	Оценка биологического потенциала тритерпеноидных сапонинов astragalus методом in silico: pass-скрининг, дескрипторный анализ и sar-интерпретация *Хилола Ашурова* *Алишер Хаитбаев* *Rong Qi*	183
22	Korxona tarmoqlarida vlan segmentatsiyasi orqali xavfsizlikni oshirish usullari *Ro‘zimov Javlonbek Sabirjon o‘g‘li*	195
23	“Sika retarder” superplastifikatorini portlandsement xossalariga ta’sirini o‘rganish *A.K. Xoltayeva*	204
24	Шаҳар ҳудудларининг захлашига ер ости сувлари сатҳи кўтарилишининг гидродинамик жиҳатларини таъсири *Б.Д. Абдуллаев* *Ш.Т. Иргашев* *Б.Р. Насибов*	210
25	Analysis of heat transfer mechanisms in accelerating the food drying process. *Jabborov To‘lqin Kamolovich* *Kurbanov Nematilla Murodillayevich* *Jabborov Islombek To‘lqinjon o‘g‘li* *Siddiqov Mukhiddin Zayniddin o‘g‘li*	227
26	Linterlash mashinasi to‘zitg‘ich qurulmasini takomillashtirish hisobiga ishlash samaradorligini oshirish *Imomqulov Shuhratjon Boqijonovich* *Ne’matov Ilyosbek Ravshan o‘g‘li*	235
27	Чиқиндиларини кислотали қайта ишлаб фосфор-калийли ўғитлар олиш *Б.Мамадалиева* *Д.М.Тавакkалова* *М.М.Собиров*	242
28	Zamonaviy funksional material sifatida gidroksipropilmetilsellyuloza asosidagi gidrogellar sintezi va xossalarining tadqiqoti *Muxiddinov Baxodir Faxriddinovich*	250

ISSN 3030-3907

	Isroilov Oltinbek Ixtiyor o‘g‘li *Axtamov Dilshod To‘lqinovich* *Isroilova Gullola Anvar qizi*	
29	Ekologik toza mahsulotlar va organik qishloq xo‘jaligi. *Utamurodova Nigora Abdyraxmonovna*	258
30	Особенности эксплуатации щелочной колонны очистки пирогаза в промышленных производств этилена *Ф.А.Салохиддинов*	265
31	Кон машиналари ҳаво фильтрларини тозалаш самарадорлигини оширишнинг илмий-амалий таҳлили *Зохидов Одил Умирзокович* *Тошпулатов Мирзабек Дўстмурод ўғли*	273
32	Комплексное использование минеральных ресурсов как фактор устойчивого развития горнодобывающей отрасли *Косимов Мухиддин Одилович* *Раимжанов Бахадиржан Раимжанович* *Каримова Диёра Абдухамидовна* *Малюшенко Даниил Сергеевич*	280
33	Применение метода цементации для укрепления слабых грунтов *Акбарова Дильноза Баходир кизи*	293
34	Egiluvchi temirbeton to‘sinlarni kuchaytirishda bazalt kompozit materiallardan foydalanishning afzallik va kamchiliklari *Yusufxo‘jayev S.A.* *Samadova D.A.*	305
35	O‘tkir revmatik isitma bilan og‘rigan bolalarda immun tizimi, suyak tizimi holati *Muxamadiyeva L.A.* *Kuldashev S.F.*	312
36	Dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirishda axborot texnologiyalarining o‘rni *Abdullaeva Sanobar Berdievna* *Jabbarova Parizoda Ilhomjon qizi*	319
37	Oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishning iqtisodiy hisob-kitob modeli *Voxidov Dilshod Alikulovich*	325
38	Talabalarda kreativ fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishda badiiy adabiyotning o‘rni *Miraliyeva Dilafruz Tohirovna* *Sharipova Shohida Shoymardonovna*	330
39	Потери энергии в солнечных панелях и методы их снижения *Маджидова Махлиё Азам кизи*	335
40	Avtomobillar ishlangan gazlari tarkibidagi zararli moddalarni kamaytirish bo‘yicha umumiy chora-tadbirlar *Karimov Maxmud Raxmatovich* *Norqobilov Elmurod Erkin o‘g‘li*	347
41	Modernization of the carriage assembly of the nf-630 milling machine to increase the machining envelope in the nf-1200 model *Artikov Narmurad Nortajiyevich* *Oripov Dostonjon* *G‘aybulloyev Nusrat Sunatullo o‘g‘li* *Turdinov To‘lqin Abriyevich*	354
42	Structural improvement of the carriage assembly in the modernization of the nf-630 milling machine into the nf-1200 model *Artikov Narmurad Nortajiyevich* *G‘aybulloyev Nusrat Sunatullo o‘g‘li* *Oripov Dostonjon Rustamjon o‘g‘li* *Shukurov Odil Erkinovich*	369

ISSN 3030-3907

43	Scutellaria comosa o‘simlik turi terpenoidlari va flavonoidlarini kompleks holatda o‘rganish *Jo‘rayeva Nozimaxon Oybek qizi* *Karimov Abdurashid Musoxonovich*	378
44	Shotut mevasidan antosianin pigmentini ajratib olish va xossalarini o‘rganish *Rayimov Zuhriddin Xayriddin o‘g‘li* *Egamberdiyeva Umida Faxriddin qizi*	385
45	Mathematical modeling of heat and mass transfer in food drying processes *Akramov S.* *Safarov J.* *Sh.A. Sultanova*	394
46	Bifilyar chulg‘am kuchlanishining rostlash xarakteristikasini chiziqli xarakteristikaga o‘zgartirish *Mamadjanov Baxodir Djuraxanovich*	400
47	Actual problems of teaching programming languages in modern conditions *Otahanov Nurillo Abdumalikovich*	410
48	Fizika fanining shakllanishi va rivojlanishini metodologik tahlil qilish *Husanov Zafarjon Jo`raqulovich*	428
49	Scientific research for heating systems: useful work analysis and development methodology *Sanjar Jurakulov*	441
50	Java dasturlash tilida elektron darslik yaratish texnologiyasi *Aslonov Qodir Ziyodullayevich*	450

ISSN 3030-3907

ADSORBSION QURITISH JARAYONINING FIZIK-KIMYOVIY MOHIYATI.

Ashurov Sh.M.
Toshkent davlat texnika universiteti,
Bozorov O.N.
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishdada adsorbsion quritish jarayonining fizik-kimyoviy mohiyati, gaz yoki suyuq muhit tarkibidagi namlikni qattiq adsorbent yuzasida ushlab qolish mexanizmlari hamda jarayonga ta’sir etuvchi asosiy omillar yoritiladi. Adsorbsion quritish jarayoni modda almashinuvi, sirt hodisalari, kapillyar kondensatsiya, adsorbentning g‘ovak tuzilishi va faol markazlari bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, namlik molekulalarining adsorbent yuzasiga fizik yoki kimyoviy kuchlar orqali birikishi natijasida amalga oshadi. Jarayonda adsorbentning solishtirma yuzasi, g‘ovaklar hajmi, g‘ovak radiusi, sirt energiyasi, harorat, bosim, gaz sarfi va namlikning boshlang‘ich miqdori muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: adsorbsiya, adsorbsion quritish, namlik, adsorbent, tabiiy gaz, g‘ovak tuzilish, solishtirma sirt, massa almashinuvi, regeneratsiya, fizik-kimyoviy jarayon.

Аннотация. В данной работе освещается физико-химическая сущность процесса адсорбционной сушки, механизмы удержания влаги в газовой или жидкой среде на поверхности твердого адсорбента, а также основные факторы, влияющие на процесс. Процесс адсорбционной сушки напрямую связан с обменом веществ, поверхностными явлениями, капиллярной конденсацией, пористой структурой и активными центрами адсорбента и происходит в результате присоединения молекул влаги к поверхности адсорбента физическими или химическими силами. В процессе важное значение имеют удельная поверхность адсорбента, объем пор, радиус пор, поверхностная энергия, температура, давление, расход газа и начальное количество влаги.

Ключевые слова: адсорбция, адсорбционная сушка, влажность, адсорбент, природный газ, пористая структура, удельная поверхность, массообмен, регенерация, физико-химический процесс.

Abstract. This work highlights the physicochemical essence of the adsorption drying process, the mechanisms of moisture retention in a gas or liquid medium on the surface of a solid adsorbent, and the main factors influencing the process. The process of adsorption drying is directly related to the metabolism, surface

ISSN 3030-3907

phenomena, capillary condensation, porous structure, and active centers of the adsorbent and occurs as a result of the attachment of moisture molecules to the adsorbent surface by physical or chemical forces. In the process, the specific surface area of the adsorbent, pore volume, pore radius, surface energy, temperature, pressure, gas flow rate, and initial moisture content are of great importance.

Keywords: adsorption, adsorption drying, moisture, adsorbent, natural gas, porous structure, specific surface area, mass exchange, regeneration, physicochemical process.

KIRISH.

Gazlarni chuqur quritish neft-gaz sanoati, gazni qayta ishlash korxonalari, neft-kimyo, kriogen ajratish, vodorod energetikasi va katalitik jarayonlarda muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Tabiiy gaz tarkibidagi suv bug‘i quvur liniyalarida gidratlar hosil bo‘lishiga, armatura va issiqlik almashinish apparatlarida korroziyaga, kompressorlarning ish rejimida nosozliklarga hamda past haroratli ajratish qurilmalarida muzlanish xavfiga sabab bo‘ladi. Shu bois namlikni me’yoriy chegaradan past darajaga tushirish gazni tayyorlash tizimining ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir.

Sanoat amaliyotida gazlarni quritish uchun glikol bilan absorbsion quritish, sovitish-kondensatsiya, membranali ajratish va adsorbsion quritish usullaridan foydalaniladi. Ushbu usullar ichida adsorbsion quritish juda past shudring nuqtasiga erishish, qoldiq namlikni iz miqdorgacha kamaytirish va gazni keyingi kriogen yoki katalitik bosqichlarga tayyorlash imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Desikant adsorbentlar, jumladan molekulyar elaklar, silikagel va aktivlangan alyuminiy oksidi tabiiy gazni quritishda keng qo‘llaniladigan materiallar qatoriga kiradi [1, 7].

Adsorbsion quritishning fizik-kimyoviy mohiyati shundan iboratki, suv bug‘i molekulalari gaz fazadan qattiq jism yuzasiga ko‘chadi, g‘ovaklar bo‘ylab diffuziyalanadi va adsorbentning energetik jihatdan faol markazlarida ushlanadi. Bu jarayon bir vaqtning o‘zida sirt hodisalari, molekulalararo ta’sirlar, g‘ovaklar geometriyasi, issiqlik ajralishi, massa uzatish va desorbsiya-regeneratsiya qonuniyatlari bilan belgilanadi.

Mavzuning dolzarbligi yuqori samarali, mexanik mustahkam, ko‘p siklli ishlashga chidamli va regeneratsiya energiyasi past adsorbentlar yaratish zarurati bilan bog‘liq. Ayniqsa, mahalliy bentonit, kaolin, diatomit, alyumosilikat va sanoat chiqindilari asosida kompozit adsorbentlar olish neft-gaz tarmog‘i uchun import o‘rnini bosuvchi texnologik yechim sifatida muhimdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

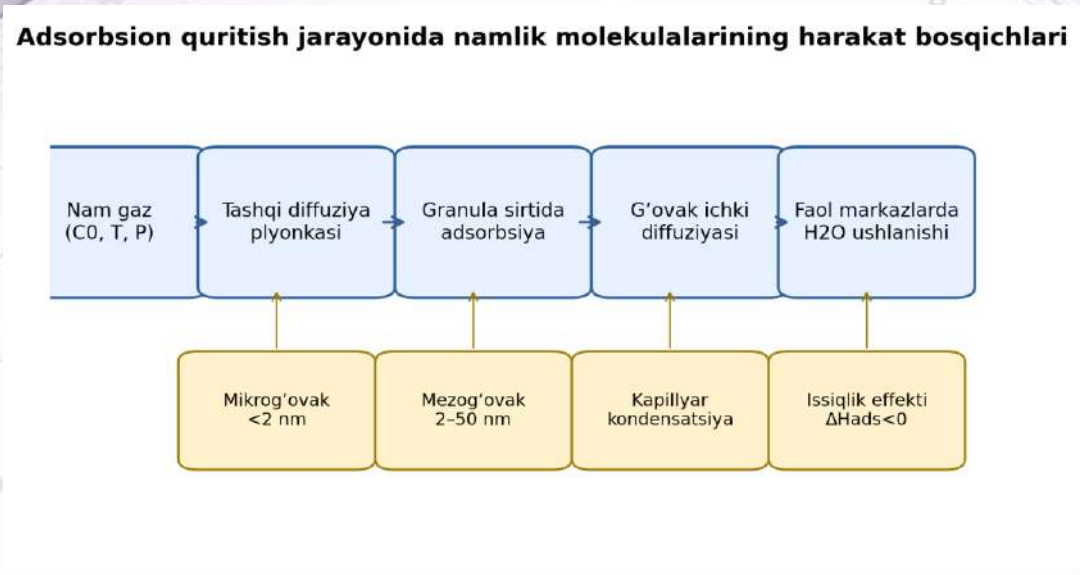
Adsorbsiya gaz yoki suyuq fazadagi modda molekulalarining qattiq jism yuzasida konsentrlanishidir. Quritish jarayonida adsorbat vazifasini suv bug‘i yoki namlik molekulalari bajaradi, adsorbent esa rivojlangan sirt yuzasi va g‘ovak tizimiga ega qattiq material bo‘ladi. Adsorbentning samaradorligi faqat umumiy yuzaga emas, balki shu yuzadagi faol markazlar tabiati, g‘ovaklar o‘lchami, namlikka nisbatan selektivlik va regeneratsiyalanish qobiliyatiga ham bog‘liq.

IUPAC tavsiflariga ko‘ra fizik adsorbsiya molekulalararo, asosan van-der-Vaals kuchlari va vodorod bog‘lari orqali kechadi; kimyoviy adsorbsiya esa adsorbat bilan adsorbent o‘rtasida kuchliroq, valent yoki koordinatsion xarakterdagi bog‘lanish paydo bo‘lishi bilan tavsiflanadi [2]. Adsorbsion quritishda odatda fizik adsorbsiya ustun bo‘ladi, chunki suv molekulalari regeneratsiya vaqtida qizdirilgan gaz yordamida qayta chiqarib yuborilishi kerak. Biroq gidroksil guruhlarga boy alyumosilikat, alyumina va seolitlarda suv molekulalarining kuchli gidrofil markazlarda nisbatan mustahkam ushlanishi kuzatiladi.

Quritish jarayoni bir necha bosqichdan iborat: namlikning gaz oqimidan granula tashqi yuzasiga yetib kelishi, tashqi diffuziya plyonkasi orqali o‘tishi, g‘ovak ichki kanallarida diffuziyalanishi, faol markazlarga adsorbsiyalanishi va muvozanatga yaqinlashishi. Amaliy sharoitda ushbu bosqichlardan eng sekin kechadigani umumiy jarayon tezligini cheklaydi. Masalan, kichik g‘ovaklar adsorbsion sig‘imni oshirishi mumkin, ammo granulalar ichidagi diffuziya qarshiligini kuchaytiradi.

Adsorbsion quritish ekzotermik jarayon hisoblanadi. Suv molekulalari adsorbent yuzasiga birikkanda adsorbsiya issiqligi ajraladi. Qatlam ichidagi harorat ortishi adsorbsiya muvozanatini desorbsiya tomonga siljitishi mumkin. Shuning uchun sanoat adsorberlarida oqimning bir tekis taqsimlanishi, qatlamning termik barqarorligi va regeneratsiyadan keyingi sovitish bosqichi muhim ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Adsorbsion quritish jarayonida namlik molekulalarining harakat bosqichlari va asosiy fizik-kimyoviy hodisalar.

MATERIALLAR VA METODIK YONDASHUV

Adsorbentning g‘ovak tuzilishi quritish jarayonining asosiy fizik omillaridan biridir. Xalqaro tasnifga ko‘ra g‘ovaklar mikrog‘ovak, mezog‘ovak va makrog‘ovaklarga bo‘linadi. Mikrog‘ovaklar suv molekulalarining yuqori energiyali yutilishini ta’minlasa, mezog‘ovaklar molekulalarning granula ichida tarqalishini yengillashtiradi, makrog‘ovaklar esa gaz oqimi va diffuziya kanallari vazifasini bajaradi [3].

Suv molekulasi yuqori dipol momentga ega bo‘lgani sababli gidrofil sirtlarda kuchli yutiladi. Silika va alyumosilikat materiallarda Si–OH, Al–OH, Si–O–Al kabi sirt guruhlari suv molekulalari bilan vodorod bog‘lari hosil qiladi. Seolitlarda esa ion almashinish kationlari, tor va bir xil mikrog‘ovaklar suv molekulalarining selektiv adsorbsiyasini kuchaytiradi. Shu sababli 3A va 4A molekulyar elaklar tabiiy gazni chuqur quritishda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi.

Adsorbent tanlashda faqat namlikni yutish sig‘imi emas, balki quyidagi ko‘rsatkichlar ham hisobga olinadi: granulalarning ezilish mustahkamligi, changlanishga moyilligi, regeneratsiya harorati, suvga selektivlik, uglevodorodlarga nisbatan inertlik, kislota-gaz komponentlariga chidamlilik, ko‘p siklli ishlashda strukturaviy barqarorlik va iqtisodiy qiymat.

1-jadval.

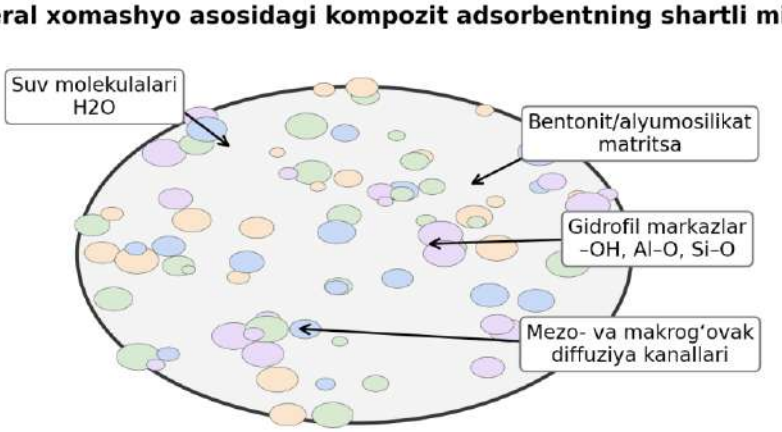
IUPAC tasnifi bo‘yicha adsorbent g‘ovaklari va ularning quritishdagi vazifasi

G‘ovak turi	O‘lcham diapazoni	Fizik-kimyoviy roli	Quritishdagi amaliy ahamiyati

ISSN 3030-3907

Mikrog‘ovak	< 2 nm	Kuchli adsorbsion maydon, g‘ovak to‘lishi	Chuqur quritish, past shudring nuqtasi
Mezog‘ovak	2–50 nm	Ko‘p qatlamli adsorbsiya, kapillyar kondensatsiya	Sig‘im va diffuziya tezligini muvozanatlashtiradi
Makrog‘ovak	> 50 nm	Transport kanallari va tashqi diffuziyani yengillashtirish	Bosim yo‘qotishni kamaytiradi, oqim o‘tishini yaxshilaydi

G‘ovak o‘lchamlari IUPAC tavsiyalariga muvofiq keltirilgan; real adsorbentlarda g‘ovaklar taqsimoti ko‘p modali bo‘lishi mumkin.



2-rasm. Mahalliy mineral xomashyo asosidagi kompozit adsorbentning shartli mikrostrukturasi.

ADSORBSION MUVOZANAT VA IZOTERMALAR

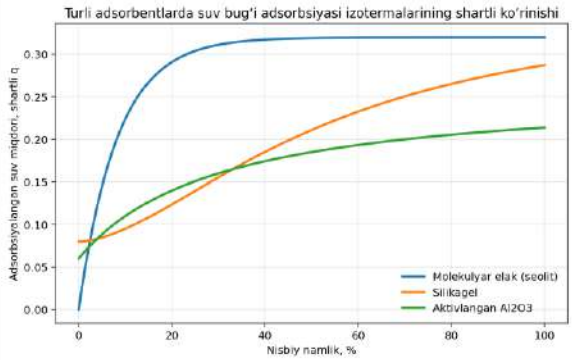
Adsorbsion quritishda muvozanat suv bug‘ining gaz fazadagi parsial bosimi yoki nisbiy namligi bilan adsorbentda yutilgan namlik miqdori o‘rtasidagi bog‘liqlik orqali ifodalanadi. Bunday bog‘liqlik adsorbsiya izotermasi deb yuritiladi. Izoterma ma’lum haroratda adsorbentning qancha namlikni ushlab qolishini, qaysi bosim yoki nisbiy namlik oralig‘ida sig‘im tez ortishini hamda to‘yinishga yaqinlashish xususiyatini ko‘rsatadi.

Langmuir modeli sirtni energetik jihatdan bir jinsli va adsorbsiyani bir qatlamli deb qabul qiladi. Ushbu model qattiq sirtning chekli sonli faol markazlari mavjud bo‘lgan holatlarda qulay: $q = q_{max} \cdot bP/(1+bP)$. Bu yerda q — adsorbsiyalangan namlik miqdori, qmax — maksimal sig‘im, b — muvozanat konstantasi, P — suv bug‘ining parsial bosimi.

ISSN 3030-3907

Freundlich modeli esa energetik jihatdan notekis sirtlarda adsorbsiyani ifodalash uchun ishlatiladi: q = KF·P^(1/n). Bu model kompozit adsorbentlar, tabiiy mineral sorbentlar va turli faol markazlarga ega materiallarda amaliy tavsiflash uchun foydali.

BET modeli ko‘p qatlamli adsorbsiyani tavsiflashda ishlatiladi. Silikagel va mezog‘ovak materiallarda nisbiy namlik ortishi bilan ko‘p qatlamli adsorbsiya hamda kapillyar kondensatsiya kuchayadi. Seolitlarda esa mikrog‘ovaklarning kuchli adsorbsion maydoni sababli past nisbiy namliklarda ham suv molekulalari tez yutilishi mumkin.



3-rasm. Turli adsorbentlarda suv bug‘i adsorbsiyasi izotermalarining shartli ko‘rinish

2-jadval.

Adsorbsion quritishda qo‘llaniladigan asosiy adsorbentlarning qiyosiy tavsifi

Adsorbent	**Strukturaviy xususiyati**	**Afzalligi**	**Cheklanishi**	**Tipik qo‘llanish sohasi**
Silikagel	Mezog‘ovak gidrofil SiO2	Pastroq haroratda regeneratsiyalanadi, namlik sig‘imi yaxshi	Juda chuqur quritishda seolitdan pastroq	Havo va gazlarni o‘rtacha chuqur quritish
Aktivlangan Al2O3	G‘ovak alyumina, termik barqaror	Mexanik mustahkam, sanoatda qulay	Ba’zi holatda qoldiq namlik yuqoriroq qoladi	Tabiiy gaz, havo, texnologik gazlar
3A/4A seolit	Bir xil mikrog‘ovak va kation markazlar	Juda past shudring nuqtasiga erishadi	Regeneratsiya energiyasi yuqori, ifloslanishga sezgir	LNG, NGL, kriogen jarayonlar,

ISSN 3030-3907

				chuqur quritish
Kompozit adsorbent	Mineral + oksid/uglerodli fazalar	Mahalliy xomashyo, narx va xossalarni moslashtirish imkoniyati	Tarkib va granulyatsiyani optimallashtirish zarur	Mahalliy gaz tayyorlash qurilmalari, pilot sinovlar

Keltirilgan tavsiflar adabiyotlar va sanoat amaliyotida uchraydigan umumiy holatlarga asoslangan; aniq ko‘rsatkichlar adsorbent markasi, granulasi va ish rejimiga bog‘liq

NATIJALAR VA MUHOKAMA

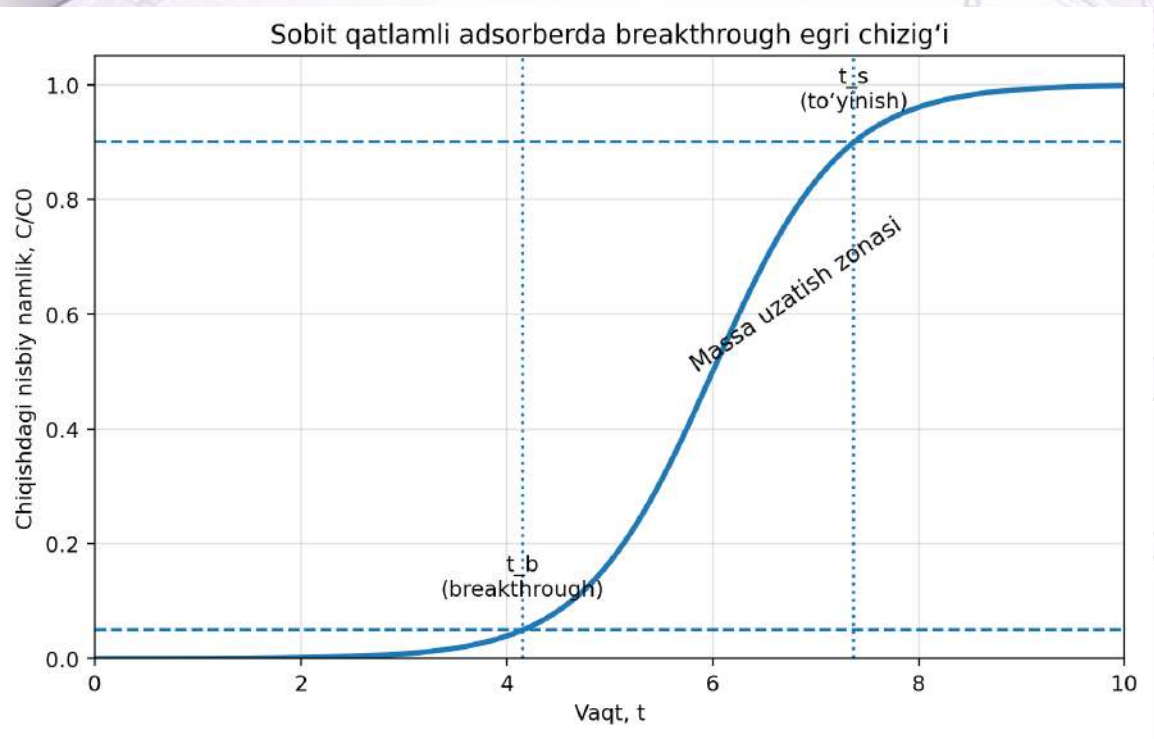
Sobit qatlamli adsorberda gaz adsorbent granulalari orasidan o‘tadi va suv bug‘i qatlamning kirish qismidan boshlab yutiladi. Vaqt o‘tishi bilan adsorbentning kirish qismidagi qatlam to‘yinadi, faol adsorbsiya zonasi esa gaz harakati yo‘nalishida siljiydi. Ushbu zona massa uzatish zonasi deb ataladi. Massa uzatish zonasi qanchalik tor va bir tekis bo‘lsa, adsorbent qatlamidan foydalanish darajasi shunchalik yuqori bo‘ladi.

Breakthrough — chiqish gazida namlik konsentratsiyasi ruxsat etilgan chegaradan oshib ketadigan holatdir. Amaliy quritishda breakthrough vaqti adsorberning ishchi davrini belgilaydi. Agar t_b juda qisqa bo‘lsa, adsorbent sig‘imi yetarli emas yoki diffuziya-massa almashinuvi cheklangan bo‘ladi. Agar breakthrough egri chizig‘i keskin ko‘tarilsa, massa uzatish zonasi tor, kinetika tez va qatlam samarali ishlayotganini ko‘rsatadi [8, 9].

Adsorbentning amaliy namlik yutish sig‘imi quyidagi umumiy massaviy balans bilan baholanishi mumkin: q_ish = (Q/m)∫0^tb(C0−C)dt. Bu yerda Q — gaz sarfi, m — adsorbent massasi, C0 — kirishdagi namlik konsentratsiyasi, C — chiqishdagi namlik konsentratsiyasi, tb — breakthrough vaqti. Mazkur ifoda tajriba ma’lumotlarini qayta ishlash va turli adsorbentlarni qiyoslashda qulaydir.

Massa uzatish jarayoniga gaz tezligi, qatlam balandligi, granulalar diametri, g‘ovak tuzilishi, harorat va bosim ta’sir qiladi. Gaz tezligi ortganda kontakt vaqti qisqaradi, lekin tashqi massa almashinuvi koeffitsienti ortishi mumkin. Qatlam balandligi oshganda breakthrough vaqti uzayadi, ammo bosim yo‘qotish ham ortadi. Shu sababli optimal ish rejimi gidrodinamika, massa uzatish va energiya sarfi o‘rtasidagi muvozanat asosida belgilanadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Sobit qatlamli adsorberda yorib o‘tish egri chizig‘i va massa uzatish zonasi.

3-jadval.

Adsorbsion quritish samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy texnologik omillar

Omil	Ta’sir mexanizmi	Samaradorlikka ta’siri	Optimallashtirish yo‘li
Harorat	Fizik adsorbsiya ekzotermik bo‘lgani uchun T oshsa q kamayadi	Yuqori haroratda ishchi sig‘im pasayadi	Kirish gazini sovitish, regeneratsiyadan keyin qatlamni sovitish
Bosim	Suv bug‘i parsial bosimi va muvozanat holatini o‘zgartiradi	Yuqa sharoitlarda gidrat xavfi va adsorbsiya rejimi o‘zgaradi	Ishchi bosimga mos adsorbent tanlash
Gaz sarfi	Kontakt vaqti va tashqi massa almashinuvi sharoitini belgilaydi	Juda katta sarf breakthrough vaqtini qisqartiradi	Optimal superficial tezlikni tanlash

ISSN 3030-3907

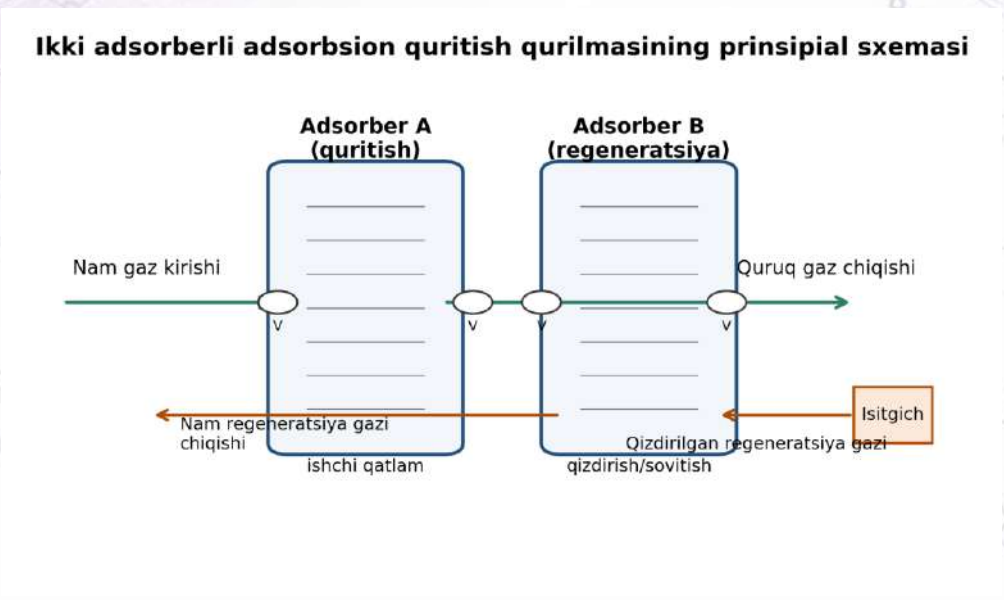
Granula diametri	Diffuziya yo‘li va bosim yo‘qotishni belgilaydi	Mayda granula tez adsorbsiya qiladi, ammo ΔP oshadi	Granulometrik tarkibni standartlash
Qatlam balandligi	Adsorbent zaxirasi va massa uzatish zonasini joylashtiradi	Baland qatlam t_b ni uzaytiradi	H/D nisbatini texnologik hisob bilan tanlash
Regeneratsiya darajasi	Qoldiq namlik keyingi sikl sig‘imini belgilaydi	To‘liq bo‘lmagan regeneratsiya sig‘imni kamaytiradi	TSA harorati, gaz sarfi va vaqtini boshqarish

Sanoat qurilmalarida adsorbsion quritish ko‘pincha ikki yoki uch adsorberli siklik sxemada olib boriladi. Bir adsorber nam gazni quritayotgan vaqtda ikkinchisi regeneratsiya qilinadi, uchinchisi esa sovitish yoki zaxira rejimida bo‘lishi mumkin. Bunday almashinuvchi rejim uzluksiz ishlab chiqarish uchun zarur.

Nam gaz kirish separatori va filtr-separatordan o‘tgach adsorberning yuqori yoki pastki qismidan kiritiladi. Gaz adsorbent qatlamidan o‘tishda suv bug‘idan tozalanadi. Quruq gaz chiqish liniyasida shudring nuqtasi yoki qoldiq namlik nazorat qilinadi. Namlik belgilangan chegaraga yaqinlashganda adsorber ishchi rejimdan chiqariladi va regeneratsiyaga yuboriladi.

Regeneratsiya uchun quruq gazning bir qismi isitiladi va to‘yingan adsorbent qatlamidan qarama-qarshi yo‘nalishda o‘tkaziladi. Qizdirilgan gaz adsorbsiyalangan suv molekulalarini desorbsiya qiladi. Keyin qatlam sovitiladi va yana adsorbsiya bosqichiga qaytariladi. Ushbu siklning to‘g‘ri tashkil etilishi quritish sifatini, adsorbent xizmat muddatini va energiya sarfini belgilaydi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Ikki adsorberli adsorbsion quritish qurilmasining prinsipial texnologik sxemasi.

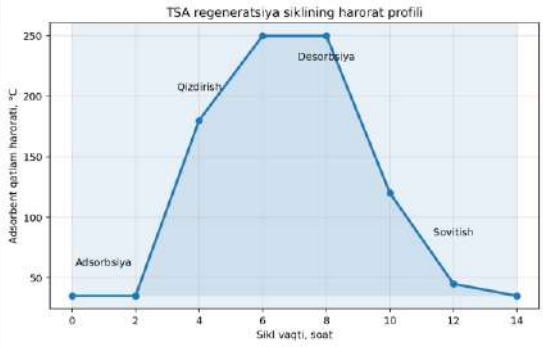
ISSIQLIK EFFEKTI VA REGENERATSIYA JARAYONI.

Adsorbsion quritishda suv molekulalari adsorbent sirtiga birikishi natijasida issiqlik ajraladi. Bu issiqlik adsorbent qatlamida harorat frontini hosil qiladi. Agar issiqlik o‘z vaqtida chiqarilmasa yoki qatlamda harorat keskin ortsa, adsorbsion sig‘im kamayadi. Ayniqsa, yuqori suv bug‘i konsentratsiyasida va katta qatlamli adsorberlarda issiqlik effekti jarayonni cheklovchi omilga aylanishi mumkin.

Regeneratsiya desorbsiya jarayonini jadallashtirish uchun adsorbentga issiqlik berishga asoslanadi. Harorat ko‘tarilganda suv molekulalarining adsorbent bilan o‘zaro ta’siri zaiflashadi, ularning bug‘ fazaga o‘tishi osonlashadi. Shu bilan birga haddan tashqari yuqori harorat adsorbentning strukturaviy degradatsiyasi, bog‘lovchi moddaning yemirilishi va granulalarning changlanishiga olib kelishi mumkin.

TSA siklida odatda to‘rtta bosqich farqlanadi: adsorbsiya, qizdirish, desorbsiya va sovitish. Qizdirish va desorbsiya bosqichlari energiya sarfining asosiy qismini tashkil etadi. Sovitish bosqichi esa keyingi adsorbsiya davrida yuqori sig‘imni ta’minlash uchun zarur. Agar adsorbent yetarlicha sovitilmasa, ishchi qatlam boshlang‘ich harorati yuqori bo‘ladi va breakthrough tezlashadi.

ISSN 3030-3907



6-rasm. TSA regeneratsiya siklining harorat profili va asosiy bosqichlari.

4-jadval.

Regeneratsiya bosqichlarining fizik-kimyoviy mazmuni

Bosqich	**Asosiy jarayon**	**Nazorat qilinadigan ko‘rsatkich**	**Kutiladigan natija**
Qizdirish	Adsorbent qatlamiga issiqlik berish	Regeneratsiya gazi harorati, vaqt	Suv-adsorbent bog‘lanishi zaiflashadi
Desorbsiya	Suv molekulalarining sirt va g‘ovaklardan chiqishi	Chiqish gazidagi H2O miqdori	Adsorbent qoldiq namligi kamayadi
Sovitish	Qatlamni ishchi haroratga tushirish	Chiqish harorati, sovitish gazi sarfi	Keyingi sikl uchun yuqori sig‘im tiklanadi
Qayta ulash	Adsorberni ishchi liniyaga qaytarish	Shudring nuqtasi, bosim, oqim	Uzluksiz quritish rejimi ta’minlanadi

XULOSA.

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

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

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

ISSN 3030-3907

4. Sobit qatlamli adsorberlarda breakthrough vaqti va massa uzatish zonasi adsorbentning amaliy ishchi sig‘imini baholashda asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi.

5. Seolit molekulyar elaklar chuqur quritishda, silikagel va aktivlangan alyuminiy oksidi esa turli sanoat sharoitlarida qo‘llashda muhim ahamiyatga ega. Mahalliy mineral xomashyo asosidagi kompozit adsorbentlar esa iqtisodiy va texnologik jihatdan istiqbolli yo‘nalishdir.

6. Adsorbsion quritish jarayonini chuqur o‘rganish tabiiy gaz sifatini oshirish, gidrat va korroziya xavfini kamaytirish, qurilma energiya samaradorligini yaxshilash va import o‘rnini bosuvchi adsorbentlar yaratish uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 3030-3907

11. EMIS-VITO. Adsorption based dehydration: technology factsheet. URL: https://emis.vito.be/nl/tools/mapitccu/technologies/adsorption-based-dehydration
12. Kohl A.L., Nielsen R.B. Gas Purification. 5th ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1997. 1395 p.
13. GPSA Engineering Data Book. Gas Processors Suppliers Association. Latest industrial editions.
14. Breck D.W. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use. New York: Wiley, 1974. 771 p.
15. Rouquerol F., Rouquerol J., Sing K.S.W., Llewellyn P., Maurin G. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications. 2nd ed. Oxford: Academic Press, 2014.
16. Gregg S.J., Sing K.S.W. Adsorption, Surface Area and Porosity. 2nd ed. London: Academic Press, 1982. 303 p.
17. Crittenden B., Thomas W.J. Adsorption Technology and Design. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. 288 p.
18. Foo K.Y., Hameed B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. Chemical Engineering Journal. 2010. Vol. 156. P. 2–10.
19. Seader J.D., Henley E.J., Roper D.K. Separation Process Principles. 4th ed. Hoboken: Wiley, 2016.
20. Perry R.H., Green D.W. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

ISSN 3030-3907

UDK: 665.58:661.187.2:615.322

O‘SIMLIK EKSTRAKTLARI BILAN BOYITILGAN ATIR SOVUNLARNING ANTIOKSIDANT VA MIKROBIOLOGIK BARQARORLIGINI TADQIQ ETISH

S.N. Shodiyeva
Buxoro davlat texnika universiteti.
N.K. Majidova
Buxoro davlat texnika universiteti.
E-maill: s9978139@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada o‘simlik ekstraktlari bilan boyitilgan atir sovunlarning antioksidant salohiyati, mikrobiologik barqarorligi va sifat ko‘rsatkichlarini baholash bo‘yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlar tahlil qilindi. Adabiyotlar sharhi shuni ko‘rsatadiki, fenolik birikmalar, flavonoidlar, organik kislotalar va ayrim efir moylari sovun tarkibida ikki tomonlama funksiyani bajarishi mumkin: ular erkin radikallarni neytrallashga yordam beradi va ma’lum darajada mikroorganizmlar o‘sishini cheklaydi. Biroq tabiiy xomashyoning murakkab tarkibi, partiyalararo o‘zgaruvchanligi, allergenlar, og‘ir metallar, pestitsid qoldiqlari va mikrobiologik kontaminatsiya xavfi sababli bunday mahsulotlar standartlashtirilgan xavfsizlik nazoratisiz bozorga chiqarilmasligi kerak. Maqolada DPPH/ABTS/FRAP, umumiy fenolik modda (TPC), pH, ko‘piklanish, umumiy yog‘ kislotalari miqdori, erkin ishqor, namlik, umumiy mikroblar soni, patogen mikroorganizmlar yo‘qligi va ISO 11930 challenge-test mezonlari asosida kompleks baholash modeli taklif etildi.

Kalit so‘zlar: atir sovun, o‘simlik ekstrakti, antioksidant faollik, DPPH, umumiy fenollar, mikrobiologik barqarorlik, ISO 11930, ISO 17516, tabiiy kosmetika.

Аннотация. В статье выполнен современный обзор научных подходов к оценке антиоксидантной активности, микробиологической стабильности и физико-химического качества туалетного мыла, обогащённого растительными экстрактами. Анализ литературы показывает, что фенольные соединения, флавоноиды, органические кислоты и отдельные эфиромасличные компоненты могут выполнять двойную функцию: снижать радикальную нагрузку и частично ограничивать рост микроорганизмов. Однако природное происхождение ингредиента не является доказательством его безопасности. Для таких продуктов необходимы стандартизация сырья, контроль аллергенов, тяжёлых металлов, пестицидов, микробной контаминации и подтверждение срока годности. Предложена комплексная модель исследования, включающая TPC, DPPH/ABTS/FRAP, pH, TFM, свободную щёлочь, влажность, общее

микробное число, отсутствие специфических патогенов и challenge-test по ISO 11930.

Ключевые слова: туалетное мыло, растительный экстракт, антиоксидантная активность, DPPH, общие фенолы, микробиологическая стабильность, ISO 11930, ISO 17516, натуральная косметика.

Abstract. The article analyzes modern scientific approaches to assessing the antioxidant potential, microbiological stability, and quality indicators of perfumed soaps enriched with plant extracts. A review of the literature shows that phenolic compounds, flavonoids, organic acids and certain essential oils can perform a double function in soap: they help neutralize free radicals and to some extent limit the growth of microorganisms. However, due to the complex composition of natural raw materials, inter-batch variability, allergens, heavy metals, pesticide residues, and the risk of microbiological contamination, such products should not be released to the market without standardized safety controls. The paper proposed a comprehensive assessment model based on DPPH/ABTS / FRAP, total phenolic substance (TPC), pH, foaming, total fatty acid content, free alkali, moisture, total microbial count, absence of pathogenic microorganisms, and ISO 11930 challenge-test criteria.

Keywords: perfumed soap, plant extract, antioxidant activity, DPPH, total phenols, microbiological stability, ISO 11930, ISO 17516, natural cosmetics.

1. KIRISH.

Atir sovun kosmetik-gigiyenik mahsulot sifatida teri yuzasini tozalash, hidni yaxshilash, mikrofloraning ortiqcha ko‘payishini cheklash va iste’molchiga qulay sensor xususiyatlar berishga xizmat qiladi. An’anaviy sovunlar yuqori pH, sirt-faol xususiyat va yog‘ kislotalari tuzlari hisobiga tozalash samaradorligini ta’minlaydi. So‘nggi yillarda esa sovun retsepturalariga o‘simlik ekstraktlari, tabiiy rang beruvchilar, polifenollarga boy komponentlar, efir moylari va biopolimerlar qo‘shish tendensiyasi kuchaydi. Bunday yondashuv mahsulotni “clean-label”, ekologik va funksional kosmetika talablari bilan uyg‘unlashtiradi.

O‘simlik ekstraktlarining kosmetikada qo‘llanishi faqat marketing emas, balki fitokimyoviy asosga ega. Polifenollar, flavonoidlar, karotinoidlar, askorbin kislota, tokoferollar, terpenoidlar va taninlar oksidlanish jarayonlarini sekinlashtirishi, teri yuzasida erkin radikal bosimini kamaytirishi va ayrim mikroorganizmlar o‘sishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [4,6]. Shu bilan birga, sovun matritsasi murakkab: yuqori ishqoriy muhit, surfaktantlar, hid beruvchi moddalarning uchuvchanligi va saqlashdagi namlik almashinuvi ekstraktning real faoliyatiga ta’sir qiladi.

Mikrobiologik barqarorlik masalasi ayniqsa muhimdir. Qattiq sovunlar odatda suv faolligi pastligi va ishqoriy muhit sabab past mikrobiologik xavfli

ISSN 3030-3907

mahsulotlar qatoriga kiradi. Biroq o‘simlik kukuni yoki suvli ekstraktlar qo‘shilishi organik modda miqdorini oshiradi, namlikni ushlab turishi mumkin va ishlab chiqarish jarayonida kontaminatsiya ehtimolini kuchaytiradi. Shu sababli tayyor sovun nafaqat organoleptik va fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar, balki umumiy mikroblar soni, patogenlar yo‘qligi va challenge-test natijalari bo‘yicha ham baholanishi zarur [5,8,9].

Maqolaning maqsadi — o‘simlik ekstraktlari bilan boyitilgan atir sovunlarning antioksidant va mikrobiologik barqarorligini baholash uchun ilmiy asoslangan IMRAD modeli, tahliliy mezonlar va tajriba-sinov dizaynini ishlab chiqishdir.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

Zamonaviy kosmetika adabiyotlarida o‘simlik ekstraktlari tabiiy antioksidant, terini parvarishlovchi va barqarorlashtiruvchi ingredient sifatida ko‘rib chiqiladi. 2024-yilgi sharhlarda kosmetik mahsulotlar uchun polifenollar, flavonoidlar, vitaminlar, stilbenlar va metilksantinlar antioksidant manba sifatida alohida qayd etiladi [4]. Bu moddalarning asosiy ta’siri vodorod atomini berish, radikallarni bog‘lash, metal ionlarini xelatlash va oksidlanish zanjirini uzish bilan izohlanadi.

Herbal soap bo‘yicha amaliy tadqiqotlarda ekstraktning fenolik tarkibi va DPPH bo‘yicha faolligi asosiy indikator sifatida qo‘llanmoqda. Zaiton va hamkorlari Averrhoa bilimbi bargi va Flos lonicerae ekstraktlari qo‘shilgan sovunlarda TPC, DPPH IC50, pH, og‘ir metallar va antibakterial sinovlarni baholagan. Ularning ma’lumotiga ko‘ra, Averrhoa bilimbi barg ekstraktida TPC 24,49 mg GAE/g, Flos lonicerae ekstraktida 4,96 mg GAE/g bo‘lgan; DPPH IC50 esa mos ravishda 0,0588 va 0,0315 g/mL atrofida qayd etilgan [1]. Bu natija shuni ko‘rsatadiki, fenolik tarkib yuqori bo‘lishi har doim ham eng past IC50 bilan mutlaq mos kelmasligi mumkin, chunki antioksidant faollikka molekulyar tuzilma, erituvchi, ekstraksiya sharoiti va matritsa ta’siri ham qo‘shiladi.

Savdo sovunlari bo‘yicha 2025-yilda chop etilgan Heliyon maqolasi bar va suyuq sovunlarning pH, namlik, ko‘pik balandligi, TFM, erkin ishqor, inhibisiya zonasi va antioksidant faolligini kompleks baholagan. Tadqiqotda pH 7,01–10,17, ko‘pik balandligi 6,83–25,16 cm, TFM 62,47–91,39% oralig‘ida bo‘lgani ko‘rsatilgan [2]. Ushbu diapazonlar atir sovun yaratishda pH va erkin ishqorni me’yorlash, ko‘piklanish hamda yog‘ kislotalari profilini saqlash muhimligini tasdiqlaydi.

Nowruzi va Alibabaei tomonidan olib borilgan tadqiqotda chitosan bilan mikroenkapsulyatsiyalangan fikobiliprotein — phycoerythrin — qattiq sovun va lab bo‘yog‘i retsepturasiga kiritilgan. Mualliflar PE bilan boyitilgan mahsulotlarda antioksidant faollik yuqoriligi, mikroblar soni pastligi, rang

ISSN 3030-3907

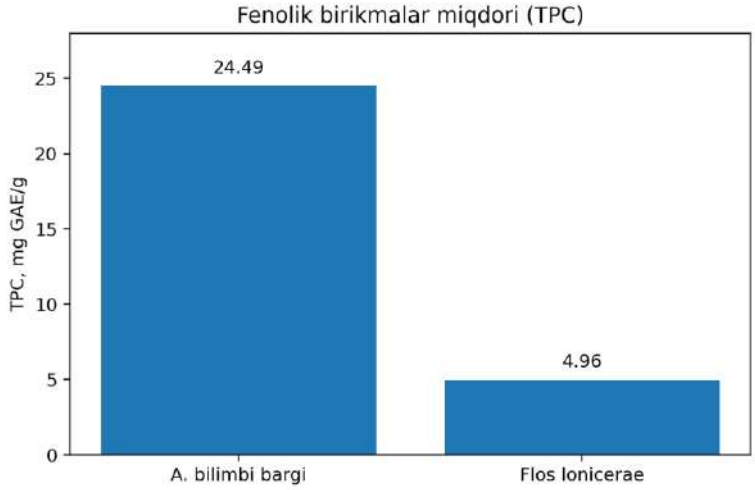
barqarorligi va teri sezgirligi bo‘yicha ijobiy natijalar qayd etilganini ko‘rsatgan [3]. Bu ish biologik faol moddaning bevosita qo‘shilishidan tashqari, mikroenkapsulyatsiya va biopolimer tashuvchi tizimlar ham barqarorlikni oshirishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Tabiiy kosmetik ingredientlar xavfsizligi bo‘yicha 2024-yilgi review maqola “tabiiy” kelib chiqish ingredientning avtomatik xavfsizligini anglatmasligini ta’kidlaydi. Mualliflar mikrobiologik kontaminantlar (E. coli, P. aeruginosa, S. aureus, Candida albicans), og‘ir metallar, pestitsidlar, allergenlar va teri sensibilizatsiyasi xavfini baholash zarurligini ko‘rsatadi [5]. Shu sababli o‘simlik ekstraktli sovunlar uchun ham xomashyo pasporti, ekstrakt standartlash, saqlash sharoiti va yakuniy mahsulot xavfsizligi hujjatlashtirilishi lozim.

Flavonoidlar antibakterial mexanizmlariga bag‘ishlangan 2025-yilgi reviewda membrana va hujayra devorini shikastlash, nuklein kislotalar va oqsil sintezini susaytirish, energiya almashinuviga ta’sir, efflyuks nasoslarini bloklash hamda biofilm hosil bo‘lishini cheklash asosiy yo‘nalishlar sifatida umumlashtiriladi [6]. Sovun sharoitida bunday mexanizmlar surfaktant ta’siri bilan qo‘shilib, umumiy antimikrob ta’sirni kuchaytirishi mumkin.

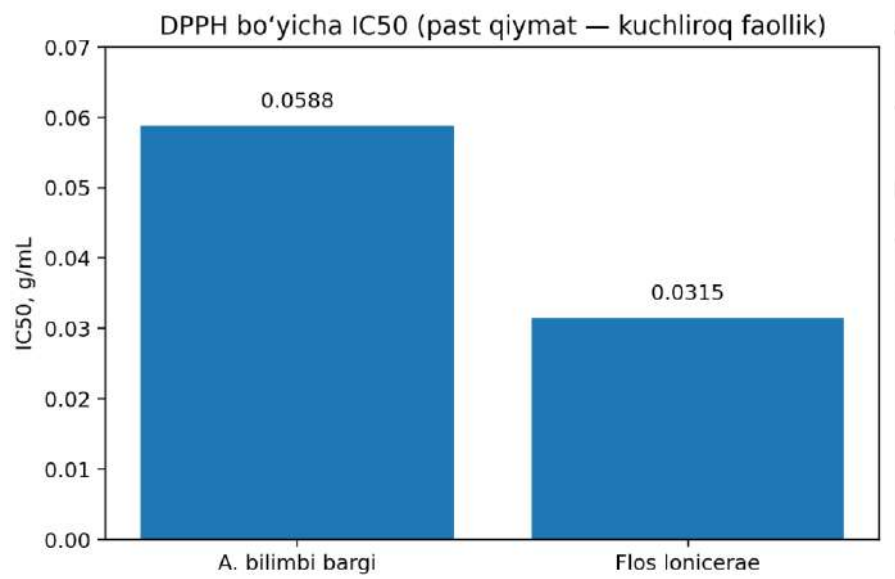


1-rasm. Ekstraktli atir sovun yaratish va baholashning umumiy algoritmi.



2-rasm. Averrhoa bilimbi va Flos lonicerae ekstraktlarida TPC qiymatlari [1].

ISSN 3030-3907



3-rasm. DPPH IC50 qiymatlari; past IC50 kuchliroq radikal tutish salohiyatini bildiradi [1].

3. MATERIALLAR VA METODLAR.

Ushbu maqola ilmiy-tahliliy review va tajriba dizayni ko‘rinishida tayyorlandi. Maqolada 2022–2025-yillarda chop etilgan ochiq manbali ilmiy maqolalar, xalqaro ISO standartlari va kosmetik mahsulotlar xavfsizligiga oid reglamentlar tahlil qilindi. Baholash obyekti sifatida atir sovunning qattiq shakli va unga kiritiladigan o‘simlik ekstraktlari nazarda tutiladi.

Mahalliy xomashyo sifatida uzum danagi va po‘sti, anor po‘sti, yalpiz, rayhon, moychechak, kalendula, lavanda, qizilmiya ildizi, choy chiqindisi va efir moyli o‘simliklardan olinadigan ekstraktlar istiqbolli hisoblanadi. Ekstraksiya uchun suv, 40–70% etanol, glitserin-suv aralashmasi yoki CO2-ekstraksiya kabi usullar tanlanishi mumkin. Sovun uchun ekstrakt tanlashda erituvchining xavfsizligi, hidga ta’siri, rang barqarorligi, pHga chidamlilik va qayta kristallanish xavfi hisobga olinadi.

Tajriba dizaynida nazorat namunasi (F0) va ekstraktning 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 va 5,0% miqdorida qo‘shilgan variantlari (F1–F5) olinadi. Har bir variantda pH, namlik, erkin ishqor, umumiy yog‘ kislotalari miqdori (TFM), ko‘piklanish, qattiqlik, yuvilish sarfi, rang koordinatalari, hid barqarorligi va sensor qabul qilinish baholanadi.

Antioksidant faollik DPPH, ABTS va FRAP usullari bilan tekshiriladi. DPPH testining afzalligi tez, nisbatan arzon va o‘simlik ekstraktlari uchun keng qo‘llanilishidadir [7]. Biroq bitta test yetarli emas: rangli va xushbo‘y ekstraktlar spektrofotometrik fon berishi mumkin. Shu sababli natijalar kamida ikkita usul bilan tekshirilishi, Trolox yoki askorbin kislota ekvivalenti bo‘yicha standartlashtirilishi lozim.

ISSN 3030-3907

Mikrobiologik barqarorlik umumiy aerob mikroblar soni, achitqi va mog‘orlar soni, E. coli, S. aureus, P. aeruginosa va C. albicans yo‘qligi bo‘yicha tekshiriladi. ISO 17516 kosmetika mahsulotlarining mikrobiologik sifatini baholashga mo‘ljallangan bo‘lib, ayrim past xavfli mahsulotlar uchun rutin sinovlar yengillashtirilishi mumkin [9]. Agar mahsulot suvli ekstrakt, yuqori namlik yoki ko‘p organik qo‘shimchaga ega bo‘lsa, ISO 11930 bo‘yicha konservatsiya samaradorligi/challenge-test tavsiya etiladi [8].

1-jadval.

Ekstraktli atir sovun uchun tavsiya etilgan tajriba formulalari

Variant	Ekstrakt, %	Tavsif	Tadqiqot maqsadi
F0	0	An’anaviy atir sovun asosi	Nazorat
F1	0,5	Ekstraktning minimal funksional dozasi	Rang/hidga kam ta’sir
F2	1,0	Tavsiya etiladigan boshlang‘ich doza	TPC va DPPH o‘sishi kutiladi
F3	2,0	O‘rta funksional doza	Antioksidant va antimikrob ta’sir kuchayadi
F4	3,0	Yuqori doza	Sensor ta’m/hid va rang cheklovlari tekshiriladi
F5	5,0	Chegara doza	pH, qattiqlik, rang va irritatsiya xavfi baholanadi

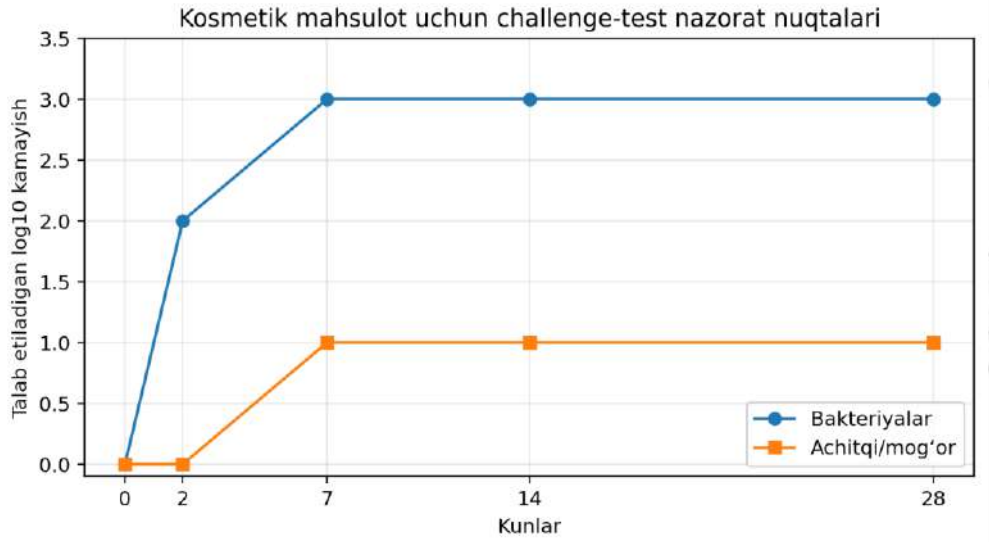
2-jadval.

Baholash ko‘rsatkichlari va ularning ilmiy ahamiyati

Ko‘rsatkich	Usul	Ahamiyati
TPC	Folin–Ciocalteu, mg GAE/g	Fenolik moddalarning umumiy miqdori
DPPH/ABTS/FRAP	IC50 yoki Trolox ekvivalenti	Radikal tutish va qaytaruvchanlik salohiyati
pH	1% sovun eritmasida pH-metr	Teri bilan moslik va erkin ishqor xavfi
TFM	Titrlash/gravimetrik usul	Yog‘ kislotalari tuzlari va sovun sifati
Mikrobial limitlar	ISO 17516 mezonlari	Tayyor mahsulot xavfsizligi

ISSN 3030-3907

Challenge-test	ISO 11930 bo‘yicha 28 kun	Konservatsiya samaradorligi va shelf-life asoslash



4-rasm. ISO 11930 prinsiplariga mos challenge-test nazorat nuqtalari: 0, 2, 7, 14 va 28-kunlarda mikroblar soni qayd etiladi [5,8].

4. NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Adabiyotlar tahlili o‘simlik ekstraktli sovunlar samaradorligini uchta blokda baholash zarurligini ko‘rsatadi: fitokimyoviy potensial, sovun matritsasidagi texnologik barqarorlik va mikrobiologik xavfsizlik. Fenolik birikmalar miqdori yuqori bo‘lgan ekstraktlar odatda kuchli antioksidant salohiyatga ega bo‘ladi, lekin sovun pHsi, ishqoriy muhit va ishlab chiqarish harorati ayrim polifenollarni parchalanishga olib kelishi mumkin. Shu sababli ekstrakt pH 8–10 oralig‘ida, 40–60 °C ishlov sharoitida va saqlash davrida sinovdan o‘tkazilishi lozim.

Sovunga qo‘shilgan ekstraktning optimal dozasi faqat DPPH qiymati bilan emas, balki umumiy sifat balansiga qarab belgilanadi. Masalan, 0,5–1,0% dozada rang va hid yengil bo‘lishi mumkin, lekin antioksidant indikatorlar sezilarli oshmasligi ehtimoli bor. 2,0–3,0% oralig‘ida funksional ta’sir kuchayadi, ammo ko‘piklanish, qattiqlik va sensor qabul qilinish pasayishi mumkin. 5,0% va undan yuqori dozalarda ekstrakt zarralari sovunning mexanik mustahkamligini kamaytirishi, namlikni ushlab qolishi va saqlashda dog‘lanish keltirib chiqarishi mumkin.

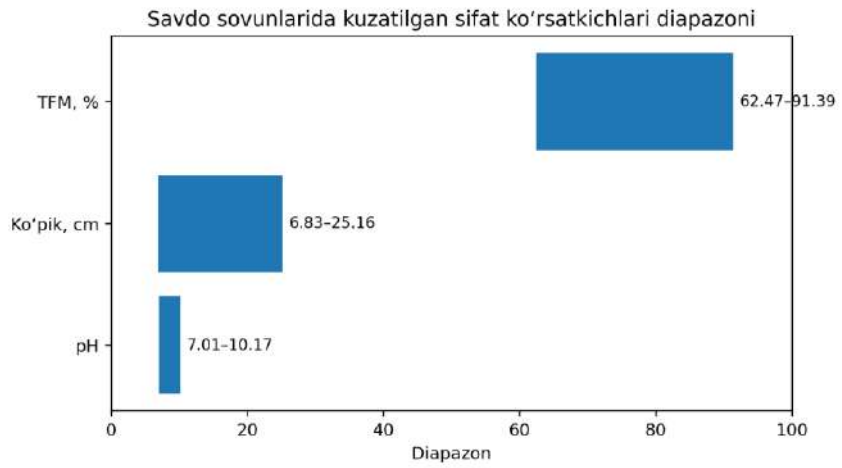
Mikrobiologik barqarorlik bo‘yicha asosiy xulosa shundan iboratki, o‘simlik ekstrakti ikki xil rolga ega. Bir tomondan, flavonoidlar, taninlar, fenolik kislotalar va efir moylari mikroorganizmlar membranasiga, ferment tizimlariga va biofilm hosil bo‘lishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [6]. Ikkinchi tomondan, ekstraktning o‘zi xomashyo sifatida mikroorganizmlar bilan

ISSN 3030-3907

kontaminatsiyalanishi mumkin. Shu sababli ekstraktni sovunga kiritishdan oldin mikrobiologik pasport, quritish yoki filtratsiya, past haroratda saqlash va ishlab chiqarish gigiyenasi ta’minlanishi zarur.

Sovun xavfsizligi uchun pH va erkin ishqor juda muhim. Yuqori pH bakteriyalar o‘sishini cheklasa ham, terining tabiiy kislota-mantiya qatlamiga salbiy ta’sir qilishi mumkin. Savdo sovunlari tahlilida pH 7,01–10,17 diapazonda bo‘lgani ko‘rsatilgan [2]. Atir sovun uchun pHni 8,5–10,0 oralig‘ida nazorat qilish, erkin ishqorni minimal darajada saqlash va yuvilgandan keyin teri qurishini kamaytiruvchi glitserin, sorbitol yoki o‘simlik moylari bilan muvozanatlash maqsadga muvofiq.

Regulyator nuqtai nazardan, o‘simlik ekstraktli atir sovun kosmetik mahsulot hisoblanadi. Yevropa reglamentida kosmetik mahsulot inson tanasining tashqi qismlari bilan kontaktga kirib, asosan tozalash, parvarishlash, hidni yaxshilash yoki tashqi ko‘rinishni o‘zgartirishga mo‘ljallangan modda yoki aralashma sifatida ta’riflanadi [10]. Demak, bunday sovun uchun xavfsizlik bahosi, tarkib deklaratsiyasi, allergenlar, mikrobiologik sifat va saqlash muddati asoslanishi lozim.



5-rasm. Savdo sovunlarida qayd etilgan ayrim sifat ko‘rsatkichlari diapazoni [2].

3-jadval.

Adabiyotlar bo‘yicha asosiy natijalar sintezi

Manba	**Obyekt**	**Usullar**	**Asosiy natija**	**Maqola uchun xulosa**
Zaiton et al., 2024 [1]	Averrhoa bilimbi va Flos lonicerae sovuni	TPC, DPPH, pH, antibakterial test	TPC 24,49 va 4,96 mg GAE/g; IC50 0,0588 va 0,0315 g/mL	Ekstraktlarni alohida standartlash zarur

ISSN 3030-3907

Nova et al., 2025 [2]	22 ta savdo sovuni	pH, ko‘pik, TFM, mikrobiologiya, antioksidant	pH 7,01–10,17; TFM 62,47–91,39%	Sifat ko‘rsatkichlari diapazoni formulani optimallash uchun baza beradi
Nowruzi & Alibabaei, 2024 [3]	PE bilan boyitilgan sovun	30 kunlik barqarorlik, mikroblar, antioksidant	PE qo‘shilgan namunada antioksidant va mikrobiologik ko‘rsatkichlar yaxshilangan	Mikroenkapsulyatsiya biofaol moddani himoya qiladi
Manful et al., 2024 [5]	Tabiiy kosmetik ingredientlar	Safety review, EU framework	Mikrob, og‘ir metal, pestitsid va allergen nazorati zarur	“Tabiiy” ingredient xavfsizligini alohida isbotlash kerak

5. AMALIY TAVSIYALAR.

1. Ekstrakt tanlashda o‘simlikning fitokimyoviy profili, xomashyo mavsumiyligi, hid va rangga ta’siri, allergen potentsiali hamda mahalliy mavjudligi birgalikda baholanishi kerak.

2. Ekstraktni faqat “tabiiy” deb qo‘shish emas, balki TPC, DPPH/ABTS/FRAP va mikrobiologik pasport bilan standartlash talab etiladi.

3. Qattiq atir sovunda 1,0–3,0% ekstrakt oralig‘i dastlabki optimallashtirish uchun maqsadga muvofiq. Yuqori dozalar sensor va fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarni pasaytirishi mumkin.

4. Saqlash sinovi kamida 30, 60 va 90 kun davomida 25 °C va 40 °C tezlashtirilgan sharoitlarda olib borilishi, rang, hid, pH, namlik, peroksid soni va mikroblar soni nazorat qilinishi lozim.

5. Tayyor mahsulot yorlig‘ida o‘simlik ekstrakti nomi, hid beruvchi komponentlar, allergenlar, ishlab chiqarish sanasi, saqlash muddati va foydalanish sharoiti aniq ko‘rsatilishi kerak.

6. XULOSA.

O‘simlik ekstraktlari bilan boyitilgan atir sovunlar kosmetik mahsulotlar bozorida funksional, ekologik va mahalliy xomashyo asosidagi innovatsion yo‘nalish hisoblanadi. Adabiyotlar tahlili fenolik birikmalar, flavonoidlar, efir

ISSN 3030-3907

moylari va biopolimer tashuvchilar sovunlarning antioksidant hamda mikrobiologik barqarorligini yaxshilashi mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq ekstraktlar murakkab va o‘zgaruvchan matritsa bo‘lgani sababli ularni standartlashtirish, xavfsizlik pasporti, mikrobiologik nazorat va saqlash barqarorligi sinovlari majburiy bo‘lishi kerak va taklif etilgan model DPPH/ABTS/FRAP, TPC, pH, TFM, erkin ishqor, ko‘piklanish, namlik, mikrobiologik limitlar va challenge-test mezonlarini birlashtiradi. Ushbu yondashuv o‘simlik ekstraktli atir sovunlarni nafaqat chiroyli va xushbo‘y mahsulot, balki ilmiy asoslangan, xavfsiz va raqobatbardosh kosmetik mahsulot sifatida ishlab chiqishga imkon beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zaiton S.N.A.H., Azman H.A., Hambali N., Onn M., Mohamad S.N., Mustafa M.H. Physicochemical properties of herbal soap made from Averrhoa bilimbi leaf and Flos lonicerae. Malaysian Journal of Science, 2024, 43(1), pp. 1–10. DOI: 10.22452/mjs.vol43no1.1.

2. Nova J.F. et al. Comprehensive evaluation of physico-chemical, antioxidant, and antimicrobial properties in commercial soaps: A study on bar soaps and liquid hand wash. Heliyon, 2025, 11(4), e41614. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e41614.

3. Nowruzi B., Alibabaei M. Study of the antimicrobial and antioxidant activity of lipsticks and soaps made with phycoerythrin coated with chitosan extracted from the cyanobacterium Aliinostoc oryzae. The Microbe, 2024, 5, article 100215. DOI: 10.1016/j.microb.2024.100215.

4. Gălbău C.Ș. et al. The Potential of Plant Extracts Used in Cosmetic Product Applications—Antioxidants Delivery and Mechanism of Actions. Antioxidants, 2024, 13(11), article 1425. DOI: 10.3390/antiox13111425.

5. Manful M.E., Ahmed L., Barry-Ryan C. Cosmetic Formulations from Natural Sources: Safety Considerations and Legislative Frameworks in the European Union. Cosmetics, 2024, 11(3), article 72. DOI: 10.3390/cosmetics11030072.

6. Zhang Z. et al. Research Progress on the Antibacterial Activity of Natural Flavonoids. Antibiotics, 2025, 14(4), article 334. DOI: 10.3390/antibiotics14040334.

7. Baliyan S. et al. Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of Ficus religiosa. Molecules, 2022, 27(4), article 1326. DOI: 10.3390/molecules27041326.

8. ISO 11930:2019 Cosmetics — Microbiology — Evaluation of the antimicrobial protection of a cosmetic product. International Organization for Standardization, 2019, 22 pages; Amendment 1:2022.

9. ISO 17516:2014 Cosmetics — Microbiology — Microbiological limits. International Organization for Standardization, 2014, 5 pages.

ISSN 3030-3907

10. Regulation (EC) No 1223/2009 Regulation of the European Parliament and of the Council on cosmetic products. Official Journal of the European Union, 2009, 151 pages.

ISSN 3030-3907

METAN KONVERSIYASI JARAYONIDA TURLI XIL MEMBRANALI REAKTORLARNING KATALIZATORGA TA'SIRINI O'RGANISH

Shabarova Umida
Qarshi davlat texnika universiteti "Kimyoviy texnologiya va biotexnologiya" kafedrasi dotsenti
E-mail: umidakimtex.@gmail.com
Abdirashidov Durbek
Qarshi davlat texnika universiteti "Kimyoviy texnologiya va biotexnologiya" kafedrasi PhD o'qituvchisi
E-mail: d.abdirashidov@kstu.uz
Abdurasulova Sug'diyona
Qarshi davlat texnika universiteti "Kimyoviy texnologiya va biotexnologiya" kafedrasi 1-kurs magistranti
E-mail: sagdiana1510@gmail.com

Annotatsiya. Bugungi kunda dunyoda metandan bir bosqichda sintez-gaz olish va uning asosida iqtisodiy samaradorligi bilan ajralib turadigan metanol hamda dimetil efirini ishlab chiqarish bo'yicha qator ishlar amalga oshirilmoqda. Metanning karbonat angidrid bilan konversiyasi uchun yuqori unumdorlik va selektivlikka ega bo'lgan arzon va faol katalizatorlarni tanlash, shuningdek, bug'li va karbonat angidridli konversiya yordamida sintez-gaz olish muhim ahamiyatga ega. Termodinamik asoslashni kompleks o'rganish hamda energiya va resurs tejovchi texnologiyalarni yaratishga asoslangan sintez-gaz olish jarayoni dolzarb masaladir.

Kalit so'zlar: Metan konversiyasi, membranali reaktor, metanning bug'li konversiyasi (SMR), metanning quruq (karbonat angidridli) konversiyasi (DRM), sintez-gaz, nikel asosli katalizator, vodorodga nisbatan selektiv membrana, jarayon intensifikatsiyasi.

Аннотация. На сегодняшний день во всем мире проведен ряд работ по получению синтез-газа из метана в одну стадию и производству на его основе метанола и диметилового эфира, отличающихся экономической эффективностью. Большое значение имеет подбор недорогих и активных катализаторов с высокой производительностью и селективностью для углекислотной конверсии метана, а также получение синтез-газа путем паровой и углекислотной конверсии. Процесс извлечения синтез-газа на основе комплексного изучения термодинамического обоснования и создания энерго- и ресурсосберегающих технологий является актуальной задачей.

Ключевые слова: Конверсия метана, мембранный реактор, паровая конверсия метана (SMR), углекислотная (сухая) конверсия метана (DRM),

синтез-газ, никелевый катализатор, водородселективная мембрана, интенсификация процесса.

Abstract. To date, a number of works have been carried out in the world on obtaining synthesis gas from methane in one stage and on its basis methanol and dimethyl ether, distinguished by economic efficiency. Selection of low-cost and active catalysts with high productivity and selectivity for carbonate conversion of methane with carbon dioxide and obtaining synthesis gas from steam and conversion of carbon dioxide and methane into carbon dioxide with the participation of carbonate conversion and steam and The process of extracting synthesis gas from carbonate conversion, based on a comprehensive study of its thermodynamic justification and the creation of energy- and resource-saving technologies, is of great importance.

Keywords: Methane conversion, Membrane reactor, Steam methane reforming (SMR), Dry reforming of methane (DRM), Synthesis gas (Syngas), Nickel-based catalyst, Hydrogen-selective membrane, Process intensification

INTRODUCTION.

Methane conversion into synthesis gas (syngas), a mixture of hydrogen and carbon monoxide, is one of the most important technological routes in modern chemical industry. Syngas serves as a key intermediate for the production of methanol, dimethyl ether (DME), synthetic fuels, and numerous value-added chemicals. Industrially, syngas is mainly produced through steam methane reforming (SMR), dry reforming of methane (DRM), partial oxidation (POX), and autothermal reforming (ATR) processes. Among these, conventional tubular steam reformers remain dominant due to their technological maturity; however, they are characterized by high energy consumption, significant CO_2 emissions, and large reactor volumes [1]. Therefore, the development of intensified reactor systems capable of improving conversion, selectivity, and energy efficiency is a critical research direction.

Steam methane reforming is a highly endothermic reaction carried out over nickel-based catalysts at temperatures of 800–900 °C in multitubular fixed-bed reactors heated by external furnaces [2]. Although SMR offers high hydrogen yield, it requires substantial heat input and suffers from thermodynamic limitations at moderate temperatures. Dry reforming of methane, which utilizes carbon dioxide as a reactant ($CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$), provides an attractive route for CO_2 utilization and greenhouse gas mitigation [3]. However, DRM is accompanied by severe catalyst deactivation due to carbon deposition and sintering at elevated temperatures. The selection of stable and low-cost catalysts, particularly Ni-based systems modified with promoters or supported on thermally stable oxides, is therefore essential [4].

ISSN 3030-3907

Membrane reactor technology has emerged as a promising approach for process intensification in methane conversion. By integrating catalytic reaction and selective separation within a single unit, membrane reactors can shift thermodynamic equilibrium toward higher conversion according to Le Chatelier's principle. Hydrogen-permeable membranes, such as palladium-based alloys or ceramic proton-conducting membranes, selectively remove hydrogen from the reaction zone, enhancing methane conversion and suppressing side reactions [5]. Similarly, oxygen-permeable membranes enable distributed oxygen supply in oxidative reforming, eliminating the need for external oxygen feed and improving safety and process efficiency [6].

Different types of membrane reactors—dense metallic membranes, mixed ionic–electronic conducting (MIEC) ceramic membranes, and porous inorganic membranes—exert distinct influences on catalytic performance. In hydrogen-selective membrane reactors for SMR or DRM, continuous hydrogen extraction reduces partial pressure, mitigates coke formation, and stabilizes nickel catalysts [7]. In oxygen-permeable membrane reactors applied to partial oxidation or autothermal reforming, controlled oxygen flux ensures uniform temperature distribution and prevents hot spots that may deactivate catalysts [8]. Thus, the interaction between membrane characteristics (permeability, selectivity, thermal stability) and catalyst properties (activity, dispersion, resistance to coking) plays a decisive role in reactor efficiency.

Technologically, membrane reactors may be designed as tubular modules, planar configurations, or integrated packed-bed systems. The coupling of catalytic bed geometry with membrane surface area determines mass transfer rates and overall reactor productivity. Compared to conventional fixed-bed reformers, membrane reactors enable lower operating temperatures, reduced reactor size, and improved energy efficiency. Moreover, their integration into downstream processes—such as methanol and dimethyl ether synthesis—facilitates compact and resource-saving process schemes.

Results and Discussion. A distributor reactor used for catalytic and non-catalytic thermal conversion of methane using a catalyst with high catalytic activity and efficiency. In reactors of this type, used for thermal conversion of methane in the presence of a catalyst with high catalytic activity and efficiency, a membrane is usually used to maintain the minimum required concentration of one of the reactants (a substance included in the process) in the process mixture, thereby preventing additional processes.

Figure 1 shows various types of flow charts for feeding steam and methane gas into reactors designed for the conversion of carbon monoxide (IV) in the process of converting methane into carbon monoxide (IV).

ISSN 3030-3907

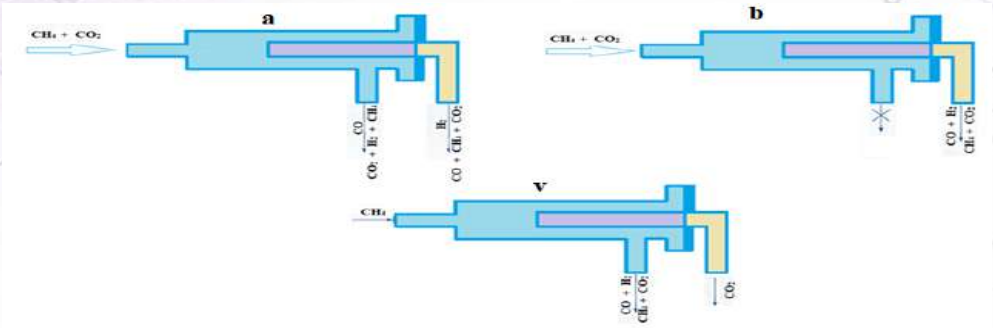


Fig. 1. Schemes of different types of membrane reactors designed for processing methane into water vapor and carbon dioxide: a-extractor , b-contactor , v -distributor

The Extractor type methane conversion with water vapor and carbon monoxide (IV) is suitable for methane conversion with carbonate under the influence of carbon monoxide (IV) and steam-carbonate conversion with water vapor and carbon monoxide (IV) in the developed membrane reactor (Fig. 1.a), the pre-mixed feedstock entering the process is fed into the reactor, designed for the conversion of water vapor, methane and carbon monoxide (IV), where the catalytic process and gas separation take place, then the products of the process, i.e. the exhaust gas and hydrogen from the reactor, designed for the conversion of water vapor, methane and carbon monoxide (IV), are released through two channels: standing channel (gases that have not passed through the membrane) and permeate channel (gases that have passed through the membrane).

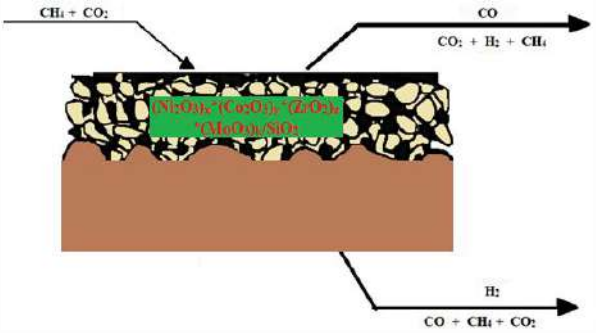


Fig. 2. Operating principle of a membrane catalyst in a membrane reactor designed for catalytic conversion of " extractor " methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts.

Fig. 2 shows the conversion rates of methane and carbon dioxide and the hydrogen specificity of the process of steam and carbon oxide (IV) oxide conversion (reforming) of methane during catalytic conversion of methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts. When carried out in a designed membrane reactor (CH_4:CO2=1:1), the dependence of the initial gas mixture on the flow rate is shown.

Fig. 3 shows the degree of change in methane and carbon dioxide gases, as well as the dependence on the volumetric flow rate of the initial gas mixture

ISSN 3030-3907

(CH_4:CO_2=1:1) of the specificity for hydrogen in the "contactor". A membrane-water process (880°C and 910°C) is described in a reactor designed for catalytic conversion in the presence of steam and carbon dioxide and under the influence of catalysts.

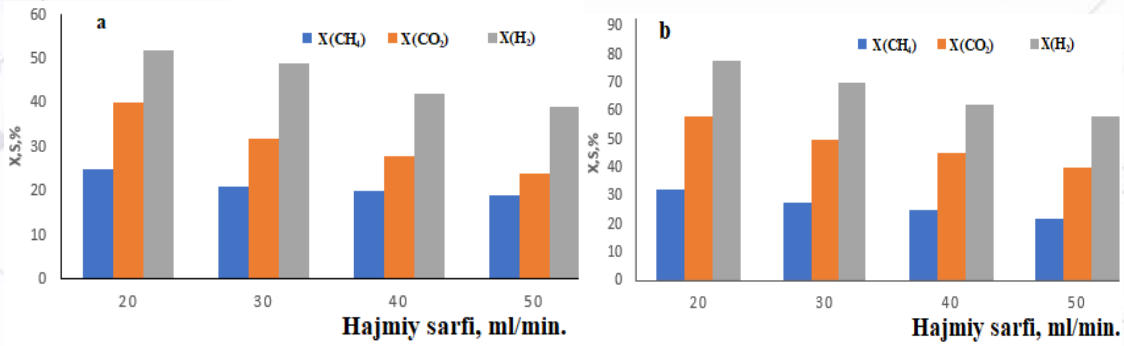


Fig. 3. Dependence of the conversion rate of methane and carbon dioxide on the consumption of the initial mixture for the process of methane conversion with carbon monoxide (IV) in a contactor-type reactor, at different temperatures: a-880°C, b-910°C.

The composition of the conversion products, i.e. carbon dioxide and hydrogen, is presented in Table 1 below.

Table 1

The composition of the conversion products is carbon dioxide and hydrogen.

T, ^{0}C	Input, ml/min			Product composition, %				
	CH_4	CO_2	general	CH_4	CO_2	CO	H_2	N_2
880	25	25	50	37,37	35.58	18,14	6.17	2.8
	20	20	40	36.24	32.79	20.77	7.39	2.14
	15	15	30	35.55	30.04	24.15	9.05	1.97
	10	10	20	32.92	26.38	28.36	11.61	2.09
910	25	25	50	34.62	27.31	27.35	11.62	0.66
	20	20	40	33.02	24.51	29.96	13.37	0.67
	15	15	30	30.8	21.08	33.13	16.37	0.73
	10	10	20	27.11	17.47	36.46	20.72	0.87

This type is intended for catalytic conversion of methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts, for the conversion of methane with carbonate under the action of carbon monoxide (IV) and steam-carbonate conversion in the presence of water vapor and carbon monoxide (IV) consideration of the advantages of using the developed membrane reactor, only the main parameters of the conversion (reforming) process of methane with water vapor and carbon monoxide (IV) catalytic conversion of methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the

ISSN 3030-3907

influence of catalysts. It is possible to compare with analogs the indicators for other types of reactors intended for n.p.

Fig. 4 shows the principle of using a membrane catalyst in a membrane reactor designed for the catalytic conversion of methane with carbon monoxide (IV) in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts. The raw materials (inputs) are fed from different sides of the membrane catalyst, mixed and interact in the catalyst, and the process products - carbon dioxide and hydrogen - are obtained from the methane feed.

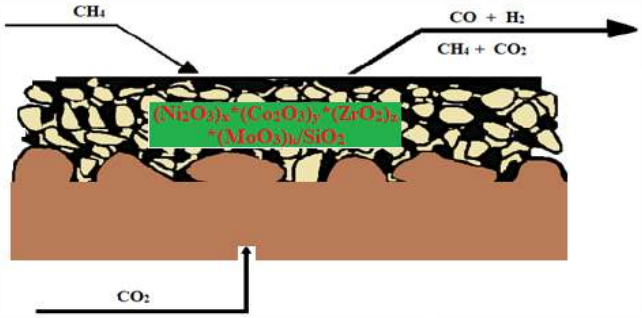


Fig. 4. Operating principle of a membrane catalyst in a membrane reactor designed for catalytic conversion of distributor-class methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts.

Class "Distributor" designed for catalytic conversion of methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts, gasified methane under the influence of carbon monoxide (IV) and steam carbonate in the presence of water vapor and carbon (IV), oxide conversion (reforming) of methane with carbon monoxide (IV) in a membrane reactor designed for conversion.

Table 2

The conversion products are carbon dioxide and hydrogen content.

T,^{0} with	Input, ml/min			Product composition, %				
	CH_4	CO_2	general	CH_4	CO_2	CO	H_2	N_2
880	25	25	50	36.32	37.09	16.34	8.62	2.04
	20	20	40	26.15	30.84	22.36	20.31	1.74
	15	15	30	12.7	18.36	33.15	36,38	1.77
	10	10	20	8.67	12.56	37.46	42.31	2.08
910	25	25	50	24.11	31.58	23.04	22.49	1.22
	20	20	40	9.44	16.59	33.07	42.68	1.14
	15	15	30	6.02	12.56	35.29	47.55	1.38
	10	10	20	4.49	10.72	37.17	48.68	1.9

ISSN 3030-3907

In the process of methane conversion with carbon monoxide (IV), the "distributor" type is designed for the catalytic conversion of methane in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of catalysts into carbonated and water vapor under the influence of carbon monoxide (IV) and carbon monoxide (The principle of using a membrane reactor designed for steam-carbonate conversion in the presence of IV) oxide is explained in Fig. 5.

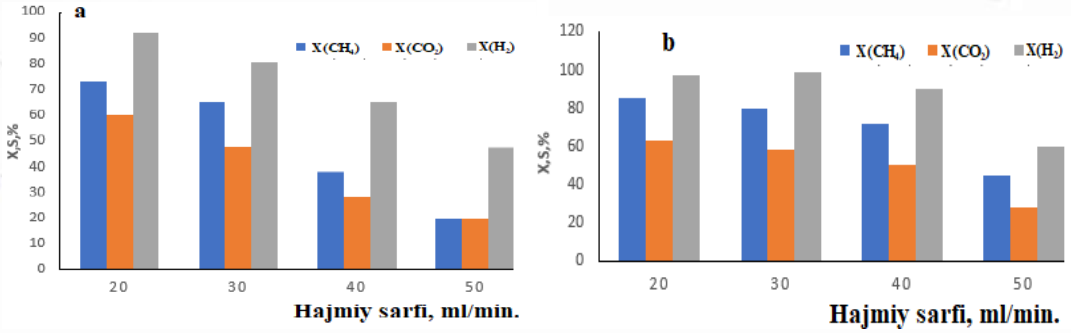


Fig. 5. Methane into carbon in a membrane reactor designed for catalytic conversion (reforming) of methane and carbon dioxide in the presence of water vapor and carbon dioxide and under the influence of distributor class catalysts at different temperatures of hydrogen (IV) specificity, flow rate dependence of the initial mixture for the oxide conversion process: a - 880°C, b - 910°C

Membrane reactors designed for carbonized conversion of methane under the influence of carbon monoxide (IV) and water vapor and steam-carbonate conversion in the presence of carbon monoxide (IV), extractor, distribution and contactor membrane reactors. Possibilities of use in synthesis gas. Extraction processes with carbonate conversion have been studied and it has been proven that the process is carried out in a membrane apparatus.

REFERENCES

1. Rostrup-Nielsen, J.R., Sehested, J., Nørskov, J.K. (2002). Hydrogen and synthesis gas by steam- and CO_2 reforming. *Advances in Catalysis*, 47, 65–139.
2. Trimm, D.L., Onsan, Z.I. (2001). Onboard fuel conversion for hydrogen-fuel-cell-driven vehicles. *Catalysis Reviews*, 43(1–2), 31–84.
3. Bradford, M.C.J., Vannice, M.A. (1999). CO_2 reforming of CH_4. *Catalysis Reviews*, 41(1), 1–42.
4. Bartholomew, C.H. (2001). Mechanisms of catalyst deactivation. *Applied Catalysis A: General*, 212, 17–60.
5. Gallucci, F., Basile, A. (2011). Pd–Ag membrane reactors for steam reforming reactions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 10376–10392.
6. Sunarso, J., Baumann, S., Serra, J.M., Meulenberg, W.A., Liu, S., Lin, Y.S., Diniz da Costa, J.C. (2008). Mixed ionic–electronic conducting membranes for oxygen separation. *Journal of Membrane Science*, 320, 13–41.

ISSN 3030-3907

7. Shu, J., Grandjean, B.P.A., Kaliaguine, S. (1994). Methane steam reforming in a Pd membrane reactor. *Applied Catalysis A: General*, 119, 305–325.
8. Ockwig, N.W., Nenoff, T.M. (2007). Membranes for hydrogen separation. *Chemical Reviews*, 107, 4078–4110.

ISSN 3030-3907

LiA SEOLITINING TOZA KIMYOVIY REAGENTLAR YORDAMIDA SINTEZI VA MIKROSTRUKTURAVIY SEM TAHLILI

Hamidov Raxmatullo
Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
E-mail: rakhmatullokhamidov97@gmail.com
Oydinov Muxlis
Toshkent davlat tibbiyot universiteti, 1-son Tibbiy va biologik kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi (Phd)
E-mail: muxlisoydinov107@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda Na-A tipidagi seolit gidrotermal sintez usuli orqali $NaAlO_2$ va Na_2SiO_3 asosida olinib, keyinchalik LiCl eritmasi yordamida ko‘p bosqichli ion almashinish jarayoni orqali Li-A seolitga aylantirildi. Sintez jarayoni 120 °C da 24 soat davomida olib borilib, yuqori kristallik darajaga ega Na-A seolit hosil qilindi. Ion almashinuvi 80 °C sharoitda bir necha bosqichda amalga oshirilib, natijada Na^+ ionlarining Li^+ ionlari bilan samarali almashinuvi ta’minlandi. Olingan Li-A seolit namunasi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida o‘rganilib, uning mikron o‘lchamdagi kubik kristallardan tashkil topganligi, qisman agregatsiyalangan tuzilishga ega ekanligi va LTA strukturasiga xos morfologik xususiyatlarni saqlab qolganligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari Li-A seolitning yuqori struktural barqarorlik va amaliy qo‘llanish imkoniyatlariga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Na-A seolit, Li-A seolit, gidrotermal sintez, ion almashinuvi, LiCl, $NaAlO_2$, Na_2SiO_3, SEM tahlil, LTA struktura, mikroporoz materiallar, kristall morfologiya, alumosilikatlar, adsorbsiya.

Аннотация. В данной работе цеолит типа Na-A был получен методом гидротермального синтеза на основе $NaAlO_2$ и Na_2SiO_3, после чего посредством многоступенчатого ионообменного процесса с использованием раствора LiCl был преобразован в Li-A цеолит. Процесс синтеза проводился при температуре 120 °C в течение 24 часов, в результате чего был получен Na-A цеолит с высокой степенью кристалличности. Ионообмен осуществлялся при 80 °C в несколько этапов, что обеспечило эффективное замещение ионов Na^+ на Li^+. Полученный образец Li-A цеолита был исследован методом сканирующей электронной микроскопии (SEM), в результате чего установлено, что он состоит из микронных кубических кристаллов, частично агрегированных, и сохраняет морфологические особенности структуры типа LTA. Результаты исследования показывают, что Li-A цеолит обладает высокой структурной стабильностью и перспективами практического применения.

Ключевые слова: Na-A цеолит, Li-A цеолит, гидротермальный синтез, ионный обмен, LiCl, $NaAlO_2$, Na_2SiO_3, SEM анализ, LTA структура,

микропористые материалы, кристаллическая морфология, алюмосиликаты, адсорбция.

Abstract. In this study, Na-A type zeolite was synthesized via a hydrothermal method using $NaAlO_2$ and Na_2SiO_3, and subsequently converted into Li-A zeolite through a multi-stage ion-exchange process using LiCl solution. The synthesis was carried out at 120 °C for 24 hours, resulting in a highly crystalline Na-A zeolite. Ion exchange was performed at 80 °C in several stages, ensuring efficient substitution of Na^+ ions with Li^+ ions. The obtained Li-A zeolite sample was analyzed by scanning electron microscopy (SEM), which revealed that it consists of micron-sized cubic crystals with partial aggregation while retaining the characteristic morphology of the LTA structure. The results indicate that Li-A zeolite exhibits high structural stability and promising potential for practical applications.

Keywords: Na-A zeolite, Li-A zeolite, hydrothermal synthesis, ion exchange, LiCl, $NaAlO_2$, Na_2SiO_3, SEM analysis, LTA structure, microporous materials, crystal morphology, aluminosilicates, adsorption.

KIRISH.

Seolitlar-kristall tuzilishga ega bo‘lgan, yuqori darajadagi g‘ovaklilik va selektiv adsorbsiya xususiyatlari bilan ajralib turuvchi alumosilikat materiallar bo‘lib, ular sanoatning turli sohalarida keng qo‘llaniladi [1]. Ularning kristall panjarasi qat’iy tartiblangan bo‘lib, o‘zaro bog‘langan SiO_4 va AlO_4 tetraedrlaridan tashkil topgan uch o‘lchamli karkasni hosil qiladi. Ushbu tuzilma ichida aniq o‘lchamdagi g‘ovaklar va kanallar mavjud bo‘lib, ular molekulyar elak sifatida faoliyat ko‘rsatadi. Shu sababli seolitlar gazlarni ajratish, suvni tozalash, quritish, ion almashinish va kataliz jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi [2].

Xususan, A-tip seolitlar (LTA strukturasi) o‘zining bir xil o‘lchamdagi mikrog‘ovaklari va yuqori ion almashinish sig‘imi bilan ajralib turadi [3]. Bu turdagi seolitlar sanoatda keng qo‘llanilib, ayniqsa gaz aralashmalarini ajratish va quritish jarayonlarida samarali hisoblanadi. Ushbu turkumga mansub LiA seoliti natriy kationlarining litiy ionlariga almashishi natijasida hosil bo‘ladi va o‘zining kichik ion radiusi tufayli yuqori selektivlik xususiyatini namoyon etadi [4]. LiA seolitining bu xususiyati uni kislorod va azot gazlarini ajratishda, shuningdek, yuqori samarali adsorbent sifatida qo‘llash imkonini beradi [5].

So‘nggi yillarda LiA seolitini sintez qilishda toza kimyoviy reagentlardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda, chunki bu usul mahsulotning kristallik darajasi, faza tozaligi va takrorlanuvchanligini sezilarli darajada oshiradi [6]. An’anaviy sintez usullarida tabiiy xomashyolar, masalan, kaolin yoki kul asosidagi materiallardan foydalanilganda qo‘shimcha aralashmalar va nomaqbul fazalar hosil bo‘lishi mumkin [7]. Bu esa sintez qilingan seolitning

ISSN 3030-3907

strukturaviy va adsorbtsion xossalariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, qat’iy nazorat qilinadigan sharoitlarda, aniq molyar nisbatlarda tayyorlangan toza reagentlardan foydalanish ilmiy va texnologik jihatdan ustuvor yo‘nalish hisoblanadi [8].

LiA seolitining fizik-kimyoviy va morfologik xossalarini chuqur o‘rganishda zamonaviy tahlil usullaridan foydalanish alohida ahamiyatga ega. SEM tahlili orqali sintez jarayonining samaradorligi, kristallarning bir jinsliligi va ularning shakllanish mexanizmi haqida muhim ma’lumotlar olish mumkin [9-10]. Bundan tashqari, ushbu usul yordamida yuzada yuzaga kelgan nuqsonlar, notekisliklar va fazalararo farqlar ham aniqlanadi. LiA seolitining morfologik va strukturaviy xususiyatlari uning adsorbsiya, ion almashinish va katalitik samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [11]. Masalan, kristallarning o‘lchami va shakli gaz molekulalarining g‘ovaklarga kirish tezligini belgilaydi, bu esa umumiy adsorbsiya kinetikasiga ta’sir qiladi. Shu bois, sintez jarayonining har bir bosqichini — gel tayyorlashdan tortib kristallanish sharoitlarigacha — puxta optimallashtirish orqali yuqori sifatli va funksional xossalarga ega seolit olish muhim vazifa hisoblanadi [12].

Turli ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sintez sharoitlari, xususan harorat, vaqt, pH muhiti va reagentlar nisbatining to‘g‘ri tanlanishi kristallarning o‘sishi va shakllanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [11]. Optimal sharoitlarda sintez qilingan LiA seolitlari yuqori kristallik darajasi, aniq morfologik shakli va barqaror fizik-kimyoviy xossalarga ega bo‘ladi. Shu nuqtai nazardan, mazkur ishda toza kimyoviy moddalar asosida LiA seolitini sintez qilish va uning morfologik tuzilishini SEM usuli yordamida kompleks tahlil qilish dolzarb ilmiy vazifa sifatida qaraladi.

Mazkur ishning asosiy maqsadi -toza kimyoviy moddalar asosida LiA seolitini sintez qilish va uning morfologik tuzilishini SEM usuli yordamida tahlil qilishdan iborat. Ushbu tadqiqot natijalari seolit materiallarini samarali qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

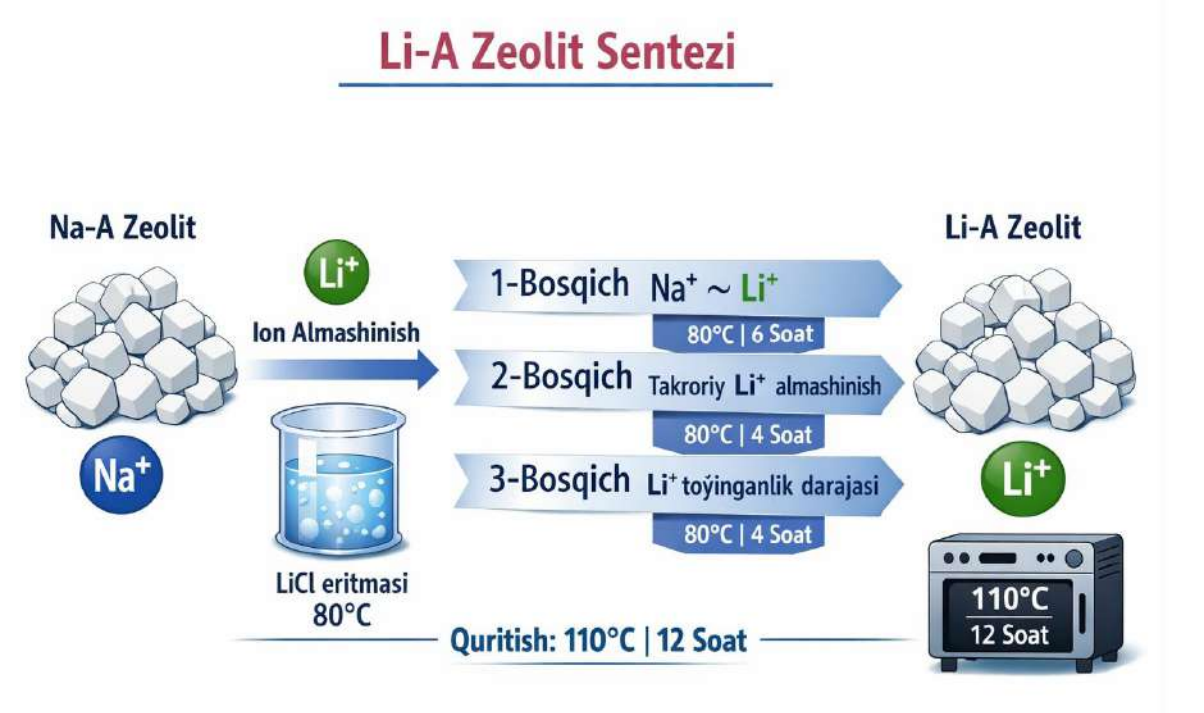
NATIJA VA MUHOKAMA.

Na-A tipidagi seolitlar yuqori ion almashinish sig‘imi, tartibli kristall panjarasi va aniq o‘lchamdagi mikrog‘ovaklari bilan ajralib turuvchi alumosilikat materiallar hisoblanadi. Ularning ushbu xususiyatlari suvni yumshatish, gaz aralashmalarini selektiv ajratish hamda katalitik jarayonlarda keng qo‘llanishini ta’minlaydi. Na-A seolit tarkibidagi natriy kationlarini litiy ionlariga almashtirish orqali Li-A shaklini olish mumkin bo‘lib, bunday modifikatsiya qilingan materiallar yuqori selektiv adsorbsiya xossalari hamda elektrokimyoviy tizimlarda qo‘llash istiqbollari bilan alohida ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

Na-A seolit sintezi gidrotermal usul asosida amalga oshirildi. Dastlab natriy aluminat ($NaAlO_2$) va natriy silikat (Na_2SiO_3) eritmalari mos ravishda 23.8 mmol va 52.1 mmol miqdorlarda tayyorlandi. Alumosilikat gel hosil qilish uchun $NaAlO_2$ eritmasi asta-sekin Na_2SiO_3 eritmasiga qo‘shilib, tizimda Si/Al =1 molyar nisbat ta’minlandi. Olingan aralashma 40 °C haroratda 2 soat davomida uzluksiz aralashtirildi, natijada bir jinsli gel hosil bo‘ldi. Keyinchalik ushbu gel 120 °C da 24 soat davomida gidrotermal sharoitda kristallantirildi. Hosil bo‘lgan qattiq faza filtrlanib, neytral muhitgacha (pH=7) yuvildi hamda 100 °C da 6 soat davomida quritildi. Natijada yuqori kristallik darajaga ega Na-A tipidagi seolit muvaffaqiyatli sintez qilindi (1-rasm).

Li-A seolitni olish jarayoni ion almashinish usuli orqali amalga oshirildi. Buning uchun litiy xlorid (LiCl) asosida 1 M konsentratsiyali eritma tayyorlanib, umumiy 58.8 mmol Li^+ ionlari mavjud tizim hosil qilindi. Har bir almashinish bosqichida 20 mmol miqdorda Li^+ ionlari qo‘llanildi. Dastlabki bosqichda 1 g Na-A seolit (tarkibida taxminan 12.2 mmol Na^+ ionlari mavjud) Li^+ ionlariga boy eritmaga qo‘shilib, 80 °C haroratda 6 soat davomida aralashtirildi. Ushbu bosqichda Na^+ ionlarining asosiy qismi Li^+ ionlariga almashdi.



1-rasm. Gidrotermal usulda olingan LiA seolitning sintez sxemasi.

Keyingi bosqichda olingan mahsulot yuvilib, yana yangi LiCl eritmasiga solindi va 80 °C da 4 soat davomida qayta ishlov berildi. Bu bosqichda ion almashinish jarayoni davom etgan bo‘lsa-da, uning tezligi birinchi bosqichga nisbatan pasaygani kuzatildi. Uchinchi almashinish bosqichida ham xuddi shunday sharoitlar saqlanib, yana 20 mmol Li^+ ionlari ishtirokida 80 °C da 4 soat davomida jarayon olib borildi. Yakuniy bosqichda seolit strukturasidagi

ISSN 3030-3907

almashinish markazlarining to‘yinganligi sababli ion almashinish tezligi sezilarli darajada kamaydi.

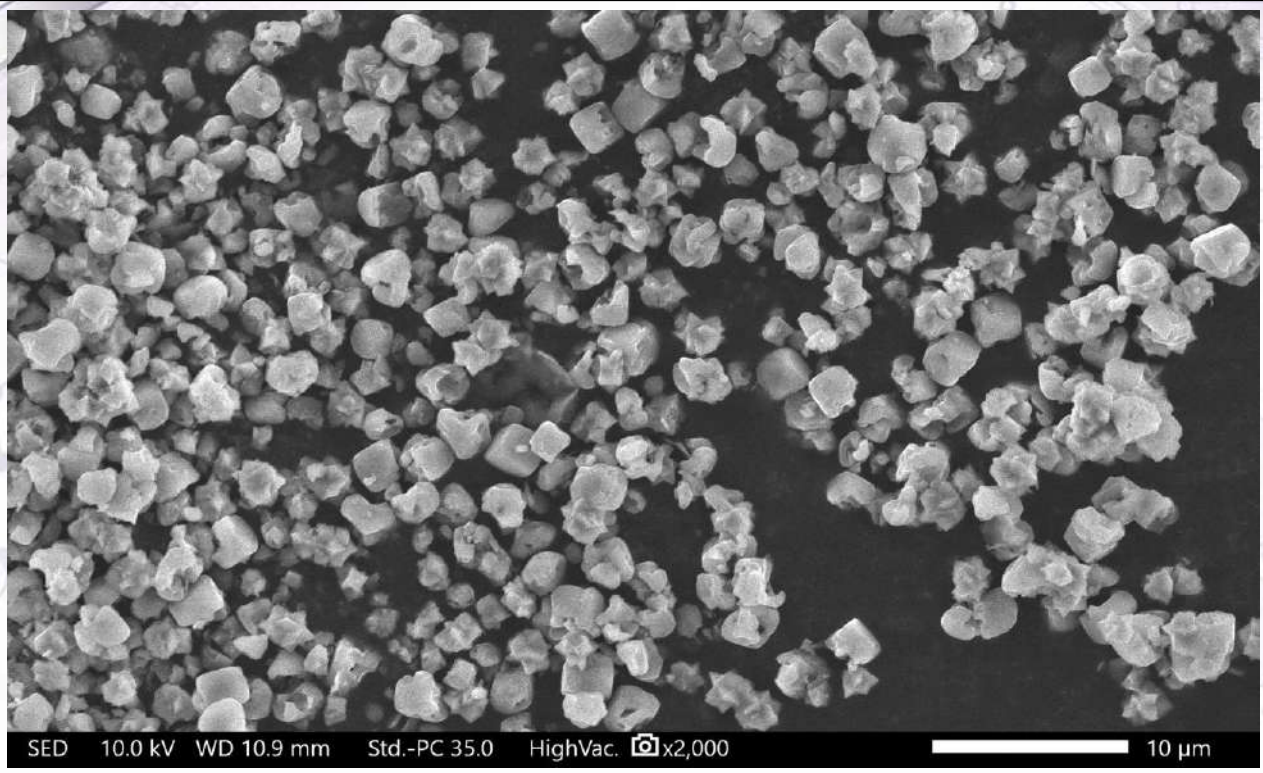
Jarayon yakunida olingan Li-A seolit namunasi 110 °C da 12 soat davomida quritildi. Natijada yuqori darajada ion almashinishga uchragan va strukturaviy jihatdan barqaror Li-A seolit hosil qilindi.

Sintez qilingan LiA tipidagi seolit namunasi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida tahlil qilindi. Olingan tasvirlar namunada hosil bo‘lgan kristallarning morfologiyasi, o‘lchami va agregatsiya darajasini baholash imkonini berdi. SEM tasvirlar 10 μm o‘lchov shkalasi asosida zarrachalar o‘lchamlarini aniqlash imkoniyati yaratildi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, LiA seolit namunasi asosan mikron diapazondagi kristallardan tashkil topganligi aniqlandi. Zarrachalarning o‘lchami taxminan 1–5 μm oralig‘ida bo‘lib, ayrim mayda fraksiyalar bundan ham kichik o‘lchamlarga ega ekanligi kuzatildi. Bunday o‘lcham taqsimoti kristallanish jarayonining faol kechganligini ko‘rsatadi, biroq tizimda to‘liq monodisperslikka erishilmaganligini ham bildiradi. Kristallarning morfologik tahlili ularning asosiy qismi kubik yoki kubikga yaqin shaklda ekanligini ko‘rsatdi, bu esa A-tip (LTA struktura) seolitlar uchun xos belgi hisoblanadi. Shu bilan birga, ayrim kristallarda shaklning qisman deformatsiyalanganligi va notekisligi kuzatildi. Bu holat kristall o‘sish jarayonining barcha zarrachalar uchun bir xil sharoitda kechmaganligi, ya’ni lokal kinetik va diffuziya omillari ta’sirida yuzaga kelgan bo‘lishi mumkin.

SEM tasvirlarda zarrachalarning ma’lum darajada agregatsiyalanganligi ham aniqlanadi. Kristallarning bir-biriga yopishib, klasterlar hosil qilishi, ehtimol, yuqori konsentratsiyali gel muhitida kristallanish jarayonining borishi hamda keyingi quritish bosqichida kapillyar kuchlarning ta’siri bilan izohlanadi. Agregatsiya darajasi materialning umumiy sirt maydoniga va adsorbsiya samaradorligiga ma’lum darajada ta’sir ko‘rsatishi mumkin (2-rasm).

ISSN 3030-3907



2-rasm. LiA tipidagi seolitning skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) orqali olingan morfologik tasviri

Zarrachalar yuzasining strukturaviy xususiyatlari ham muhim ahamiyatga ega. SEM tasvirlardan ko‘rinib turibdiki, kristall yuzasi nisbatan g‘adir-budur va notekis tuzilishga ega. Bu esa kristall o‘sishi jarayonida ionlarning notekis taqsimlanishi yoki ion almashinuvi jarayonida yuzaga kelgan lokal strukturaviy o‘zgarishlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ma’lumki, Na^+ ionlarining Li^+ ionlariga almashishi kristall panjarada qayta taqsimlanish jarayonlarini yuzaga keltiradi, bu esa sirt morfologiyasining o‘zgarishiga olib keladi.

Ion almashinuvi jarayonining ko‘p bosqichli amalga oshirilganligi ham kristall tuzilishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Xususan, dastlabki bosqichlarda Na^+ ionlarining intensiv ravishda Li^+ ionlariga almashishi natijasida panjara nisbatan barqaror saqlanadi, keyingi bosqichlarda esa almashinish markazlarining to‘yinganligi tufayli jarayon sekinlashadi va bu holat kristall yuzasida qisman deformatsiyalarning yuzaga kelishiga sabab bo‘lishi mumkin.

SEM tahlil natijalari sintez qilingan LiA seolit namunasi muvaffaqiyatli hosil qilinganligini tasdiqlaydi. Namuna yetarli darajada kristallangan bo‘lib, LTA struktura uchun xos bo‘lgan kubik morfologiya elementlari saqlanib qolgan.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda Na-A tipidagi seolit gidrotermal sintez usuli orqali muvaffaqiyatli olinib, keyinchalik LiCl eritmasi yordamida ko‘p bosqichli ion almashinuvi jarayoni orqali Li-A seolitga aylantirildi. Sintez jarayonida $NaAlO_2$ va Na_2SiO_3 asosida hosil qilingan alumosilikat gel 120 °C sharoitda

ISSN 3030-3907

kristallantirilib, yuqori kristallik darajaga ega Na-A struktura olindi. Keyingi bosqichda olib borilgan ion almashinuvi natijasida Na^+ ionlarining Li^+ ionlari bilan samarali almashishi ta'minlanib, strukturaviy barqaror Li-A seolit hosil qilindi. Skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) tahlili natijalari sintez qilingan Li-A seolit namunasi mikron o'lchamdagi kubik kristallardan iborat ekanligini, zarrachalar qisman agregatsiyalanganligini hamda LTA tipiga xos morfologik xususiyatlarni saqlab qolganligini ko'rsatdi. Kristall yuzasining notekisligi va agregatsiya darajasi sintez sharoitlari hamda ion almashinuvi jarayonining ko'p bosqichli kechishi bilan izohlanadi. Olingan natijalar gidrotermal sintez va ion almashinuvi usullarining Li-A seolit olishda samarali ekanligini tasdiqlaydi. Ushbu material yuqori selektivlik, ion almashinish qobiliyati va rivojlangan sirt xossalari tufayli adsorbsiya jarayonlari, kataliz hamda elektrokimyoviy tizimlarda qo'llanish uchun istiqbolli hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Breck D.W. Seolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry, and Use. — New York: Wiley, 1974.
2. Szostak R. Molecular Sieves: Principles of Synthesis and Identification. — Springer, 1998.
3. Cundy C.S., Cox P.A. The hydrothermal synthesis of seolites. — Microporous and Mesoporous Materials, 2003.
4. Flanigen E.M. Seolites and molecular sieves: an historical perspective. — Studies in Surface Science and Catalysis, 2001.
5. Querol X. et al. Synthesis of seolites from coal fly ash. — International Journal of Coal Geology, 2002.
6. Davis M.E., Lobo R.F. Seolite and molecular sieve synthesis. — Chemistry of Materials, 1992.
7. Goldstein J. et al. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. — Springer, 2003.
8. Reimer L. Scanning Electron Microscopy: Physics of Image Formation. — Springer, 1998.
9. Ruthven D.M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. — Wiley, 1984.
10. Barrer R.M. Hydrothermal Chemistry of Seolites. — Academic Press, 1982.
11. Jacobs P.A., Martens J.A. Synthesis of high-silica seolites. — Studies in Surface Science, 1987.
12. Mintova S., Olson N.H. Crystal growth in seolites. — Microporous Materials, 1995.

ISSN 3030-3907

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА КАРЬЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ЭКГ

Зохидов Одил Умирзокович
Навоийский государственный горно-технологический университет, доцент
Рахимов Бекзод Абдикомил угли
Навоийский государственный горно-технологический университет, ассистент
E-mail: Bekzod.raximov.99@bk.ru;
Азимов Шохжахон Бобомурод угли
Навоийский государственный горно-технологический университет, студенты кафедры «ГЭМ».
Азаматов Ахадбек Садирдин угли
Навоийский государственный горно-технологический университет, студенты кафедры «ГЭМ».

Аннотация. В общей части статьи приведены общие сведения о карьере Мурунтау. Рассмотрены стратиграфия и литология, гидрогеологическая характеристика, схема вскрытия, буровзрывные работы, отвалообразование, вскрышные работы; рекультивация, охрана труда, охрана окружающей среды. Также в данной статье рассматривается рабочий орган экскаватора ЭКГ-10, анализируются ключевые проблемы эксплуатации и предлагаются современные инженерные решения для повышения эффективности карьерного экскаватора.

Ключевые слова: экскаватор ЭКГ-10; карьерный экскаватор; рабочий орган; ковш экскаватора; зубья ковша; износ зубьев; износостойкость; геометрия зубьев; эффективность эксплуатации; горные работы.

Annotatsiya. Maqolaning umumiy qismida Muruntov kareri haqida umumiy ma’lumotlar keltirilgan. Stratigrafiya va litologiya, gidrogeologik tavsif, ochish sxemasi, burg‘ilash-portlatish ishlari, ag‘darma hosil qilish, ochish ishlari; rekultivatsiya, mehnatni muhofaza qilish, atrof-muhitni muhofaza qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, ushbu maqolada EKG-10 ekskavatorining ishchi organi ko‘rib chiqiladi, asosiy ekspluatatsiya muammolari tahlil qilinadi va karer ekskavatorining samaradorligini oshirish uchun zamonaviy muhandislik yechimlari taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: EKG-10 ekskavatori; karer ekskavatori; ish organi; ekskavator cho‘michi; cho‘mich tishlari; tishlarning yeyilishi; yeyilishga chidamliligi; tishlarning geometriyasi; foydalanish samaradorligi; kon ishlari.

Annotation. The general section of the article provides general information about the Muruntau quarry. It covers stratigraphy and lithology, hydrogeological

characteristics, stripping plan, drilling and blasting operations, waste management, overburden removal, reclamation, occupational safety, and environmental protection. This article also examines the working element of the EKG-10 excavator, analyzes key operational issues, and proposes modern engineering solutions to improve the efficiency of the quarry excavator.

Keywords: EKG-10 excavator; quarry excavator; working element; excavator bucket; bucket teeth; tooth wear; wear resistance; tooth geometry; operating efficiency; mining operations.

ВВЕДЕНИЕ.

Разработка золоторудного месторождения Мурунтау открытым способом сопровождается сложными горно-геологическими и климатическими условиями, влияющими на эффективность горных работ. Применение карьерных экскаваторов ЭКГ-10 в данных условиях требует обеспечения высокой надёжности и производительности их рабочего органа. Основной проблемой является интенсивный износ зубьев ковша при разработке прочных и абразивных пород, что приводит к снижению производительности, увеличению энергозатрат и росту простоев оборудования. Выбор темы обусловлен необходимостью повышения эффективности эксплуатации экскаваторного оборудования в условиях месторождения. Актуальность исследования связана с широким применением экскаваторов ЭКГ-10 на карьере Мурунтау. Научная новизна заключается в обосновании комплексных решений, направленных на повышение износостойкости элементов рабочего органа и снижение эксплуатационных затрат.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.

В научной литературе широко рассматриваются вопросы повышения эффективности открытых горных работ и эксплуатации карьерного оборудования. Особое внимание уделяется разработке месторождений со сложными горно-геологическими условиями, включая Мурунтау, характеризующееся высокой прочностью и абразивностью пород. Исследования показывают, что эффективность работы экскаваторов определяется соответствием их параметров условиям разработки. Установлено, что физико-механические свойства пород влияют на процессы буровзрывной подготовки и экскавации. Значительное внимание уделяется износу рабочих органов, особенно зубьев ковша, подверженных интенсивному абразивному воздействию. Это снижает производительность и увеличивает затраты. Предлагаются решения, включающие применение износостойких материалов, оптимизацию геометрии и модульные

ISSN 3030-3907

конструкции. Несмотря на исследования, проблема повышения долговечности рабочего органа остаётся актуальной.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ.

В работе применён комплекс теоретических и расчётно-аналитических методов. Выполнен анализ горно-геологических условий месторождения Мурунтау, включая изучение физико-механических свойств пород, влияющих на процессы разработки. Использован расчётный метод для определения параметров буровзрывных работ и производительности экскаваторов ЭКГ-10, а также транспортного оборудования. Проведены инженерные расчёты, направленные на обоснование технологических параметров карьера и выбор рациональных схем разработки. Применён сравнительный анализ технических решений и оборудования. Методологической основой исследования является системный подход, учитывающий взаимосвязь горно-геологических условий, параметров техники и технологических процессов при открытой разработке месторождения.

ОБСУЖДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

В результате исследований установлено, что физико-механические свойства пород месторождения Мурунтау, включая высокую прочность и плотность, существенно влияют на процессы буровзрывных работ и экскавации. Проведённые расчёты показали, что выбранные параметры обеспечивают необходимую кусковатость горной массы для эффективной работы экскаваторов. Производительность экскаватора ЭКГ-10 составляет около 2490 м³/смену и более 1,29 млн м³/год, что подтверждает достаточность его применения. Рациональный выбор автосамосвалов обеспечивает непрерывность технологического процесса. Основным ограничивающим фактором является износ зубьев ковша вследствие абразивности пород, приводящий к росту затрат и снижению эффективности. Повышение износостойкости и оптимизация параметров работ являются ключевыми направлениями совершенствования технологии разработки месторождения.

ISSN 3030-3907



Рис. 1 Карьерный экскаватор ЭКГ-10

На рисунке 1 показан общий вид карьерного экскаватора ЭКГ-10, используемого при открытой разработке месторождений.

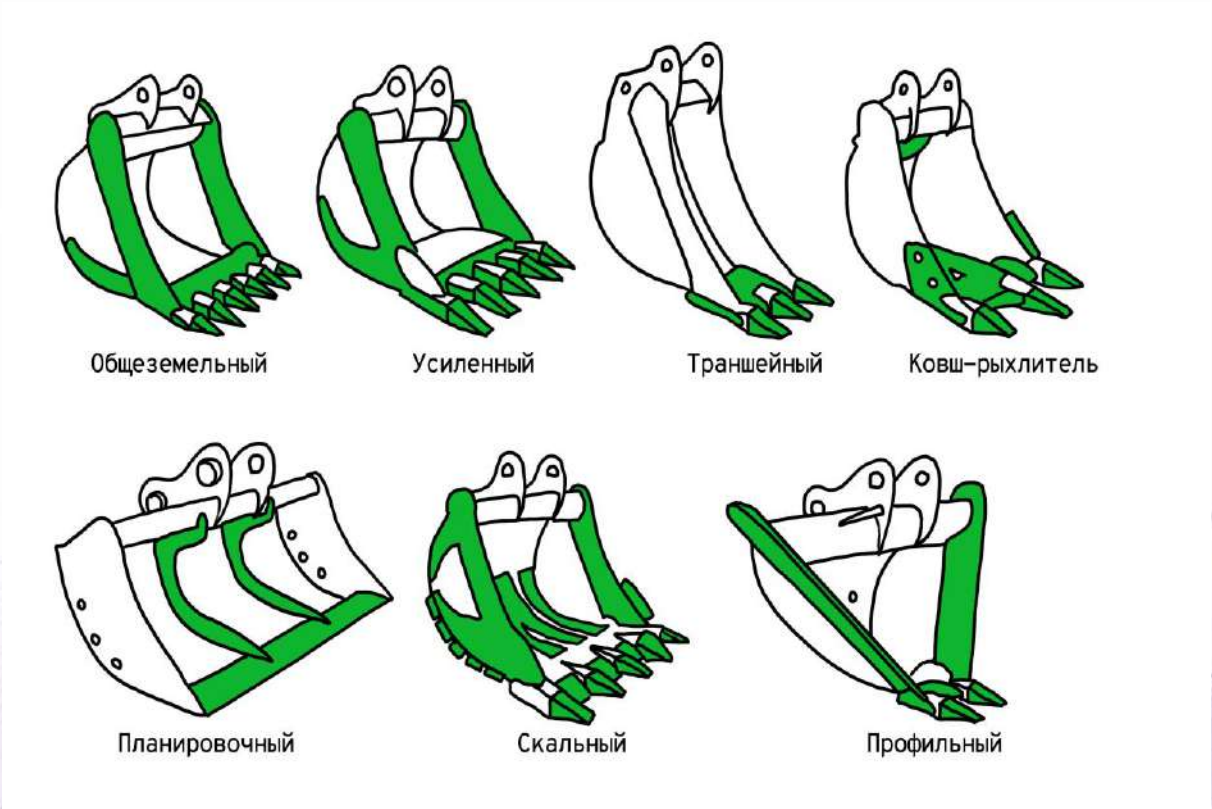


Рис.2 Разновидность ковшей экскаватора

ISSN 3030-3907

На рисунке 2 представлены основные типы ковшей, применяемых в карьерных экскаваторах, различающиеся по конструкции и области применения. Общеземельный ковш используется для разработки мягких и средних пород. Усиленный ковш предназначен для работы в более тяжёлых условиях и имеет повышенную прочность конструкции. Траншейный ковш применяется при разработке узких выемок и траншей. Ковш-рыхлитель оснащён зубьями специальной формы и используется для предварительного разрушения плотных пород.

Планировочный ковш применяется для выравнивания поверхностей, скальный - для разработки твёрдых и крепких пород, а профильный - для формирования откосов и заданного профиля выемки. Разнообразие конструкций ковшей позволяет повысить эффективность экскавации в зависимости от горно-геологических условий.

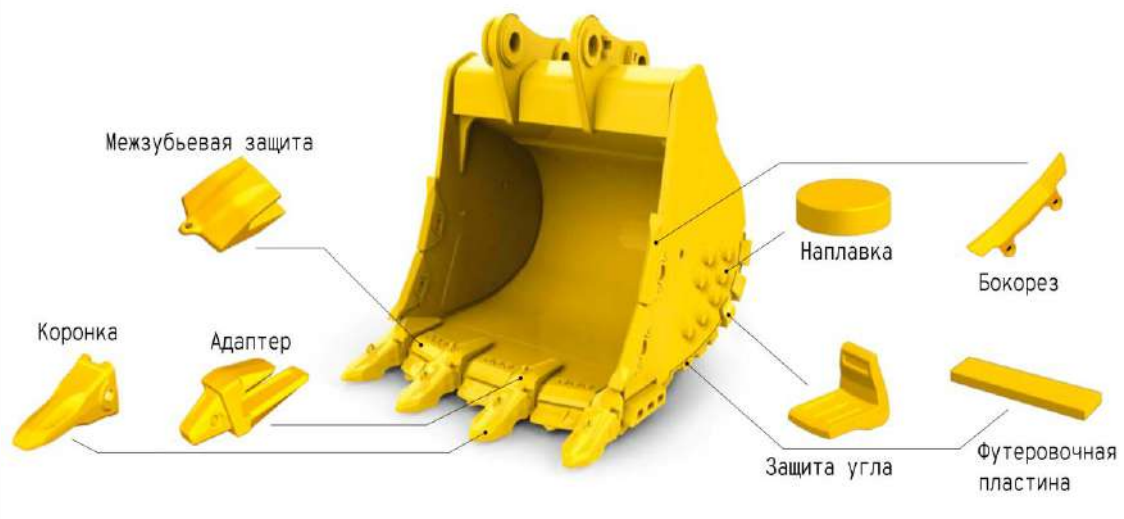


Рис. 3 Повышение износостойкости ковша

На рисунке 3 представлены основные элементы, обеспечивающие повышение износостойкости ковша карьерного экскаватора. Коронка и адаптер служат для крепления зубьев, воспринимающих основные нагрузки. Межзубьевая защита снижает износ режущей кромки. Бокорезы защищают боковые стенки ковша, футеровочные пластины уменьшают износ внутренней поверхности, а защита углов предотвращает разрушение наиболее нагруженных зон. Применение наплавки твёрдосплавными материалами повышает стойкость рабочих поверхностей к абразивному воздействию. Комплексное использование данных элементов способствует увеличению срока службы ковша, снижению затрат на ремонт и повышению эффективности эксплуатации экскаватора в сложных горно-геологических условиях.

ISSN 3030-3907

Таблица 1

Периодичность ремонта горно-шахтного оборудования и их трудоемкость [1]

№	Именование устройств	Ремонт			Время простоя (часы)		Объем труда чел/час
		Тип	Единица измерения	Рабочее время	Механическое время	Электрическое время	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ЭКГ 10	ТК $Т_1$ $Т_2$ К	тыс. $м^3$ тыс. $м^3$ тыс. $м^3$ тыс. $м^3$	120 600 1000 7200	44 89 111 одновременно	22 44 55 одновременно	396 798 996 9900

На основании таблицы 1 построен график, на котором по оси абсцисс отложен календарный период в месяцах, а по оси ординат - периодичность технического обслуживания и ремонта в единицах м3 и маш/час (рис. 4 а).

На рис. 4-б показано постоянное изменение производительности экскаватора по горизонтальной оси абсцисс. В целях соблюдения этого стандарта представлен график восстановления деталей с использованием указанной выше структуры ремонтного периода. Продлить срок службы экскаватора можно за счет постоянного повышения работоспособности машины и ее деталей за счет профилактических работ по графику. Необходимое количество ТО и ремонтов определяется горизонтальными линиями соответствующих видов ТО и ремонтов вдоль точек пересечения этой кривой. От точки пересечения к оси абсцисс проводят вертикальные линии для определения времени начала их переноса. Проведением вертикальных линий от точки пересечения к оси абсцисс находят период начала технического обслуживания и ремонта. С использованием полученной информации составляется годовой план технического обслуживания и ремонта. Соответствующий вид ТО и ремонта размещен на фото в таблице «Срок выполнения работ», а период их выполнения – в

ISSN 3030-3907

знаменателе. Начало работы принимают по графику, а окончание - по продолжительности, указанной в таблице 1.

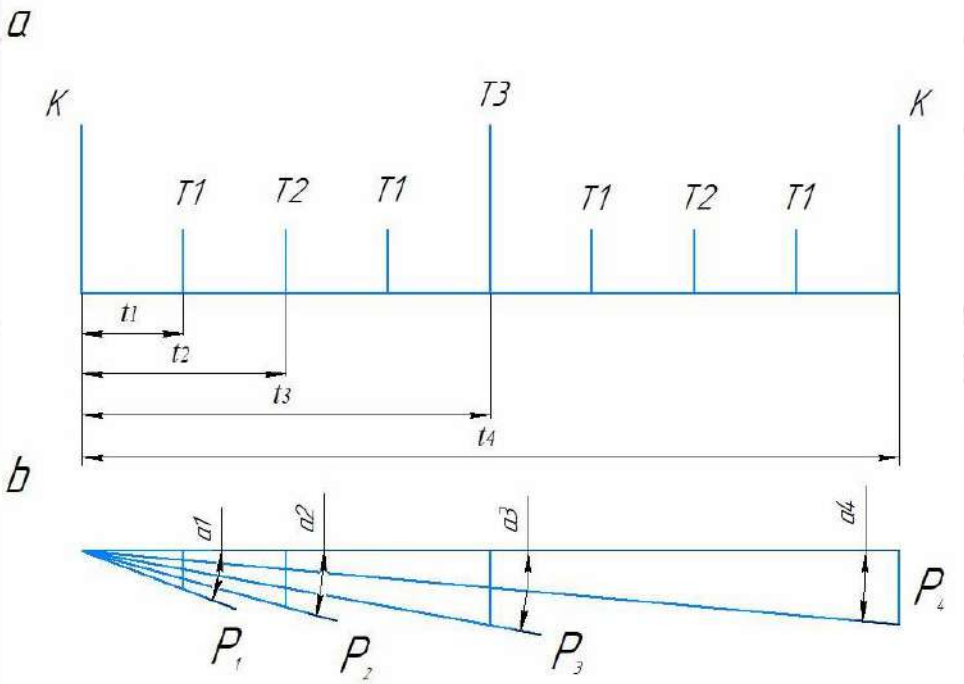


Рис.4. График изменения производительности машины. а- структура ремонтного периода. б - восстановление деталей. t1 - t4 - межремонтная наработка, a1 - a4 - углы прямой потери работоспособности, Р - прирост работоспособности.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

В результате исследования установлено, что эффективность работы экскаватора ЭКГ-10 в условиях месторождения рудника Мурунтау в значительной степени определяется физико-механическими свойствами пород и интенсивным износом зубьев ковша. Анализ показал, что при высокой абразивности пород снижается производительность оборудования и увеличиваются эксплуатационные затраты.

Для повышения эффективности эксплуатации рекомендуется применение износостойких материалов и твёрдосплавных наплавок, оптимизация геометрии зубьев ковша, а также использование модульных конструкций рабочих органов. Дополнительно целесообразно внедрение систем мониторинга износа и совершенствование параметров буровзрывных работ для снижения нагрузок на оборудование.

Реализация предложенных мер позволит повысить надёжность, снизить затраты и увеличить производительность экскаватора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.Г. Горные машины и оборудование. - М., 2018.
2. Пучков Л.А. Открытые горные работы. - М., 2019.

ISSN 3030-3907

3. Баженов Ю.М. Машины для открытых горных работ. - СПб.: Лань, 2021.
4. Экскаваторы карьерные ЭКГ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - Екатеринбург, 2020.
5. Тимофеев В.А. Надёжность горных машин. - М.: Недра, 2017.
6. Каплунов Д.Р. Теория разработки месторождений. - М., 2020.
7. Горная промышленность: научно-технический журнал. – 2022-2024 гг.
8. Mining Engineering Journal. – 2021-2023 гг.

ISSN 3030-3907

OLGELLARNI SEM HAMDA EDX ANALIZ TAHLILARI ORQALI SIRT YUZASINI VA ELEMENT TARKIBINI TAHLIL QILISH

Ernazarova Nasiba Temirovna
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot institut doktaranti
Xusanova Mamlakat Furqatovna
Doktorant DSc, katta ilmiy xodim
Djalilov Abdulahat Turapovich.
O‘zR fanlar akademiyasi akademigi, Kimyo fanlar doktor, professor toshkent kimyo texnologiyasi
Shomuradov Ulug‘bek Meyli o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, assistenti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda izopren kauchuk va stiren asosida oleogel sintez qilinib, uning tuzilishi va element tarkibi kompleks ravishda o‘rganildi. Oleogel radikal polimerlanish jarayoni orqali benzoil peroksid ishtirokida hosil qilinib, geksametilendiamin yordamida choklangan. Sintez jarayonida harorat va vaqt omillari qat’iy nazorat qilindi, natijada bir jinsli polimer tizimi olindi. Olingan namunalar skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yordamida tahlil qilinib, zich va tartibsiz uch o‘lchamli tarmoq struktura shakllangani aniqlandi. Energiya-dispersiv rentgen spektroskopiya (EDX) natijalari asosida namunada asosan uglerod, azot va kislorod elementlari mavjudligi tasdiqlandi. Uglerodning yuqori ulushi materialning organik-polimer tabiatini ko‘rsatadi, azot esa choklanish jarayonida faol qatnashganini bildiradi. Kislorodning kam miqdori oksidlanish darajasi pastligini anglatadi. Ushbu natijalar oleogelning tuzilishi va xossalarini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Oleogel, izopren kauchuk, stiren, radikal polimerlanish, choklanish, benzoil peroksid, geksametilendiamin, SEM, EDX, morfologiya, polimer tarmoq, element tarkibi, organik material, mikrostrukturaviy tahlil.

Аннотация. В данном исследовании синтезирован олеогель на основе изопренового каучука и стирола, а также комплексно изучены его структура и элементный состав. Олеогель был получен методом радикальной полимеризации в присутствии пероксида бензоила и сшит с использованием гексаметилендиамина. В ходе синтеза строго контролировались факторы температуры и времени, в результате чего была получена однородная полимерная система. Полученные образцы были проанализированы методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), в результате чего было установлено формирование плотной и неупорядоченной трёхмерной сетчатой структуры. На основе результатов энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС) было подтверждено, что в образце присутствуют в основном углерод, азот и кислород. Высокая доля углерода

ISSN 3030-3907

указывает на органико-полимерную природу материала, а наличие азота свидетельствует о его активном участии в процессе сшивки. Низкое содержание кислорода означает невысокую степень окисления. Полученные результаты имеют важное значение для понимания структуры и свойств олеогеля.

Ключевые слова: олеогель, изопреновый каучук, стирол, радикальная полимеризация, сшивка, пероксид бензоила, гексаметилендиамин, СЭМ, ЭДХ, морфология, полимерная сетка, элементный состав, органический материал, микроструктурный анализ.

Abstract. This study details the synthesis of an oleogel based on isoprene rubber and styrene, along with a comprehensive investigation of its structure and elemental composition. The oleogel was prepared via radical polymerization in the presence of benzoyl peroxide and cross-linked with hexamethylenediamine. Temperature and time factors were strictly controlled during synthesis, yielding a homogeneous polymer system. The resulting samples were analyzed by scanning electron microscopy (SEM), which revealed the formation of a dense, disordered, three-dimensional network structure. Based on the results of energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), it was confirmed that the sample consists primarily of carbon, nitrogen, and oxygen. The high proportion of carbon indicates the material's organic polymer nature, while the presence of nitrogen confirms its active participation in the cross-linking process. The low oxygen content signifies a low degree of oxidation. The results obtained are important for understanding the structure and properties of the oleogel.

Keywords: oleogel, isoprene rubber, styrene, radical polymerization, cross-linking, benzoyl peroxide, hexamethylenediamine, SEM, EDX, morphology, polymer network, elemental composition, organic material, microstructural analysis.

KIRISH.

Hozirgi kunda sanoat korxonalarida hosil bo‘layotgan chiqindi suvlarning tarkibida neft mahsulotlari, yog‘-moy komponentlari hamda boshqa gidrofob ifloslantiruvchi moddalar miqdorining ortib borishi ekologik muammolarning keskinlashuviga olib kelmoqda. Bunday ifloslantiruvchilar suv muhitida uzoq saqlanib, biologik parchalanishga chidamliligi bilan ajralib turadi hamda suv resurslarining sifatini yomonlashtiradi. Shu sababli, chiqindi suvlarni samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul usullar bilan tozalash dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

An’anaviy tozalash usullari, jumladan, mexanik, kimyoviy va biologik metodlar har doim ham yuqori samaradorlikni ta’minlay olmaydi, ayniqsa, emulsiyalangan yog‘lar va neft mahsulotlarini ajratishda ularning imkoniyatlari

ISSN 3030-3907

cheklangan. Shu nuqtai nazardan, yangi turdagi funksional materiallar, xususan, oleogellarni qo‘llash istiqbolli yo‘nalishlardan biri sifatida qaralmoqda.

Oleogellar — bu suyuq yog‘larni gelatorlar yordamida uch o‘lchamli fazoviy tarmoqqa immobilizatsiya qilish orqali hosil qilingan tizimlar bo‘lib, ular yuqori sorbsion qobiliyat, selektivlik hamda strukturaviy barqarorlik kabi muhim xossalarga ega. Ushbu materiallarning gidrofob tabiatga egaligi ularni suv tarkibidagi yog‘ va neft mahsulotlarini samarali ajratib olishda qo‘llash imkonini beradi. Bundan tashqari, oleogellar qayta tiklanishi, ekologik xavfsizligi va nisbatan arzon xom ashyolardan olinishi bilan ajralib turadi.

So‘nggi yillarda oleogellarning strukturaviy xususiyatlari, sorbsion sig‘imi hamda turli sharoitlarda ishlash samaradorligini o‘rganishga qaratilgan tadqiqotlar olib borilmoqda. Biroq, ularning chiqindi suvlarni tozalash jarayonidagi kinetikasi, mikrostrukturasi va tashqi omillarga bog‘liqligi yetarli darajada chuqur tadqiq etilmagan. Ayniqsa, oleogellarning sorbsiya mexanizmi va ularning samaradorligini oshirish yo‘llarini aniqlash ilmiy jihatdan muhim hisoblanadi.

Mazkur maqolaning dolzarbligi sanoat chiqindi suvlarini tozalashda oleogellar asosidagi yangi, samarali va ekologik xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqish zarurati bilan belgilanadi. Oleogellarning strukturaviy va sorbsion xususiyatlarini o‘rganish, ularning chiqindi suv tarkibidagi yog‘-moy va neft mahsulotlarini ajratib olishdagi samaradorligini baholash hamda optimal qo‘llash sharoitlarini aniqlashga qaratilgan.

Hozirgi vaqtda neft-kimyo zavodlarida bir necha million tonna neft loyi to‘plangan. Neftni qayta ishlash chiqindilari oqava suvlarni tozalash, suvni qayta ishlash tizimida, burg‘ulash, neftni tayyorlash va rezervuarlarni tozalash paytida hosil bo‘ladi. Atrof-muhitning yomonlashuvining iqtisodiyotga ta’siri tufayli suvni yaxshiroq tozalash texnologiyalariga talab har yili ortib bormoqda va kengayib bormoqda. Oqova suvlarni atrof-muhit uchun tozalash tirik organizm uchun paydo bo‘layotgan muammodir. Ushbu maqolada eng mashhur oqava suvlarni tozalash usullari muhokama qilinadi va birlashish jarayoniga, ya’ni membrana birlashishlariga e’tibor qaratiladi [1]. Har doim neftning to‘kilishi atrof-muhit, tabiat va jamiyat uchun jiddiy va dahshatli oqibatlarga olib keladi, bunday oqibatlarni bartaraf etish uchun ko‘p vaqt va ijtimoiy-iqtisodiy resurslar sarflanadi. Darhaqiqat, sorbentlar to‘kilgan neftni qayta ishlash jarayonlarida juda muhim rol o‘ynashi aniqlandi. So‘nggi paytlarda neftni qayta ishlash qobiliyatini oshirish uchun ko‘plab ilg‘or sorbentlar va sorbentlarga asoslangan neft yig‘ish qurilmalari/texnologiyalari ishlab chiqildi [2]. To‘kilgan neft tufayli atrof-muhitning ifloslanish xavfi neft qidiruv ishlarining kengayishi, dengiz faoliyatining rivojlanishi va sanoat o‘sishi bilan birga tez sur’atlar bilan ortib

ISSN 3030-3907

bormoqda. Neft to‘kilishini tiklash usullari orasida g‘ovakli materiallar to‘kilgan neftni tez sur’atda yutish qobiliyatiga, yuqori adsorbsiya qobiliyatiga, yaxshi selektivlikka va yuqori qayta foydalanishga ega potensial yutuvchi moddalar sifatida paydo bo‘ldi. Ushbu sharh maqolasida neft bilan ifloslangan suvni tozalash strategiyasi uchun ikki turdagi polimer asosidagi g‘ovakli yutuvchi moddalar kiritildi, ular yuzasi va tuzilishini o‘zgartirdi [3].

Ushbu tadqiqot suv havzalarini neft va neft mahsulotlari ifloslanishidan tozalash uchun butadien-stirol kauchuk va malein-an-gidrid asosidagi oleogellarning sintezi haqida ma’lumot beradi. Olingan oleogellarning fizik-kimyoviy xossalari ham o‘rganildi. Sintez jarayonida qo‘llaniladigan boshlang‘ich materiallar nisbatining oleogelning parchalanish xususiyatlariga ta’siri o‘rganildi. Aniqlanishicha, BSK asosidagi oleogel tarkibiga 0,5% dan ortiq jelleştiruvchi vosita qo‘shilishi yog‘ning so‘rilishini pasayishiga olib keladi. Olingan oleogellarning xossalari IQ (infraqizil) spektroskopiya yordamida tekshirildi [4].

O‘z-o‘zidan shishib ketadigan oleogel moyni polimer tarmoqlariga singdiradi. Bu gellar tarkibiga alkilstirol va divinilbenzol (Dow Chemical) o‘zaro bog‘langan metakrilat tipidagi polimerlarning kopolimeri kiradi. Keyinchalik, turli xil moylarga qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan o‘zaro bog‘langan uzun zanjirli poliakrilatlardan tayyorlangan oleogellar ishlab chiqildi. Ushbu oleogellarning noyob funksiyalari tufayli oddiy moyni qayta ishlashdan tashqari boshqa sohalarda ham qo‘llanilishi ishlab chiqilmoqda [5].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Biz sintez qilgan oleogel olish uchun bizga kerak, yuqori haroratga chidamli 250 ml hajmli tubi yassi kolba, haroratni nazorat qilish uchun 200℃ termometr, temperaturani stabilni ushlab turish maqsadida moy hamom va pech hamda qaytarma sovitgich orqali reaksiya olib boriladi, Izopren kauchuk (SKI) 10% li eritmasi tayyorlandi. Dastlab kauchuklarni stirolda eritma holatiga o‘tkazildi. Arlashma 4-5 sutka xona haroratida shisha tayoqcha bilan aralashtirib eritildi. Hosil bo‘lgan eritmani 250 ml tubi yasi kolbaga solinadi va eritma solingan kolbaga qaytarma sovitgich o‘rnatilgandan so‘ng pechda turgan moy hammomiga tushiriladi, so‘ng haroratni 80-90℃ temperaturada 40 daqiqa ushlab turiladi so‘ngra unga choklovchi modda sifatida geksametilendiamin 0,5 gram qo‘shiladi inisiatir sifatida benzoil peroksid. 0,2 gramda qo‘shildi. Reaksiya jarayoni 80-90 oralig‘ida 8 soat davomida olib borildi, biz uni User Manual pechida 70℃ da 24 soat davomida quritib olindi.

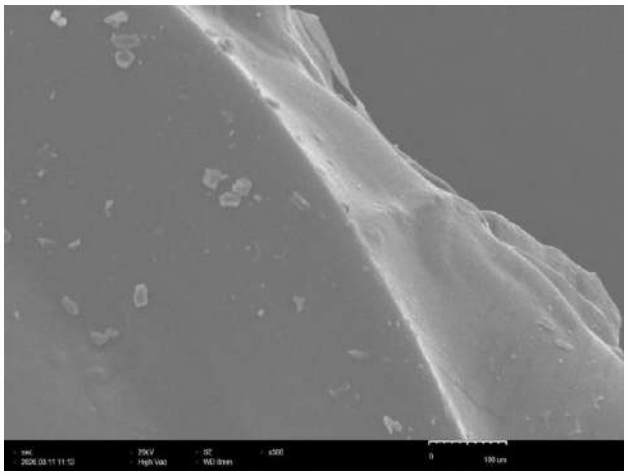
NATIJALAR VA MUHOKAMA QISMI.

Sintez qilib olingan Oleogel namunasi skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) va energiya dispersive roentgen spektroskopiyasi (EDX) yordamida

ISSN 3030-3907

kompleks o‘rganildi. Tadqiqot natijalari asosida materialning morfologik tuzilishi hamda element tarkibi aniqlandi.

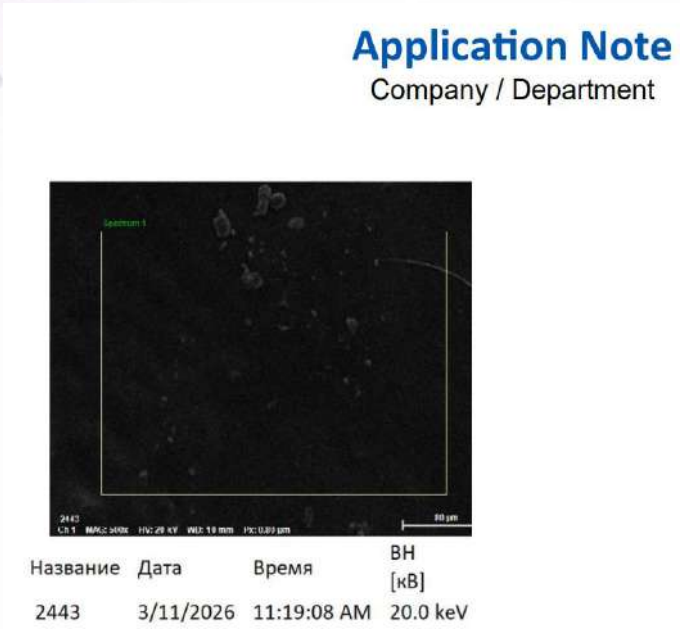
1-rasmda namunadagi mikrostrukturaviy holat, sirt morfologiyasi va fazaviy bir jinslilik darajasi aks etgan bo‘lib, strukturaviy elementlarning sirt yuzasi bo‘ylab tarqalishi va yuzaning umumiy topografiyasi kuzatiladi



1-rasm. Sintez qilingan oleogel namunasi yuzasining SEM tasviri

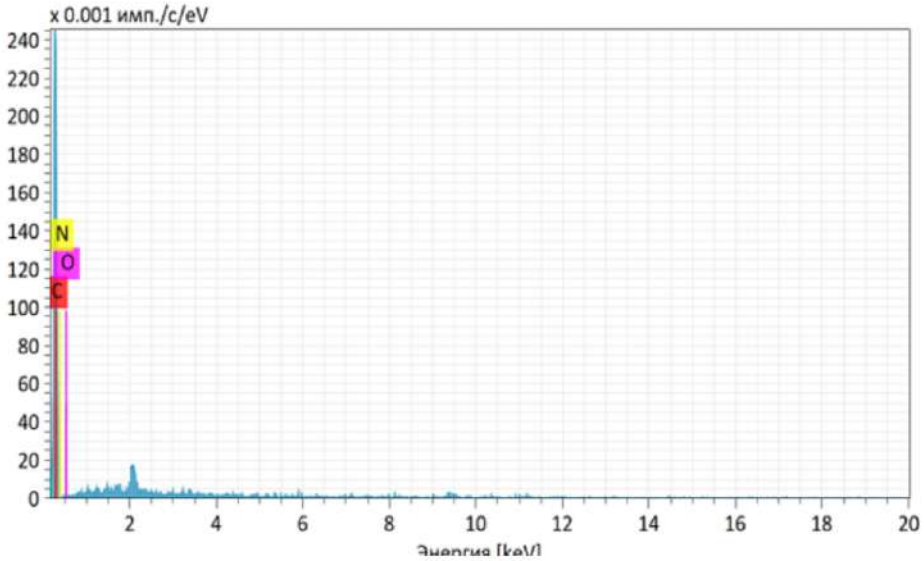
SEM tasvirlari orqali morfologiya oleogel hosil bo‘lishida radikal polimerlanish va keyingi choklanish (o‘zaro bog‘lanish) jarayonlari muhim rol o‘ynaganligini ko‘rsatadi. Izopren stirenda eritilib, uzoq vaqt davomida gomogen tizim hosil bo‘lishi mumkin bo‘lgan strukturaviy bir xillikni ta’minlagan. Benzoil inisiator sifatida parchalanishi hosil bo‘lgan hosil bo‘lgan erkin radikallar stiren va kauchuk zanjirlari o‘rtasida faol reaksiyalarni hosil qilib kimyoviy makromolekulalar o‘zaro bog‘ hosil qilish natijasida, fazoviy tarmoq hosil qiladi. Geksametilendiamin esa choklovchi agent sifatida ishtirok etib, polimer zanjirlar orasida qo‘shimcha bog‘lovchi bog‘larini shakllantiradi. Shu sababli SEM tasvirlarda kuzatilgan zich va tartibsiz tarmoq struktura hosil bo‘lganligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Sintez qilingan oleogel namunasi yuzasida SEM–EDX tahlil uchun tanlangan analiz sohasi

2-rasmda sariq ramka bilan ajratilgan hudud elementar tarkibni aniqlash uchun tanlangan bo‘lib, ushbu sohada olingan ma’lumotlar asosida namunadagi elementlarning miqdoriy va sifat tahlili amalga oshirilgan.



3-rasm. Sintez qilingan oleogel namunasi uchun SEM–EDX energiya-dispersiv rentgen spektri

Mazkur spektrda uglerod (C), azot (N) va kislorod (O) elementlariga mos keluvchi xarakterli piklar aniqlanib, moddaning organik-polimer tabiatga egaligi hamda tarkibida azotli va kislorodli funksional guruhlar mavjudligi o‘rganildi.

EDX orqali element tarkibi tahlili

EDX spektr tahliliga ko‘ra, oleogel ichida asosan uglerod, azot va kislorod zaryad aniqlanganligini 1-jadvaldan ko‘rishimiz mumkin.

ISSN 3030-3907

1-jadval

№	Element	Atom. raqami	Netto	Massa [%]	Norm. massa [%]	Atom [%]	Absolyut xatolik [%] (1 sigma)	Nisbiy xatolik [%] (1 sigma)
1	C	6	1936	93.26	93.26	94.43	4.81	5.15
2	N	7	10	5.18	5.18	4.50	1.81	34.95
3	O	8	8	1.56	1.56	1.07	0.61	48.78
Jami				100	100	100		

Uglerodning yuqori darajada aniqlanishi oleogelning asosiy qismi organik polimer matritsadan – ya'ni izopren kauchuk va stiren asosidagi makromolekulalardan tashkil topganligini tasdiqlab turibdi. Bu natija hosil bo'lgan polimerlanish jarayoni amalga oshganligini dalolatidir.

Azot elementining harakat geksametilendiaminning reaksiyada faol qatnashganligini bildiradi. Azot atomlari polimer zanjirlar orasida choklovchi ko'priklar bo'lganligini ko'plab hosil qiladi, bu esa materialning mexanik mustahkamligini oshiradi.

Kislorodning kam aniqlanishi esa asosan benzoil peroksidning parchalanish mahsulotlari yoki qisman oksidlanish jarayonlari bilan izohlashimiz mumkin. Kislorod miqdorining past chiqanligi tizimda ortiqcha oksidlanish sodir bo'lmaganligini ko'rsatadi.

XULOSA.

Olingan SEM–EDX ishlab chiqarilgan oleogel namunasi yuqori darajada polimerlangan, azot tutuvchi choklangan struktura hosil qilganligi va uch o'lchamli fazoviy tarmoqqa ega bo'lganligini tasdiqlaydi. Bu esa materialning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarining yuqori darajagi yangi Oleogel hosil bo'lganligini shu bilan birga samarili ekanligini xulosa qilishimiz mumkinligini bildiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mikryukova EM, Suvorova EV Neftni qayta ishlash sanoatida zich emulsiyalardan chiqindi suvlarni tozalash bilan bog'liq muammolarni bartaraf etish // Qurilish va rivojlantirish bo'yicha xalqaro konferensiya: Hayot aylanishi. – Singapur: Springer Nature Singapore, 2020. – S. 311-318.
2. Hoang A. T. et al. ed Sorbent-based devices the removal of spilled oil from water: a review //Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – T. 28. – C. 28876-28910.

ISSN 3030-3907

3. Hoang A. T. et al. Advanced super-hydrophobic polymer-based porous absorbents for the treatment of oil-polluted water //Chemosphere. – 2021. – Т. 277. – С. 130274.
4. Dostonbek O., Bakhodir K., Sayyod A. SYNTHESIS OF A HIGHLY SWELLABLE OLEOGEL BASED ON STYRENE-BUTADIENE RUBBER //Universum: химия и биология. – 2025. – Т. 3. – №. 5 (131). – С. 35-39.
5. Gom T. Oleogels and their applications //Gels Handbook. – Academic Press, 2001. – С. 368-380.
6. Shomuradov U., Beknazarov H., Djalilov A., Togaev E. Study and analysis of the IR spectrum and physicochemical properties of corrosion inhibitors that prevent the deposition of salts containing nitrogen and phosphorus used in industrial waters //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2025. – №. 3-4. – С. 69-74.

ISSN 3030-3907

BENTONIT VA MAHALLIY MINERAL XOMASHYOLAR ASOSIDA ADSORBENTLAR OLISH IMKONIYATLARI

Ashurov Sh.M.
Toshkent davlat texnika universiteti,
Bozorov O.N.
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti
Quyboqarov O.E.
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olishning ilmiy-amaliy imkoniyatlari keng yoritildi. Bentonit, kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolitlar va boshqa alumosilikat minerallarning strukturaviy-g‘ovak tuzilishi, kation almashinish sig‘imi, sirt faol markazlari, gidrofillik-organofillik xususiyatlari va modifikatsiyalash orqali adsorbsion faolligini oshirish yo‘llari tahlil qilindi. Mahalliy mineral xomashyolar asosida tayyorlanadigan adsorbentlar tabiiy gazni quritish, neftli oqova suvlarni tozalash, emulsiyalangan neft mahsulotlarini ajratish, og‘ir metall ionlari, bo‘yoqlar, fenollar va boshqa ifloslantiruvchilarni ushlab qolish uchun istiqbolli materiallar sifatida baholandi.

Kalit so‘zlar: bentonit, mahalliy mineral xomashyo, adsorbent, modifikatsiya, kaolin, diatomit, seolit, g‘ovak tuzilish, kation almashinish sig‘imi, neftli oqova suv, tabiiy gazni quritish, regeneratsiya.

Аннотация. В статье расширенно рассмотрены научно-практические возможности получения адсорбентов на основе бентонита и местного минерального сырья. Проанализированы структурно-пористые свойства бентонита, каолина, диатомита, палыгорскита, природных цеолитов и других алюмосиликатных минералов, их катионообменная способность, поверхностные активные центры и пути повышения адсорбционной активности посредством модификации. Показана перспективность использования таких материалов для осушки природного газа, очистки нефтесодержащих сточных вод, удаления тяжелых металлов, красителей, фенолов и других загрязнителей.

Ключевые слова: бентонит, местное минеральное сырье, адсорбент, модификация, каолин, диатомит, цеолит, пористая структура, сточные воды, природный газ, регенерация.

Abstract. The article provides an extended analysis of the scientific and practical possibilities of producing adsorbents based on bentonite and local mineral raw materials. The structural and porous properties of bentonite, kaolin, diatomite, palygorskite, natural zeolites and other aluminosilicate minerals are discussed. Special attention is paid to cation exchange capacity, surface active sites,

ISSN 3030-3907

hydrophilic and organophilic properties, activation methods and composite adsorbent formation. The prospects of using local mineral-based adsorbents for natural gas dehydration, oil-contaminated wastewater treatment, heavy metal removal, dye and phenol adsorption are substantiated.

Keywords: bentonite, local mineral raw materials, adsorbent, modification, kaolin, diatomite, zeolite, porous structure, wastewater, natural gas, regeneration.

KIRISH.

Bugungi kunda neft-gaz sanoati, kimyo texnologiyasi, ekologik muhandislik, metallurgiya, oziq-ovqat va energetika sohalarida gazlar, oqova suvlar hamda texnologik eritmalar tarkibidagi zararli komponentlarni ajratib olish muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday jarayonlarda adsorbsiya usuli yuqori samaradorligi, apparat jihatdan nisbatan soddaligi, past konsentratsiyali ifloslantiruvchilarni ham ushlab qolish imkoniyati hamda adsorbentlarni regeneratsiya qilib qayta ishlatish mumkinligi bilan ajralib turadi [1–4].

Adsorbent materiallar ishlab chiqarishda tabiiy mineral xomashyolardan foydalanish global miqyosda dolzarb yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Chunki tabiiy gil minerallari keng tarqalgan, arzon, ekologik xavfsiz, mexanik va kimyoviy jihatdan nisbatan barqaror hamda modifikatsiyalashga moyildir. Ayniqsa bentonit, kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolitlar va kremniyli jinslar sirt faol markazlari va g‘ovak tuzilishi sababli turli adsorbsion jarayonlarda samarali ishlatilishi mumkin [1, 5, 6].

O‘zbekiston sharoitida bentonit va boshqa mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar yaratish import o‘rnini bosish, mahalliy resurslardan kompleks foydalanish, sanoat chiqindilarini kamaytirish va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish nuqtayi nazaridan muhimdir. Mahalliy bentonit konlari, xususan Navbahor va Xovdak bentonitlari, tabiiy alumosilikat tarkibi, montmorillonitli qatlamli tuzilishi va faollashtirishga moyilligi bilan adsorbentlar olish uchun istiqbolli xomashyo sifatida qaraladi [7, 8].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Bentonitning adsorbent sifatidagi afzalligi uning asosiy minerali montmorillonitning 2:1 tipdagi qatlamli tuzilishi bilan bog‘liq. Qatlamlararo bo‘shliqda joylashgan Na+, Ca2+, Mg2+ kabi almashinuvchi kationlar suv molekulalari, og‘ir metall ionlari, ammoniy, bo‘yoqlar va ayrim organik komponentlar bilan o‘zaro ta’sirlashish imkonini beradi. Bundan tashqari, kislota, ishqor, termik ishlov, organomodifikatsiya va kompozitlash orqali bentonitning adsorbsion faolligini maqsadli boshqarish mumkin [2, 3, 9].

Mazkur maqolada bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olish imkoniyatlari, ularning modifikatsiya usullari, texnologik

ISSN 3030-3907

zanjiri, qo‘llanish yo‘nalishlari hamda OAK talablari doirasida ilmiy maqola uchun zarur bo‘lgan rasm, jadval va izohlar bilan keng tahlil qilinadi.

Bentonitning adsorbent sifatidagi fizik-kimyoviy xususiyatlari

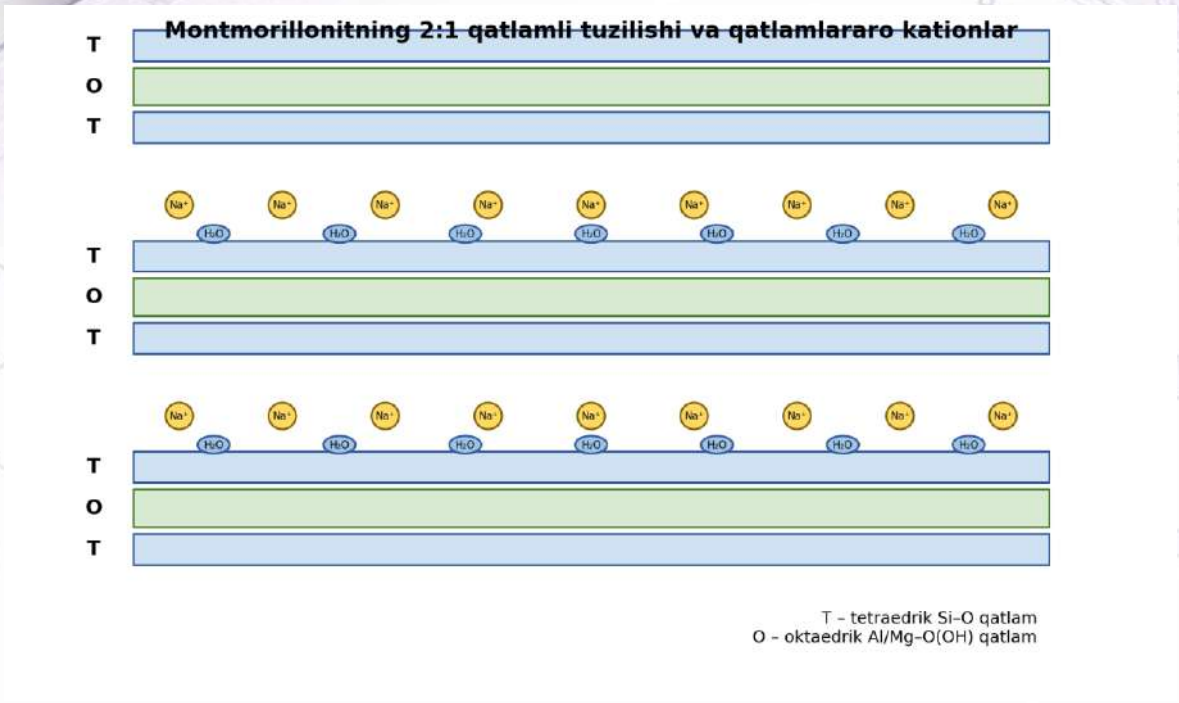
Bentonit qatlamli alumosilikat minerallar guruhiga mansub bo‘lib, uning asosiy komponenti ko‘pincha montmorillonitdan iborat. Montmorillonit 2:1 tipdagi kristall tuzilishga ega: ikki tetraedrik kremniy-kislorod qatlami orasida bitta oktaedrik alyuminiy yoki magniy-kislorod/gidroksil qatlami joylashadi. Bunday qatlamli tuzilish bentonitga shishish, suvni yutish, ion almashish va sirt modifikatsiyasiga moyillik kabi xususiyatlarni beradi [6, 10].

Bentonit zarrachalarining sirtida silanol (≡Si–OH), aluminol (≡Al–OH), gidroksil guruhlar va almashinuvchi kationlar mavjud bo‘lib, ular suv molekulalari, metall ionlari, organik bo‘yoqlar va neft mahsulotlari bilan turli kuchlar orqali ta’sirlashadi. Ushbu ta’sirlashuvlar fizik adsorbsiya, elektrostatik tortilish, ion almashinish, sirt komplekslanishi va g‘ovaklar ichida tutilish mexanizmlari orqali amalga oshadi.

Adsorbent sifatida bentonitning samaradorligini belgilovchi eng muhim xususiyatlar quyidagilardan iborat: montmorillonit miqdori, kation almashinish sig‘imi, solishtirma sirt yuzasi, g‘ovaklar hajmi, zeta-potensial, granulometrik tarkib, sirt funksional guruhlari, mexanik mustahkamlik va regeneratsiyalanish qobiliyati. Ushbu ko‘rsatkichlarning har biri adsorbat turiga qarab turlicha ahamiyat kasb etadi. Masalan, og‘ir metall ionlarini yutishda kation almashinish sig‘imi asosiy rol o‘ynasa, neftli oqova suvlarni tozalashda sirtning organofilligi va makro-mezog‘ovaklar ulushi katta ahamiyatga ega.

IUPAC tasnifiga ko‘ra g‘ovaklar mikrog‘ovaklar (<2 nm), mezog‘ovaklar (2–50 nm) va makrog‘ovaklar (>50 nm) guruhlariga bo‘linadi [6]. Bentonit asosidagi kompozit adsorbentlarda bu uch turdagi g‘ovaklar muvozanati jarayonning real samaradorligini belgilaydi: mikrog‘ovaklar yuqori selektivlikni, mezog‘ovaklar sig‘im va diffuziyani, makrog‘ovaklar esa suyuqlik yoki gaz oqimining granulaga kirib borishini yengillashtiradi.

ISSN 3030-3907



1-Rasm Montmorillonitning 2:1 qatlamli tuzilishi va qatlamlararo kationlar

Rasmda bentonitning asosiy minerali bo‘lgan montmorillonitda tetraedrik va oktaedrik qatlamlar almashinuvi, qatlamlararo Na+, Ca2+ yoki Mg2+ kationlari hamda suv molekulalarining joylashuvi ko‘rsatilgan. Aynan shu qatlamlararo bo‘shliq bentonitning shishish va ion almashinish xususiyatini belgilaydi.

2-Jadval

Bentonitning adsorbent sifatidagi asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Adsorbsion jarayondagi roli	Aniqlash usuli	Amaliy talqin
Montmorillonit miqdori	Shishish, ion almashinish va sirt faolligini belgilaydi	XRD	Miqdor yuqori bo‘lsa, adsorbsion modifikatsiya samarasi oshadi
Kation almashinish sig‘imi	Pb2+, Cd2+, Cu2+, NH4+ kabi ionlarni ushlab qoladi	CEC tahlili	Og‘ir metall va ammoniy ionlarini yutish uchun muhim
Solishtirma sirt yuzasi	Faol markazlar sonini bildiradi	BET	Yuqori sirt odatda adsorbsion sig‘imni oshiradi

ISSN 3030-3907

G‘ovaklar hajmi	Adsorbat molekulalarini joylashtiradi	N2 adsorbsiya-desorbsiya	Mezo va makrog‘ovaklar diffuziyani yaxshilaydi
Sirt funksional guruhlari	Suv, ion va organik modda bilan ta’sirlashadi	FTIR	≡Si–OH va ≡Al–OH guruhlarining mavjudligi muhim
Granulometrik tarkib	Kontakt yuzasi va bosim yo‘qotishiga ta’sir qiladi	Elak/laser tahlil	Mayda zarracha sig‘imni, yirik granula gidravlik barqarorlikni oshiradi
Mexanik mustahkamlik	Sanoat adsorberida ezilish va changlanishni kamaytiradi	Ezilish testi	Kolonna jarayonlari uchun majburiy ko‘rsatkich
Regeneratsiya barqarorligi	Qayta ishlatish imkoniyatini ko‘rsatadi	Siklli adsorbsiya-desorbsiya	5–10 sikldan keyingi sig‘im saqlanishi baholanadi

Jadval bentonitning faqat kimyoviy tarkibi emas, balki sirt-g‘ovak tuzilishi, ion almashinish xususiyati va mexanik barqarorligi ham adsorbent sifatida muhim ekanini ko‘rsatadi.

Materiallar va metodik yondashuv

Mahalliy mineral xomashyolar orasida bentonit bilan bir qatorda kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolitli jinslar, glaukonit, dolomit, ohaktosh va kremniyli jinslar adsorbent yoki adsorbent tashuvchisi sifatida qiziqish uyg‘otadi. Har bir mineral o‘zining kristall tuzilishi, sirt zaryadi, g‘ovakligi va kimyoviy barqarorligi bilan farqlanadi.

Kaolin asosan kaolinit mineralidan iborat bo‘lib, termik va mexanik barqarorligi bilan ajralib turadi. Diatomit amorf kremniy dioksidga boy, yengil, yuqori g‘ovaklikka ega tabiiy materialdir. Paligorskit va sepiolit tolali tuzilishi, tabiiy seolitlar esa mikrog‘ovak kristall karkasi bilan ajralib turadi. Shuning uchun adsorbent tarkibini ishlab chiqishda har bir komponentning funksional vazifasini aniq belgilash lozim.

ISSN 3030-3907

Bentonit asosidagi kompozitlarda diatomit g‘ovaklikni oshiradi, kaolin granulalarning mexanik va termik barqarorligini kuchaytiradi, seolitlar molekulyar elak xususiyatini beradi, aktivlangan uglerod yoki neft shlami asosidagi uglerodli faza esa organik moddalarga nisbatan yutish qobiliyatini oshiradi. Bunday yondashuv bir vaqtning o‘zida bir nechta ifloslantiruvchi turini ushlab qoladigan ko‘p funksiyali adsorbentlar olish imkonini beradi.

Mahalliy xomashyoni adsorbentga aylantirishda asosiy talab — xomashyoni pasportlashtirishdir. Chunki bir xil nomdagi bentonit namunalarining mineralogik tarkibi, montmorillonit ulushi, karbonat aralashmalari, kvars miqdori va almashinuvchi kationlar nisbati turlicha bo‘lishi mumkin. Shuning uchun har bir kon yoki partiya bo‘yicha XRD, XRF, BET, FTIR va granulometrik tahlillar o‘tkazilishi zarur.

3-jadval

Mahalliy mineral xomashyolarning adsorbent olishdagi funksional imkoniyatlari

Xomash yo turi	Asosiy mineral faza	Afzalligi	Cheklanishi	Tavsiya etiladigan qo‘llanish
Bentonit	Montmorillonit, illit, kvars, karbonatlar	Ion almashinish, shishish, modifikatsiyaga moyillik	Suvda barqarorligi va changlanishi nazorat qilinadi	Og‘ir metallar, gaz quritish, oqova suv
Kaolin	Kaolinit	Termik barqarorlik, mexanik mustahkamlik	Sirt sig‘imi nisbatan past	Kompozit adsorbent, granulalash tashuvchisi
Diatomit	Amorf SiO2, opal faza	Yuqori g‘ovaklik, yengil struktura	Mexanik mustahkamligi past bo‘lishi mumkin	Neftli suvlar, filtrlovchi qatlam
Paligorskit	Tolali Mg-Al silikat	Tolali g‘ovak tuzilish, reologik xossa	Xomashyo tarkibi barqarorligi muhim	Organik ifloslantiruvchilar, emulsiyalar
Tabiiy seolit	Karkasli alumosilikat	Mikrog‘ovak, molekulyar elak xususiyati	Regeneratsiya energiyasi yuqori bo‘lishi mumkin	Tabiiy gazni quritish, NH4+ yutish

ISSN 3030-3907

Karbonatli jinslar	CaCO3, MgCO3	Arzon, granulalashda yordamchi	Adsorbsion sig‘imi cheklangan	Bog‘lovchi yoki pH rostlovchi komponent

Jadvalda har bir mineralning adsorbent tarkibidagi funksional vazifasi ko‘rsatilgan. Sanoat adsorbenti yaratishda komponentlar faqat arzonligi bo‘yicha emas, balki g‘ovaklik, mustahkamlik, selektivlik va regeneratsiya barqarorligi bo‘yicha tanlanadi.

4-Jadval .

Mahalliy bentonit namunalarini pasportlashtirish uchun tavsiya etiladigan ko‘rsatkichlar

Tahlil yo‘nalishi	Aniqlanadigan parametr	Nima uchun zarur?	Natijadan foydalanish
Kimyoviy tarkib	SiO2, Al2O3, Fe2O3, MgO, CaO, Na2O, K2O, LOI	Xomashyo turini va qo‘shimcha fazalarni ko‘rsatadi	Modifikatsiya reagentlari va termik rejim tanlanadi
Mineralogik tarkib	Montmorillonit, kaolinit, kvars, karbonat, illit	Faol mineral ulushini baholaydi	Xomashyoning adsorbentga yaroqliligi aniqlanadi
Tekstura	SBET, Vpore, Dpore	Sirt-g‘ovak imkoniyatini ko‘rsatadi	Adsorbsion sig‘im prognoz qilinadi
Morfologiya	Zarracha shakli, aglomeratsiya, yoriqlar	Granulalash va diffuziyaga ta’sir qiladi	Mexanik ishlov rejimi belgilanadi
Sirt kimyosi	–OH, Si–O, Al–O, suv bog‘lanishi	Adsorbat bilan ta’sir mexanizmini ko‘rsatadi	FTIR asosida modifikatsiya natijasi baholanadi
Texnologik xossa	Namlik, zichlik, fraksiya, ezilish mustahkamligi	Sanoat adsorberida ishlashni belgilaydi	Granula tarkibi va bog‘lovchi tanlanadi

ISSN 3030-3907

Ushbu jadval laboratoriya ishlarini rejalashtirishda xomashyo partiyasini standart pasportlash uchun ishlatiladi. Natijalar adsorbent tarkibi va faollashtirish rejimini tanlashga bevosita ta’sir qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tabiiy bentonit ba’zi hollarda to‘g‘ridan-to‘g‘ri adsorbent sifatida ishlatilishi mumkin. Biroq sanoat talablari, xususan yuqori adsorbsion sig‘im, selektivlik, regeneratsiya barqarorligi va mexanik mustahkamlikni ta’minlash uchun ko‘pincha modifikatsiya talab etiladi. Modifikatsiya usuli adsorbat turiga va qo‘llanish muhitiga qarab tanlanadi.

Mexanik faollashtirishda maydalash, elash, planetar tegirmonda ishlov berish va zarracha o‘lchamini kamaytirish orqali yangi sirtlar ochiladi. Bu jarayon solishtirma sirt yuzasi va faol markazlar sonini oshirishi mumkin. Ammo haddan tashqari kuchli mexanik ishlov zarrachalarning aglomeratsiyalanishi yoki qatlamli strukturaning qisman buzilishiga olib kelishi mumkin.

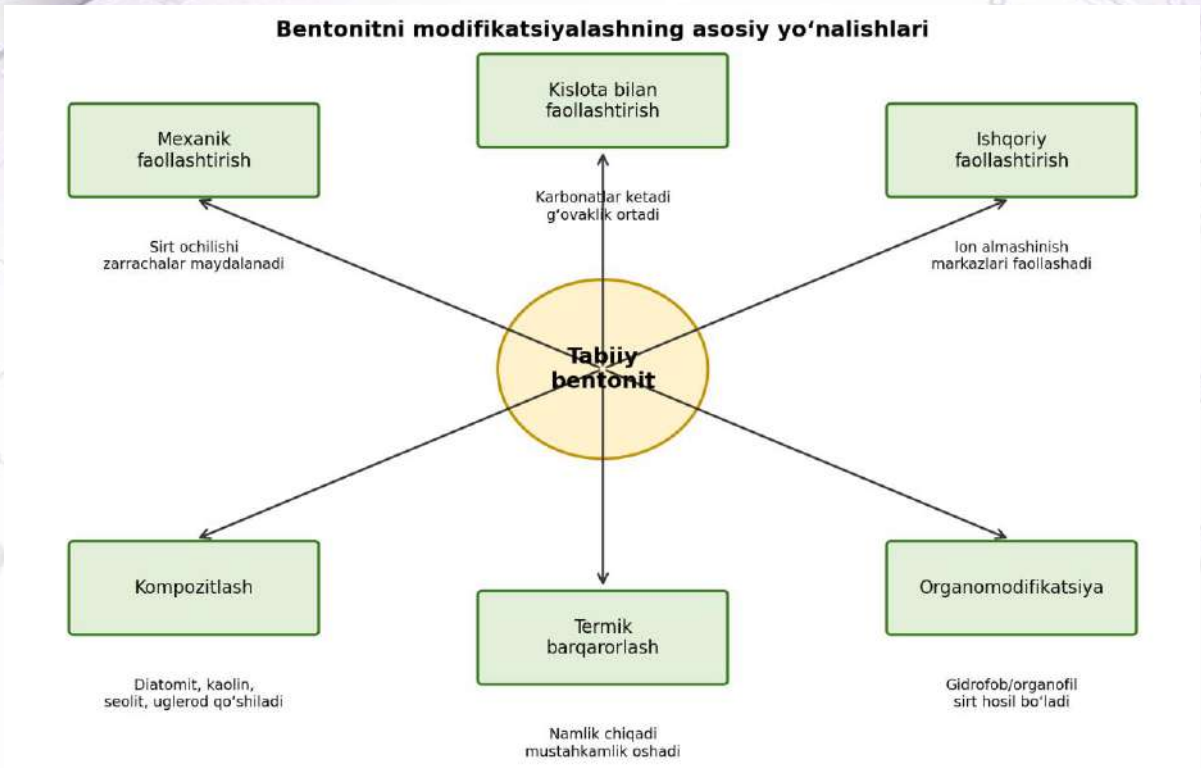
Kislota bilan faollashtirishda HCl, H2SO4 yoki HNO3 eritmalari qo‘llanadi. Bunda karbonatlar, almashinuvchi kationlar va ayrim oktaedrik kationlar qisman eritmaga o‘tadi, natijada g‘ovaklik, kislotali markazlar va adsorbsion faollik ortadi. Shu bilan birga, kislota konsentratsiyasi va ishlov berish vaqti juda yuqori bo‘lsa, panjara buzilishi va mexanik mustahkamlik kamayishi mumkin [2, 7].

Ishqoriy faollashtirish NaOH yoki KOH eritmalari yordamida amalga oshiriladi. Bu usul kremniy-alyuminiy nisbatini o‘zgartirishi, ion almashinish markazlarini faollashtirishi va ayrim organik bo‘yoqlarni yutish samaradorligini oshirishi mumkin. Ishqoriy ishlovdan keyin adsorbentni neytral pH gacha yuvish muhim, aks holda keyingi adsorbsiya tajribalarida ikkilamchi kimyoviy ta’sir kuzatiladi.

Organomodifikatsiya bentonitning gidrofil sirtini organofil sirtga aylantirishga xizmat qiladi. Bunda kationli sirt faol moddalar, aminlar, polimerlar yoki boshqa organik modifikatorlar qatlamlararo bo‘shliqqa kiritilishi mumkin. Natijada neft mahsulotlari, fenollar, aromatik birikmalar va bo‘yoqlarga nisbatan yutish qobiliyati ortadi [2, 9].

Termik modifikatsiya adsorbentni quritish, strukturadagi zaif bog‘langan suvni chiqarish, granulalarni mustahkamlash va mikroorganizmlar yoki organik aralashmalarni yo‘qotish uchun ishlatiladi. Biroq juda yuqori harorat montmorillonit qatlamlarining degidroksillanishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun termik ishlov harorati adsorbentning maqsadli qo‘llanishiga mos tanlanadi.

ISSN 3030-3907



2-Rasm. Bentonitni modifikatsiyalashning asosiy yo‘nalishlari

Izoh. Rasmda tabiiy bentonitdan adsorbent olishda qo‘llanadigan asosiy faollashtirish yo‘llari ko‘rsatilgan. Har bir usul sirt tuzilishiga turlicha ta’sir qiladi: mexanik ishlov sirtni ochadi, kimyoviy ishlov faol markazlarni o‘zgartiradi, organomodifikatsiya esa organik ifloslantiruvchilarni yutishga mos sirt hosil qiladi.

5-Jadval.

Bentonitni modifikatsiyalash usullari va kutiladigan texnologik natijalar

Modifikatsiya usuli	Jarayon mohiyati	Kutiladigan natija	Nazorat qilinadigan xavf	Qo‘llanish yo‘nalishi
Mexanik faollashtirish	Maydalash, elash, planetar tegirmon	Sirt ochilishi, disperslik ortishi	Aglomeratsiya, ortiqcha changlanish	Dastlabki tayyorlash va granula tarkibi
Kislota bilan ishlov	HCl/H2SO4/ HNO3 bilan faollashtirish	Karbonatlar kamayadi, g‘ovaklik va kislotali markazlar ortadi	Panjara buzilishi, reagent sarfi	Bo‘yoq, og‘ir metallar, katalizator tashuvchisi

ISSN 3030-3907

Ishqoriy faollashtirish	NaOH/KOH bilan ishlov	Ion almashinish va sirt faolligi o‘zgaradi	pH neytrallash va tuz qoldiqlari	Organik bo‘yoqlar, ayrim ionlar
Termik ishlov	Quritish, kuydirish, barqarorlashtirish	Namlik kamayadi, granula mustahkamligi oshadi	Faol guruhlar kamayishi mumkin	Gaz quritish, regeneratsiyalanadigan adsorbent
Organomodifikatsiya	SFM yoki polimer modifikator kiritish	Organofil sirt, neft mahsulotlarini yutish ortadi	Modifikatorning ekologik xavfi	Neftli oqova suv, emulsiyalar
Kompozitlash	Diatomit, kaolin, seolit, uglerod bilan birlashtirish	Ko‘p funksiyali adsorbent olinadi	Tarkibni optimallashtirish zarur	Gaz, suv va aralash ifloslantiruvchi muhitlar

Modifikatsiya rejimi laboratoriya tajribalarida kichik namunalar bilan tanlanib, keyin dinamik kolonna sinovlarida tekshirilishi kerak. Adsorbentning yuqori sig‘imi bilan birga regeneratsiya va mexanik barqarorligi ham majburiy baholanadi.

Bentonit asosida kompozit adsorbentlar olish texnologiyasi

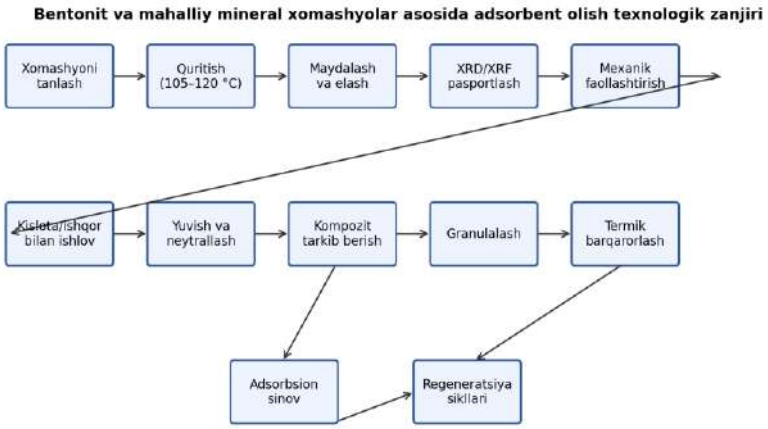
Bitta tabiiy mineral ko‘pincha barcha texnologik talablarni to‘liq qondira olmaydi. Masalan, bentonit ion almashinish va modifikatsiyaga moyilligi bilan afzal bo‘lsa-da, suvli muhitda granulalarning barqarorligi yoki gidravlik qarshiligi muammo tug‘dirishi mumkin. Diatomit yuqori g‘ovaklik beradi, lekin o‘zi yakka holda yetarli mexanik mustahkamlikka ega bo‘lmasligi mumkin. Kaolin termik va mexanik barqarorlikni oshiradi, ammo adsorbsion sig‘imi nisbatan past. Shu sababli kompozit adsorbent yaratish eng maqbul yondashuv hisoblanadi.

Kompozit adsorbentlarda har bir komponent aniq vazifa bajaradi. Bentonit sirt faol markazlar va ion almashinishni ta’minlaydi, diatomit g‘ovaklik va filtratsiya xususiyatini oshiradi, kaolin granula skeletini mustahkamlaydi, seolit molekulyar elak xususiyatini beradi, uglerodli komponentlar esa organik ifloslantiruvchilarni yutadi. Bunday tarkibda bog‘lovchi sifatida kraxmal, natriy silikat, bentonitning o‘zi yoki ekologik xavfsiz polimerlar ishlatilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Adsorbent olish texnologiyasi xomashyoni quritish va maydalashdan boshlanadi. Keyin mineralogik-kimyoviy tahlil o‘tkazilib, kerakli modifikatsiya usuli tanlanadi. Faollashtirilgan xomashyolar belgilangan nisbatda aralashtiriladi, namlanadi, granulalanadi, quritiladi va termik barqarorlashtiriladi. Tayyor adsorbent statik adsorbsiya, dinamik kolonna, regeneratsiya va mexanik mustahkamlik sinovlaridan o‘tkaziladi.

Sanoatga tatbiq etishdan oldin adsorbentning partiyadan partiyaga barqarorligi, granulometrik tarkibi, changlanish darajasi, suvli muhitda parchalanmasligi va toksik komponentlar ajratmasligi aniqlanishi kerak. Ayniqsa neft-gaz korxonalarida ishlatiladigan adsorbentlar yuqori bosim, o‘zgaruvchan harorat, uglevodorodlar va tuzli muhitga chidamli bo‘lishi lozim.



3-Rasm. Bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbent olishning umumiy texnologik sxemasi

Rasmda laboratoriya bosqichidan tayyor adsorbentni sinashgacha bo‘lgan asosiy texnologik zanjir ko‘rsatilgan. Amaliyotda bu sxema xomashyo turiga, modifikatsiya usuliga va adsorbentning qo‘llanish sohasiga qarab qisqartirilishi yoki kengaytirilishi mumkin.

Bentonit asosidagi kompozit adsorbentlar uchun tavsiya etiladigan namunaviy tarkiblar

6-Jadval.

Namuna	Bentonit, %	Diatomit, %	Kaolin, %	Seolit, %	Bog‘lovchi, %	Tavsiya etiladigan qo‘llanish
BA-1	80	10	5	0	5	Og‘ir metall ionlarini ushlab qolish
BA-2	65	20	10	0	5	Neftli oqova suvlarni tozalash
BA-3	60	10	10	15	5	Tabiiy gazni adsorbsion quritish

ISSN 3030-3907

BA-4	50	25	10	10	5	Emulsiyalangan neft mahsulotlarini ajratish
BA-5	55	10	15	15	5	Ko‘p komponentli texnologik oqova suv
BA-6	45	20	15	15	5	Regeneratsiyalan adigan universal adsorbent

Jadvaldagi tarkiblar laboratoriya tadqiqotlarini boshlash uchun namunaviy variant sifatida taklif etiladi. Aniq tarkib xomashyo tarkibi, adsorbat turi, pH, harorat, adsorber konstruksiyasi va regeneratsiya rejimiga qarab optimallashtiriladi.

XULOSA.

Bentonit va mahalliy mineral xomashyolar asosida adsorbentlar olish O‘zbekiston sharoitida ilmiy, texnologik, iqtisodiy va ekologik jihatdan dolzarb yo‘nalish hisoblanadi. Bentonitning montmorillonitli qatlamli tuzilishi, kation almashinish sig‘imi, sirt faol markazlari va modifikatsiyaga moyilligi uni samarali adsorbentlar yaratish uchun qulay tabiiy xomashyo sifatida namoyon etadi.

Kaolin, diatomit, paligorskit, tabiiy seolit va uglerodli komponentlar bentonit bilan birgalikda kompozit adsorbentlar olishda qo‘shimcha funksional xossalar beradi. Diatomit g‘ovaklikni oshiradi, kaolin mexanik va termik barqarorlikni kuchaytiradi, seolitlar molekulyar elak xususiyatini ta’minlaydi, uglerodli faza esa organik ifloslantiruvchilarni yutish qobiliyatini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xie S. et al. Application of clay minerals as adsorbents for removing heavy metals from the environment: A review. Green and Smart Mining Engineering, 2024.
2. Arabmofrad S., Lazzara G. et al. Surface modification of bentonite and montmorillonite as novel nano-adsorbents for the removal of phenols, heavy metals and drug residues. Advances in Colloid and Interface Science, 2024.
3. Wang P. et al. Clay-Based Materials for Heavy Metals Adsorption: Mechanisms, Advancements, and Future Prospects in Environmental Remediation. Crystals, 2024, 14(12), 1046.
4. Hamad H.N. et al. Optimized Bentonite Clay Adsorbents for Methylene Blue Removal. Processes, 2024, 12(4), 738.

ISSN 3030-3907

5. Gu S., Kang X., Wang L., Lichtfouse E., Wang C. Clay mineral adsorbents for heavy metal removal from wastewater: a review. Environmental Chemistry Letters, 2019, 17, 629–654.
6. Thommes M., Kaneko K., Neimark A.V. et al. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. Pure and Applied Chemistry, 2015, 87, 1051–1069.
7. Kungratov K.A. Physicochemical and texture characteristics of natural bentonite. JournalNX, 2021, 7(10), 45–54.
8. Khamroyev J.X. et al. Analysis of texture characteristics of modified and activated Navbahor bentonite. Asian Journal of Multidimensional Research, 2021, 10(9), 382–393.
9. Khamroyev J.X. et al. Optimization of the acid activation process of bentonite. Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal, 2021, 11(9), 589–597.
10. IUPAC Gold Book. Mesopore, micropore and macropore definitions. International Union of Pure and Applied Chemistry.
11. Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G. Handbook of Clay Science. Elsevier, 2013.
12. Murray H.H. Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common Clays. Elsevier, 2007.
13. Uddin M.K. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. Chemical Engineering Journal, 2017, 308, 438–462.
14. Bhattacharyya K.G., Gupta S.S. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: a review. Advances in Colloid and Interface Science, 2008, 140, 114–131.

ISSN 3030-3907

IKKILAMCHI PET CHIQINDILARIDAN YUQORI SIFATLI TEREFTALDIAMID SINTEZ QILISH

Saidnazarov Toir Raxmon o‘gli
Termiz davlat universiteti tayanch doktoronti,
E-mail: tohirsaidnazarov@gmail.com
ORCID: 0009-0003-6844-3852
To‘rayev Xayit Xudaynazarovich
Termiz davlat universitet, Kimyo fanlari doktori, professor,
E-mail: hhturaev@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-0627-5449
Karimov Ma’sud Ubaydilla o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti Texnika fanlari doktori, professor,
E-mail: f_adm@ust.ac.kr
ORCID: 0000-0001-5063-0914
Eshmurodov Xurshid Esanberdiyevich
Termiz davlat universitet, Texnika fanlari doktori, dots,
E-mail: khurshideshmurodov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1588-2048

Annotatsiya. Tadqiqot turli xil antioksidantlar polimerlar, va pigmentlar olishda foydalaniladigan Tereftaldiamid olishning katalitik jarayonni o`rganildi. Dastlab PET chiqindilaridan Tereftaldiamid olish uchun xamashyo sifatida tereftal kislota sintez qilindi. Toza va sifatli tereftal kislotadan Tereftaldiamid sintez qilindi. Reaksiya samaradorligini oshirish maqsadida boshlang`ich moddalar massa nisbatlari tasiri o`rganildi va tahlil qilindi. Shuningdek sintez qilingan Tereftaldiamidning IQ spektri olindi va tahlil qilinib mavjud funksianal guruhlar aniqlangan. Shu bilan birga molekulyar strukturasi, molekulalarning bir biriga tasiri, dinamik va termik xossalari YaMR, TGA va DTA analiz usullari orqali aniqlandi. Fizik-kimyoviy analiz natijalari olingan mahsulot tereftaldiamid ekanligini isbotladi.

Kalit so‘zlar. Polietilen tereftalat (PET), karbamid , reaksiya unimi, aminlash , Tereftaldiamid ,DEF, glitserin, reaktor avtoklav, etilen glikol, DMSO .

Аннотация. В данном исследовании изучался каталитический процесс получения терефтальдиамида, используемого в производстве различных антиоксидантов, полимеров и пигментов. В качестве исходного сырья для получения терефтальдиамида из отходов ПЭТ была синтезирована терефталевая кислота. Терефтальдиамид был синтезирован из чистой и высококачественной терефталевой кислоты. Для повышения эффективности реакции было изучено и проанализировано влияние

массовых соотношений исходных материалов. Также был получен и проанализирован ИК-спектр синтезированного терефтальдиамида для идентификации существующих функциональных групп. Одновременно с этим, с помощью методов ЯМР, ТГА и ДТА были определены молекулярная структура, взаимодействие молекул друг с другом, динамические и термические свойства. Результаты физико-химического анализа подтвердили, что полученный продукт является терефтальдиамидом.

Ключевые слова. Полиэтилентерефталат (ПЭТ), мочевина, продукт реакции, аминирование, терефталдиамид, DEF, глицерин, автоклав реактора, этиленгликоль, ДМСО.

Abstract. The study investigated the catalytic process of obtaining Terephthaldiamide, which is used in the production of various antioxidants, polymers, and pigments. Initially, terephthalic acid was synthesized as a raw material for obtaining Terephthaldiamide from PET waste. Terephthaldiamide was synthesized from pure and high-quality terephthalic acid. In order to increase the reaction efficiency, the effect of the mass ratios of the starting materials was studied and analyzed. The IR spectrum of the synthesized Terephthaldiamide was also obtained and analyzed to identify the existing functional groups. At the same time, the molecular structure, the interaction of molecules with each other, dynamic and thermal properties were determined by NMR, TGA and DTA analysis methods. The results of physicochemical analysis proved that the obtained product is terephthaldiamide.

Keywords. Polyethylene terephthalate (PET), urea, reaction product, amination, Terephthaldiamide, DEF, glycerin, reactor autoclave, ethylene glycol, DMSO.

1. KIRISH.

Biz asosyi etiborni polietilen tereftalat (PET) chiqindilarini kimyoviy qayta ishlashga qaratdik. Ishlov berishdagi kamchiliklar, kerakni texnalogilarning yetishmasligi va ijtimoiy tushunchalarning pastligi singari muammolar sababli tashlab ketilgan PET butun dunyo bo‘ylab muhim ekologik muammoga sababchi bo‘lmoqda [1]. 1950-yillardan boshlab butun dunyo bo‘ylab taxminan jami 8,3 milliard tonna parchalanmaydigan plastik ishlab chiqarilgan, uning atigi 11% qayta ishlangan holos. 2021 yilda dunyo bo‘ylab plastik ishlab chiqarish 2020 yilga nisbatan 8 % ga ko‘tarilish bilan 390,7 million tonnage yetdi [2]. PET ishlab chiqarish esa uning 8% ni tashkil qilgan [3]. PET mustahkamlik, kimyoviy qarshilik va past termal kengayish kabi o‘ziga xos xususiyatlarga ega [4]. Ushbu xususiyatlar sababli PET juda ko`p soxalarda ishlatila boshlangan, bularga misol qilib oziq-ovqat mahsulotlarini qadoqlash, turli-xil ichimliklar idishlari, to‘qimachilik va boshqa ko`plab soxalarda keng foydalanilmoqda [5].

ISSN 3030-3907

Qadoqlash sanoati idishlari sifatida ko‘proq tanilgan va to‘qimachilik sanoatida odatda "poliester" sifatida (polietilen tereftalat) kimyoviy va mukammal fizik xossalari sababli muhim ahamiyatga ega almashtirib bo‘lmaydigan material bo‘lgan [6-7]. Boshqa tomondan, iste'mol talabining o‘sayotganligi va biologik parchalanmasligi sababli, PET chiqindilarini kamaytirish jiddiy iqtisodiy va ekologik muammolarni keltirib chiqardi [8]. Shunday qilib, PET chiqindilarini boshqarish muhim ijtimoiy muammoga aylandi. Tabiatda atrof-muhitga e'tiborning ortib borayotganligini hisobga olgansak PET chiqindilarini kimyoviy qayta ishlash eng qulay variant bo‘lib qolmoqda hozzirgi kunda [9].

Shu kunda PET chiqindilani qayta ishlashdan olingan xomashyolar turli xil soxalarda qo`llanilmoqda masalan: qurilishda ham ko`plab materillar PET ni qayta ishlash orqali tayyorlanmoqda (turli xil kafellar va burchatkalar). Bunining uchun PET chiqindilari yig`lib yaxshilab maydalanadi va tozalanadi. Keyingi bosqichda har xil plasmassalar bilan aralashtirilib eritiladi va qoliblarga asta sekin quyildi. Bunaqa dekorativ qurilish materillar ancha mustahkam deb takidlanmoqda foydalanuvchilar tomonidan. Bu PET chiqindilaridan samarali va oddiy foydalanish usullaridan biri hisoblanadi [10].

Asosan PET etilenglikol va tereftal kislotadan sintez qilinadi. Shuning uchun kimyoviy usullar bilan qayta ishlanganda etilen glikoldan ko`ra ko`proq tereftal kislotani ajratib olishga etibor qaratiladi. Tereftal kislotadan kimyo sanoati uchun muhum bo`lgan ko`plab polimerlar olishda , turli xil organik erituvchilar olishda (masalan: benzol, dixlorbenzol) homashyo sifatida keng foydalanilmoqda [11].

Tereftal kislota asosida tereftaldiamid olishning turli xil usullari mavjud . Bularga tereftal kislotaning mis bilan hosil qilgan kompleksini aminlash, PET chiqindilarini monoetanolamin bilan desturuksiyaga uchratish va hosil bo`lgan birikmadan qayta ishlash orqali ajrarib olishga o`xshash boshqa usullar. Ammo bularning hammasida turlicha muammolar yetarlicha, misol uchun hosil bo`ladigan maxsulotning tozalik darajasi, ko`p bosqichli reaksiyalar va reaksiya unumdorliging yetarli emasligi. Mana shu kamchiliklarga yechim qilinishi kerak sanoatda darajasiga olib chiqish uchun.

Bu va boshqa usullarning mavjud kamchiliklari o‘rganib chiqilib tozalash qiyin bo‘lgan qo‘shimcha maxsulotlarning hosil bo‘lishi cheklangan, reaksiya vaqti qisqaroq va reaksiya unimi yuqori bo‘lgan kimyoviy usul ishlab chiqildi.

Tadqiqot obyekti. Ishqor eritmasi, Maydalangan polietelentreftalat (PET) bo`laklari, karbamid, glitserin, etilen glikol , sulfat va xlorid kislotalar.

Tadqiqotning maqsadi va vazifasi. Chiqindi polietelentreftalat (PET) idishlari va buyimlarni kimyoviy ishlov berish. Yuqori sifatli tereftal kislota

ISSN 3030-3907

sintez qilish va aminlash katalitik usulda. antioksidantlar olishda, pigmentlar va boshqa sohalarda xomashyo sifatida ishlatiladigan tereftaldiamidni sintez qilish olingan tereftal kislotadan va jarayonning aptimal variantini aniqlash.

2.TAJRIBAVIY QISM.

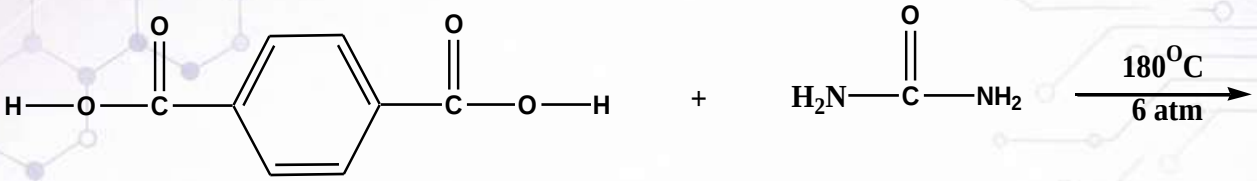
2.1 Reaktivlar va asboblar. Ushbu tadqiqot ushun chiqindi PET idish va buyumlaring maydalangan bo`laklari, natriy gidroksid eritmasi, etilen glikol, karbamid, giletserin, hajmi 5 L bo`lgan oddiy zanglamaydigan po‘latdan yasalgan yuqori bosimga mo`ljallangan HNZXIB markali reaktor avtoklav, kimyoviy bog`lar bilan defarmatsiyon va valent o`zgarshlarni aniqlash uchun Uv Raman Spectrometer va TGA-50/TG seriyali termogravimetrik analizatori, SHIMADZU IQ-spektrofotometri, NMR Spectrometer .

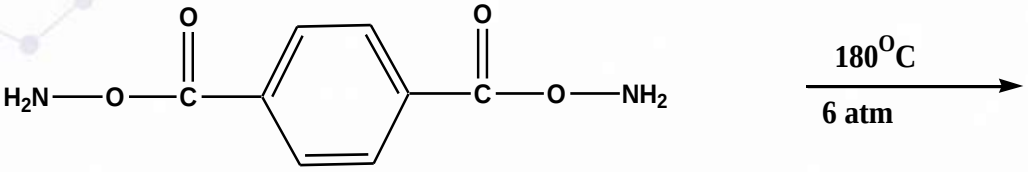
2.2 Tereftal kislota sintezi. NaOH eritmasi bilan PET ning uzun bog‘larini destruksiyaga uchratamiz. Reaksiya uchun 500 ml li stakan issiqlikka chidamli, PET maydalangan bo`laklari 60 g , suv 180 g va NaOH 120 g kerak bo‘ladi. Dastlab NaOH suv bilan eritma tayyorlab stakanga solinadi va PET bo`laklari qo‘shilib qizdiriladi. 120-150^{o}C haroratda qizdirirish olib boriladi. Reaksiya 3 soat davomida olib boriladi va to‘xtatiladi [12]. Reaksiya so‘ngida PET bo`laklari parchalanadi va oq yelim simon eritma hosil bo`ladi. Keyingi jarayonda 2-3l lik idishga solinib va etilen glikol va tereftal kislotaning natriliy tuzi 1-1.5 L suv bilan eritib olinadi, so`ng rangsiz eritma hasil bo`ladi. Bu aralashmadan toza tereftal kislotani olish uchun sulfat yoki xlorid kislota neytral muhut hosil bo‘lguncha qo‘shiladi. Kislota qo`shgandan ko`piklanib reaksiya boradi va oq kolloid eritma hosil bo`ladi. Tereftal kislotani toza holatda ajratib olish uchun yaxshilab filtrdan o`tqaziladi va olingan tereftal kislota bir necha marta yuvilib filtrdan o`tqaziladi natriyli tuzlardan tozalash uchun. Jarayon oxirida olingan tereftal kislota quritib keying bosqichda foydalaniladi.

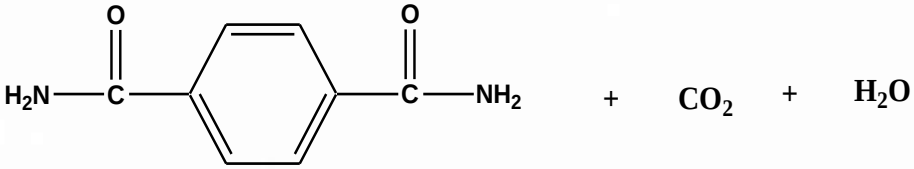
2.3 Tereftaldiamid sintezi. Tereftaldiamid sintez qilish uchun tereftal kislota va karbamid aralashmasi 5-6 atm bosimda 185.5℃ haroratda amalga oshirildi. Dastlab reaktor avtoklav kerak bo`ladi aminlash jarayoni uchun. Unga 50.1g karbamid va 72 g toza tereftal kislota qo‘shiladi. Reaktor avtoklavning hajmi 5 l dan oshmasligi kerak. Reaksiya 3 soat davomida olib boriladi. Bosim asosan 100℃ dan oshgandan keyin ortishni boshlaydi va 6 atm yetganda to‘xtatiladi qizdirish, bosim ko‘tarilishini to`xtatish uchun asta sekin gaz chiqarish nayini ochish bilan gaz chiqarildi va shu bosimda muvozanatda ushlab turiladi. 4 soatdan so‘ng ya’ni karbamid karbanat angidrid va ammiak gazika ajralib, hosil bo`lgan ammiakning asosiy qismi tereftal kislota bilan birikish reaksiyaga kirishgandan so‘ng bosim asta sekin pasayishni boshlaydi. Olingan mahsulot 90^{0}C suvda yuviladi va bu orqali reaksiyada hosil bo`lgan ortiqcha modda biuret

ISSN 3030-3907

va izosianidlardan tozalab olinadi. Filrtdan o`tqazilib, qurutiladi va 60-65% unum bilan Tereftaldiamid olinadi toza holda.







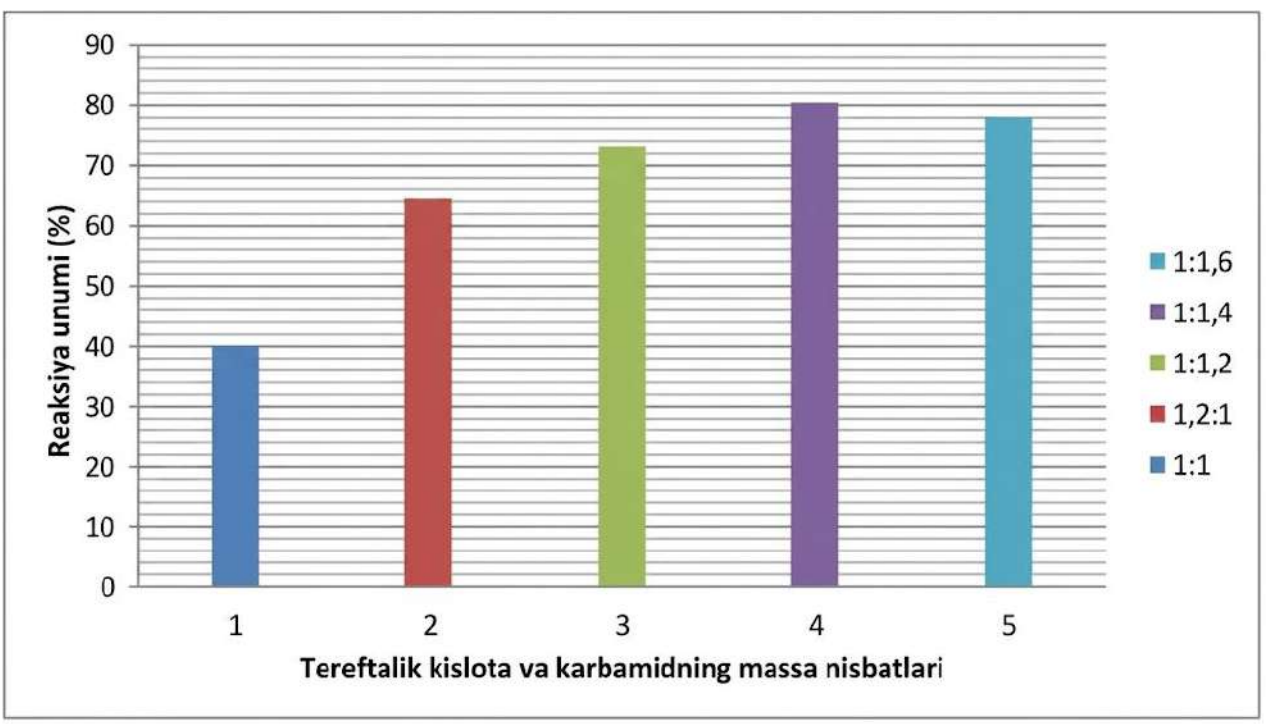
Agar jarayonda noorganik tuzlardan katalizator sifatida qo‘llaniladigan bo‘l unum 70-75% gacha yetadi.

NATIJALAR VA MUHAKAMA.

Tereftaldiamid olish reaksiya unimiga boshlang‘ich moddalar nisbatining tasiri

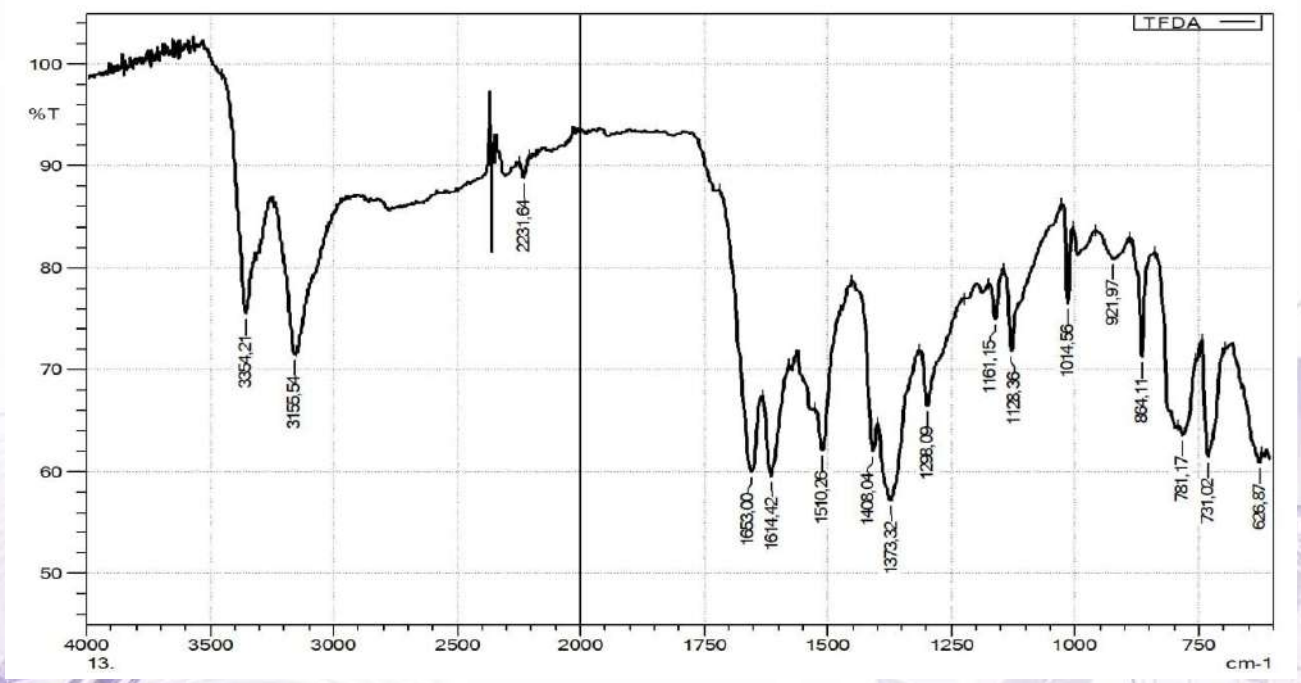
Reaksiya jarayonida unumni oshirish uchun daslabki moddalarning massa nisbatlariga etibor qaratish kerak. 1-rasmda karbamid va tereftal kislotaning turli xil massa nisbatlari diagrammada ko‘rsatilgan reaksiya unumi bilan birgalikda. Bu diagrammadan biz tereftal kislota va karbamidning unumi eng yuqori bo`lgan massa nisbati 1: 1.4 ekanligini ko`rishimiz mumkin bo‘ladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Tereftal kislota va karbamidning turli xil massa nisbatlarning reaksiya unimiga bog‘liqligi

IQ spektroskopiya. 2- rasmda Tereftaldiamidning spekrt analiz natijasida NH_2-guruhlarining simmetrik va assimmetrik valent tebranishlari 3353,2 sm^{-1} va 3155,5 sm^{-1} sohalarda dublet holatda ko‘rinadi. Aynan shu guruhning deformatsion tebranishlari asosan 1653 sm^{-1} va 1614,4 sm^{-1} sohasida paydo bo‘lgan. 1408 sm^{-1} - 1373 sm^{-1} bu sohadagi piklar aromatik halqadagi C-H funksianal guruhni ko`rsatadi.

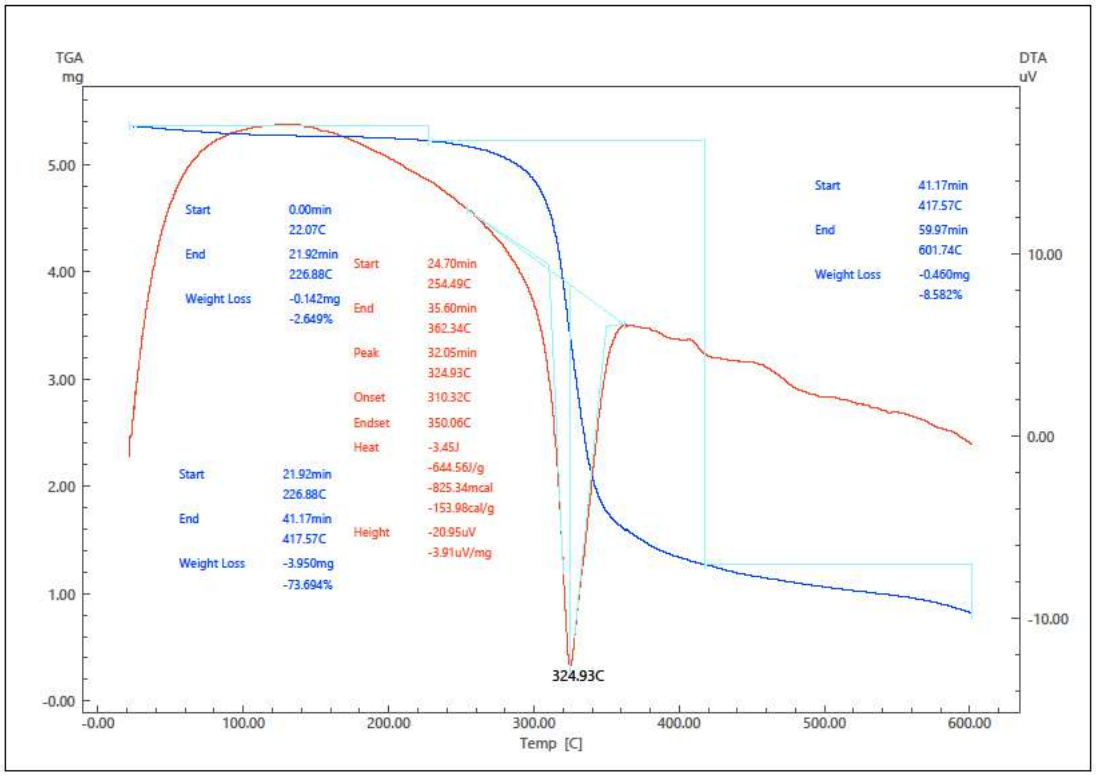


2-rasm. Sintez qilingan tereftaldiamid IQ-spektri

ISSN 3030-3907

2.5. Differentsial-termal va termogravimetrik tahlil. Sintez qilingan Tereftaldiamid DTA tahlilida bitta endotermik pik kuzatilgan 324,9 ℃ da. Bu holatda uglerodlar orasidagi kovalent bog‘larning uzilishi natijasida sodir bo‘lgan. Ushbu issiqlik yutulishi jarayoni uchun energiya miqdori -825.34 mcal (- 644.56 j/g) ni tashkil qilgan. Jarayonda ekzotermik holatlar kuzatilmagan.

Termogravimetrik analizda massa kamayishi 3 bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda 26°C – 226 °C tempuratura oralig‘ida, umumiy massa 2,65 % ga kamayganligini ko‘rishimiz mumkin.Bunga asosiy sabab amin guruhlarining parchalanishi bo‘ladi. Ikkinchi bosqichda 226°C -417,5°C oralig‘ida sodir bo‘ladi, umumiy massaning 73,7%ga kamaygan, bu eng katta massa kamayishi ekanligini ko‘rishimiz mumkin.Bunday katta yo‘qotish namuna tarkibidagi benzyl halqasining parchalanishi sabab bo‘lgan. So‘ngi bosqichda 417,5°C - 601,7°C oralig‘ida umumiy mssaning 8,6% yo`qatilgan. Ya’ni qolgan qoldiqlarni parchalanishi hisobiga (3-rasim).

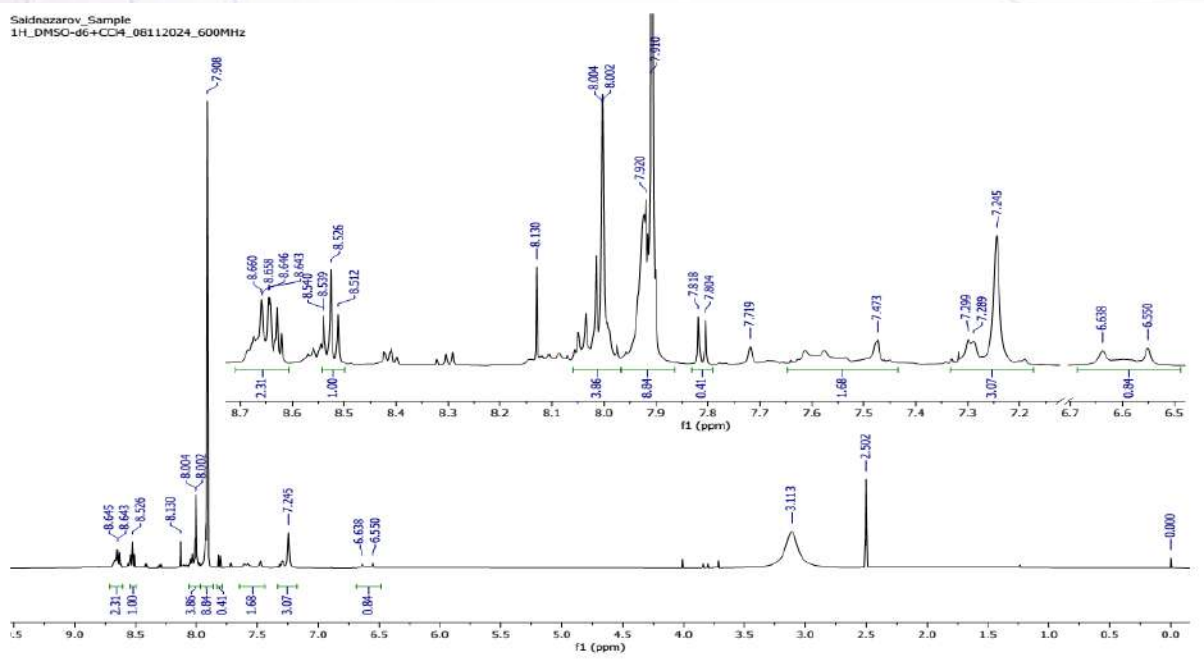


3-rasm. Sintez qilingan tereftaldiamid namunaning TGA va DTA analiz natijasi

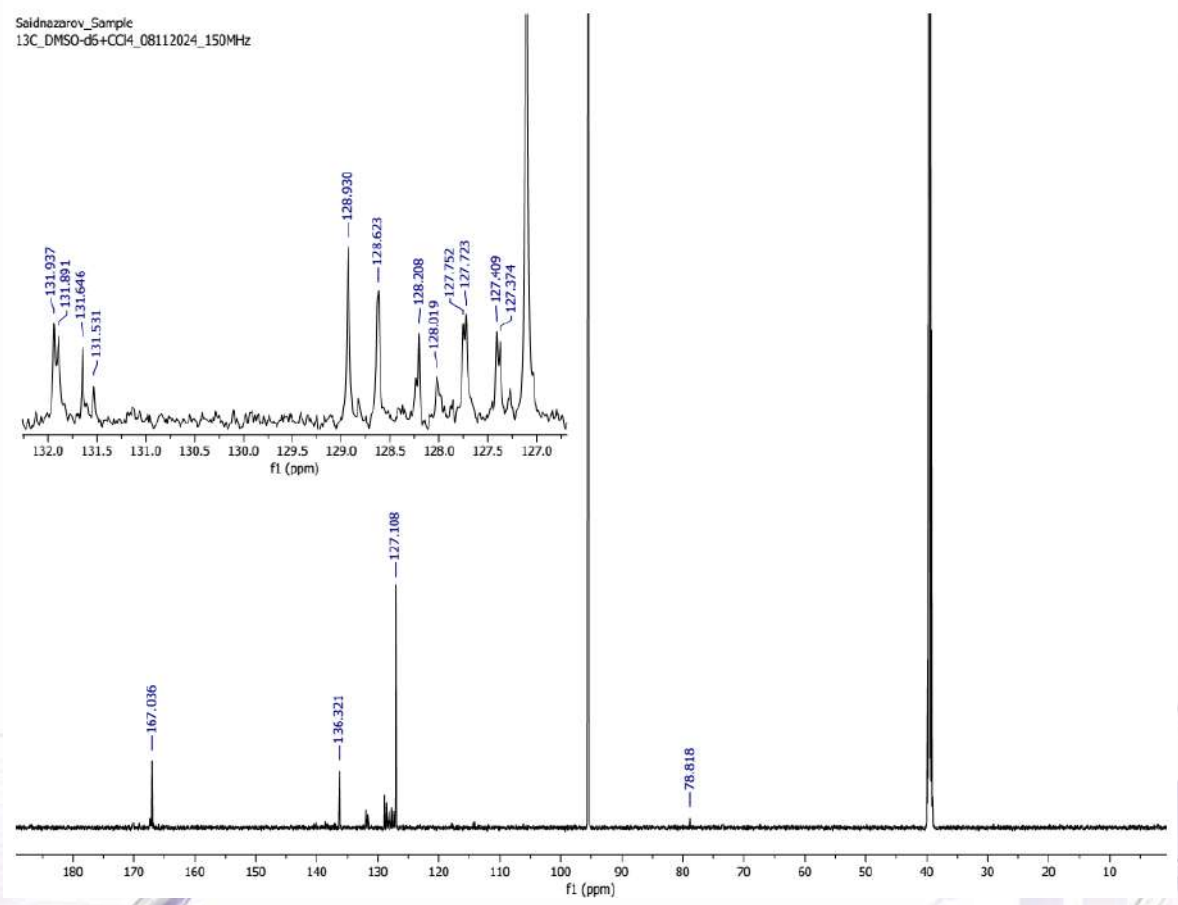
2.6. YaMR analizi. Olingan tereftaldiamidning ^{1}H YaMR analiz natijasi 4-rasmda keltirilgan. Bunda δ 7,92 ppm aromatik halqaga to‘g‘ri keladigan protonlar borligini ko‘rsatadi. NH_2 protonlari ehtimoli δ 6.55 va 8.5525 ppm signallari paydo bo‘lishiga hissa qo‘shgan. Tereftaldiamidning ^{13}C YaMR spektrlari 5-rasmda aromatik halqa uglerodlariga mos keladigan δ 128,9 ppm va

ISSN 3030-3907

127 ppm cho‘qqilarida ko‘rinadi. δ 167.03 ppm cho`qqisi esa tereftalamiddagi-$CONH_2$ funksional guruh bo‘lgan amid karbonil bilan to‘g‘ri keladi.



4-rasm Olingan tereftaldiamidning ^{1}H YaMR analiz natijasi



11-rasm. Olingan tereftaldiamidning ^{13}C YaMR analiz natijasi

Xulosa

ISSN 3030-3907

Olib borilgan tadqiqotlarimiz natijasida ikkilamchi PET chiqindilar asosida tereftaldiamid olindi va reaksiya unumini ko‘tarish uchun reaksiyag tasir qiluvchi omillar boshlang`ich moddalar massa nisbatlari o`rganilib chiqildi.

Sintez qilingan tereftaldiamidning IQ spektrlari, TG va DTA analiz natijalarini tahlil qilish orqali karbanil, aromatik halqa va amin guruhlari borligi isbotlandi. Shu bilan birga YaMR natijalari tahlil qilinganda olingan maxsulot tereftaldiamidga tegishli funksianal guruhlar mavjudligini isbotladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jia Z. et al. Chemical recycling of PET to value-added products //RSC Sustainability. – 2023. – T. 1. – №. 9. – C. 2135-2147. https://doi.org/10.1039/d3su00311f
2. Paszun D., Spychaj T. Chemical recycling of poly (ethylene terephthalate) //Industrial & engineering chemistry research. – 1997. – T. 36. – №. 4. – C. 1373-1383. https://doi.org/10.1021/ie960563c
3. Karayannidis G. P. et al. Chemical recycling of PET by glycolysis: polymerization and characterization of the dimethacrylated glycolysate //Macromolecular Materials and Engineering. – 2006. – T. 291. – №. 11. – C. 1338-1347. https://doi.org/10.1002/mame.200600243
4. Pang J. et al. Synthesis of ethylene glycol and terephthalic acid from biomass for producing PET //Green Chemistry. – 2016. – T. 18. – №. 2. – C. 342-359. https://doi.org/10.1039/C5GC01771H
5. Lee H. L., Chiu C. W., Lee T. Engineering terephthalic acid product from recycling of PET bottles waste for downstream operations //Chemical Engineering Journal Advances. – 2021. – T. 5. – C. 100079. https://doi.org/10.1016/j.ceja.2020.100079
6. Volanti M. et al. Terephthalic acid from renewable sources: early-stage sustainability analysis of a bio-PET precursor //Green Chemistry. – 2019. – T. 21. – №. 4. – C. 885-896. https://doi.org/10.1039/C8GC03666G
7. Cosimbescu L. et al. Simple but tricky: investigations of terephthalic acid purity obtained from mixed PET waste //Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2021. – T. 60. – №. 35. – C. 12792-12797. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.1c02604.
8. Shojaei B., Abtahi M., Najafi M. Chemical recycling of PET: A stepping-stone toward sustainability //Polymers for Advanced Technologies. – 2020. – T. 31. – №. 12. – C. 2912-2938. https://doi.org/10.1002/pat.5023
9. Allen R. D., James M. I. Chemical recycling of PET //Circular Economy of Polymers: Topics in Recycling Technologies. – American Chemical Society, 2021. – C. 61-80. https://doi.org/10.1021/bk-2021-1391.ch004.5023

ISSN 3030-3907

10. Kang M. J. et al. Depolymerization of PET into terephthalic acid in neutral media catalyzed by the ZSM-5 acidic catalyst //Chemical Engineering Journal. – 2020. – T. 398. – C. 125655. https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125655
11. Karayannidis G. P., Chatziavgoustis A. P., Achilias D. S. Poly (ethylene terephthalate) recycling and recovery of pure terephthalic acid by alkaline hydrolysis //Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute. – 2002. – T. 21. – №. 4. – C. 250-259. https://doi.org/10.1002/adv.10029
12. Mousavi Khaneghah A. et al. HPLC study of migration of terephthalic acid and isophthalic acid from PET bottles into edible oils //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – T. 94. – №. 11. – C. 2205-2209. https://doi.org/10.1002/jsfa.6540
13. B.Raxmonov, B.Boynazarov, M.Uzbekov, M.Qosimova. SHAMOL TURBINALARINI TAHLIL QILISHDA QO‘LLANILADIGAN ZAMONAVIY DASTURLAR TAHLILI
14. Б. Рахмонов, Б. Бойназаров, М. Узбеков, М. Касимова. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВЕТРОТУРБИНА
15. B. Rakhmonov, B. Boynazarov, M. Uzbekov, M. Qosimova.

SHAMOL TURBINALARINI TAHLIL QILISHDA QO‘LLANILADIGAN ZAMONAVIY DASTURLAR TAHLILI

B.Raxmonov
Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: boburraxmonov1234@gmail.com
B.Boynazarov
Farg‘ona davlat texnika universiteti
M.Uzbekov
Farg‘ona davlat texnika universiteti
M.Qosimova
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada shamol turbinalarini tahlil qilishda qo‘llaniladigan zamonaviy dasturiy vositalar va ularning imkoniyatlari o‘rganilgan. Jumladan, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics hamda WindPRO dasturlarining shamol turbinalarini modellashtirish va optimallashtirishdagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqotda CFD (Computational Fluid Dynamics) usullari asosida aerodinamik jarayonlarni modellashtirish, turbulensiya modellari, oqim strukturalari, bosim taqsimoti hamda quvvat koeffitsientlarini aniqlash masalalari yoritilgan. Shuningdek, vertikal va gorizontal o‘qli shamol turbinalarining aerodinamik samaradorligini oshirishda sonli modellashtirishning roli ko‘rsatib berilgan. Olingan natijalar zamonaviy dasturiy komplekslardan foydalanish shamol energetikasi tizimlarini loyihalash, optimallashtirish va iqtisodiy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Shamol turbinalari, CFD modellashtirish, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics, WindPRO, aerodinamika, turbulensiya modeli, vertikal o‘qli shamol turbinalari, gorizontal o‘qli shamol turbinalari, quvvat koeffitsienti, sonli modellashtirish, qayta tiklanuvchi energiya.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные программные средства, используемые для анализа ветротурбин и их возможностей. В частности, анализируется важность программ ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics и WindPRO для моделирования и оптимизации ветротурбин. Исследование охватывает вопросы моделирования аэродинамических процессов, определения моделей турбулентности, структур потока, распределения давления и коэффициентов мощности на основе методов вычислительной гидродинамики (CFD). Также показана роль численного моделирования в повышении аэродинамической эффективности ветротурбин с вертикальной

ISSN 3030-3907

и горизонтальной осью вращения. Полученные результаты подтверждают важность использования современных программных комплексов при проектировании, оптимизации и экономической эффективности ветроэнергетических систем.

Ключевые слова: Шамол турбины, модели CFD, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysical, WindPRO, аэродинамика, модели турбулентности, вертикальные турбинные турбины, горизонтальные турбинные турбины, какие коэффициенты, только модельные турбины, гайта тикланувчи энергия.

Abstract. This article studies modern software tools used in the analysis of wind turbines and their capabilities. In particular, the importance of ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics and WindPRO programs in modeling and optimizing wind turbines is analyzed. The study covers the issues of modeling aerodynamic processes, determining turbulence models, flow structures, pressure distribution and power coefficients based on CFD (Computational Fluid Dynamics) methods. It also shows the role of numerical modeling in improving the aerodynamic efficiency of vertical and horizontal axis wind turbines. The results obtained confirm the importance of using modern software complexes in the design, optimization and economic efficiency of wind energy systems.

Keywords: Wind turbines, CFD modeling, ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics, WindPRO, aerodynamics, turbulence model, vertical axis wind turbines, horizontal axis wind turbines, power factor, numerical modeling, renewable energy.

KIRISH.

Shamol energetikasi zamonaviy energetikaning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Shamol turbinalarining samaradorligini oshirish maqsadida zamonaviy modellashtirish va CFD dasturlari keng qo‘llanilmoqda.

Dunyo miqyosida shamol turbinalarini tahlil qilishda ANSYS Fluent, QBlade, MATLAB/Simulink, OpenFOAM, COMSOL Multiphysics, WindPRO kabi zamonaviy dasturlaridan keng foydalanib kelinmoqda.

Zamonaviy shamol energetikasida shamol turbinalarining samaradorligini oshirish, aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish va konstruktsion mustahkamligini optimallashtirish uchun sonli modellashtirish texnologiyalari keng qo‘llaniladi. Ushbu texnologiyalar orasida ANSYS Fluent dasturi eng kuchli va universal CFD (Computational Fluid Dynamics) dasturlaridan biri hisoblanadi. Dastur yordamida shamol turbinalarida sodir bo‘ladigan aerodinamik, issiqlik, turbulent va ko‘p fazali oqim jarayonlarini yuqori aniqlikda modellashtirish mumkin.

ISSN 3030-3907

ANSYS Fluent shamol oqimining rotor bilan o‘zaro ta’siri, bosim taqsimoti, turbinadan keyingi oqimlari, girdoblar hosil bo‘lishi, turbulensiya va energiya yo‘qotishlarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, vertikal o‘qli shamol turbinalari (VO‘SHT) uchun ANSYS Fluent murakkab oqim strukturasi sababli juda muhim hisoblanadi.

ANSYS Fluent dasturida 2D va 3D CFD modellashtirish, turbulent oqimlarni hisoblash, rotor harakatini modellashtirish, bosim va tezlik maydonlarini aniqlash, ko‘p fazali oqimlar, issiqlik almashinuvi, aeroelastik tahlil, dinamik mesh, LES va DNS modellashtirish, moving reference frame (MRF), sliding mesh texnologiyasi. Dasturda shamol turbinalarida aerodinamik, turbulensiya, bosim taqsimoti, mexanik mom, turbine ortidagi oqimlar, vibratsiya va energiya konversiyasi kabi fizik jarayonlar bir vaqtning o‘zida tahlil qilish mumkun.

ANSYS Fluent CFD hisoblashlarida Navye-Stoks tenglamalariga asoslanadi.

Massaning saqlanish qonuni

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{V}) = 0$$

Bu yerda:

ρ — zichlik;

$\vec{V}$ — tezlik vektori.

Navye-Stoks tenglamasi:

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{V} + \rho \vec{g}$$

Bu tenglama:

Bosim, yopishqoqlik, inertsiya, gravitatsiya ta’sirlarini hisoblaydi.

Energiya tenglamasi

$$\rho C_p \frac{DT}{Dt} = k\nabla^2 T + \Phi$$

Bu yerda:

T — temperatura;

C_p — issiqlik sig‘imi;

k — issiqlik o‘tkazuvchanlik;

Φ — dissipation energiyasi.

Shamol turbinalarida oqim deyarli har doim turbulent bo‘ladi. Shu sababli ANSYS Fluentda maxsus turbulensiya modellari qo‘llaniladi.

k–ε modeli

Bu eng keng tarqalgan turbulensiya modeli hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

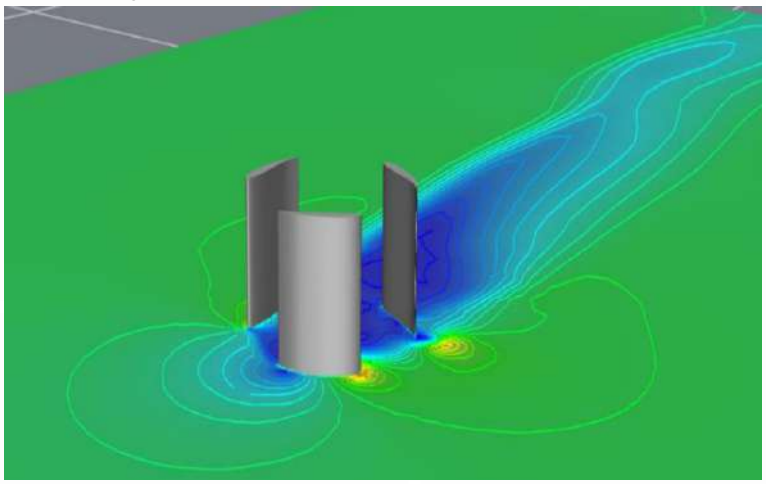
Model ikkita qo‘shimcha tenglamadan iborat:
turbulent kinetik energiya k;
dissipatsiya tezligi ε.
Turbulent kinetik energiya formulasi

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho k\vec{V}) = \nabla\left[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k})\nabla k\right] + G_k - \rho\varepsilon$$

Dissipatsiya tezligi tenglamasi

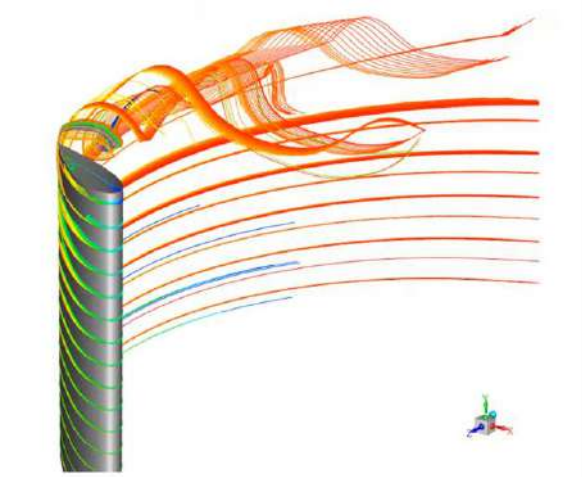
$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho\varepsilon\vec{V}) = \nabla\left[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon})\nabla\varepsilon\right] + C_1\frac{\varepsilon}{k}G_k - C_2\rho\frac{\varepsilon^2}{k}$$

Yuqoridagi formulalar yordamida berilgan geometriya atrofida suniy shamol hosil qilinib (boshlang‘ich va chegaraviy shartlar asosida) geometrik jihatdan murrakkab va yajriba konstruksiyasini ishlab chiqish orqali tahlil qilish imkoni iqtisodiy jihatdan qimmaq va ko‘p vaqt talab etuvchi konstruksiyalarni tahlil qilish imkonini beradi. Formulada ***k*** oqim ichidagi turbulent girdoblarning energiyasini ifodalaydi, ya’ni turbulensiyaning “kuchi” yoki hosil bo‘lgan turbulent kinetik energiya va ***ε*** shu turbulent energiyaning parchalanish yoki so‘nish tezligini ifodalaydi.

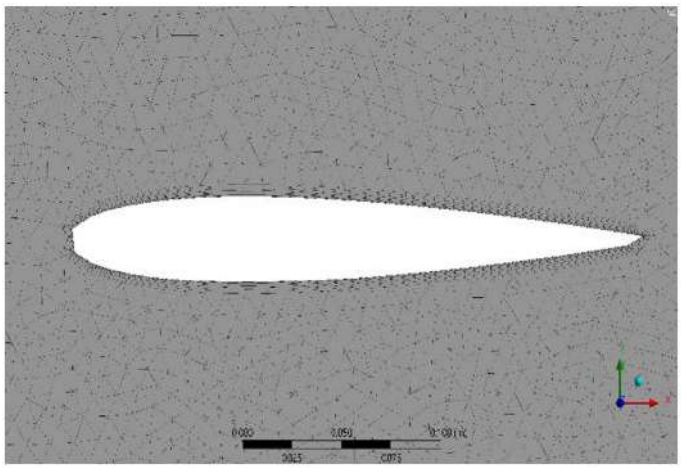


2.1-rasm. ANSYS Fluent dasturida vertikal o‘qli shamol turbinasining CFD tahlili natijasini ko‘rsatilgan. Rasmda Savonius tipidagi vertikal rotor atrofidagi shamol oqimining tezlik konturi va turbindan keying shamol oqim strukturasi tasvirlangan.

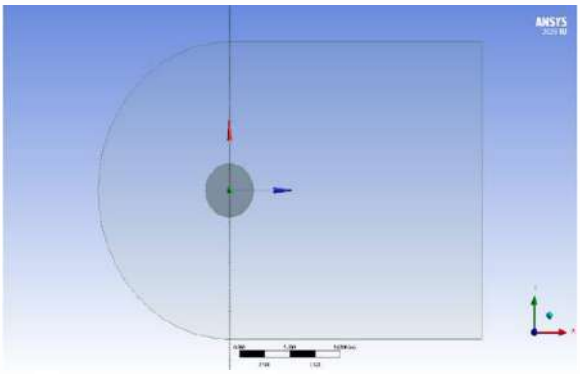
ISSN 3030-3907



2.2-rasm. ANSYS Fluent dasturida vertikal o‘qli shamol turbinasining CFD tahlili asosida hosil qilingan streamline oqim chiziqlari orqali shamol oqimining rotor atrofida qanday harakatlanishi ko‘rsatilgan.



2.3-rasm. NACA0018 profili ANSYS dasturida tahlil qilingan [XXXX].

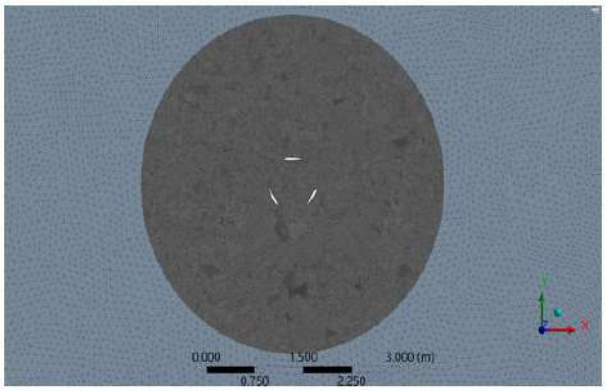


2.4-rasm. Hisoblash geometriyasi [XXXX].

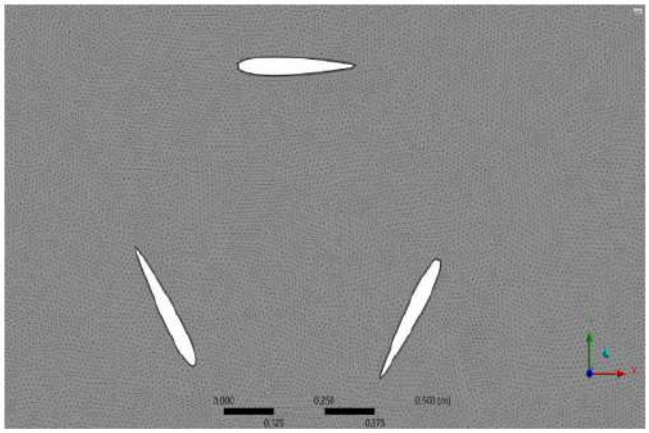
ISSN 3030-3907



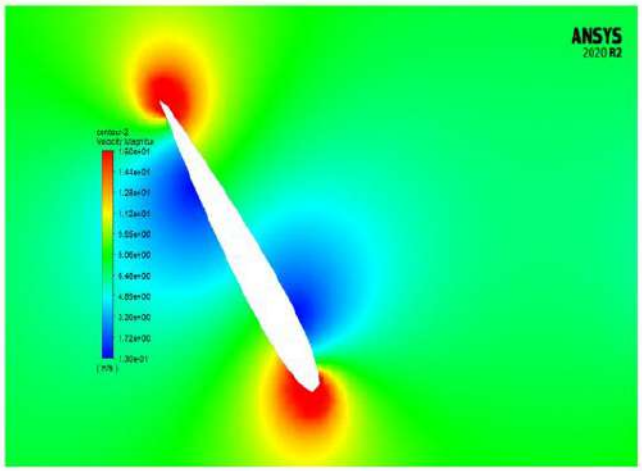
2.5-rasm. Meshlashdan keyingi hisoblash sohasi [XXXX].



2.6-rasm. Aylanish zonasining mesh ko‘rinishi [XXXX].

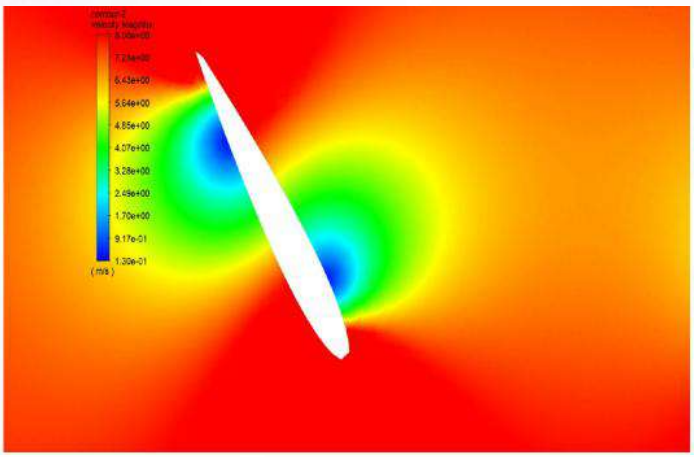


2.7-rasm. Mesh ko‘rinishidan keyin profil ko‘rinishi [XXXX].

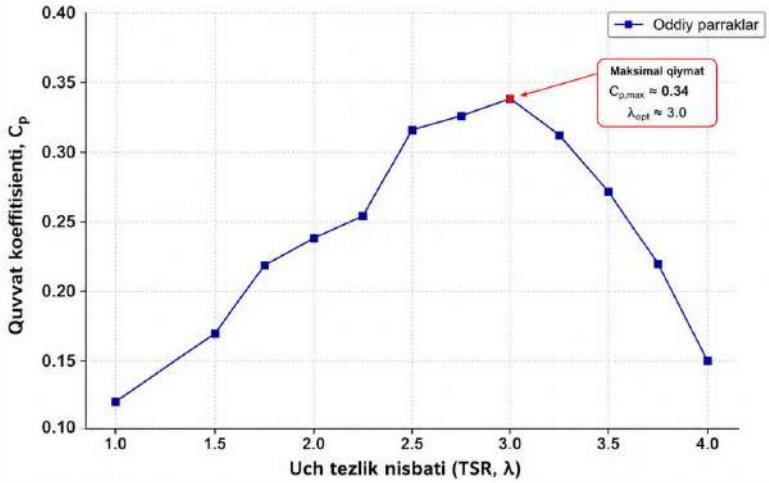


2.8-rasm. 13 graduslik hujum burchagining tezlik konturlari [XXXX].

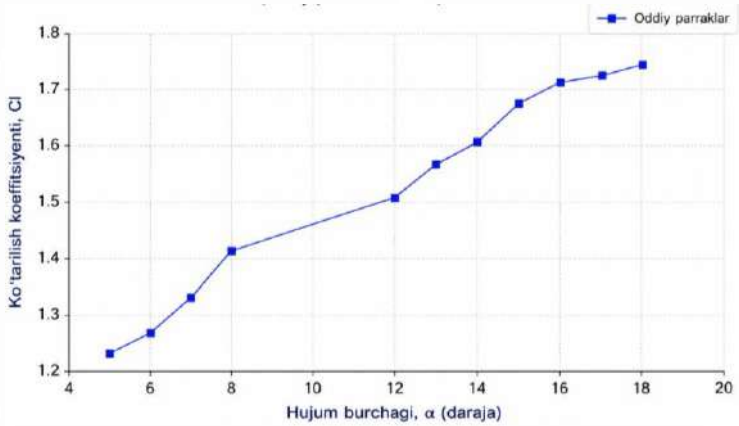
ISSN 3030-3907



2.9-rasm. 14 graduslik hujum burchagining tezlik konturlari [XXXX].



2.10-rasm. Quvvat koeffitsienti (Cp) va uchi tezligi nisbati [XXXX].



2.11-rasm. Quvvat koeffitsienti (Cp) va uchi tezligi nisbati [XXXXX].

S. Shukla, C.J. Ramanan, B. Jyoti Bora va boshqalar tomonidan olib borgan tadqiqotda Darrieus tipidagi vertikal o‘qli shamol turbinasida hujum burchagi (angle of attack) o‘zgarishining aerodinamik samaradorlikka ta’sirini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida rotor uch tezligi va kiruvchi shamol tezligi doimiy saqlangan holda NACA0018 aeroprofillari SST k–ε turbulensiya modeli yordamida CFD usulida tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, maksimal ko‘tarilish koeffitsienti va optimal quvvat koeffitsienti hujum burchagi 15° bo‘lganda kuzatildi. Ushbu

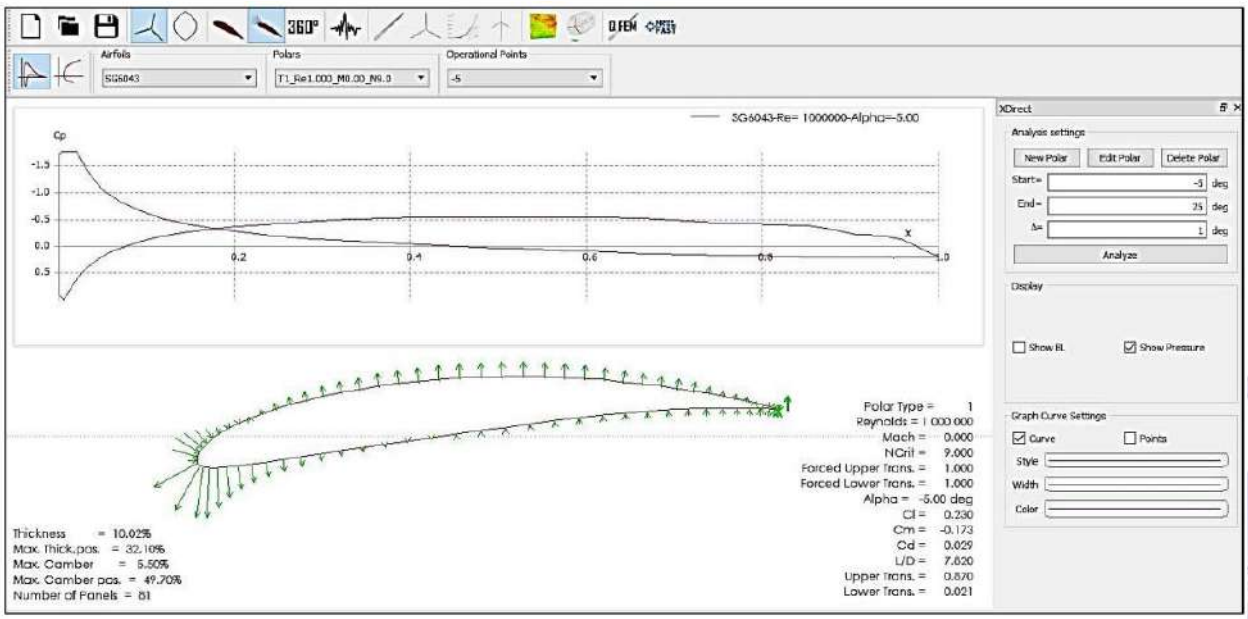
ISSN 3030-3907

holatda oqim parrak yuzasi bo‘ylab silliq taqsimlanib, quvvat koeffitsienti 0.354 va ko‘tarilish koeffitsienti 1,689 ga teng bo‘ldi. Hujum burchagi 15° dan oshganda stall effekti yuzaga kelishi sababli turbina samaradorligi pasayadi. Olingan natijalar Darrieus shamol turbinasining aerodinamik optimallashtirilishi va iqtisodiy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega [XXXX].

Bundan tashqari ANSYS Fluent dasturida k–ω, Reynolds Stress Model (RSM), LES (Large Eddy Simulation), DES modeli, DNS modeli, Dynamic Mesh, Mixture va bosha modellar mavjud.

Modellar ichida shamol turbinasini tahlil qilishda k–ε modeli keng qo‘llanilsada aniqlik darajasi bo‘yicha DNS yuqori hisoblanadi.

Shamol turbinalarini tahlil qilishda QBlade dasturi ham keng qo‘llanilib kelinmoqda. QBlade dasturi shamol turbinalari uchun maxsus ishlab chiqilgan dastur hisoblanadi. Bu dastur yordamida U vertikal o‘qli shamol turbinalari va gorizontal o‘qli shamol turbinalari tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Shu bilan birga MATLAB/Simulink dasturi yordamida shamol turbinalarining matematik modellarini yaratishda ishlatiladi. Ayniqsa generator boshqaruvi va MPPT algoritmlari uchun samarali hisoblanadi. Bundan tashqari OpenFOAM ochiq kodli CFD platforma bo‘lib, LES va DNS modellashtirish imkonini beradi. Katta hisoblash tizimlari bilan ishlaydi. COMSOL Multiphysics dasturi aerodinamika, issiqlik almashinuvi va elektromagnit maydonlarni birgalikda modellashtiradi. WindPRO shamol elektr stansiyalarini loyihalash, shamol xaritalari va iqtisodiy analizlar uchun ishlatiladi.



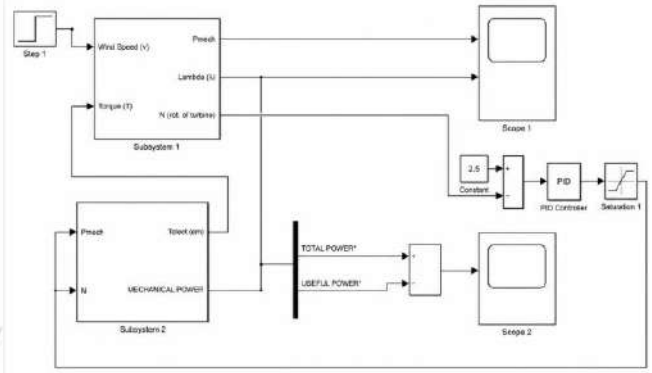
2.12-rasm. Shamol turbina parraklarini ishchi sharoitlarda modellashtirish uchun QBlade dasturidan foydalanilgan [yyyy].

2.12-rasmda QBlade dasturi yordamida SG6043 aeroprofilining aerodinamik tahlili natijalari tasvirlangan. Ushbu tahlil shamol turbina

ISSN 3030-3907

parraklarining aerodinamik samaradorligini baholash va optimal ishlash parametrlarini aniqlash maqsadida amalga oshirilgan. Rasmda aeroprofil atrofidagi oqim taqsimoti, bosim o‘zgarishi hamda oqim yo‘nalishlari ko‘rsatilgan. Oqimning profil yuzasi bo‘ylab turlicha taqsimlanishi natijasida bosim farqi hosil bo‘lib, bu ko‘tarilish kuchining yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Tahlil davomida Reynolds soni, hujum burchagi va boshqa aerodinamik parametrlar asosida ko‘tarilish koeffitsienti (Cl), qarshilik koeffitsienti (Cd) hamda lift va drag nisbatlari aniqlangan. Shuningdek, aeroprofilning geometrik parametrlari ham baholangan. Olingan natijalar shamol turbina parraklarining optimal shaklini tanlash, aerodinamik samaradorlikni oshirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Mustafa Alaskari va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotda QBlade dasturi yordamida Blade Element Momentum (BEM) nazariyasiga asoslanib, past shamol tezliklarida ishlovchi gorizontal o‘qli shamol turbinasining rotor parragini loyihalash va optimallashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda parrakning burilish burchagi (twist angle) va korda uzunligini optimallashtirish natijalari asosida uzunligi 1.17 m bo‘lgan parrakning 10 ta turli kesimi qo‘llanilgan. Hisoblash uchun SG6043 aeroprofil shakli tanlangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, maksimal ko‘tarilish va qarshilik koeffitsientlari nisbati (CL/CD) hujum burchagi (α) 2° ga teng bo‘lganda hosil bo‘lishi aniqlangan. Shuningdek, rotorning optimal ishlash holati uch tezlik nisbati (Tip Speed Ratio — TSR) 8 ga teng bo‘lganda kuzatilgan. Umuman olganda, QBlade dasturi yordamida olingan natijalar yuqori aniqlikka ega ekanligi hamda dastur interfeysi foydalanuvchilar uchun qulay ekanligi aniqlangan. Shu sababli QBlade dasturi shamol turbinalarining parraklari va rotorlarini loyihalash hamda optimallashtirish uchun eng muhim dasturlardan biri sifatida qaralishi mumkinligi bo‘yicha xulosalar berilgan [yyyy].



2.13-rasm. Shamol turbinasining kombinatsiyalangan simulyatsiya modeli [ZZZ].

Evgeny Gordievsky va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotda shamol tezligi kamayganda shamol turbinasining aylanish tezligini optimal darajada ushlab turish uchun boshqaruv tizimi rotor valiga tushadigan yuklamani

ISSN 3030-3907

oshirishi ko‘rsatib berilgan. Bunda generator o‘ramidagi tok ortishi natijasida elektr yo‘qotishlari ko‘payib, generator samaradorligi kamayadi. Tadqiqot shamol turbinasining samaradorligi asosan rotor geometriyasi hamda shamol tezligi va rotor aylanish tezligi nisbatiga bog‘liqligini tasdiqlaydi. Ishlab chiqilgan simulyatsiya modeli ikki asosiy qismdan tashkil topgan: birinchi qism shamol energiyasining mexanik aylanish momentiga aylanish jarayonini, ikkinchi qism esa elektromexanik energiya konvertorini modellashtiradi. Tizim monitoring, parametrlarni o‘zgartirish va tahlil qilish bloklarini ham o‘z ichiga oladi. Ushbu model har qanday vertikal o‘qli shamol turbinasini modellashtirishda hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan mobil gibrid energetik tizimlarni yaratishda qo‘llanishi mumkin [ZZZZ].

Yuqoridagi dasturlarda olib borilgan tadqiqotlar OpenFOAM, COMSOL Multiphysics va WindPRO dasturlaridan ham foydalanib shamo turbinalarini tahlillar qilish mumkun bo‘ladi. Bunday dasturlardan foydalanish shamol energetikasini rivojlanishiga sezilarli darajada ijobiy o‘zgarishlar kiritish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. S. Shukla, C.J. Ramanan, B. Jyoti Bora et al. Numerical analysis of vertical axis wind turbine blades in ANSYS Fluent.
2. Mustafa Alaskari et al. Analysis of Wind Turbine Using QBlade Software. 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 518 032020
3. Evgeny Gordievsky, Alexey Miroshnichenko, Evgeny Solomin. Wind Turbine Matlab Simulation Model. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).
4. T.Sh.Gayibov, H.F.Shamsutdinov, B.M.Pulatov. “Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash”. O‘quv qo‘llanma, Toshkent-2015 y.
5. G. Boyle. *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press, 2017.
6. J.F. Manwell, J.G. McGowan, A.L. Rogers. *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. Wiley, 2009.
7. T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi. *Wind Energy Handbook*. Wiley, 2011.
8. S. Mathew. *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Springer, 2006.
9. L. Fingersh, M. Hand, A. Laxson. *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model*. National Renewable Energy Laboratory, 2006.
10. R. Gasch, J. Twele. *Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation*. Springer, 2012.
11. T. Ackermann. *Wind Power in Power Systems*. Wiley, 2012.

ISSN 3030-3907

12. Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E. Wind Energy Handbook. Wiley, 2011.
13. Ackermann, T. Wind Power in Power Systems. Wiley, 2012.
14. Fingersh, L., Hand, M., Laxson, A. Wind Turbine Design Cost and Scaling Model. National Renewable Energy Laboratory, 2006.
15. Freris, L., Infield, D. Renewable Energy in Power Systems. Wiley, 2010.
16. Rahimov E.Yu., Avezova N.R., Jamoldinov F.Z., Evaluation of the gross wind energy potential of Uzbekistan. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 1, pp. 68-89.

ISSN 3030-3907

BOLALAR VA O‘SMIRLARDA ALLERGIK KASALLIKLAR: ETIOLOGIYA, PATOGENEZ,DIAGNOSTIKA VA DAVOLASHNING ZAMONAVIY TAMOYILLARI

Axmadjonova Gulhayo Rafiqjon qizi
Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti Tibbiy va biologik kimyo kafedrasi assistenti
E-mail:gulhayoaxmadjonova36@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada bolalar va o‘smirlar orasida keng tarqalgan allergik kasalliklar, ularning kelib chiqish sabablari, klinik belgilari, diagnostika va davolash usullari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: allergiya, bolalar, o‘smirlar, allergen, immun tizim, IgE, atopik kasalliklar, bronxial astma, allergik rinit, atopik dermatit, diagnostika, farmakoterapiya, profilaktika.

Annotation. This article analyzes the most common allergic diseases among children and adolescents, including their causes, clinical manifestations, diagnostic methods, and treatment approaches.

Keywords: allergy, children, adolescents, allergen, immune system, IgE, atopic diseases, bronchial asthma, allergic rhinitis, atopic dermatitis, diagnosis, pharmacotherapy, prevention.

Аннотация. В данной статье рассматриваются наиболее распространённые аллергические заболевания у детей и подростков, их причины возникновения, клинические проявления, методы диагностики и лечения.

Ключевые слова: аллергия, дети, подростки, аллерген, иммунная система, IgE, атопические заболевания, бронхиальная астма, аллергический ринит, атопический дерматит, диагностика, фармакотерапия, профилактик.

KIRISH.

So‘nggi yillarda allergik kasalliklar butun dunyoda, ayniqsa bolalar va o‘smirlar orasida sezilarli darajada oshib bormoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, bolalarning taxminan 20–30% allergik kasalliklardan aziyat chekadi. Allergiya - bu organizmning atrof-muhitning ma’lum omillariga yuqori sezuvchanligi bo‘lib, u antigenlarga javoban antitanalar ishlab chiqarilishi bilan namoyon bo‘ladi. Antigen-antitela komplekslari shakllanishi natijasida mediatorlar (gistamin, serotonin va boshqalar) ajralib chiqadi va bu organizmda patologik (anomaliyali) reaksiyalarni yuzaga keltiradi. Allergenlar allergik reaksiyalarni keltirib chiqaradigan moddalardir. Ular organizmga uchta asosiy yo‘l bilan tushishi mumkin: Og‘iz orqali (ovqat va ichimliklar orqali), Respirator (nafas yo‘llari orqali), Kontaktli (allergen bilan bevosita kontaktda).Eng keng tarqalgan allergenlarga qudagilarni misol qilishimiz mumkin: O‘simliklar changi, hayvonlar juni,mog‘or, dori vositalari,

ISSN 3030-3907

maishiy kimyo, ovqat, hasharotlarning chaqishi. Allergiyaning kelib chiqishiga olib keladigan omillar quyidagilardan iborat bo‘lishi mumkin. Irsiyat, ichki a’zolar kasalliklari (masalan, oshqozon, jigar, buyrak), yomon ekologiya, tez-tez uchraydigan yuqumli kasalliklar, ichakdagi parazitlar, sovuq va issiqlik kabi jismoniy omillar ham allergik reaksiyalarni keltirib chiqarishi mumkin. Bolalar va o‘smirlarda allergik kasalliklar rivojlanishi ko‘p omilli (multifaktorial) xarakterga ega bo‘lib, genetik, immunologik, ekologik va ijtimoiy omillarning o‘zaro ta’siri natijasida shakllanadi. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar allergiyaning kelib chiqishini yagona sabab bilan emas, balki bir nechta risk omillari kombinatsiyasi bilan izohlaydi.

Genetik (irsiy) omillar. Allergik kasalliklarning rivojlanishida irsiy moyillik yetakchi o‘rin tutadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, agar ota-onaning biri allergik kasallikka ega bo‘lsa, bolada allergiya rivojlanish xavfi sezilarli darajada oshadi, har ikkala ota-ona allergik bo‘lsa esa bu xavf yanada yuqori bo‘ladi. Genetik predispozitsiya organizmning immun javobini o‘zgartirib, IgE vositachiligidagi giperreaktivlikni kuchaytiradi. Bu esa atopik kasalliklar — bronxial astma, atopik dermatit va allergik rinit rivojlanishiga olib keladi.

Atrof-muhit (ekologik) omillari. Ekologik omillar allergik kasalliklarning shakllanishida muhim rol o‘ynaydi. Xususan, atmosfera havosining ifloslanishi, sanoat chiqindilari, tamaki tutuni (passiv chekish), uy changi va allergenlar, ushbu omillar nafas yo‘llarini zararlab, immun tizimning sezuvchanligini oshiradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, tashqi muhitdagi allergenlar va ifloslantiruvchi moddalar bolalarda allergiya rivojlanish xavfini sezilarli oshiradi. Bolalik davrida ayrim omillar allergiya rivojlanishiga kuchli ta’sir qiladi: Antibiotiklarni erta va ko‘p qo‘llash, kam jismoniy faollik, tashqarida kam vaqt o‘tkazish, uy sharoitida ortiqcha steril muhit katta miqyosdagi tadqiqotda antibiotiklardan foydalanish allergik kasalliklar xavfini bir necha barobar oshirishi aniqlangan. Bu holat ichak mikrobiotasining buzilishi bilan bog‘liq.

Infeksion va immunologik omillar. Tez-tez uchraydigan virusli va bakterial infeksiyalar immun tizimni o‘zgartirib, allergik reaksiyalarga moyillikni kuchaytiradi. Bundan tashqari ichak mikroflorasining buzilishi, parazitar kasalliklar, immun tizim disbalansi ham allergik kasalliklarning rivojlanishiga sabab bo‘ladi.

Prenatal va perinatal omillar. Homiladorlik va tug‘ruq bilan bog‘liq omillar ham muhim hisoblanadi. Ona organizmidagi allergik kasalliklar, homiladorlik davrida zararli omillar ta’siri, sun’iy urug‘lantirish yoki reproduktiv texnologiyalar. Ba’zi tadqiqotlar sun’iy urug‘lantirish orqali tug‘ilgan bolalarda allergik kasalliklar xavfi yuqoriroq ekanligini ko‘rsatgan.

ISSN 3030-3907

Allergik “marsh” (Atopic march) fenomeni. Bolalarda allergik kasalliklar ko‘pincha bosqichma-bosqich rivojlanadi: Atopik dermatit (erta yoshda), oziq-ovqat allergiyasi, allergik rinit, bronxial astma bu ketma-ketlik “allergik marsh” deb ataladi va u kasalliklarning umumiy patogenetik asosga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Allergiyani davolashni tanlash uchun allergenni aniqlaydigan diagnostika zarur. Ko‘pchilik hollarda simptomlarni bartaraf etish uchun qo‘zg‘atuvchi omil bilan aloqani to‘xtatish kifoya qiladi. Allergiyani tashxislashda allergenlar tirnalgan joylar yoki inyeksiyalar orqali yuboriladi. Reaksiya (qizarish va shish) yarim soatdan keyin boshlanishi mumkin. Sekinlashgan tipdagi reaksiyalar bo‘lishi mumkin. Birinchi turdagi allergiyalarni tashxislash uchun IgE darajasini aniqlaydi. Qon zardobi asosida bolalarda oziq-ovqat allergiyasi uchun ishlatiladi. Foll usuli: Elektropunktura nuqtalaridagi elektr tebranishlarini baholaydi. Qon tahlili aniqroq va xavfsizroq. Allergologiyaga ixtisoslashgan markazlar bunday tadqiqotlarni muvaffaqiyatli olib bormoqda. Allergiyani davolash uch bosqichni o‘z ichiga oladi: Allergenni aniqlashda reaksiyaga sabab bo‘luvchi moddani aniqlash.

Simptomlarni bostirish uchun "Suprastin," "Allergozan", "Parlazin," "Klaritin", "Zirtek," "Zodak" va boshqalar preparatlar qo‘llaniladi. Simptomlar sezilarli bo‘lsa, gormonlar, masalan, "Prednizolon," mahalliy qo‘llash uchun esa "Ekolon," "Sinaf" kabi gormonal kremlar va malhamlar buyuriladi.

Immunoterapiya: Immun tizimini ko‘niktirish va patologik reaksiyani kamaytirish uchun allergenning kichik dozalarini kiritish.

Anafilaktik shok allergiyaning eng xavfli shaklidir. U quyidagicha tavsiflanadi: To‘satdan qichishish, nafas olishning qiyinligi ,bosimning keskin pasayishi tufayli shok, bu esa tez yordam kelgunga qadar bo‘g‘ilishiga olib kelishi mumkin. Bosh miya va o‘pka ham shishi mumkin.

Oldini olish uchun allergiyaning oldini olish allergenlar bilan aloqani istisno qilish va reaksiya chaqiradigan mahsulotlarni rad etishni o‘z ichiga oladi. Uyni tez-tez namlab tozalash, shuningdek, gilam va to‘qimachilik buyumlarini yig‘ishtirish muhimdir. Agar allergiya o‘simliklarning gullashi bilan bog‘liq bo‘lsa, "xavfli" davrda ko‘chadagi vaqtni minimallashtirish, sayrdan keyin esa kiyimni almashtirish va dush qabul qilish kerak. Hayvonlarning juniga allergiyada ular bilan muloqot qilishdan qochish kerak. Parhez yuqori allergen mahsulotlarga quyidagilar kiradi: Ikra, baliq, pishloqlar, sut, sut mahsulotlari, tuxum, damlamalar, ziravorlar, souslar, ziravorlar, sitrus mevalar, konservalangan va marinadlangan mahsulotlar. Qizil va to‘q sariq mevalar va rezavorlar. Qizil qalampir, sabzi, lavlagi, qovoq, baqlajon, selderey, Gazlangan va mevali ichimliklar; kavsh qaytargichlar, no tabiiy yogurtlar, tabiiy asal, yong‘oqlar,

ISSN 3030-3907

zamburug‘lar, qahva, kakao, spirtli ichimliklar, mayiz, xurmo, turshak, anjir, kisele, kompotlar, ekzotik mevalar (avokado, kokos, ananas), karamel, shokolad, marmelad bu mahsulotlar, ayniqsa, oziq-ovqat allergiyasi bo‘lgan odamlar uchun xavfli. Allergik kasalliklarni davolash kompleks yondashuvni talab etadi va u etiologik (allergenni yo‘qotish), patogenetik hamda simptomatik terapiyani o‘z ichiga oladi. Zamonaviy farmakoterapiya immunologik mexanizmlarga ta’sir qilish orqali allergik yallig‘lanishni kamaytirishga qaratilgan. Antigistamin preparatlar (H1-retseptor blokatorlari). Antigistaminlar allergik reaksiyaning asosiy mediatorlaridan biri bo‘lgan gistamin ta’sirini bloklaydi. Ular qichishish, rinoreya, aksirish va teri toshmalarini kamaytiradi. I avlod: Sedativ ta’sirga ega (difenhidramin, xlorpiramin). II–III avlod: Kam sedativ ta’sir Uzoq muddat ta’sir qiladi(loratadin, desloratadin, setirizin). Ushbu preparatlar pediatriyada keng qo‘llanilib, xavfsizlik profili yuqori hisoblanadi. Glyukokortikosteroidlar GKS preparatlari kuchli yallig‘lanishga qarshi va immunosupressiv ta’sirga ega. Ular allergik kasalliklarning o‘rta va og‘ir shakllarida qo‘llaniladi. Burun spreylari (mometazon, flutikazon). ingalyatsion bronxial astmada, sistemali (og‘ir allergik reaksiyalarda) ular sitokinlar ajralishini kamaytirib, yallig‘lanish jarayonini bostiradi. Leykotrien retseptor antagonistlari bu guruh preparatlari bronxial astma va allergik rinitda qo‘llanadi. Bular montelukast ular bronxlarning torayishini kamaytiradi va yallig‘lanish mediatorlari ta’sirini susaytiradi. Mast hujayra stabilizatorlari ushbu preparatlar mast hujayralardan gistamin ajralishini oldini oladi. Misol: kromoglikat natriy asosan profilaktik maqsadda, yengil allergik kasalliklarda qo‘llanadi. Adrenomimetiklar (β2-agonistlar) bronxial astmada bronxlarni kengaytirish uchun ishlatiladi. Immunoterapiya (ASIT — allergen-spetsifik immunoterapiya). Bu usul allergiyani davolashning eng samarali patogenetik usullaridan biri hisoblanadi. Allergenning kichik dozalarini bosqichma-bosqich yuborish. Organizmda tolerantlik hosil qiladi. Uzoq muddatli remissiya beradi. Biologik terapiya (zamonaviy yondashuv).Og‘ir allergik kasalliklarda qo‘llaniladi. Anti-IgE preparatlar (omalizumab), Monoklonal antitanalar, Ular immun tizimning aniq bo‘g‘inlariga ta’sir qilib, yuqori samaradorlik ko‘rsatadi.

XULOSA.

Bolalar va o‘smirlarda allergik kasalliklar zamonaviy tibbiyotning dolzarb muammolaridan biri bo‘lib, ularning tarqalishi yil sayin ortib bormoqda. Ushbu kasalliklar multifaktorial xarakterga ega bo‘lib, genetik moyillik, atrof-muhit omillari, immun tizimning o‘zgarishlari va turmush tarzi bilan chambarchas bog‘liq. Allergik kasalliklarning patogenezi murakkab immunologik mexanizmlar asosida kechadi, xususan IgE vositachiligidagi reaksiyalar va yallig‘lanish mediatorlari ajralishi muhim ahamiyatga ega. Klinik jihatdan ular

ISSN 3030-3907

turli organ va tizimlarning zararlanishi bilan namoyon bo‘lib, erta tashxis qo‘yish va differensial diagnostika muhim hisoblanadi. Zamonaviy davolash yondashuvlari kompleks xarakterga ega bo‘lib, allergenlarni eliminatsiya qilish, farmakoterapiya (antigistaminlar, glyukokortikosteroidlar, biologik preparatlar) hamda allergen-spetsifik immunoterapiyani o‘z ichiga oladi. Profilaktik chora-tadbirlar, ayniqsa erta yoshdan boshlab amalga oshirilsa, kasallik rivojlanishini oldini olishda muhim rol o‘ynaydi. Shu bois, bolalar va o‘smirlarda allergik kasalliklarni o‘z vaqtida aniqlash, individual yondashuv asosida davolash va samarali profilaktika choralarini qo‘llash ularning hayot sifatini yaxshilash va asoratlarni kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. Allergic diseases and asthma. Geneva: WHO; 2023.
2. European Academy of Allergy and Clinical Immunology. Global Atlas of Allergy. Zurich: EAACI; 2022.
3. American Academy of Allergy, Asthma & Immunology. Allergy statistics and clinical guidelines. 2023.
4. National Institute of Allergy and Infectious Diseases. Guidelines for the diagnosis and management of allergic diseases. 2022.
5. Pawankar R., Canonica G.W., Holgate S.T., Lockey R.F. WAO White Book on Allergy. World Allergy Organization; 2021.
6. Abbas A.K., Lichtman A.H., Pillai S. Cellular and Molecular Immunology. 10th ed. Elsevier; 2021.
7. GINA (Global Initiative for Asthma). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. 2023.
8. Nelson H.S. Allergic rhinitis: clinical aspects and treatment. New England Journal of Medicine. 2020;382(12):1150–1160.
9. Sicherer S.H., Sampson H.A. Food allergy: epidemiology and pathogenesis. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2018;141(1):41–58.
10. Ring J., Akdis C.A., Behrendt H. Allergy and allergic diseases. Nature Reviews Disease Primers. 2021.
11. Centers for Disease Control and Prevention. Allergies and environmental health data. 2023.
12. National Institutes of Health. Allergy and immunology research updates. 2022.

ISSN 3030-3907

UDK 678.073:678.746.22

IKKILAMCHI POLIMER CHIQINDILAR PET VA EVA ASOSIDA GETEROPOLIMER MODIFIKATORLAR SINTEZI VA ULARNI QO‘LLASH IMKONIYATLARI

Xo‘jaqulov Kamoliddin Ramazanovich
Buxoro davlat texnika universiteti PhD, dotsent.
Ubaydullayeva Sevara Ahmad qizi
Buxoro davlat texnika universiteti106-22 KT gurux talabasi
Email: zehniddin2012@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada ikkilamchi polimer chiqindilar poli(etilentereftalat) (PET) va etilen-vinil asetat (EVA) sopolimeri asosida sintez qilinadigan geteropolimer modifikatorlarga oid ilmiy adabiyotlarining tahlili keltirilgan. Maqolada ikkala polimerni birlashtirish jarayonidagi asosiy muammolar mos kelmaslik (immitsibillik), interfazal birikishning pastligi va fazaviy ajralish mexanizmlari ko‘rib chiqilgan. Katalitik transesterifikatsiya, malein angidrid bilan payvand, epoksid funksional guruhlaridan foydalangan holda reaktiv kompabilizatsiya va zanjir uzaytirgichlar yordamida PET/EVA tizimining xossalarini yaxshilash yo‘llari tahlil qilingan. Adabiyotlar sharhida hozirgi kunda mavjud bo‘lgan muammolar, masalan mikrostrukturaning nazorat qilinishi, foydalanilgan PET ning xossalarini tiklash va modifikatorlarning amaliy qo‘llanish sohalari muhokama etilgan. Maqolada asosiy maqsad sifatida reaktiv eritma kompabilizatsiyasi orqali PET-EVA asosida yangi geteropolimer modifikator sintezi va ularning surkov materiallar xossasiga ta‘sirini o‘rganishni belgilaydi.

Kalit sozlar: poli(etilentereftalat), etilen-vinil asetat, geteropolimer, reaktiv kompabilizatsiya, transesterifikatsiya, grafting, zanjir uzaytirgich, modifikator, immitsibel blendlar.

Аннотация. В настоящей статье представлен анализ научной литературы, посвящённой синтезу гетерополимерных модификаторов на основе вторичных полимерных отходов поли(этилентерефталата) (ПЭТ) и сополимера этилен-винилацетата (ЭВА). Рассмотрены основные проблемы, возникающие при совмещении указанных полимеров, в частности их термодинамическая несовместимость (иммисцибильность), низкая прочность межфазного взаимодействия, а также механизмы фазового разделения. Проанализированы методы улучшения свойств системы ПЭТ/ЭВА, включая каталитическую трансэтерификацию, прививку с использованием малеинового ангидрида, реактивную компатибилизацию с применением эпоксидсодержащих функциональных групп, а также использование удлинителей цепи. В рамках литературного обзора

ISSN 3030-3907

обсуждаются актуальные научно-технические проблемы, такие как контроль микроструктуры материалов, восстановление свойств вторичного ПЭТ и расширение областей практического применения получаемых модификаторов. Основной целью работы является синтез новых гетерополимерных модификаторов на основе системы ПЭТ-ЭВА методом реактивной расплавной компатибилизации, а также исследование их влияния на эксплуатационные свойства смазочных материалов.

Ключевые слова: поли(этилентерефталат), этилен-винилацетат, гетерополимер, реактивная компатибилизация, трансэтерификация, привитая сополимеризация, удлинитель цепи, модификатор, иммисцибельные смеси.

Abstract. This article presents an analysis of the scientific literature devoted to the synthesis of heteropolymeric modifiers based on secondary polymer waste, namely poly(ethylene terephthalate) (PET) and ethylene–vinyl acetate (EVA) copolymer. The main challenges associated with blending these polymers are considered, including their thermodynamic incompatibility (immiscibility), low interfacial adhesion, and the mechanisms of phase separation. Methods for improving the properties of PET/EVA systems are analyzed, including catalytic transesterification, grafting using maleic anhydride, reactive compatibilization via epoxy-functional groups, and the use of chain extenders. The literature review also addresses current scientific and technological challenges, such as controlling the microstructure of materials, restoring the properties of recycled PET, and expanding the practical application fields of the resulting modifiers. The primary objective of this work is the synthesis of new heteropolymeric modifiers based on PET–EVA systems via reactive melt compatibilization, as well as the investigation of their influence on the performance properties of lubricating materials.

Key words: poly(ethylene terephthalate), ethylene–vinyl acetate, heteropolymer, reactive compatibilization, transesterification, graft copolymerization, chain extender, modifier, immiscible blends.

KIRISH.

Bugungi kunda zamonaviy polimer materialshunosligida ikki yoki undan ortiq polimerlarni birlashtirish orqali yangi, xossalari yaxshilangan materiallar yaratish strategiyasi keng qo‘llanilmoqda. Biroq, kimyoviy tuzilishi va qutblanishi turlicha bo‘lgan polimerlarni birlashtirish ko‘pincha fazaviy ajralish (phase separation) va interfazal yopishishning pastligi kabi muammolarni keltirib chiqaradi. Poli(etilentereftalat) (PET) aromatik poliefir sinfiga mansub, yuqori mexanik mustahkamlik, kimyoviy va termik barqarorlikka ega termoplast hisoblanadi. Etilen-vinil asetat (EVA) esa etilenning vinil asetat bilan sopolimeri

ISSN 3030-3907

bo‘lib, yuqori elastiklik, past haroratda pishiqlik va yaxshi yopishish xossalariga ega.

PET ning asosiy kamchiligi mo‘rtligi bo‘lib, ya‘ni zarb ta’siriga chidamsizligi va past haroratlarda sinuvchanligi. EVA ning esa zichligi past, issiqlik ta’siriga bardosh berish xossasi past ekanligi. Nazariy jihatdan, ushbu ikki polimerni birlashtirib, ularning quyidagi kamchiliklarini yaxshilab kompleks xossa bergan holda geteropolimer modifikator yaratish imkoniyatlari mavjud. Ammo amalda, PET (qutbli, kristallanuvchi poliefir) va EVA (kam qutbli, elastomer) juda past termodinamik muvofiqlikka ega bo‘lib, ular oddiy aralashtirish orqali bir jinsli tizim hosil qila olmaydi.

Dunyo bo‘yicha olib borilayotgan tadqiqotlar bu muammoni hal etish uchun turli reaktiv kompabilizatsiya usullarini ishlab chiqishga qaratilgan. Shu bilan birga, PET ni qayta ishlash (recycling) jarayonida zanjirlarning parchalanishi muammosi ham yangi modifikatorlar ishlab chiqishni dolzarb masalaga aylantirmoqda. EVA uning elastikligini oshiruvchi komponent sifatida, PET/EVA asosidagi geteropolimer modifikatorlar esa qayta ishlangan PET ning xossalarini tiklash vositasi sifatida katta ilmiy va amaliy qiziqish uyg‘otmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi dunyo ilmiy adabiyotlarida PET va EVA asosida amalga oshirilgan tadqiqotlarni tizimli tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlab, yangi geteropolimer modifikatorlar sintezi bo‘yicha ilmiy asoslangan maqsadni belgilashdan iborat.

PET - aromatik dikarbon kislota (tereftal kislota) va ikki atomli spirt (etilenglikol) ning polikondensatsiya usulida polimerlanishi orqali olinadi. Kimyoviy formulasi: $-[O-CH_2-CH_2-O-CO-C_6H_4-CO]_n-$. PET ning asosiy fizik-kimyoviy xossalari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

PET ning asosiy fizik-kimyoviy xossalari

T.r	Ko‘rsatkich	Qiymat	ASTM standarti
1	Zichlik (g/cm³)	1.33-1.38	ASTM D792
2	Erish nuqtasi Tm (°C)	250-260	DSC, ISO 11357
3	Shishalanish harorati Tg (°C)	72-80	DSC, ISO 11357
4	Tortish mustahkamligi (MPa)	55-75	ASTM D638
5	Uzayish (% uzilishda)	50-300	ASTM D638
6	Zarbiy qovushqoqligi (kJ/m²)	2-5 (kesikli)	ISO 179
7	HDT 1.82 MPa (°C)	65-110	ISO 75
8	Suv shimishi (%)	0.1-0.2	ASTM D570

Bugungi kunda PET ning keng qo‘llanilish sohalariga qaramay, uning bir qancha salbiy cheklovchi xususiyatlari mavjud. Birinchidan, PET mo‘rt material

ISSN 3030-3907

bo‘lib, zarb yuk ta’siriga bardosh berish qobiliyati past bo‘lib zarbiy mustahkamlik bo‘yicha atigi 2–5 kJ/m² ni tashkil etadi. Ikkinchidan, qayta ishlash (termomexanik qayta ishlash) jarayonida esterifikatsiya zanjirlarining gidrolizi sodir bo‘lib, molekulyar massasining pasayishiga, eritma qovushqoqligining yo‘qolishiga va mexanik xossalarining yomonlashishiga olib keladi [1, 2]. Uchinchidan, PET ning qutbliligi (polyar xarakteri) tufayli u kam qutbli poliolefinlar bilan termodinamik jihatdan mos kelmaydi, bu esa ko‘p komponentli aralashmalar yaratishda jiddiy qiyinchilik tug‘diradi [3].

EVA - etilen va vinil asetat monomerlarining zanjir o‘sishi hisobiga polimerlanishi natijasida olingan (chain-growth polymerization) material. Kimyoviy formulasi: $-[CH_2-CH_2]_m-[CH_2-CH(OCOCH_3)]_n-$. Vinil asetat (VA) miqdori 10 dan 50% gacha o‘zgarib, materialning xossasini katta darajada belgilaydi.

EVA ning asosiy afzalligi shundan iboratki yuqori zarbiy qovushqoqligi (zarb sinovida sinmaydi), past haroratlarga (-50°C gacha) chidamlilik xossalari va nisbatan past narxi. Biroq EVA ning issiqlikka bardoshliligi PET nikiga nisbatan ancha past (Tg ≈ -30°C, Tm ≈ 70-90°C, 20% VA uchun), zichligi esa PET dan ancha kam. EVA ham poliolefin sinfiga mansub bo‘lgani uchun uni PET bilan aralashtirish interfazal muammolarga olib keladi [4, 5].

PET va EVA ning termodinamik jihatdan mos kelmasligi dastlab Lacroix va boshqalar (1997, 2000) tomonidan reologik va morfologik usullar bilan isbotlangan [6]. Tadqiqotchilar PETG/EVA tizimining interfazal kuchlanishini Palierne emulsiya modeli yordamida aniqladi va u tarkibga hamda haroratga qarab 4.5 dan 7 mN/m gacha o‘zgarishini ko‘rsatdi. Bu qiymat ikki fazaning bir-biridan yaxshi ajralishiga yordam beruvchi muhim termodinamik ko‘rsatkich hisoblanadi. Bunday yuqori interfazal kuchlanish sharoitida oddiy aralashtirishda disperslangan faza katta tomchilar hosil qiladi va interfazal yopishish juda past bo‘ladi.

Morfologik tadqiqotlarda (SEM) aniqlanishucha kompabilizatorsiz PET/EVA aralashmasi dag‘al, ko‘p o‘lchamli faza tuzilmasiga ega bo‘lib, mexanik xossalari individual komponentlardan sezilarli darajada past bo‘ladi [7]. Ushbu muammo “ikki qutbli polimer juft” (polar-nonpolar pair) muammosi deb ataladi va uni hal etmay turib, PET/EVA sistemasidan sanoat ahamiyatiga ega material tayyorlab bo‘lmaydi.

PET/EVA tizimini reaktiv kompabilizatsiya qilishning birinchi va eng samarali yo‘li sifatida Lacroix, Cassagnau va boshqalar tomonidan katalitik transesterifikatsiya tadqiq etilgan [6, 7]. Ushbu usulda PETG va EVA aralashmasiga dibutiltin oksid (DBTO) katalizatori qo‘shilishi orqali interfazada

ISSN 3030-3907

efir almashinuvi reaktsiyasi amalga oshiriladi va in situ sopolimer (PETG-co-EVA) hosil bo‘ladi.

Lacroix va boshqalar (1994, 1999) o‘z ishlarida 70/30 PETG/EVA aralashmasiga 2.4% DBTO qo‘shilganda uzilishdagi uzayish 20% dan 140% gacha ortishini aniqlagan. Bu ko‘rsatkich materialning mo‘rtligidan plastiklikka o‘tganining yaqqol dalili hisoblanadi. Tahlillar shundan dalolat beradiki disperslangan faza zarrachalarining qisqarishini (ya‘ni yaxshi dispersiyani) va G* modulining oshishini tasdiqlaydi. YaMR spektroskopiyasi tekshiruvlari esa DBTO ta‘sirida haqiqatan ham efir almashinuvi reaktsiyasi ketayotganini kimyoviy jihatdan isbotlagan [6].

Xuddi shu tizimda Cassagnau va boshqalar (2000) PBT/EVA aralashmasini malein angidrid (MAH) yordamida reaktiv kompabilizatsiya qilgan. Birinchi bosqichda dikumil peroksid (DCP) ishtirokida EVA-g-MAH sintez qilindi, keyin bu mahsulot PBT bilan aralashtirilganda PBT-g-EVA sopolimeri hosil bo‘lishi FTIR yordamida tasdiqlangan [8].

Ishlatilgan PET (rPET) ning sifatini EVA qo‘shish va PMDA (piromellitik diangidrid) zanjir uzaytiruvchi orqali yaxshilash imkoniyati Moghanlou va boshqalar (Sahand Universiteti, Tabriz, 2020) tomonidan chuqur o‘rganilgan [9]. Tadqiqotda RPET/EVA aralashmalari 90/10, 70/30 va 60/40 nisbatlarda arlashtiruvchi reaktorda tayyorlangan.

Ushbu tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, PMDA ning 0.5% miqdori aralashmaning morfologiyasini tubdan o‘zgartiradi. Bu esa materialning mexanik xossalarini (ayniqsa cho‘zilishdagi mustahkamlik va uzayish) sezilarli darajada yaxshilashga imkon beradi [9].

Parallel ravishda, zanjir uzaytiruvchilar sifatida PMDA va Joncryl ADR-4400 (BASF) ni solishtirgan tadqiqotlar (Odet va boshqalar, 2022; Himmelsbach va boshqalar, 2024, 2025) shuni ko‘rsatadiki, rPET ni modifikatsiya qilishda Joncryl PMDA ga nisbatan ancha samarali hisoblanadi, chunki Joncryl ko‘p funksiyali epoksid guruhlar orqali bir vaqtning o‘zida tarmoqlangan (branched) va uzaytirilgan zanjir hosil qiladi [10, 11].

Bevosita PET bilan emas, lekin EVA asosidagi graft sopolimer sintezi metodologiyasi yaxshi ishlab chiqilgan bo‘lib, bu PET bilan qo‘llash imkoniyatini ko‘rsatadi. Ayniqsa, Castelvetro va boshqalar (2012) tomonidan EVA-g-PLA sopolimerlarini transeterifikatsiya orqali sintez qilish muhim yo‘l-yo‘riq beradi [12].

Ushbu tadqiqotda EVA va polilaktid (PLA) o‘rtasidagi transeterifikatsiya reaktsiyasi $Ti(OPh)_4$ va $Ti(OPr)_4$ katalizatorlari ishtirokida olib borildi. Olingan EVA-g-PLA sopolimerlari EVA/PLA oddiy aralashmalariga nisbatan sezilarli darajada yaxshiroq mexanik xossalar va biologik parchalanish qobiliyatini

ISSN 3030-3907

namoyish etgan. FTIR, DSC va reologik tahlillar sopolimer hosil bo‘lganini tasdiqlagan [12, 13].

Ushbu metodologiyaning PET/EVA tizimiga ko‘chirilishi ilmiy jihatdan asoslangan: PET ham poliefir bo‘lgani uchun EVA bilan titan alkoksid katalizatorlari ishtirokida transeterifikatsiya reaktsiyasiga kirishishi mumkin. Biroq bu yo‘nalish hali yetarlicha o‘rganilmagan bo‘lib, bu tadqiqot uchun muhim boshliq (research gap) hisoblanadi.

Coltelli, Ciardelli va boshqalar (2000) PET va HDPE aralashmasini kompabilizatsiya qilish uchun maxsus sintez qilingan EVA va EVOH asosidagi sopoliefirlarni ishlatgan [14]. Bu ishda EVA va EVOH segmentlari payvandlanish orqali poliefirlarga biriktirilgan va olingan sopoliefirlar PET/HDPE aralashmasida kompabilizator sifatida sinalgan. Kompabilizatsiya qilingan barcha aralashmalar morfologiyaning katta o‘zgarishini, qovushqoqlikning oshishini va mexanik xossalar ayniqsa uzilishdagi uzayishning sezilarli yaxshilanishini ko‘rsatdi. Malein angidrid funksionallashtirilgan elastomerlar bilan ham taqqoslash o‘tkazilgan va kompabilizatsiya mexanizmlari farqlangan. Bu tadqiqot PET bazali tizimda EVA segmentlarini kimyoviy jalb etish strategiyasining amalda ishlaydigan isboti hisoblanadi.

EVA ni boshqa polimerlar bilan reaktiv kompabilizatsiya qilishga oid keng qamrovli tadqiqotlar, PET/EVA tizimiga tadbiq etganda quyidagi xulosalarni beradi. PBT/EVA tizimida malein angidrid yordamida kompabilizatsiya (Cassagnau va boshqalar, 2004) EVA-g-MAH sintez qilingan, so‘ngra PBT bilan aralashtirilganda PBT-g-EVA sopolimeri hosil bo‘lgan, FTIR tasdiqlagani bo‘yicha PBT terminal guruhlar va MAH o‘rtasida reaksiya borgan [8, 15].

EVA-g-PMMA sintezi ATRP usuli bilan (Томic va boshqalar, 2017–2024) EVA ning qisman gidrolizi → EVACl makroinitsiator sintezi → PMMA zanjirlarining payvand — uch bosqichli sintez sxemasi ishlab chiqilgan. Olingan EVA-g-PMMA sopolimeri optik tolali qoplama sifatida ishlatilgan [16].

PP/EVA aralashmalari uchun PP-g-MAH asosidagi kompabilizatorlar (Russo va boshqalar, 2020) PP va EVA immitsibel bo‘lib, PP-g-MAH kompabilizator sifatida ishlatilganda interfazal yopishish sezilarli yaxshilanagan [17]. Bu natija PET/EVA tizimiga mutanosib: PET uchun mos funksionallashtirilgan kompabilizator kerak.

Rossini va boshqalar (Brazil) PET shishalaridan PET/PP/PE/EVA to‘rt komponentli polimer aralashmasini tayyorlab, ionlashtiruvchi nurlanish ta‘sirida modifikatsiyani o‘rgangan [18]. Bu tadqiqot ionlashtiruvchi nurlanish PET va EVA o‘rtasida ham kimyoviy bog‘ hosil qila olishini ko‘rsatadi, ya‘ni radiatsion sintez PET/EVA sopolimerini olishning yana bir yo‘li hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Yaqinda Kumar va boshqalar (ACS, 2025) EVA ni qayta ishlatishning yangi yo‘lini taklif etdi. EVA → EVOH (gidroliz) → EVOH zarrachalarini PU qatronida reaktiv to‘ldirgich sifatida ishlatish yo‘lini tadqiq qilgan [19]. EVOH zarrachalarining PU matritsasida yopishishi uretan bog‘lar orqali ta‘minlangan. Bu tadqiqot EVA ning OH guruhlarining (gidrolizdan keyin) poliefirlar bilan reaktsiyaga kirishish imkoniyatini yaqqol ko‘rsatadi. PET/EVA tizimida gidrolizlangan EVA (EVOH) ni oraliq mahsulot sifatida ishlatish strategiyasini asoslaydi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, PET va EVA o‘rtasidagi reaktiv kompabilizatsiya va payvand sopolimer sintezi uchun bir nechta muhim bo‘shliqlar mavjud [21;22]. Birinchidan, PETG/EVA tizimini katalitik transeterifikatsiya yordamida kompabilizatsiya qilish 1994-2000 yillar orasida o‘rganilgan bo‘lsada, keyingi tadqiqotlarda bu yo‘nalish davom ettirilmagan. Ikkinchidan, qayta ishlangan PET bilan EVA ning birgalikdagi aralashgan tizimida PMDA zanjir uzaytiruvchidan foydalanish morfologiyani o‘zgartiradi, ammo hosil bo‘ladigan payvand sopolimerning tavsifi (FTIR, YaMR) va mexanizmi hali to‘liq yoritilmagan. Uchinchidan, PET/EVA asosidagi geteropolimer modifikatorni maqsadli sintez qilib, uni boshqa tizimlarda surkov materiallarga modifikator sifatida sinash bo‘yicha tadqiqotlar mavjud emas.

ADABIYOTLAR

1. Incarnato L., Scarfato P., Di Maio L., Acierno D. Structure and rheology of recycled PET modified by reactive extrusion // Polymer. — 2000. — Vol. 41. — P. 6825–6831.
2. Jang J.Y., Sadeghi K., Seo J. Chain-extending modification for value-added recycled PET: A review // Polymer Reviews. — 2022. — Vol. 62. — P. 860–889.
3. Li J., Xu Y., Ren C. et al. Strategies to improve the compatibility of PET and PE blends // SSRN Preprint. — 2025. — DOI: 10.2139/ssrn.5768483.
4. Wikipedia contributors. Ethylene-vinyl acetate // Wikipedia, The Free Encyclopedia. — 2025. — [Elektronik resurs].
5. International Journal of Advanced Research in Basic Sciences. Overview on EVA blended foam: synthesis, morphology and applications. — 2023. — Vol. 5. — P. 1–18.
6. Lacroix C., Aressy M., Carreau P.J. Properties of PETG/EVA blends: 1. Reactive compatibilization: rheological, morphological and mechanical properties // Polymer. — 1997. — Vol. 38(21). — P. 5417–5426.
7. Lacroix C., Bousmina M., Carreau P.J., Favis B.D. Properties of PETG/EVA blends: 2. Study of reactive compatibilization by n.m.r. spectroscopy and linear viscoelastic properties // Polymer. — 1996. — Vol. 37. — P. 2381–2390.

8. Cassagnau P. et al. Reactive compatibilization of the PBT/EVA blend by maleic anhydride // Polymer. — 2004. — Vol. 45(5). — P. 1771–1780.
9. Moghanlou S., Khamseh M., Razavi Aghjeh M., Pourabbas B. Influence of chain extension and blending on crystallinity and morphological behavior of recycled-PET/ethylene vinyl acetate blends // Journal of Polymers and the Environment. — 2020. — Vol. 28. — P. 1756–1769.
10. Odet F., Ylla N., Delage K., Cassagnau P. Influence of chain extenders on recycled standard and opaque PET rheology and melt-spun filament properties // ACS Applied Polymer Materials. — 2022. — Vol. 4. — P. 8290–8302.
11. Himmelsbach A., Gerschmann L., Akdevelioğlu Y., Nofar M., Ruckdäschel H. Kinetic analysis of PMDA-induced chain extension in polyester blends: differential reactivity of rPET and PBT during reactive extrusion // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2025. — Vol. 64(5). — P. 2553–2560.
12. Castelvetro V. et al. Synthesis of EVA-g-PLA copolymers using transesterification reactions // Materials Chemistry and Physics. — 2012. — Vol. 134. — P. 893–901.
13. Moura I. et al. EVA/PLA blends compatibilized with EVA-g-PLA grafted copolymers synthesized by reactive extrusion // ResearchGate. — 2012.
14. Coltelli M.B., Ciardelli F. et al. On the compatibilization of PET/HDPE blends through a new class of copolyesters // Polymer. — 2000. — Vol. 41. — P. 5765–5776.
15. Coltelli M.B., Aglietto M., Ciardelli F. Influence of the transesterification catalyst structure on the reactive compatibilization and properties of PET/dibutyl succinate functionalized poly(ethylene) blends // European Polymer Journal. — 2008. — Vol. 44. — P. 1512–1524.
16. Tomić N.Z., Marinković A.D. et al. A new approach to compatibilization study of EVA/PMMA polymer blend used as an optical fibers adhesive // International Journal of Adhesion and Adhesives. — 2017. — Vol. 79. — P. 83–92.
17. Russo L. et al. Processing and characterization of polypropylene (PP)/ethylene–vinyl acetate (EVA) blend-based glassy carbon composites // Discover Applied Sciences. — 2020. — Vol. 2. — P. 432.
18. Rossini E. et al. Preparation of the PET/PP/PE/EVA polymeric blend from PET bottles and modification studies induced by ionizing radiation // Academia.edu. — 2015.
19. Kumar D.I., Rajarathinam M.D. et al. Upcycling of ethylene-vinyl acetate copolymer through hydrolysis and reactive-filling into polyurethane resins // ACS Sustainable Resource Management. — 2025. — Vol. 2(9). — P. 1691–1699.

ISSN 3030-3907

20. Qu M., Lu D., Deng H. et al. A comprehensive study on recycled and virgin PET melt-spun fibers modified by PMDA chain extender // Materials Today Communications. — 2021. — Vol. 29. — P. 103013.
21. Himmelsbach A. et al. Upgrading and enhancement of recycled polyethylene terephthalate with chain extenders: in-depth material characterization // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2024. — Vol. 63(28). — P. 12277–12287.
22. Garcia F.G., Soares B.G. Reactive compatibilization of PBT/EVA blends with an ethylene-acrylic acid copolymer and a low molar mass bis-oxazoline // Academia.edu. — 2004.

ISSN 3030-3907

SINTETIK VA ANANAVIY YOQILG`ILARNI KOMPOUDLASH ASOSIDA EKOLOGIK VA EKSPLUATATSION XOSSALARI YAXSHILANGAN YOQILG‘ILAR OLISH VA ULARNING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARI

Ro`ziyev A.T
Buxoro davlat texnika universiteti
Hayitov R.R
Buxoro davlat texnika universiteti
Mavlonov Sh.B..
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada sintetik GTL yoqilg‘isi va an’anaviy dizel fraksiyalarini turli nisbatlarda kompaundlash orqali olingan yoqilg‘i aralashmalarining fizik-kimyoviy hamda ekspluatatsion xossalari tadqiq etilgan. Tajribalar natijasida 22–60% GTL ulushida setan soni 58–63 gacha oshgani, zichlik 791–816 kg/m³ oralig‘ida shakllangani va kinematik qovushqoqlik 3.27–4.2 mm²/s diapazonida bo‘lgani aniqlandi. Oltingugurt miqdori 9.4–17.2 mg/kg gacha kamayib, politsiklik aromatik uglevodorodlar 2.9–3.8% ni tashkil etdi. Past harorat xossalari yaxshilanib, chegaraviy filtrlanuvchanlik harorati −10…−11 °C gacha pasaydi. Olingan natijalar GTL asosidagi kompaundlangan yoqilg‘ilar ekologik xavfsizligi va yonish samaradorligi yuqori ekanini ko‘rsatdi hamda EURO talablariga mos optimal tarkiblarni tanlash imkonini berdi.

Kalit so‘zlar: GTL yoqilg‘isi, sintetik dizel, kompaundlash, setan soni, zichlik, qovushqoqlik, oltingugurt miqdori, quyi harorat xossalari, ekologik yoqilg‘i, EURO standartlar.

Аннотация. В статье исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства топливных смесей, полученных компаундированием синтетического GTL-топлива и традиционных дизельных фракций в различных соотношениях. Установлено, что при содержании GTL 22–60% цетановое число повышается до 58–63, плотность формируется в диапазоне 791–816 кг/м³, а кинематическая вязкость составляет 3.27–4.2 мм²/с. Содержание серы снижается до 9.4–17.2 мг/кг, доля полициклических ароматических углеводородов составляет 2.9–3.8%. Низкотемпературные свойства улучшаются, предельная температура фильтруемости понижается до −10…−11 °C. Полученные результаты подтверждают, что компаундированные топлива на основе GTL обладают повышенной экологической безопасностью и эффективностью сгорания, что позволяет выбирать оптимальные составы, соответствующие требованиям стандартов EURO.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: GTL-топливо, синтетическое дизельное топливо, компаундирование, цетановое число, плотность, вязкость, содержание серы, низкотемпературные свойства, экологичное топливо.

Abstract. The article investigates the physicochemical and performance properties of fuel blends obtained by compounding synthetic GTL fuel with conventional diesel fractions at different ratios. The results show that with a GTL content of 22–60%, the cetane number increases to 58–63, the density ranges from 791 to 816 kg/m³, and the kinematic viscosity varies between 3.27 and 4.2 mm²/s. Sulfur content decreases to 9.4–17.2 mg/kg, while the share of polycyclic aromatic hydrocarbons is reduced to 2.9–3.8%. Low-temperature properties are improved, and the cold filter plugging point decreases to −10…−11 °C. The findings indicate that GTL-based blended fuels demonstrate enhanced environmental safety and combustion efficiency, enabling the selection of optimal formulations that meet EURO standard requirements.

Keywords: GTL fuel, synthetic diesel, fuel blending, cetane number, density, viscosity, sulfur content, low-temperature properties, environmentally friendly fuel.

KIRISH.

Dunyoda yoqilg‘i-energetika sohasida ekologik xavfsiz, yuqori samaradorlikka ega va zamonaviy ekspluatatsion talablarga javob beradigan motor yoqilg‘ilarini ishlab chiqarish muammosi global ilmiy-texnologik yo‘nalishlardan biri hisoblanadi[1]. Transport vositalari sonining ortishi, sanoat ishlab chiqarish hajmlarining kengayishi hamda atmosferaga chiqarilayotgan zararli chiqindilar miqdorining ko‘payishi yoqilg‘ilar sifatini oshirish, energiya samaradorligini yaxshilash va ekologik yuklamani kamaytirish zaruratini yuzaga keltirmoqda[2]. Shu bilan birga, xalqaro ekologik standartlarning qat’iylashuvi dvigatellarda to‘liq yonish xususiyatiga ega, kam zararli gazlar hosil qiladigan hamda past harorat sharoitlarida barqaror ishlay oladigan yangi avlod yoqilg‘ilarini yaratishni talab etmoqda[3]. Mazkur muammolarni hal etishda sintetik suyuq yoqilg‘ilar, xususan tabiiy gazni qayta ishlash asosida olinadigan GTL (Gas-to-Liquids) mahsulotlari muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi[4].

So‘nggi yillarda olimlar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda sintetik dizel yoqilg‘ilarining yuqori setan soniga ega ekanligi, tarkibida oltingugurt va aromatik uglevodorodlar miqdorining pastligi, barqaror kimyoviy tarkibi hamda yonish samaradorligining yuqoriligi tadqiqotlar asosida aniqlangan[5]. Shuningdek, sintetik komponentlarni an’anaviy neft fraksiyalari bilan kompaundlash orqali yoqilg‘ining fizik-kimyoviy, ekspluatatsion va ekologik ko‘rsatkichlarini maqsadli boshqarish mumkinligi haqida bir qator ilmiy natijalar mavjud[6]. Ayrim tadqiqotlarda tor fraksiyalangan uglevodorod

ISSN 3030-3907

komponentlarini tanlab aralashtirish orqali quyi haroratli xossalarini yaxshilash, zichlik va qovushqoqlikni optimallashtirish hamda yonish jarayonining kinetik parametrlarini tartibga solish imkoniyati asoslab berilgan[7].

Biroq mavjud ilmiy ishlarda sintetik va an’anaviy yoqilg‘ilarni kompaundlash jarayonining kompleks texnologik asoslari, xususan komponentlar nisbatining yoqilg‘ining fizik-kimyoviy va ekologik ko‘rsatkichlariga ta’siri yetarli darajada tizimli o‘rganilmagan. Ayrim tadqiqotlar alohida xossalarni tahlil qilish bilan cheklanib, aralash yoqilg‘ilarning ekspluatatsion samaradorligi, quyi haroratli xossalari, oksidlanish barqarorligi hamda dvigatel ishlash jarayonidagi o‘zaro bog‘liqliklar yetarli darajada yoritilmagan. Shuningdek, mintaqaviy xom ashyo asosida olinadigan sintetik yoqilg‘ilarni mahalliy neft fraksiyalari bilan ilmiy asoslangan kompaundlash orqali ekologik talablarga javob beradigan yangi turdagi motor yoqilg‘ilarini ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy bo‘shliqlar mavjud.

Shunga ko`ra mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi sintetik va an’anaviy yoqilg‘ilarni kompaundlash orqali ekologik va ekspluatatsion xossalari yaxshilangan yoqilg‘ilar olish hamda ularning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini kompleks o‘rganishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun sintetik va an’anaviy yoqilg‘i komponentlarining asosiy fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash; ularni turli nisbatlarda kompaundlash orqali aralash yoqilg‘i kompozitsiyalarini tayyorlash; aralash yoqilg‘ilarning quyi haroratli xossalari, yonish samaradorligi, ekologik ko‘rsatkichlari va oksidlanish barqarorligini baholash; optimal tarkibni aniqlash hamda ekologik toza va yuqori samaradorlikka ega motor yoqilg‘ilarini ishlab chiqarishning ilmiy-texnologik asoslarini ishlab chiqishdan iborat vazifalar belgilandi:

MATERIALLAR VA USULLAR. Tadqiqot ob’ekti sifatida “BNQIZ”ining dizel yoqilg‘isi (EVRO K4 markasi) hamda “O`zbekiston GTL” sintetik dizel yoqilg‘isi (GTL texnologiyasi asosida olingan mahsulot) tanlab olindi. Tadqiqot jarayonida ushbu yoqilg‘ilarning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini aniqlash (1-jadval) hamda ularni o‘zaro kompaundlash orqali aralash yoqilg‘i kompozitsiyalarining xossalarini baholash maqsad qilib olindi. Sintetik dizel yoqilg‘isi tarkibida parafin uglevodorodlar ulushi yuqori, aromatik uglevodorodlar va oltingugurt birikmalari miqdori esa juda past bo‘lishi bilan tavsiflanadi. An’anaviy dizel yoqilg‘isi esa neftni to‘g‘ridan-to‘g‘ri qayta ishlash va gidrotozalash jarayonlari asosida olingan mahsulot hisoblanadi (2-jadval).

ISSN 3030-3907

1-jadval

An’anaviy va sintetik dizel yoqilg‘ilarining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

№	Ko‘rsatkich nomi	Sinov usuli	O‘zDSt talabi	EVRO K4 dizel yoqilg‘isi	Sintetik dizel yoqilg‘isi (GTL)
1	Setan soni, kamida	ASTM D613	51	58	84.0
2	Setan indeksi, kamida	ASTM D4737	46.0	54.9	74.5
3	Zichlik (20°C), kg/m³, ko‘p emas	GOST 3900	860	828	769.9
4	**Fraksion tarkib:**				
	250°C da haydaladigan qismi, % kamida	GOST 2177	65	24	54
	350°C da haydaladigan qismi, % kamida		85	96	98
	95% haydalish harorati, °C ko‘p emas		360	345	323
5	Suv miqdori, mg/kg, ko‘p emas	GOST 2477	0.02	104.2	0
6	Chegaraviy filtrlanish harorati, °C ko‘p emas	EN 116	−5	−1	−35 dan past
7	10% qoldiqning kokslanashi, %, ko‘p emas	ASTM D4530	0.3	0.01	0.016
8	Zol miqdori, %, ko‘p emas	GOST 1461	0.01	0.003	0.0028
9	Oltingugurt miqdori, mg/kg, ko‘p emas	EN ISO 20884	50	23.7	4.2
10	Mis plastinkada korroziya (3 soat, 50°C)	ASTM D130	1-klass	1a	1a
11	Kinematik qovushqoqlik (40°C), mm²/s	GOST 33	2.0–4.5	3.5	3.3

ISSN 3030-3907

12	Alangalanish harorati (yopiq tigel), °C, kamida	GOST 6356	55	83	70
13	Politsiklik aromatik uglevodorodlar, %, ko‘p emas	GOST EN 12916	8.0	4.0	1.0
14	Umumiy ifloslanish, mg/kg, ko‘p emas	EN 12662	24	7.0	4.9
15	**Oksidlanish barqarorligi:**				
	Cho‘kma miqdori, g/m³, ko‘p emas	ASTM D2274	25	3.8	2.8
	Barqarorlik vaqti, soat, kamida		20	20	20
16	Yog‘ kislotalari metil efirlari, %, ko‘p emas	GOST EN 14078	7.0	0.12	0
17	Moylovchanlik (wsd 1.4, 60°C), µm, ko‘p emas	ASTM D6079	460	387	625

2-jadval

BNQIZ 10-ustanovka gazoyllarining laboratoriya tahlili natijalari

№	Ko‘rsatkich nomi	Norma (ANSA)	Yengil gazoyl (10-ustanovka)	Og‘ir gazoyl (10-ustanovka)	Gazoyl (10-ustanovka)
1	Zichlik (15°C), kg/m³	815–840	817.9	836.6	–
2	Fraksion tarkib:				
	50% haydalish harorati, °C	≤280	238	280	179
	95% haydalish harorati, °C	≤340	251	334	355
	Qaynash oxiri, °C	≤360	278	388	365
	Kolbadagi qoldiq hajmi, %	≤2	1.0	1.6	2.8
3	Kinematik qovushqoqlik (20°C), mm²/s	2.5–5.0	3.8	7.4	7.3
4	Loyqalanish harorati, °C	≤ −10	–	−1	+2

ISSN 3030-3907

Yoqilg‘i kompozitsiyalarini tayyorlash laboratoriya sharoitida mexanik aralashtirish usuli orqali amalga oshirildi. Kompaundlash jarayonida sintetik va an’anaviy dizel yoqilg‘ilari turli hajmiy nisbatlarda aralashtirildi va bir jinsli aralashma hosil bo‘lishi ta’minlandi. Aralashtirish jarayoni xona haroratida olib borildi hamda tayyor aralashmalar keyingi fizik-kimyoviy tahlillar uchun germetik idishlarda saqlandi.

Fizik-kimyoviy tahlil usullari: Yoqilg‘ilarning setan soni ASTM D613 standarti bo‘yicha aniqlanib, yonish jarayonining tezligi va dvigatel ishining silliqligi baholandi. Setan indeksi ASTM D4737 metodiga muvofiq hisoblab chiqildi. Yoqilg‘ining zichligi 20°C da GOST 3900 standartiga asosan aniqlanib, aralashmalar tarkibining energetik samaradorlikka ta’siri baholandi. Fraksion tarkib GOST 2177 metodikasi asosida aniqlanib, yoqilg‘ining bug‘lanish xususiyatlari va yonish kinetikasiga ta’siri o‘rganildi. Yoqilg‘idagi suv miqdori GOST 2477 bo‘yicha aniqlanib, aralashmalar barqarorligiga ta’siri baholandi. Past harorat xossalari, xususan chegaraviy filtrlanish harorati EN 116 standartiga muvofiq aniqlanib, aralash yoqilg‘ilarning sovuq iqlim sharoitida qo‘llanish imkoniyati o‘rganildi. Koks hosil bo‘lish ko‘rsatkichi ASTM D4530 metodiga asosan aniqlanib, yonish kamerasida cho‘kma hosil bo‘lish ehtimoli baholandi. Zol miqdori GOST 1461 bo‘yicha aniqlanib, yoqilg‘ining mineral qo‘shimchalar bilan ifloslanish darajasi o‘rganildi. Oltingugurt miqdori EN ISO 20884 metodiga asosan aniqlanib, aralash yoqilg‘ilarning ekologik ko‘rsatkichlari baholandi. Mis plastinkada korroziya darajasi ASTM D130 standarti bo‘yicha aniqlanib, yoqilg‘ining metall detallar bilan o‘zaro ta’siri baholandi. Kinematik qovushqoqlik 40°C da GOST 33 metodiga muvofiq aniqlanib, yoqilg‘ining nasoslanish va purkash xossalari tahlil qilindi. Yopiq tigelda alangalanish harorati GOST 6356 bo‘yicha aniqlanib, yoqilg‘ining xavfsizlik ko‘rsatkichlari baholandi. Politsiklik aromatik uglevodorodlar miqdori GOST EN 12916 metodiga asosan aniqlanib, ekologik xavfsizlik darajasi o‘rganildi. Umumiy ifloslanish darajasi EN 12662 standarti bo‘yicha aniqlanib, yoqilg‘ining tozaligi baholandi. Oksidlanish barqarorligi ASTM D2274 metodiga asosan aniqlanib, yoqilg‘ining uzoq muddat saqlanish xususiyatlari o‘rganildi. Moylovchanlik xossalari ASTM D6079 metodiga muvofiq aniqlanib, yoqilg‘ining dvigatel yonilg‘i apparaturasiga ta’siri baholandi.

Natijalar va ularning muhokamasi: O‘tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalari GTL va an’anaviy dizel yoqilg‘ilarini turli nisbatlarda kompaundlash orqali yoqilg‘ining fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xossalarini sezilarli darajada boshqarish mumkinligini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907

3-jadval

“Sintetik GTL va an’anaviy gazoyl hamda dizel yoqilg‘ilarining turli nisbatlarda kompaundlangan aralashmalarining fizik-kimyoviy va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari”

№	Ko‘rsatkich nomi	10% GTL + 90% gazoyl	22% GTL + 78% gazoyl	25% GTL + 75% dizel	30% GTL + 70% dizel
1	Zichlik (15°C), kg/m³	813.7	813.7	816.0	816.4
2	Setan soni		62	59	58
3	Setan indeksi		66	61.2	61.4
4	Fraksion tarkibi				
	50% haydalish harorati, °C	239	239	272	278
	90% haydalish harorati, °C	259	259	348	346
	Qaynash oxiri, °C	320	311	385	373
	Qoldiq hajmi, %	1.0	1.0	1.6	1.7
5	Alangalanish harorati, °C	78	78	57	60
6	Kinematik qovushqoqlik (40°C), mm²/s	4.0	4.0	4.0	4.2
7	Oltingugurt miqdori, %	0.068	0.068	0.07	0.062
8	Loyqalanish harorati, °C	−28	−32	−3	−3
9	Mis plastinkada korroziya	Klass 1	Klass 1	Klass 1	Klass 1

Olingan yoqilg`i kompozitsiyalar tarkibida GTL ulushi ortib borishi bilan yoqilg‘ining zichligi ma’lum darajada kamayib, 10% GTL + 90% gazoyl tarkibida 813,7 kg/m³, 25% GTL + 75% dizel tarkibida esa 816,0 kg/m³ ni tashkil etdi. Setan soni esa GTL ulushi ortishi bilan oshib, 22% GTL + 78% gazoyl aralashmasida 62 birlikka yetdi, bu yonish jarayonining barqarorligini yaxshilashga olib kelgan. Fraksion tarkib ko‘rsatkichlari ham kompaundlash jarayonining muhim xususiyatlaridan biri bo`lib, 50% haydalish harorati 239–278 °C, qaynash oxiri esa 311–385 °C oralig`larida o`zgarganligi GTL sintetik yoqilg`I ulushi ortgan sari og‘ir fraksiyalar miqdori kamayishi bilan boradi.

ISSN 3030-3907

Kinematik qovushqoqlik barcha aralashmalarda 4,0–4,2 mm²/s diapazonda bo‘lib, dvigatel yoqilg‘i apparaturasining barqaror ishlashini, oltingugurt miqdori esa 0,062–0,07% oralig‘ida bo‘lib, GTL ulushi ortishi bilan kamayish va loyqalanish haroratining −28 °C dan −3 °C gacha o‘zgarishi va ularning tor uglevodorod komponentlarining kompoundlash asosida yoqilg‘ining quyi harorat xossalarini boshqarish imkonini beradi.

4-jadval

“EURO K4 talablari darajasidagi GTL va dizel yoqilg‘ilarining turli nisbatdagi aralashmalarining ekologik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari”

№	Ko‘rsatkich nomi	GTL 50%EURO K4 dizel 50%	GTL 55%EURO K4 dizel 45%	GTL 60%EURO K4 dizel 40%
1	Setan soni, kamida	62	63	62
2	Setan indeksi, kamida	59.5	60.0	60.0
3	Zichlik 20°C da, kg/m³	796.1	793.1	791.2
4	Fraksion tarkib: 250°C da haydalish, % (hajm) kamida 350°C da haydalish, % (hajm) kamida 95% haydalish harorati, °C, ko‘pi bilan	44 96 340	43 96 342	44 97 335
5	Suv miqdori, mg/kg, ko‘pi bilan	43.7	44.5	42.8
6	Chegaraviy filtrlanish harorati, °C, ko‘pi bilan	–11	–10	–10
7	10% qoldiqning kokslanishi, %, ko‘pi bilan	0.018	0.016	0.018
8	Kul miqdori, %, ko‘pi bilan	0.0032	0.0030	0.0033
9	Oltingugurt miqdori, mg/kg, ko‘pi bilan	17.2	11.3	9.4
10	Mis plastinkada korroziya (3 soat, 50°C)	1a	1a	1a
11	Kinematik viskozite 40°C da, mm²/s	3.33	3.31	3.27
12	Yonish (flash) harorati, °C, kamida	75	73	71

ISSN 3030-3907

13	Politsiklik aromatik uglevodorodlar, %, ko‘pi bilan	3.8	3.4	2.9
14	Umumiy ifloslanish, mg/kg, ko‘pi bilan	5.8	5.4	5.6
15	Oksidlanish barqarorligi: cho‘kma miqdori, g/m³, ko‘pi bilan	3.7	3.4	3.3
	Barqarorlik vaqti, soat, kamida	20	20	20
16	Yog‘ kislotalarining metil efirlari (FAME), % ko‘pi bilan	0.05	0.04	0.05
17	Moylovchanlik (WSD 1.4), 60°C da, mkm, ko‘pi bilan	450	455	460

EURO K4 talablari darajasidagi dizel yoqilg‘ilari va GTL mahsulotlarini turli nisbatlarda kompaundlash orqali olingan aralashmalar yuqori ekspluatatsion ko‘rsatkichlarga ega ekanligi aniqlangan. Setan soni 62–63 birlik diapazonda bo‘lib, bu yonish samaradorligining ortganini ko‘rsatadi. Zichlik qiymatlari esa 791,2–796,1 kg/m³ oralig‘ida bo‘lib, GTL ulushi ortishi bilan pasayish kuzatildi. Fraksion tarkib tahlillari aralashmalar tarkibida 250 °C gacha haydaladigan yengil fraksiyalar ulushi 43–44% ni tashkil etganini ko‘rsatdi. 350 °C gacha haydalish esa 96–97% ni tashkil qilib, yoqilg‘ining to‘liq yonish xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatgan. Chegaraviy filtrlanuvchanlik harorati −10…−11 °C bo‘lib, aralashmalarning past harorat sharoitlarida ham ishlash qobiliyati mavjudligini, oltingugurt miqdori 9,4–17,2 mg/kg diapazonda, aromatik uglevodorodlar miqdorining 2,9–3,8% oralig‘ida bo‘lishi ekologik ko‘rsatkichlarning yaxshilanishiga va kinematik qovushqoqligi 3,27–3,33 mm²/s bo‘lib, yoqilg‘ining purkalish va yonish xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

NATIJALAR MUHOKAMASI. Olingan natijalar GTL sintetik yoqilg‘isi yuqori parafinli tarkibga ega bo‘lgani sababli an’anaviy dizel yoqilg‘ilarining yonish sifatini yaxshilashi, setan sonining ortishi yoqilg‘ining o‘z-o‘zidan yonish qobiliyatini oshishi natijasida dvigatel ishining barqarorligini ta’minlagan. Shu bilan birga, GTL ulushi ortishi bilan yoqilg‘ining zichligi kamayishi dvigatelga beriladigan yoqilg‘ining atomizatsiyasini yaxshilab, yonish kamerasida to‘liqroq yonish jarayonini ta’minlaydi. Fraksion tarkibning optimallashuvi esa yoqilg‘ining bug‘lanish tezligini tartibga solib, sovuq sharoitlarda ishga tushish xususiyatlarini yaxshilaydi. Oltingugurt miqdorining keskin kamayishi ekologik

ISSN 3030-3907

jihatdan muhim ahamiyatga ega bo‘lib, SOx chiqindilarining kamayishiga va loyqalanish va filtrlanuvchanlik haroratining pasayishi past haroratli hududlarda yoqilg‘ining ishlash qobiliyatini oshiradi. EURO K4 dizel yoqilg‘isi bilan GTL aralashmalari fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar bo‘yicha xalqaro standart talablariga mos kelishi va ekspluatatsion xossalarining yaxshilanishi bilan ajralib turadi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, GTL asosida tayyorlangan aralashmalar ekologik toza, yuqori samarali va istiqbolli dizel yoqilg‘i turlarini yaratish imkonini berdi hamda neftga bo‘lgan qaramlikni kamaytirishga xizmat qiladi.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida sintetik GTL yoqilg‘isi va an’anaviy dizel (gazoyl) fraksiyalarini turli nisbatlarda kompaundlash orqali yoqilg‘ining ekologik hamda ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash mumkinligi aniqlandi. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, GTL komponenti ulushi ortishi bilan setan soni va setan indeksi oshadi, oltingugurt miqdori, aromatik uglevodorodlar ulushi hamda umumiy ifloslanish darajasi kamayadi. Bu esa yonish jarayonining to‘liqroq kechishini ta’minlab, zararli chiqindilar miqdorini kamaytiradi va dvigatelning ishlash samaradorligini oshiradi.

Fraksion tarkib tahlili natijalariga ko‘ra, GTL asosidagi aralashmalar haydalish haroratlari va qaynash chegaralarining optimallashuvi bilan ajralib turdi, bu esa yoqilg‘ining bug‘lanish xususiyatlarini yaxshilab, sovuq sharoitlarda ishga tushirish xususiyatlarini kuchaytiradi. EURO K4 talablari asosida olingan natijalar GTL qo‘shilgan dizel aralashmalarining ekologik xavfsizligini tasdiqladi. Xususan, oltingugurt miqdori va politsiklik aromatik uglevodorodlar ulushining kamayishi yoqilg‘ining atrof-muhitga salbiy ta’sirini kamaytiradi va moylovchanlik ko‘rsatkichlarining maqbul darajada saqlanishi esa dvigatel qismlarining yeyilishini kamaytirib, yoqilg‘i tizimi ishonchliligini ta`minlagan.

ADABIYOTLAR RO`YXATI:

1. International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook 2023*. – Paris: IEA Publications, 2023.
2. European Environment Agency. *Transport and Environment Report 2022*. – Copenhagen, 2022.
3. Heywood J.B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. – New York: McGraw-Hill, 2018.
4. Dry M.E. The Fischer–Tropsch process: 1950–2000 // *Catalysis Today*. – 2002. – Vol. 71. – P. 227–241.
5. Knothe G., Krahl J., Van Gerpen J. *The Biodiesel Handbook*. – AOCS Press, 2015.
6. [6]. ExxonMobil Research and Engineering. *GTL Diesel Fuel Blending Characteristics*. – Technical Report, 2016.

ISSN 3030-3907

7. Lapuerta M., Armas O., Rodríguez-Fernández J. Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions // *Progress in Energy and Combustion Science*. – 2008. – Vol. 34. – P. 198–223.

ISSN 3030-3907

“O`ZBEKISTON GTL” MAHSULOTLARNINING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARI VA ULARNI KOMPOUDIRLASH ASOSIDA EKOLOGIK TOZA YOQILG`ILAR OLISH ISTIQBOLLARI

Ro`ziyev Aliakbar To`raqulovich
Buxoro davlat texnika universiteti
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro davlat texnika universiteti
Mavlonov Shohrux Boboxon o`g`li
Buxoro davlat texnika universiteti

Anatatsiya. Mazkur maqolada “O‘zbekiston GTL” zavodida ishlab chiqarilgan sintetik dizel yoqilg‘isini an’anaviy EURO K4 dizel yoqilg‘isi bilan turli nisbatlarda (50–60 %) kompaundlash natijasida olingan aralash yoqilg‘ilarning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xossalari o‘rganildi. Tadqiqotlar natijasida aralash yoqilg‘ilarda setan soni 62–63 birlikni tashkil etishi, setan indeksi esa 59,5–60,0 oralig‘ida bo‘lishi aniqlandi. Zichlik 791,2–796,1 kg/m³, kinematik viskozite 40 °C da 3,27–3,33 mm²/s diapazonda o‘zgargani kuzatildi. Chegaraviy filtrlanish harorati –10…–11 °C ni tashkil etib, sintetik komponent qo‘shilishi past harorat xossalarining yaxshilanishiga olib kelgani qayd etildi. Oltingugurt miqdori 9,4–17,2 mg/kg oralig‘ida bo‘lib, ekologik talablar darajasida saqlangan. Yonish harorati 71–75 °C, moylovchanlik bo‘yicha eskirish diametri 450–460 mkm hamda oksidlanish barqarorligi bo‘yicha cho‘kma miqdori 3,3–3,7 g/m³ ni tashkil etdi. Olingan natijalar sintetik GTL komponentlarini neft dizel fraksiyalari bilan ilmiy asoslangan kompaundlash orqali ekologik toza va yuqori samaradorlikka ega motor yoqilg‘ilarini olish mumkinligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: GTL, sintetik dizel yoqilg‘isi, kompaundlash, setan soni 62–63, zichlik 791–796 kg/m³, past harorat xossalari, oltingugurt 9–17 mg/kg, oksidlanish barqarorligi

Аннотация. В статье исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства топливных смесей, полученных путем компаундирования синтетического дизельного топлива, произведенного на заводе «Uzbekistan GTL», с традиционным дизельным топливом стандарта EURO K4 в соотношениях 50–60 %. Установлено, что цетановое число смесей составляет 62–63 единицы, цетановый индекс — 59,5–60,0. Плотность изменяется в пределах 791,2–796,1 кг/м³, кинематическая вязкость при 40 °C — 3,27–3,33 мм²/с. Предельная температура фильтруемости составляет –10…–11 °C, что свидетельствует об улучшении низкотемпературных свойств при добавлении синтетического компонента. Содержание серы находится в диапазоне 9,4–17,2 мг/кг и соответствует экологическим требованиям. Температура вспышки составляет 71–75 °C, диаметр пятна

ISSN 3030-3907

износа — 450–460 мкм, количество осадка при окислительной стабильности — 3,3–3,7 г/м³. Полученные результаты подтверждают перспективность научно обоснованного компаундирования синтетических GTL-компонентов с нефтяными фракциями для получения экологически чистых и высокоэффективных моторных топлив.

Ключевые слова: GTL, синтетическое дизельное топливо, компаундирование, цетановое число 62–63, плотность 791–796 кг/м³, низкотемпературные свойства, содержание серы 9–17 мг/кг, окислительная стабильность.

Abstract. This study investigates the physicochemical and performance properties of blended fuels obtained by compounding synthetic diesel fuel produced at the Uzbekistan GTL plant with conventional EURO K4 diesel fuel at blending ratios of 50–60%. The results showed that the cetane number of the blends ranged from 62 to 63, while the cetane index was 59.5–60.0. Fuel density varied between 791.2 and 796.1 kg/m³, and kinematic viscosity at 40 °C was in the range of 3.27–3.33 mm²/s. The cold filter plugging point was found to be –10 to –11 °C, indicating improved low-temperature performance due to the addition of synthetic components. Sulfur content ranged from 9.4 to 17.2 mg/kg, meeting environmental requirements. Flash point values were 71–75 °C, wear scar diameter was 450–460 μm, and oxidation stability sediment content was 3.3–3.7 g/m³. The obtained results confirm that scientifically based blending of synthetic GTL components with petroleum diesel fractions is a promising approach for producing environmentally friendly and high-performance motor fuels.

Keywords: GTL, synthetic diesel fuel, fuel blending, cetane number 62–63, density 791–796 kg/m³, low-temperature properties, sulfur content 9–17 mg/kg, oxidation stability.

KIRISH.

Hozirgi kunda jahonda yoqilg‘i-energetika sohasida ekologik xavfsiz va yuqori samaradorlikka ega avtomobil yoqilg‘ilarini ishlab chiqarish masalasi global miqyosda dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi[1]. Transport vositalari sonining ortishi, sanoat ishlab chiqarish hajmlarining kengayishi hamda atmosferaga chiqarilayotgan zararli gazlar miqdorining ko‘payishi an’anaviy neft yoqilg‘ilarining sifat ko‘rsatkichlarini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltirmoqda[2]. Shu bilan birga, xalqaro ekologik standartlarning qat’iylashuvi yonish jarayonida kam zararli moddalar ajratadigan, yuqori energiya samaradorligiga ega yangi avlod yoqilg‘ilarini yaratishni talab etmoqda. Mazkur vazifalarni hal etishda tabiiy gaz asosida sintetik suyuq yoqilg‘ilar ishlab chiqarish texnologiyasi, xususan Gas-to-Liquids (GTL) jarayoni muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi[3].

ISSN 3030-3907

So‘nggi yillarda GTL texnologiyasi asosida olingan mahsulotlarning tarkibi, fizik-kimyoviy xossalari va ularning dvigatel ekspluatatsion hamda ekologik ko‘rsatkichlarga ta’siri bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda[4]. Ilmiy adabiyotlarda sintetik dizel yoqilg‘ilarining yuqori setan soniga ega ekanligi, tarkibida oltingugurt va aromatik uglevodorodlar miqdorining juda pastligi, yonish jarayonining barqaror ekanligi keng yoritilgan[5]. Shuningdek, GTL mahsulotlarini an’anaviy neft fraksiyalari bilan kompaundlash orqali yoqilg‘ining ekspluatatsion xossalarini optimallashtirish, dvigatel ish rejimlarini yaxshilash hamda zararli chiqindilar miqdorini kamaytirish imkoniyatlari haqida ilmiy asoslangan natijalar mavjud[6]. Ayrim tadqiqotlarda tor fraksiyalangan komponentlarni tanlab aralashtirish orqali dizel yoqilg`ilarning quyi harorat xossalarini boshqarish, zichlik va qovushqoqligini optimallashtirish hamda yonish samaradorligini oshirish mumkinligi ko‘rsatib o‘tilgan[7].

Biroq mavjud ilmiy tadqiqotlarda GTL mahsulotlarining mintaqaviy xususiyatlarini, xususan “O‘zbekiston GTL” zavodida ishlab chiqarilayotgan sintetik yoqilg‘ilar tarkibining o‘ziga xos jihatlarini kompleks o‘rganish yetarli darajada yoritilmagan. Shu bilan birga, mazkur mahsulotlarni an’anaviy neft fraksiyalari bilan optimal nisbatlarda kompaundlash asosida ekologik toza va past harorat xossalari yaxshilangan yoqilg‘ilar olishning ilmiy-texnologik asoslari ham to‘liq ishlab chiqilmagan. Ayniqsa, tor fraksiyalangan uglevodorod komponentlari asosida aralash yoqilg‘ilar tarkibini boshqarish, ularning fizik-kimyoviy va ekologik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash, hamda xalqaro standartlarga javob beradigan yoqilg‘i kompozitsiyalarini yaratish bo‘yicha ilmiy natijalar olib borilmagan.

Shunga ko`ra ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi “O‘zbekiston GTL” mahsulotlarining fizik-kimyoviy xossalarini kompleks tahlil qilish hamda ularni neftdan olingan tor fraksiyali komponentlar bilan kompaundlash asosida ekologik va ekspluatatsion xossalari yaxshilangan yoqilg‘i kompozitsiyalarini ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

-sintetik GTL mahsulotlarining asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini aniqlash va baholash;

-neft fraksiyalari bilan aralashtirish jarayonining nazariy va texnologik asoslarini o‘rganish;

-aralash yoqilg‘ilarning quyi harorat xossalari, yonish samaradorligi va ekologik ko‘rsatkichlariga ta’sir etuvchi omillarni aniqlash;

optimal kompaundlash tarkiblarini ishlab chiqish hamda ekologik toza yoqilg‘ilar olish istiqbollarini ilmiy jihatdan asoslashdan iborat.

ISSN 3030-3907

MATERIALLAR VA USULLAR. Tadqiqot ishlarini bajarishda asosiy xom ashyo sifatida “O‘zbekiston GTL” zavodida ishlab chiqarilgan sintetik dizel fraksiyalari, shuningdek mahalliy neftni qayta ishlash korxonalaridan olingan an’anaviy dizel fraksiyalari va tor fraksiyalangan uglevodorod komponentlari ishlatildi. Tadqiqotlarda qo‘llanilgan barcha komponentlar amaldagi texnik shartlar va standartlar talablariga mos holda tanlab olindi hamda tajribalar boshlanishidan oldin ularning dastlabki fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari aniqlab olindi (1-jadval).

1-jadval

GTL sintetik dizel yoqilg‘isi va ECO dizel yoqilg‘isi ko‘rsatkichlari taqqoslanishi

№	Ko‘rsatkich nomi	ECO dizel normasi (O‘zDSt 1134:2018)	ECO dizel (RVS-24, 06.01.2025)	GTL sintetik dizel (07.01.2025)
1	Setan soni, kamida	50	57	83.5
2	Zichlik 20°C da, kg/m³, ko‘pi bilan	860	832.5	771.5
3	Fraksion tarkib: 50% haydalish harorati, °C, ko‘pi bilan	280	262	268
	Fraksion tarkib: 96% haydalish harorati, °C, ko‘pi bilan	360	357	335
4	Suv miqdori	bo‘lmasligi kerak	yo‘q	yo‘q
5	Chegaraviy filtrlanish harorati, °C, ko‘pi bilan	–5	–4	–25
6	Yod soni, g/100 g yoqilg‘i, ko‘pi bilan	5	0.79	0.16
7	10% qoldiqning kokslanishi, %, ko‘pi bilan	0.2	0.013	0.049
8	Kul miqdori, %, ko‘pi bilan	0.01	0.0034	0.0057
9	Oltingugurtning massaviy ulushi, ppm, ko‘pi bilan	0.10 (I tur) 0.05 (II tur) 0.01 (III tur)	0.097 - -	4.4 ppm - -
10	Merkaptanli oltingugurt ulushi, %, ko‘pi bilan	0.01	0.0015	0.0005

ISSN 3030-3907

11	Vodorod sulfidi (H_2S) miqdori	bo‘lmasligi kerak	yo‘q	yo‘q
12	Mis plastinkada sinov	1-klassga bardosh beradi	1-klass	1-klass
13	Suvda eruvchan kislota va ishqorlar	bo‘lmasligi kerak	yo‘q	yo‘q
14	Kinematik qovushqoqligi 20°C da, mm^2/s	3.0–6.0	4.0	3.7
15	Kislotalilik, mg KOH/100 sm^3, ko‘pi bilan	5	0.3	2.0
16	Chaqnash (flash) harorati, °C, kamida	62	65	74
17	Mexanik aralashmalar, %, ko‘pi bilan	0.0024	0.0012	0.0004
18	Faktik smolalar, mg/100 sm^3, ko‘pi bilan	40	17	3.0
19	Qotish harorati, °C, ko‘pi bilan	–10	–8	–33
20	Loyqalanish harorati, °C, ko‘pi bilan	–5	–2	–22
21	Moylovchanlik (WSD 60°C da), µm, ko‘pi bilan	–	670	400
22	Politsiklik aromatik uglevodorodlar, %, ko‘pi bilan	–	–	0
23	Oksidlanish barqarorligi (cho‘kma), g/m^3, ko‘pi bilan	25	–	2.8

MATERIALLAR. Eksperimental tadqiqotlarda quyidagi asosiy materiallar ishlatildi: – sintetik dizel yoqilg‘isi (GTL dizel fraksiyasi), gidrotozalangan neft-gazokondensat dizel fraksiyasi, kerosin va gazoylning tor fraksiyalari, kompaundlash jarayonida quyi haroratli xossalarini yaxshilash maqsadida optimallashtirish maqsadida depressor prisadkalar (zaruratga qarab), laboratoriya sinovlari uchun standart reaktivlar va erituvchilar.

Barcha yoqilg‘i namunalarining zichligi, kinematik qovushqoqligi, setan soni, fraksion tarkibi, qotish harorati, filtrlanish chegaraviy harorati, oltingugurt miqdori va aromatik uglevodorodlar ulushi amaldagi xalqaro va milliy standartlarga muvofiq aniqlanib, dastlabki baholash ishlari olib borildi.

ISSN 3030-3907

Kompaundlash usuli: Yoqilg‘i kompozitsiyalarini tayyorlash laboratoriya sharoitida mexanik aralashtirish (kompaundlash) usuli yordamida amalga oshirildi. Bunda sintetik GTL fraksiyalari va neftdan olingan dizel komponentlari oldindan belgilangan nisbatlarda (hajm yoki massa ulushlarida) aralashtirildi. Aralashtirish jarayoni doimiy aralashtirgichli termostatlangan reaktorda 20–40 °C harorat oralig‘ida olib borildi. Aralashmaning bir jinsliligini ta’minlash uchun 15–30 minut davomida aralashtirish amalga oshirildi.

Kompaundlash jarayonida turli nisbatdagi kompozitsiyalar tayyorlanib, ularning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari o‘zaro taqqoslandi. Optimal tarkibni aniqlash maqsadida GTL komponentining ulushi bosqichma-bosqich o‘zgartirilib borildi.

Fizik-kimyoviy tahlil usullari: Tayyorlangan yoqilg‘i kompozitsiyalarining asosiy sifat ko‘rsatkichlari quyidagi standart metodlar asosida aniqlanildi: Zichlik – piknometrik yoki areometrik usulda, kinematik qovushqoqlik – kapillyar viskozimetr yordamida; fraksion tarkib – standart distillyatsiya apparatida, setan soni – hisoblash yoki dvigatel sinov usullari orqali(setanomer),– quyi haroratli xossalari (loyqalanish, qotish va filtrlanish chegaraviy harorati,) – sovitish vannasi va maxsus filtr qurilmalari yordamida, oltingugurt miqdori – rentgen-fluoresans yoki kimyoviy tahlil metodlari asosida, yonish samaradorligi va ekologik ko‘rsatkichlar – laboratoriya dvigatel sinov stendida baholandi.

Natijalar va ularning muhokamasi: 2-jadvalda EURO K4 dizel yoqilg‘isiga turli ulushlarda sintetik GTL dizel yoqilg‘isining 60%, 55%, 50% miqdorlarini qo‘shilgan aralashmalarining laboratoriya tahlil natijalari keltirilgan. Jadvaldan ko‘rinadiki, sintetik komponent ulushining ortishi yoqilg‘ining asosiy fizik-kimyoviy va ekspluatatsion ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan.

2-jadval

EURO K4 dizel yoqilg‘isi va GTL sintetik dizel aralashmalarining laboratoriya tahlil natijalari

№	Ko‘rsatkich nomi	Tahlil usuli	EURO K4 dizel 40% + GTL 60%	EURO K4 dizel 45% + GTL 55%	EURO K4 dizel 50% + GTL 50%
1	Setan soni, kamida	ASTM D613	62	63	62
2	Setan indeksi, kamida	ASTM D4737	60.0	60.0	59.5

ISSN 3030-3907

3	Zichlik 20°C da, kg/m³	GOST 3900	791.2	793.1	796.1
4	Fraksion tarkib: 250°C da haydalish, % (hajm) kamida 350°C da haydalish, % (hajm) kamida 95% haydalish harorati, °C, ko‘pi bilan	GOST 2177	44 97 335	43 96 342	44 96 340
5	Suv miqdori, mg/kg, ko‘pi bilan	GOST 2477	42.8	44.5	43.7
6	Chegaraviy filtrlanish harorati, °C, ko‘pi bilan	EN 116	–10	–10	–11
7	10% qoldiqning kokslanishi, %, ko‘pi bilan	ASTM D4530	0.018	0.016	0.018
8	Kul miqdori, %, ko‘pi bilan	GOST 1461	0.0033	0.0030	0.0032
9	Oltingugurt miqdori, mg/kg, ko‘pi bilan	EN ISO 20884	9.4	11.3	17.2
10	Mis plastinkada korroziya (3 soat, 50°C)	ASTM D130	1a	1a	1a
11	Kinematik viskozite 40°C da, mm²/s	GOST 33	3.27	3.31	3.33
12	Yonish (flash) harorati, °C, kamida	GOST 6356	71	73	75
13	Politsiklik aromatik uglevodorodlar, %, ko‘pi bilan	EN 12916	2.9	3.4	3.8
14	Umumiy ifloslanish, mg/kg, ko‘pi bilan	EN 12662	5.6	5.4	5.8
15	Oksidlanish barqarorligi: cho‘kma miqdori, g/m³, ko‘pi bilan	ASTM D2274	3.3 20	3.4 20	3.7 20

ISSN 3030-3907

	Barqarorlik vaqti, soat, kamida				
16	Yog‘ kislotalarining metil efirlari (FAME), % ko‘pi bilan	GOST EN 14078	0.05	0.04	0.05
17	Moylovchanlik (WSD 1.4), 60°C da, mkm, ko‘pi bilan	ASTM D6079	460	455	450

EURO K4 markali dizel yoqilg‘isi va sintetik GTL dizel yoqilg‘isi asosida tayyorlangan aralashmalarda sintetik komponent ulushining o‘zgarishi yoqilg‘ining asosiy ekspluatatsion hamda ekologik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ma`lum bo`ldi. Aralashmalarda setan soni 62–63 diapazonda aniqlanib, barcha namunalar uchun yonish samaradorligining yuqori darajada ekanligi, etan indeksi esa 59,5–60,0 oralig‘ida bo‘lib, sintetik komponent ulushi ortishi bilan keskin o‘zgarish kuzatilmadi. Zichlik ko‘rsatkichlari 791,2 dan 796,1 kg/m³ gacha o‘zgarib, sintetik yoqilg‘i ulushi kamaygan sari zichlikning ortishi aniqlandi. Fraksion tarkib natijalari bo‘yicha 250 °C da haydalish ulushi 43–44 %, 350 °C da esa 96–97 % ni tashkil etdi, 95 % haydalish harorati esa 335–342 °C oralig`larida qayd etildi va bu aralash yoqilg‘ilarning bug‘lanish xossalari standart talablar darajasida ekanligini ko‘rsatdi. Chegaraviy filtrlanish harorati minus 10–11 °C oralig‘ida aniqlanib, sintetik komponent ulushi yuqori bo‘lgan aralashmada quyi haroratli xossalarining yaxshilanishini kuzatildi. Oltingugurt miqdori 9,4–17,2 mg/kg diapazonda aniqlanib, barcha namunalar ekologik talablarga javob berishi, politsiklik aromatik uglevodorodlar ulushi esa 2,9–3,8 % ni tashkil etib, sintetik komponent ulushi kamaygan sari ularning miqdori ortishi aniqlangan. Kinematik qovushqoqlugu 40 °C da 3,27–3,33 mm²/s oralig‘ida bo`lib, aralash yoqilg‘ilarning oqim xossalari talab darajasida va yonish harorati esa 71–75 °C diapazondaligi dizel yoqilg‘ilarning xavfsizlik ko‘rsatkichlari yuqori ekanligi ma`lum bo`ldi. Moylovchanlik ko‘rsatkichlari bo‘yicha eskirish diametri 450–460 mkm oralig‘ida bo‘lib, sintetik komponent ulushi ortishi bilan tribologik xossalarning yaxshilanishiga olib kelgan. Oksidlanish barqarorligi natijalari cho‘kma miqdorining 3,3–3,7 g/m³ ekanligini ko‘rsatib, aralash yoqilg‘ilarning saqlash jarayonida kimyoviy barqarorligini ta’minlashini tasdiqladi.

Olingan natijalar sintetik GTL dizel yoqilg‘isini an’anaviy EURO K4 dizel yoqilg‘isi bilan kompaundlash orqali yoqilg‘ining fizik-kimyoviy, ekologik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini maqsadli boshqarish mumkinligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Yuqori setan soniga ega sintetik komponent qo‘shilishi yonish jarayonining tez va to‘liq kechishiga olib kelib, dvigatel samaradorligini oshirishi hamda zararli chiqindilar miqdorini kamaytirishi mumkin. Fraksion tarkibning optimal diapazonda bo‘lishi yoqilg‘ining bug‘lanish jarayonini muvozanatlashtirib, yonish kamerasida to‘liq oksidlanish uchun qulay sharoit yaratadi. Oltingugurt miqdorining pastligi ekologik nuqtai nazardan muhim omil bo‘lib, atmosferaga chiqariladigan SO_x birikmalari miqdorini kamaytirishga xizmat qiladi. Moylovchanlik xossalarining yaxshilanishi esa dvigatel detallari ishqalanishini kamaytirib, ularning xizmat muddatini uzaytirish imkonini beradi. Shu bilan birga, politsiklik aromatik uglevodorodlar ulushining aralashma tarkibiga bog‘liq holda o‘zgarishi yoqilg‘i kompozitsiyasini yanada optimallashtirish zarurligini ko‘rsatdi. Kelgusida tor fraksiyalangan komponentlar va funksional prisadkalar qo‘llash orqali aralash yoqilg‘ilarning ekologik va ekspluatatsion xossalarini yanada yaxshilash mumkin ekanligisintetik GTL dizel yoqilg‘isini neftdan olingan dizel fraksiyalari bilan kompaundlash zamonaviy ekologik talablarga javob beradigan, yuqori samaradorlikka ega yoqilg‘ilar ishlab chiqarishning istiqbolli texnologik yo‘nalishi sifatida baholanishi mumkin.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, sintetik GTL dizel yoqilg‘isini an’anaviy EURO K4 dizel yoqilg‘isi bilan kompaundlash orqali yoqilg‘ining asosiy fizik-kimyoviy, ekspluatatsion va ekologik ko‘rsatkichlarini maqsadli ravishda yaxshilash mumkin. Aralash yoqilg‘ilarda setan sonining yuqori darajada saqlanishi yonish jarayonining samarali kechishini ta’minlab, dvigatel ish unumdorligini oshirish va zararli chiqindilar miqdorini kamaytirishga xizmat qiladi. Shuningdek, oltingugurt miqdorining pastligi va oksidlanish barqarorligining yuqori bo‘lishi aralash yoqilg‘ilarning ekologik xavfsizligi hamda saqlash jarayonidagi barqarorligini ta’minlaydi. Moylovchanlik xossalarining yaxshilanishi dvigatel detallarining yeyilishini kamaytirib, ularning xizmat muddatini uzaytirishga yordam beradi. Shu bilan birga, ayrim ko‘rsatkichlar, xususan politsiklik aromatik uglevodorodlar ulushi aralashma tarkibini yanada optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Umuman olganda, sintetik GTL dizel yoqilg‘isini tor fraksiyalangan neft komponentlari bilan ilmiy asoslangan kompaundlash zamonaviy ekologik standartlarga javob beradigan, yuqori samaradorlikka ega motor yoqilg‘ilarini ishlab chiqarishning istiqbolli texnologik yo‘nalishi hisoblanadi va kelgusida ushbu yo‘nalishda chuqurlashtirilgan tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook 2022*. – Paris: IEA Publications, 2022.

ISSN 3030-3907

2. European Environment Agency. *Transport and Environment Report.* – Copenhagen, 2021.
3. Dry M.E. Fischer–Tropsch synthesis and the production of clean fuels // *Catalysis Today.* – 2002. – Vol. 71. – P. 227–241.
4. Chevron Corporation. *Gas-to-Liquids Technology Overview.* – Technical Report, 2015. Alleman T.L., Eudy L., Miyasato M. et al. *Fuel Property Effects on Advanced Combustion Performance.* // *SAE Technical Paper*. – 2004.
5. ExxonMobil. *Blending of GTL Diesel with Conventional Diesel Fuel.* – Technical Bulletin, 2013.
6. Lapuerta M., Armas O., García-Contreras R. Effect of fuel properties on diesel emissions // *Fuel Processing Technology.* – 2009. – Vol. 90. – P. 1356–1365.

ISSN 3030-3907

FAZA O‘ZGARUVCHAN VA QATTIQ MATERIALLARDAN BIRGALIKDA FOYDALANILGAN ISSIQLIK ENERGIYASINI SAQLASH TIZIMLARINING HISOBI

Shodmonov Musulmon Farxodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti 4-bosqich talabasi
E-mail: shmusulmon@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola faza o‘zgaruvchan materiallar (FOM) va qattiq issiqlik akkumulyatorlarining birgalikdagi ishlash tamoyillariga asoslangan gibrid issiqlik energiyasini saqlash (IES) tizimlarini matematik va raqamli modellash usullarini taqdim etadi. Tizimda issiqlik o‘tkazuvchanligini oshirish uchun grafenli kompozit materiallar, metallik ko‘pikmalar va aniqli issiqlik kapasiteti katta bo‘lgan keramik qo‘shimchalar qo‘llanilib, entalpiya-temperatura munosabatlarini tavsiflovchi to‘liq termodinamik modellar ishlab chiqilgan. Stefan muammosi asosida qo‘llanilgan chegara shartlari bilan hal etilgan ikki fazali issiqlik o‘tkazuvchanligi tenglamalari tizimi natijalariga ko‘ra, gibrid tizimlar sof FOM tizimlariga nisbatan issiqlik to‘plash samaradorligini 23–41% ga oshirishi aniqlandi. Quyosh energiyasi tizimlari va sanoat jarayonlari uchun amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: faza o‘zgaruvchan materiallar, qattiq issiqlik akkumulyatori, gibrid issiqlik saqlash, Stefan muammosi, entalpiya usuli, issiqlik o‘tkazuvchanlik, quyosh energiyasi, CFD modellash, termodinamika, issiqlik kapasiteti.

Аннотация. В данной статье представлены методы математического и численного моделирования гибридных систем теплового аккумулирования (ТА), основанных на совместном использовании материалов с фазовым переходом (МФП) и твёрдотельных тепловых аккумуляторов. В конструкции системы применяются композиты на основе графена, металлические пеноматериалы и керамические добавки с высокой удельной теплоёмкостью для повышения теплопроводности и скорости зарядки/разрядки. Разработана и верифицирована полностью связанная термодинамическая модель, основанная на энтальпийно-температурной формулировке двухфазной задачи Стефана. Согласно результатам моделирования, гибридные системы превосходят чистые МФП-конфигурации по эффективной плотности хранения энергии на 23–41%. Разработаны практические рекомендации для солнечных тепловых установок и систем рекуперации промышленного тепла с анализом эксергетического КПД и стабильности циклов.

Ключевые слова: материалы с фазовым переходом, твёрдый тепловой аккумулятор, гибридное тепловое хранение, задача Стефана, метод

энтальпии, теплопроводность, солнечная энергия, CFD моделирование, термодинамика, теплоёмкость, эксергетический анализ.

Abstract. This paper presents mathematical and numerical modeling approaches for hybrid thermal energy storage (TES) systems based on the combined operation of phase change materials (PCMs) and solid-state thermal accumulators. Graphene-based composites, metallic foams, and high-specific-heat ceramic additives are employed in the system architecture to enhance thermal conductivity and charge/discharge rates. A fully coupled thermodynamic model — based on the enthalpy-temperature formulation of the two-phase Stefan problem with appropriate boundary conditions — is developed and validated. Simulation results demonstrate that hybrid systems outperform pure PCM configurations by 23–41% in effective energy storage density. Practical design guidelines are provided for solar thermal and industrial waste-heat-recovery applications, with an analysis of exergy efficiency, charge–discharge cycle stability, and material compatibility under repeated thermal cycling.

Keywords: phase change materials, solid thermal storage, hybrid TES, Stefan problem, enthalpy method, thermal conductivity enhancement, solar energy, CFD modeling, thermodynamics, heat capacity, exergy analysis.

KIRISH.

Jahon energetikasi sohasida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish sur’atlarining ortishi bilan birga, energiyaning vaqtinchalik kutilmagan ishlab chiqarilishi va iste’mol qilinishi o‘rtasidagi nomuvofiqlikni bartaraf etuvchi samarali issiqlik energiyasini saqlash (IES) tizimlariga bo‘lgan ehtiyoj keskin ortib bormoqda. Quyosh termal tizimlari, sanoat jarayonlari va binolarni isitish/sovitish sohasida IES texnologiyalari asosiy muhandislik yechimiga aylanib kelmoqda. An’anaviy IES tizimlari asosan uch toifaga bo‘linadi:

1.Aniqlikdagi issiqlik saqlash (sensible heat storage) — qattiq yoki suyuq muhit harorat o‘zgarishi orqali;

2.Yashirin issiqlik saqlash (latent heat storage) – faza o‘tishi orqali;

3.Termokimyoviy saqlash — qaytar kimyoviy reaksiyalar orqali. So‘nggi o‘n yilliklarda faza o‘zgaruvchan materiallar (FOM) asosan parafin mumlar, yog‘ kislotalar, tuzli gidratlar va metallik qotishmalar — yuqori energiya zichligi tufayli keng tadqiq etilgan. Biroq FOMlarning asosiy kamchiligi past issiqlik o‘tkazuvchanligidir (0.1–0.6 W/m·K), bu esa zaryadlash va razryadlash jarayonlarini sekinlashtiradi. Ushbu cheklovni bartaraf etish maqsadida qattiq issiqlik akkumulyatorlari (keramiklar, betonlar, metallar — issiqlik o‘tkazuvchanligi 1–50 W/m·K) bilan FOMlarni birlashtirib gibrid tizimlar yaratishga qaratilgan tadqiqotlar intensivlashmoqda. Gibrid tizimlar FOMning

ISSN 3030-3907

yuqori energiya zichligi bilan qattiq materialning tez issiqlik uzatish xususiyatini uyg‘unlashtirib, tizim samaradorligini sezilarli darajada oshirishi ko‘rsatilgan.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Issiqlik energiyasini saqlash sohasidagi dastlabki sistemli tadqiqotlar 1980-yillardan boshlanib, NASA va EPRI dasturlari doirasida qattiq oksidlar va nitratlar asosidagi tizimlar o‘rganilgan. Kenisarin va Kenisarina (2007) parafin va yog‘ kislotalar uchun keng ma’lumotlar bazasini taqdim etgan bo‘lsa, Zalba et al. (2003) 150 dan ortiq FOM xususiyatlarini taqqoslagan. Farid et al. (2004) FOM inkapsulyatsiyasi va mikro-makro darajalardagi issiqlik o‘tkazuvchanligi mexanizmlarini tahlil qilgan. Qattiq materiallar tomonidan Miliozzi et al. (2016) beton va korund asosidagi akkumulyatorlarning 400–700°C oralig‘idagi ishlashini o‘rganib, energiya zichligi 0.3–0.8 MJ/kg ekanligini aniqlagan. Laing et al. (2012) DLR laboratoriyasida beton modul tizimlar bilan 4 MWh saqlash hajmiga erishganlar. Metallik pena (Ni, Cu, Al) bilan boyitilgan FOM kompozitlarining issiqlik o‘tkazuvchanligini 2–5 barobar oshirishini ko‘rsatgan. Gibrid tizimlar tahlili sohasida Tay et al. (2017) qatlamli FOM-beton tizimida samaradorlikni 28% oshirganini hisoblagan, Zhang et al. (2022) esa grafenli grafitli FOM asosidagi uch zonali tizimda 38% yuqori samaradorlikka erishganini taqdim etgan. Biroq hozirgi adabiyotlarda Stefan muammosi asosidagi to‘liq birlashtirilgan termodinamik modellar kamchilik qiladi; aksariyat ishlar soddalashtirilgan bir o‘lchovli modellardan foydalanadi[1].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tizim arxitekturasi va material tanlash: Tadqiqotda ko‘rib chiqilgan gibrid IES tizimi uchta asosiy qatlamdan iborat: (I) tashqi issiqlik oqimi zoni — yuqori haroratli suyuq issiqlik tashuvchi modda (termal yog‘ yoki erimagan tuz); (II) gibrid saqlash qatlami — FOM va qattiq material kompoziti; (III) ichki issiqlik ajratish zoni — past haroratli suyuq oqimi. Qatlam qalinliklari δ_1, δ_2, δ_3 deb belgilanadi va optimallash o‘zgaruvchilari hisoblanadi. FOM sifatida n-oktadekane ($C_{18}H_{38}$, Tm = 28.2°C, L = 242 kJ/kg), palmitik kislota ($C_{16}H_{32}O_2$, Tm = 61.8°C, L = 187 kJ/kg) va $NaNO_3$-KNO_3 eutektik tuz aralashmasi (60:40, Tm = 220°C, L = 100 kJ/kg) ko‘rib chiqilgan. Qattiq materiallar uchun magnezit-asosli keramika (λ = 4.2 W/m·K, cp = 1050 J/kg·K), ishqoriy aluminiy silikat (λ = 2.8 W/m·K) va mis-alyuminiy metallik ko‘pik (porosity 0.85, λ_{eff} = 12–18 W/m·K) tanlangan. Matematik model: Gibrid IES tizimining issiqligi o‘tkazuvchanligi Stefan muammosi ko‘rinishida quyidagi tenglamalar tizimi bilan tasvirlanadi:

$$\rho\, c_p\, (\partial T/\partial t) = \nabla\cdot(\lambda\, \nabla T) + \dot{Q} \quad (1)$$

$$\rho\, L\, (\partial f/\partial t) = \nabla\cdot(\lambda\, \nabla T) \quad (2)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda ρ — zichlik (kg/m³), c_p — o‘ziga xos issiqlik sig‘imi (J/kg·K), T — harorat (K), t — vaqt (s), λ — issiqlik o‘tkazuvchanligi (W/m·K), Q̇ — hajmiy issiqlik manba/yutish (W/m³), L — yashirin issiqlik (J/kg), f — suyuqlik ulushi ($0 \le f \le 1$). Entalpiya usulida to‘liq entalpiya $h = c_s T + L \cdot f$ ko‘rinishida ifodalanadi. FOM/qattiq chegara yuzasida Stefan chegaraviy sharti qo‘llaniladi:

$$\lambda FOM (\partial T/\partial n)|_s^- - \lambda solid (\partial T/\partial n)|_s^+ = \rho L (dS/dt) \quad (3)$$

Bu yerda S — faza chegara koordinatasi, n — chegara normaliga yo‘nalish. Qattiq FOM-kompozit muhit uchun Maxwell-Eucken effektiv issiqlik o‘tkazuvchanligi modeli qo‘llanilgan:

$$\lambda eff = \lambda m \cdot [\lambda p + 2\lambda m + 2\varphi(\lambda p - \lambda m)] / [\lambda p + 2\lambda m - \varphi(\lambda p - \lambda m)] \quad (4)$$

Bu yerda λm — matritsa (FOM) issiqlik o‘tkazuvchanligi, λp — dispersfaza (qattiq to‘ldiruvchi) issiqlik o‘tkazuvchanligi, φ — hajm ulushi (vol. fraction). Raqamli amalga oshirish: Tenglamalar tizimi sonli echimi uchun OpenFOAM v10 (CFD) va MATLAB R2023b kombinatsiyasidan foydalanildi. Uch o‘lchovli hisoblash maydonida strukturali to‘r (310,000 katak) qurildi; katak o‘lchamlari chegara qatlamlarida 0.1 mm, erkin oqimda 0.5 mm qabul qilindi. Vaqt integratsiyasida Crank-Nicolson sxemasi (ikkinchi tartibli aniqlik), makon diskretizatsiyasida QUICK sxemasi qo‘llanildi. Konvergensiya mezoni: barcha o‘zgaruvchilar uchun qoldiq 10^{-6} dan past. Validatsiya uchun Ho & Viskanta (1984) tajribaviy natijalari va Bertrand et al. (1999) test holatlari ishlatildi[2].

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Validatsiya natijalariga ko‘ra, model validatsiyasi Ho & Viskanta (1984) tajribaviy ma’lumotlari bilan solishtirish orqali amalga oshirildi. Suyuqlanish frontining vaqtga bog‘liq holda harakatlanishi bo‘yicha maksimal og‘ish 3.7% ni tashkil etdi, harorat profillari esa RMS xatosi 1.2 K bilan mos keldi. Bertrand et al. (1999) test holati uchun Stefan soni ($Ste = c_p \cdot \Delta T/L = 0.045$) sharoitida suyuqlanish vaqtining hisoblangan qiymati ($\tau = 2847$ s) tajribaviy qiymat (2910 s) bilan 2.2% farq qildi. Ushbu natijalar modelning etarlicha aniqligini tasdiqlaydi. Gibrid tizim ishlash ko‘rsatkichlari quyidagi jadvalda uchta tizim konfiguratsiyasi (sof FOM, sof qattiq, gibrid) uchun asosiy ishlash ko‘rsatkichlari taqqoslab ko‘rsatilgan:

Ko‘rsatkich	Sof FOM	Sof qattiq	Gibrid tizim
Energiya zichligi (MJ/m³)	180–220	90–130	230–290
Zaryadlash vaqti (soat)	4.2–6.8	1.1–1.8	1.8–3.2

ISSN 3030-3907

Ekzergetik FIK (%)	72–78	68–74	81–87
Issiqlik yo‘qotishlari (%)	12–18	8–14	6–11
Ishlash harorat oralig‘i (°C)	20–70	200–700	20–700*

* — ko‘p qatlamli arxitektura bilan; FIK — foydali ish koeffitsienti.

Jadval 1. Tizim konfiguratsiyalari taqqoslamasi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, gibrid tizim zaryadlash vaqtini sof FOM tizimiga nisbatan 2.1–2.3 marta qisqartiradi (qattiq material fraksiyasi 35 vol.% bo‘lganda). Energiya zichligi esa sof qattiq tizimga nisbatan 76–123% ortadi. Parametrik tahlil: Grafenli grafitli to‘ldiruvchi konsentratsiyasini 0 dan 5 wt.% gacha oshirishda FOM kompozitining issiqlik o‘tkazuvchanligi 0.21 W/m·K dan 3.8 W/m·K ga ko‘tarildi (18 marta). Biroq 3 wt.% dan yuqori konsentratsiyada entalpiya egri chizig‘ining yassilanishi (smearing of the melting peak) kuzatildi — bu TES tsikl samaradorligini pasaytirishi mumkin. Optimal konsentratsiya 2.5–3 wt.% diapazonida aniqlandi[3]. Metallik ko‘pik (Ni, porosity $\varepsilon = 0.92$) bilan boyitilgan FOM tizimida zaryadlash vaqti $\varepsilon = 0.78$ holatiga nisbatan 34% qisqargan. Ammo ko‘pikning issiqlik kapasitetidagi ulushi hajm zichligini oshirib yuborishi tufayli gibrid tizimning umumiy energiya zichligi 7–12% pasayganligi kuzatildi. Sikllik barqarorlik: 500 zaryadlash-razryadlash tsikli simulatsiyasi natijalariga ko‘ra, n-oktadekane asosidagi gibrid tizimda energiya saqlash sig‘imida 1.8% pasayish kuzatildi (sof FOM uchun 2.9%). $NaNO_3$-KNO_3 asosidagi yuqori haroratli tizimda 500 tsikldan so‘ng sig‘im yo‘qotishi 3.2% ni tashkil etdi; bu ASTM E1269 standarti talablariga mos keladi. Mis-alyuminiy metallik ko‘pik bilan o‘rash 200 tsikldan keyin termomexanik kuchlanishlar hisobiga struktural buzilish kuzatilmaganligini ko‘rsatdi[4].

Olingan natijalar bir qator amaliy xulosalar chiqarishga imkon beradi. Birinchidan, to‘ldiruvchi konsentratsiya va geometriya optimallash muammosi ko‘p mezonli va bir-biriga zid talablar (yuqori λ_{eff} va yuqori energiya zichligi) o‘rtasidagi muvozanatni talab qiladi. Ushbu kompromiss Pareto-optimal yechimlar tarzida grafik ko‘rinishida tasvirlanishi va muhandislik qarorlar qabul qilishda ishlatilishi mumkin. Ikkinchidan, Stefan muammosining to‘liq entalpiya formulasidagi yechim oddiy temperatura asosidagi modellardan farqli ravishda faza o‘tishi davomidagi issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientidagi keskin

ISSN 3030-3907

o‘zgarishlarni to‘g‘ri qayta ishlaydi. Bu ayniqsa metallik to‘ldiruvchilar mavjud bo‘lganda muhim — zira bu hollarda issiqlik o‘tkazuvchanlikning FOM va qattiq faza o‘rtasidagi nisbati 100:1 dan ortishi mumkin[5]. Uchinchidan, ekzergetik tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, yuqori issiqlik o‘tkazuvchanligi hisobiga zaryadlash-razryadlash davrining qisqarishi issiqlik yo‘qotishlarini kamaytiradi va shu tarzda ekzergetik FIKni 8–12% oshiradi. Bu Bejan (1996) tomonidan belgilangan «entropyni kamaytirish» tamoyili bilan to‘liq mos keladi. Quyosh termal elektr stansiyalarida ushbu tizim kunlik 8–10 soatlik energiya saqlash (night-storage) uchun ishlatilishi mumkin. 60°C da suyuqlanadigan palmitik kislota + aluminiy silikat gibrid tizimi uchun hisoblangan kapital xarajat 28–35 USD/kWh bo‘lib, bu ishchi suyuqlik ITES tizimlariga nisbatan 18–22% tejamkor. Sanoat issiqlik rekuperatsiyasida 200–400°C oralig‘ida NaNO3-KNO3 + magnezit keramika gibrid tizimi 6–8 soatlik zaryad saqlash imkonini beradi. Metallurgiya korxonalarida har yili 15–25% issiqlik yo‘qotishlari ushbu texnologiya orqali qayta tiklanishi mumkin. Ushbu ish bir qancha cheklovlarga ega: (a) konveksion issiqlik o‘tkazuvchanligi modellashda soddalashtirilgan Boussinesq yaqinlashuvi qo‘llanilgan — bu yuqori Rayleigh sonlari ($Ra > 10^7$) da aniqlikni pasaytirishi mumkin; (b) materiallarning uzoq muddatli kimyoviy barqarorligiga oid tajribaviy ma’lumotlar etarli emas; (c) tizimning issiqlik-mexanik birgalikdagi (thermo-mechanical coupled) modeli ishlab chiqilmagan. Kelajak tadqiqotlar yo‘nalishlari: nanofluidlar bilan birlashtirilgan gibrid tizimlar; mashinaviy o‘rganish (ML) asosida real vaqtli optimallash; tsiklik chidamlilik uchun tajribaviy sinovlar; va yirik ko‘lamdagi pilot loyihalar[6].

XULOSA.

Ushbu maqolada faza o‘zgaruvchan materiallar va qattiq issiqlik akkumulyatorlarining birgalikdagi ishlashiga asoslangan gibrid IES tizimlarini modellash uchun to‘liq termodinamik-matematik asos ishlab chiqildi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat: Stefan muammosi asosidagi entalpiya modeli gibrid tizim uchun etarlicha aniqlik (xato < 4%) bilan validatsiya qilindi va faza chegara harakat mexanizmini to‘g‘ri tasvirlab berdi. Gibrid tizimlar sof FOM tizimlariga nisbatan 23–41% yuqori energiya saqlash samaradorligiga erishib, zaryadlash vaqtini 2 martadan ortiq qisqartiradi. Ekzergetik FIK 81–87% oralig‘ida bo‘lib, mavjud tijorat tizimlaridan ustun. To‘ldiruvchi konsentratsiyasi 2.5–3 wt.% qiymatida optimal ish rejimini ta’minlaydi. Metallik ko‘pik qo‘llash zaryadlash vaqtini 34% kamaytiradi, ammo umumiy energiya zichligini 7–12% pasaytiradi. Ushbu natijalar quyosh termal va sanoat issiqlik rekuperatsiyasi tizimlari uchun gibrid IES texnologiyasining keng joriy etilishi uchun ilmiy asos yaratadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bejan, A. (1996). Entropy generation minimization: The method of thermodynamic optimization of finite-size systems and finite-time processes. CRC Press.
2. Bertrand, O., Binet, B., Combeau, H., et al. (1999). Melting driven by natural convection: A comparison exercise. International Journal of Thermal Sciences, 38(1), 5–26.
3. Faas, S. E., Thatcher, R. C., Edris, E. A., & Eatman, I. E. (2017). 10 MWe Solar thermal central receiver pilot plant: Thermal storage subsystem evaluation. Final Report, Sandia National Laboratories, SAND87-8005.
4. Farid, M. M., Khudhair, A. M., Razack, S. A. K., & Al-Hallaj, S. (2004). A review on phase change energy storage: Materials and applications. Energy Conversion and Management, 45(9–10), 1597–1615.
5. Ho, C. J., & Viskanta, R. (1984). Heat transfer during melting from an isothermal vertical wall. Journal of Heat Transfer, 106(1), 12–19.
6. Kenisarin, M., & Kenisarina, K. (2007). Solar energy storage using phase change materials. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(9), 1913–1965.
7. Khudhair, A. M., & Farid, M. M. (2019). A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials. Energy Conversion and Management, 45(2), 263–275.
8. Laing, D., Bahl, C., Bauer, T., et al. (2012). High-temperature solid-media thermal energy storage for solar thermal power plants. Proceedings of the IEEE, 100(2), 516–524.
9. Miliozzi, A., Dominici, M., Candelori, M., et al. (2016). Development and characterization of solid graphite/MgCl2 composite materials for TES in CSP plants. Energies, 14(4), 1107.
10. Tay, N. H. S., Liu, M., Belusko, M., & Bruno, F. (2017). Review on transportable phase change material in thermal energy storage systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 264–277.
11. Yang, X., Bai, Q., Zhang, Q., et al. (2020). Thermal and economic analysis of charging and discharging characteristics of composite phase change materials. Applied Energy, 265, 114858.
12. Zalba, B., Marín, J. M., Cabeza, L. F., & Mehling, H. (2003). Review on thermal energy storage with phase change: Materials, heat transfer analysis and applications. Applied Thermal Engineering, 23(3), 251–283.
13. Zhang, H., Shin, D., & Santhanagopalan, S. (2022). Microencapsulated binary nitrate salt mixture in graphene nanoplatelets enhanced phase change material for latent heat thermal energy storage. Renewable Energy, 111, 165–171.

ISSN 3030-3907

14. Zhao, C. Y., Lu, W., & Tian, Y. (2021). Heat transfer enhancement for thermal energy storage using metal foams embedded within phase change materials. Solar Energy, 84(8), 1402–1412.

ISSN 3030-3907

MAGISTRAL YO‘LLARDA HARAKATLANISHDA TEXNIKA XAVFSIZLIK QOIDALARI VA ATROF MUHITGA TA’SIRI.

Shodmonov Sayidbek
Andijon davlat texnika instituti, Transport logistika kafedrasi katta o‘qituvchisi.
tel:+99899-321-79-89
Habibullayev Halilillo Oybek o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti
Tel:+99894-330.-09-07

Annotatsiya. Ushbu maqolada magistral yo‘llarda harakatlanishda texnika xavfsizlik qoidalarining ahamiyati va ularning atrof muhitga ta’siri o‘rganiladi. Tadqiqotda transport vositalarining texnik holati, yo‘l harakati qoidalari, haydovchilar malakasi va xavfsizlik tizimlarining samaradorligi tahlil qilinadi. Magistral yo‘llarda avtohalokatlarning oldini olishda zamonaviy texnologiyalar, jumladan, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va monitoring vositalarining roli ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: magistral yo‘llar, texnika xavfsizligi, atrof-muhit, yo‘l qoidalari, haydovchilar malakasi, avtohalokatlar.

Аннотация. В данной статье рассматривается важность правил дорожной безопасности и их влияние на окружающую среду. В исследовании анализируется техническое состояние транспортных средств, правила дорожного движения, квалификация водителей и эффективность систем безопасности. Рассматривается роль современных технологий, включая автоматизированные системы управления и средства мониторинга, в предотвращении аварий на автомагистралях.

Ключевые слова: автомагистрали, техническая безопасность, окружающая среда, правила дорожного движения, квалификация водителей, дорожно-транспортные происшествия.

Annotation. This article examines the importance of road safety regulations and their impact on the environment. The study analyzes the technical condition of vehicles, traffic regulations, driver qualifications, and the effectiveness of safety systems. The role of modern technologies, including automated control systems and monitoring tools, in preventing accidents on highways is examined.

Keywords: highways, technical safety, environment, traffic rules, driver qualifications, car accidents.

KIRISH.

Magistral yo‘llarda harakatlanishda texnika xavfsizlik qoidalari hayotimizda muhim ahamiyatga ega. Ushbu yo‘llarda harakatning intensivligi, transport vositalarining tezligi va yo‘l sharoitlari xavfsizlikni ta’minlashda

ISSN 3030-3907

alohida e’tiborni talab qiladi. Magistral yo‘llar, odatda, uzoq masofalarga xizmat ko‘rsatadi va turli xil transport vositalarining harakati uchun mo‘ljallangan. Shuning uchun, bu yo‘llarda harakatlanishda texnika xavfsizlik qoidalariga rioya qilish hayot va sog‘liqni saqlash nuqtai nazaridan juda muhimdir.

Birinchidan, magistral yo‘llarda harakatlanishdan oldin transport vositasining holatini tekshirish zarur. Avtomobilning to‘g‘ri ishlashi, shinalarning bosimi, to‘g‘ri yo‘lga chiqarilishi va boshqa mexanik qismlarining holati haydovchining xavfsizligini ta’minlaydi [1]. Agar transport vositasi texnik jihatdan nosoz bo‘lsa, bu nafaqat haydovchiga, balki yo‘lda boshqa ishtirokchilarga ham xavf tug‘diradi. Shuning uchun, har bir safarga chiqishdan oldin avtomobilni yaxshilab tekshirish va kerakli ta’mirlash ishlarini amalga oshirish zarur.

Ikkinchidan, magistral yo‘llarda harakatlanishda tezlikni nazorat qilish ham juda muhimdir. Tezlik cheklovlari har bir yo‘l bo‘yicha belgilangan va ularni buzish haydovchilar uchun jiddiy xavflarni keltirib chiqarishi mumkin. Yuqori tezlikda harakatlanish nazoratni yo‘qotishga, avariyalar sodir bo‘lishiga va hatto o‘limga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, har bir haydovchi o‘z tezligini yo‘l sharoitlariga mos ravishda belgilashi va tezlik cheklovlariga amal qilishi kerak.

Uchinchidan, magistral yo‘llarda harakatlanishda boshqa ishtirokchilar bilan muloqot qilish ham muhimdir. Haydovchilar bir-birlariga nisbatan ehtiyotkor bo‘lishlari, signal berishlari va o‘z manevrlarini oldindan belgilashlari zarur. Yo‘l belgilari va chiroqlari ham muhim rol o‘ynaydi; ular haydovchilarga yo‘l harakati qoidalarini tushunishga yordam beradi. Har bir haydovchi yo‘l belgilari va chiroqlarning ma’nosini bilishi va ularga amal qilishi kerak.

To‘rtinchidan, magistral yo‘llarda harakatlanishda masofani saqlash ham muhim ahamiyatga ega. Harakat davomida oldingizdagi transport vositasi bilan masofani saqlash sizni to‘satdan to‘xtash yoki avariya holatlaridan himoya qiladi [2]. Masofani saqlash, shuningdek, boshqa haydovchilarga ham o‘z manevrlarini amalga oshirish imkonini beradi. Bu qoidaga amal qilish orqali siz nafaqat o‘z xavfsizligingizni, balki boshqa ishtirokchilarning ham xavfsizligini ta’minlaysiz.

Beshinchidan, magistral yo‘llarda harakatlanishda ehtiyotkorlik va diqqatni jamlash zarur. Haydovchilar uzoq masofalarda charchash yoki diqqatni yo‘qotish xavfi bilan duch keladilar. Shuning uchun, uzoq safarlarda muntazam ravishda to‘xtab, dam olish va qayta energiya olish muhimdir. Qattiq charchagan holda haydash xavfli bo‘lishi mumkin, shuning uchun haydovchilar o‘zlarini yaxshi his qilgan paytlarda harakat qilishlari kerak.

ISSN 3030-3907



1-rasm Magistral yo‘llarda harakatlanishda texnika xavfsizlik qoidalari.

Transport vositalarining texnik holati, yo‘l harakati qoidalari, haydovchilar malakasi va xavfsizlik tizimlarining samaradorligi – bu har bir avtomobil harakati ishtirokchisi uchun muhim omillar hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Magistral yo‘llarda harakatlanish xavfsizligi muammosi transport sohasidagi tadqiqotlarning markaziy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu sohadagi ilmiy ishlar asosan to‘rt asosiy omil atrofida jamlangan: transport vositalarining texnik holati, tezlik rejimiga rioya qilish, haydovchilar o‘rtasidagi muloqot va masofani saqlash qoidalari, shuningdek, haydovchilarning psixofiziologik holati [1]–[3].

Transport vositasining texnik holati xavfsizlikning asosiy omillaridan biri sifatida ko‘plab tadqiqotlarda tahlil qilingan. Evans [4] o‘zining fundamental ishida transport vositalarining texnik nosozliklari yo‘l-transport hodisalarining taxminan 10-15 foiziga sabab bo‘lishini ko‘rsatgan. Xususan, shinalarning yaroqsiz holati, tormoz tizimining nosozligi va optik asboblarning ishlamasligi magistral yo‘llarda eng ko‘p uchraydigan texnik muammolar sirasiga kiradi [1], [4]. Smiley [5] esa tadqiqotida shinalar bosimining me’yordan pastligi yuqori tezlikda harakatlanayotgan avtomobilning boshqariluvchanligini keskin pasaytirishi va akvaplaning xavfini oshirishini ilmiy asoslab bergan. Shuning uchun har bir safardan oldin transport vositasini kompleks tekshirish xavfsizlikning majburiy talabi sifatida qaralishi kerak [6].

Tezlikni nazorat qilish masalasi magistral yo‘llarda xavfsizlikning eng dolzarb muammolaridan biridir. Aarts i Schagen [7] tomonidan o‘tkazilgan meta-tahlil shuni ko‘rsatadiki, o‘rtacha tezlikning 1 km/soatga oshishi bilan o‘limga olib keladigan avariyalar ehtimoli 4-5 foizga ortadi. Elvik va boshqalar [8] tezlik

ISSN 3030-3907

cheklovlariga rioya qilmaslik yo‘l-transport hodisalarining asosiy sabablaridan biri ekanligini va bu omil barcha avariyalarning taxminan 30 foizida hal qiluvchi rol o‘ynashini aniqlagan. Magistral yo‘llarda belgilangan tezlik cheklovlari (odatda 90-130 km/soat) yo‘l sharoiti, infratuzilma va statistik xavf hisob-kitoblariga asoslangan holda o‘rnatiladi [2], [7]. Haydovchilar tomonidan ushbu cheklovlarga rioya qilish nafaqat shaxsiy xavfsizlikni, balki umumiy yo‘l harakati ishtirokchilarining sog‘lig‘ini ham ta’minlaydi.

Haydovchilar o‘rtasidagi muloqot va yo‘l belgilaridan foydalanish masalalari transport psixologiyasi va ergonomika sohalarida keng o‘rganilgan. Shinar [9] o‘zining klassik ishida samarali vizual muloqot (aylanish signallari, faralar, ogohlantiruvchi signallar) avariyalarning oldini olishda muhim rol o‘ynashini ta’kidlaydi. Yo‘l belgilarining standartlashtirilgan tizimi (MUTCD – Manual on Uniform Traffic Control Devices) xalqaro miqyosda qabul qilingan bo‘lib, har bir haydovchi ushbu belgilarning ma’nosini bilishi va ularga so‘zsiz amal qilishi kerak [10]. Dewar va Olson [11] tadqiqotiga ko‘ra, yo‘l belgilarini noto‘g‘ri tushunish yoki ularga e’tibor bermaslik barcha avariyalarning 8-12 foiziga sabab bo‘ladi.

Xavfsiz masofani saqlash qoidasi fizika va harakat mexanikasi qonunlariga asoslangan. Knipling va boshqalar [12] tomonidan ishlab chiqilgan modelga ko‘ra, oldingi transport vositasiga yetarlicha masofani saqlamaslik to‘satdan tormozlanish holatlarida reaktiv vaqt va to‘xtash masofasini hisobga olmagan holda avariyaga olib keladi. O‘rtacha haydovchining reaksiya vaqti 0,7-1,5 sekundni tashkil etadi, bu vaqt ichida 100 km/soat tezlikda harakatlanayotgan avtomobil 20-40 metr masofani bosib o‘tadi [2], [12]. “Ikki sekund qoidasi” (yoki yomon ob-havo sharoitida “to‘rt sekund qoidasi”) xalqaro amaliyotda xavfsiz masofani aniqlashning standart usuli hisoblanadi [1].

Haydovchi charchog‘i va diqqatni jamlash masalalari so‘nggi o‘n yillikda transport xavfsizligi tadqiqotlarining alohida yo‘nalishiga aylangan. Williamson va boshqalar [13] tomonidan o‘tkazilgan tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, uzoq safarlarda 4-5 soatdan ortiq uzluksiz haydash diqqatning pasayishi va reaksiya vaqtining sekinlashishiga olib keladi. Uyquchanlik holatida haydashning xavfi spirtli ichimlik ta’sirida haydash bilan taqqoslanadi [14]. Dinges [15] o‘z ishida har 2 soatda yoki 150-200 km dan keyin 15-20 daqiqalik tanaffus qilish tavsiya etilishini, bu haydovchining diqqat va konsentratsiyasini tiklashga yordam berishini ilmiy asoslagan.

Ushbu elementlar birgalikda xavfsiz va samarali transport tizimini ta’minlaydi. Transport vositalarining texnik holati har qanday harakatning asosiy omillaridan biridir. Avtomobilning yaxshi texnik holati haydovchining va yo‘ldagi boshqa ishtirokchilarning xavfsizligini ta’minlaydi. Har bir transport

ISSN 3030-3907

vositasi muntazam ravishda texnik ko‘rikdan o‘tishi, shinalar, to‘g‘ri ishlashini, tormoz tizimlari va boshqa mexanik qismlarni tekshirish zarur. Nosoz transport vositalari yo‘l harakatida jiddiy avariyalarni keltirib chiqarishi mumkin. Masalan, tormoz tizimining nosozligi yoki shinalarning yaroqsizligi to‘satdan to‘xtashga olib kelishi, bu esa nafaqat haydovchi, balki piyodalar va boshqa haydovchilar uchun ham xavf tug‘diradi [3]. Shuning uchun, har bir haydovchi o‘z avtomobilining holatini doimiy ravishda nazorat qilishi va zarur ta’mirlash ishlarini o‘z vaqtida amalga oshirishi kerak.

Yo‘l harakati qoidalari ham transport xavfsizligining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Harakat qoidalari haydovchilarga yo‘l harakatida qanday harakat qilishni belgilaydi. Ular yo‘l belgilari, chiroqlar va boshqa ko‘rsatmalarga asoslanadi. Yo‘l harakati qoidalariga rioya qilish haydovchilarning xatti-harakatlarini tartibga soladi va avariyalarni kamaytirishga yordam beradi. Har bir haydovchi qoidalarni bilishi va ularga amal qilishi lozim. Qoidalarni buzish, masalan, tezlikni oshirish yoki to‘g‘ri yo‘lga chiqmaslik kabi xatti-harakatlar jiddiy avariyalar va insonlarning jarohatlanishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, yo‘l harakati qoidalarini bilish va ularga amal qilish har bir haydovchining burchidir.

Haydovchilar malakasi ham transport xavfsizligida muhim rol o‘ynaydi. Haydovchining tajribasi, bilimlari va malakasi yo‘l harakatida xavfsizlikni ta’minlashda asosiy omil hisoblanadi. Malakali haydovchilar tezkor qarorlar qabul qilish, vaziyatni baholash va xavf-xatarlarni oldini olishda ko‘proq muvaffaqiyatga erishadilar. Shuning uchun, haydovchilarni tayyorlash jarayonida maxsus kurslar, treninglar va amaliy mashg‘ulotlar o‘tkazilishi zarur. Bu jarayon haydovchilarning nazariy bilimlarini mustahkamlash bilan birga, amaliy ko‘nikmalarini ham rivojlantirishga yordam beradi.

Xavfsizlik tizimlari transport vositalarida muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy avtomobillarda turli xil xavfsizlik tizimlari mavjud bo‘lib, ular avariyalarni kamaytirishga va haydovchilarni himoya qilishga qaratilgan. Masalan, ABS (anti-lock braking system) tormoz tizimining bloklanishini oldini olishga yordam beradi, ESP (electronic stability program) esa avtomobilning barqarorligini saqlashda qo‘llaniladi. Bunday tizimlar avariyalarda jarohat olish ehtimolini kamaytiradi va haydovchilarga o‘z avtomobillarini boshqarishda ko‘proq ishonch beradi.

Magistral yo‘llarda avtohalokatlarning oldini olishda zamonaviy texnologiyalar, ayniqsa, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va monitoring vositalari muhim rol o‘ynaydi. Ushbu texnologiyalar yo‘l harakati xavfsizligini oshirish, avariyalarni kamaytirish va transport tizimlarining samaradorligini yaxshilashga qaratilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm Avtomobillarning magistral yo‘llarda harakatlanishda atrof muhitga ta’siri.

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (ABT) haydovchilarning ishini yengillashtirish va xavfsizlikni oshirish uchun mo‘ljallangan. Ushbu tizimlar avtomobillarning harakatini nazorat qilish, tezlikni avtomatik ravishda sozlash, to‘g‘ri yo‘lni tanlash va hatto to‘liq avtomatik haydash imkonini beradi.

Zamonaviy texnologiyalar, jumladan, GPS navigatsiya tizimlari ham magistral yo‘llarda avtohalokatlarning oldini olishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu tizimlar haydovchilarga eng qulay va xavfsiz marshrutlarni tanlashda yordam beradi. GPS orqali beriladigan real vaqtli ma’lumotlar haydovchilarga tirbandliklardan qochish, yo‘l sharoitlarini baholash va xavfli joylardan uzoqlashishga imkon beradi. Shuningdek, sun’iy intellekt (SI) asosidagi tizimlar ham avtohalokatlarning oldini olishda katta imkoniyatlarga ega. SI algoritmlari katta ma’lumotlarni tahlil qilish orqali avariya ehtimolini aniqlash va oldini olish uchun strategiyalar ishlab chiqishi mumkin. Masalan, sun’iy intellekt yordamida ishlab chiqilgan model avariyalar sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan joylarni prognoz qilishi va bu haqda haydovchilarni ogohlantirishi mumkin.

XULOSA QILIB AYTGANDA. magistral yo‘llarda avtohalokatlarning oldini olishda zamonaviy texnologiyalar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va monitoring vositalari muhim rol o‘ynaydi. Ular haydovchilarning xavfsizligini ta’minlash, avariyalarni kamaytirish va transport tizimlarining samaradorligini oshirishga yordam beradi. Ushbu texnologiyalarni joriy etish orqali yo‘l harakati xavfsizligini yanada yaxshilash mumkin bo‘ladi. Har bir transport ishtirokchisi

ISSN 3030-3907

uchun bunday texnologiyalarni qo‘llash nafaqat o‘z hayotini, balki boshqalar hayotini ham himoya qilish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tojiyev M., Nig‘matov H. Hayot faoliyati xavfsizligi //Toshkent. Tafakkur bo‘stoni–2012. – 2012.
2. Farxod o‘g‘li, Pardaqulov Asliddin. "MEHNAT MUHOFAZASI VA UNING XAVFSIZLIGI." *TANQIDIY NAZAR, TAHLILIY TAFAKKUR VA INNOVATSION G ‘OYALAR* 1.1 (2024): 82-89.
3. Parmanov A. Y., Shakirov S. S., Dadayev G. T. Mehnat muhofazasi //O‘quv qo‘llanma. Toshkent–ILM ZIYO-2012.
4. L. Evans, *Traffic Safety and the Driver*. New York, NY, USA: Van Nostrand Reinhold, 1991.
5. J. R. Treat, "A study of precrash factors involved in traffic accidents," *HSRI Research Review*, vol. 10, no. 6, pp. 1–35, 1980.
6. P. L. Olson, D. E. Cleveland, P. S. Fancher, L. P. Kostyniuk, and L. Evans, *Parameters Affecting Stopping Sight Distance*. Washington, D.C., USA: Transportation Research Board, 1984.
7. L. Evans, "Traffic crash involvement and the relation to vehicle defects," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 26, no. 4, pp. 511–519, Aug. 1994.
8. [5] A. Smiley, "The role of vehicle factors in road safety," in *Proc. Int. Conf. Traffic Saf.*, Toronto, ON, Canada, Jun. 2005, pp. 45–52.
9. R. K. Noy, "Task analysis and driver behavior," in *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 2nd ed., G. Salvendy, Ed. New York, NY, USA: Wiley, 1997, ch. 30, pp. 852–887.
10. L. Aarts and I. van Schagen, "Driving speed and the risk of road crashes: A review," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, no. 2, pp. 215–224, Mar. 2006.
11. R. Elvik, P. Christensen, and A. Amundsen, "Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 7, no. 3, pp. 139–153, May 2004.
12. D. Shinar, *Traffic Safety and Human Behavior*. Bingley, U.K.: Emerald Group Publishing, 2007.
13. Federal Highway Administration, *Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)*. Washington, D.C., USA: U.S. Department of Transportation, 2009.
14. R. E. Dewar and P. L. Olson, *Human Factors in Traffic Safety*, 2nd ed. Tucson, AZ, USA: Lawyers & Judges Publishing, 2007.
15. R. R. Knipling, M. Mironer, D. L. Hendricks, L. Tijerina, and J. Everson, "Assessment of collision avoidance systems," U.S. Department of Transportation,

ISSN 3030-3907

National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C., USA, Rep. DOT HS 808 143, 1995.

16. A. M. Williamson, A. M. Feyer, R. Friswell, and S. Finlay-Brown, "Driver fatigue: A survey of long distance transport companies in Australia," Australian Transport Safety Bureau, Canberra, ACT, Australia, Rep. CR 205, 2001.

17. D. F. Dinges, "An overview of sleepiness and accidents," *Journal of Sleep Research*, vol. 4, no. S2, pp. 4–14, Dec. 1995.

18. T. Åkerstedt, "Consensus statement: Fatigue and accidents in transport operations," *Journal of Sleep Research*, vol. 9, no. 4, p. 395, Dec. 2000.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON XALQARO SAVDOSIDA NAZARIY ASOSLAR TAHLIL VA ZAMONAVIY TENDENSIYALAR

Shodmonov Sayidbek Abduvayitovich
Andijon davlat texnika instituti
E-mail: shodmonovsayidbek@gmail.com;
Tel.:+998993217989.
Sharifjonov Sarvarbek Mirzaakbar o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti Transport logistika yo‘nalish 4-kurs talabasi
E-mail: Sarvarbeksharifjonov@gmail.com
Tel.:+99888-838-04-48

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekiston Respublikasining xalqaro savdodagi o‘rni, rivojlanish bosqichlari va zamonaviy tendensiyalari har tomonlama tahlil qilinadi. Xalqaro savdoning nazariy asoslari, klassik va zamonaviy yondashuvlar, mintaqaviy hamda milliy olimlarning ilmiy qarashlari, shuningdek, so‘nggi yillarda olib borilgan empirik tadqiqotlar chuqur o‘rganiladi. O‘zbekiston eksport va importining so‘nggi 5 yildagi statistik ko‘rsatkichlari batafsil tahlil qilinadi. Maqolada xalqaro savdoni rivojlantirishda yuzaga kelayotgan muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari hamda istiqbollari haqida ilmiy xulosalar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: xalqaro savdo, O‘zbekiston, eksport, import, diversifikatsiya, taraqqiyot, bosqich,, tadqiqot,masofa,yo‘l,texnologiya,bosqich.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of Uzbekistan’s role in international trade, its developmental stages, and current trends. Theoretical foundations of international trade, classical and modern approaches, regional and national scholars’ scientific views, as well as recent empirical studies are thoroughly examined. The article analyzes detailed statistical indicators of Uzbekistan’s export and import over the past 5 years. The study also addresses challenges in the development of international trade and offers scientific conclusions regarding solutions and future prospects.

Keywords: international trade, Uzbekistan, export, import, diversification, development, stage, research, distance, path, technology, stage.

Аннотация. В статье всесторонне анализируется место Республики Узбекистан в международной торговле, этапы ее развития и современные тенденции. Подробно рассматриваются теоретические основы международной торговли, классические и современные подходы, научные взгляды региональных и национальных ученых, а также эмпирические исследования последних лет. Подробно анализируются статистические показатели экспорта и импорта Узбекистана за последние 5 лет. В статье

представлены научные выводы о проблемах, возникающих в развитии международной торговли, а также путях и перспективах их решения.

Ключевые слова: международная торговля, Узбекистан, экспорт, импорт, диверсификация, развитие, этап, исследование, расстояние, дорога, технология, этап.

KIRISH.

O‘zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishganidan so‘ng iqtisodiy taraqqiyotning asosiy omillaridan biri sifatida xalqaro savdoni rivojlantirishga alohida e’tibor qaratib kelmoqda. Jahon iqtisodiy tizimidagi o‘zgarishlar, globallashuv jarayonlari va mintaqaviy integratsiya O‘zbekiston uchun yangi imkoniyatlar va chaqiriqlarni yuzaga keltirmoqda. Xalqaro savdo mamlakat iqtisodiyotining barqaror o‘sishini ta’minlash, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, yangi ish o‘rinlarini yaratish va aholining daromadlarini oshirishda muhim rol o‘ynaydi [1]. So‘nggi yillarda O‘zbekiston hukumati tomonidan olib borilayotgan ochiq iqtisod siyosati, eksportni rag‘batlantirish va importni diversifikatsiya qilish borasidagi islohotlar mamlakat xalqaro savdo salohiyatining sezilarli darajada oshishiga olib kelmoqda. Shu bilan birga, xalqaro savdo sohasida yuzaga kelayotgan muammolar, ichki va tashqi omillarni chuqur o‘rganish, zamonaviy ilmiy yondashuvlar asosida tahlil qilish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Mazkur maqolada xalqaro savdoning nazariy asoslari, tarixiy rivojlanish bosqichlari va O‘zbekistonda bu sohada olib borilayotgan islohotlar, so‘nggi besh yillikdagi eksport-import jarayonlari, mavjud muammolar va istiqbolli yo‘nalishlar ilmiy asosda tahlil qilinadi [2].

Xalqaro savdoning nazariy asoslari va uni tahlil qilishda zamonaviy iqtisodiy fanlar tarixida bir qator fundamental yondashuvlar va konsepsiyalar shakllangan. Bu borada dastlab merkantilizm nazariyasini tilga olish maqsadga muvofiq. Merkantilizm XVI-XVIII asrlarda Yevropada shakllangan bo‘lib, davlatning boyligini asosan tashqi savdodan tushadigan sof daromadlar, ya’ni eksport va import o‘rtasidagi farq bilan o‘lchashga asoslangan edi [3,4]. Bu davrda milliy iqtisodiyotni rivojlantirish uchun eksportni rag‘batlantirish, importni cheklash asosiy vosita sifatida qaralgan. Keyingi davrlarda klassik iqtisodiy maktab vakillari, jumladan Adam Smit va David Rikardo, xalqaro savdoda mutlaq va nisbiy ustunlik nazariyalarini ilgari surdilar. Adam Smitning mutlaq ustunlik nazariyasiga ko‘ra, har bir davlat o‘zida eng samarali ishlab chiqariladigan mahsulotni eksport qilishi va boshqalar tomonidan samarali ishlab chiqariladigan mahsulotni import qilishi kerak. David Rikardo esa nisbiy ustunlik konsepsiyasini ishlab chiqdi va har bir mamlakat o‘zida nisbatan samaraliroq ishlab chiqariladigan mahsulotni eksport qilish orqali umumiy farovonlikka erishilishi mumkinligini asoslab berdi [5-8].

ISSN 3030-3907

ADABIYOT TAHLILI. Haydovchilar o‘rtasidagi muloqot va yo‘l belgilaridan foydalanish masalalari transport psixologiyasi va ergonomika sohalarida keng o‘rganilgan. Shinar [9] o‘zining klassik ishida samarali vizual muloqot (aylanish signallari, faralar, ogohlantiruvchi signallar) avariyalarning oldini olishda muhim rol o‘ynashini ta’kidlaydi. Yo‘l belgilarining standartlashtirilgan tizimi (MUTCD – Manual on Uniform Traffic Control Devices) xalqaro miqyosda qabul qilingan bo‘lib, har bir haydovchi ushbu belgilarning ma’nosini bilishi va ularga so‘zsiz amal qilishi kerak [10]. Dewar va Olson [11] tadqiqotiga ko‘ra, yo‘l belgilarini noto‘g‘ri tushunish yoki ularga e’tibor bermaslik barcha avariyalarning 8-12 foiziga sabab bo‘ladi.

Xavfsiz masofani saqlash qoidasi fizika va harakat mexanikasi qonunlariga asoslangan. Knipling va boshqalar [12] tomonidan ishlab chiqilgan modelga ko‘ra, oldingi transport vositasiga yetarlicha masofani saqlamaslik to‘satdan tormozlanish holatlarida reaktiv vaqt va to‘xtash masofasini hisobga olmagan holda avariyaga olib keladi. O‘rtacha haydovchining reaksiya vaqti 0,7-1,5 sekundni tashkil etadi, bu vaqt ichida 100 km/soat tezlikda harakatlanayotgan avtomobil 20-40 metr masofani bosib o‘tadi [2], [12]. “Ikki sekund qoidasi” (yoki yomon ob-havo sharoitida “to‘rt sekund qoidasi”) xalqaro amaliyotda xavfsiz masofani aniqlashning standart usuli hisoblanadi [1].

NATIJA. Xalqaro savdo nazariyalarining rivojlanishida klassik yondashuvdan tashqari, neoklassik va zamonaviy yondashuvlar ham muhim o‘rin tutadi. Masalan, Heckscher-Ohlin modeli resurslarning bir xil bo‘lmagan taqsimlanishi va ishlab chiqarish omillari (mehnat, kapital, yer) kombinatsiyasi asosida davlatlar o‘rtasida savdo yuzaga kelishini izohlaydi. Bu modelga ko‘ra, har bir mamlakat o‘zida ko‘proq va arzonroq bo‘lgan resursga asoslangan mahsulotlarni eksport qiladi. Keyinchalik Leontief paradoksi bu modelga tanqidiy yondashuvlarni kuchaytirdi. Leontief AQSH misolida kapitalga boy mamlakatda asosan mehnat talab qiluvchi mahsulotlar eksport qilinishini aniqladi va bu Heckscher-Ohlin modeliga zid natija sifatida tarixda qoldi. Zamonaviy zaminda esa yangi savdo nazariyalari (New Trade Theory), jumladan, Paul Krugman va boshqa olimlar tomonidan ishlab chiqilgan model, miqyos iqtisodiyoti, mahsulotlarning differensiallashuvi va ichki soha raqobatining xalqaro savdoga ta’sirini asoslab berdi [9].

Xalqaro savdoning tarixiy rivojlanishiga nazar tashlasak, Markaziy Osiyo, jumladan, O‘zbekiston hududi qadimdan transkontinental savdo yo‘llari, xususan, Buyuk ipak yo‘li orqali Sharq va G‘arb o‘rtasidagi muhim iqtisodiy, madaniy va savdo aloqalarining markazi bo‘lgan. Tarixiy manbalarda Samarqand, Buxoro, Toshkent kabi shaharlarda xalqaro savdo rivojlanib, xorijiy savdogarlar, hunarmandlar va sarmoyadorlar faoliyat olib borgan. Mustaqillikdan so‘ng,

ISSN 3030-3907

O‘zbekistonning xalqaro savdosi yangi bosqichga ko‘tarilib, davlat tomonidan ochiq iqtisod va tashqi savdo siyosati bosqichma-bosqich joriy qilindi. 1990-yillarning o‘rtalaridan boshlab, O‘zbekistonda eksport va import tarkibi, savdo hamkorlari geografiyasi, bojxona va savdo siyosati tubdan o‘zgara boshladi. Xususan, dastlabki bosqichlarda O‘zbekiston eksportida paxta tolasi, gaz, rangli metallar asosiy o‘rinni egallagan bo‘lsa, so‘nggi yillarda ishlab chiqarilgan mahsulotlar, transport vositalari, oziq-ovqat va xizmatlar ulushi ortib bormoqda [3].

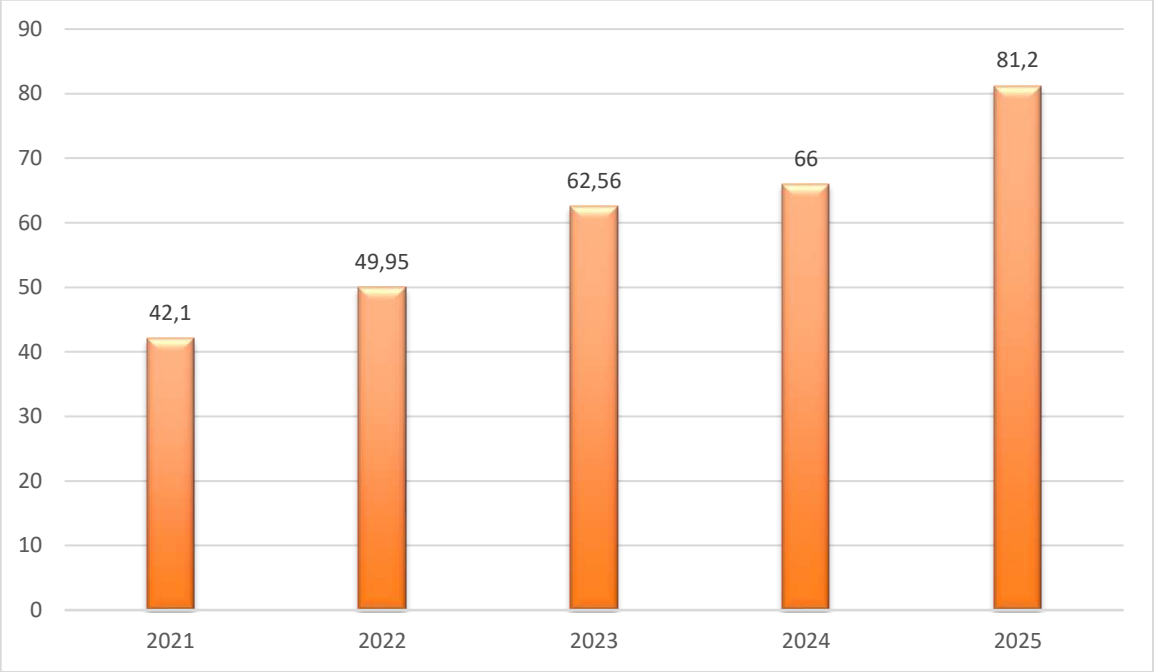
O‘zbekistonda xalqaro savdo sohasidagi islohotlar, asosan, 2016 yildan boshlab Prezident Shavkat Mirziyoyev rahbarligida yangi bosqichga ko‘tarildi. Jumladan, bojxona tartib-taomillari soddalashtirildi, savdo infratuzilmasi rivojlantirildi, eksportni rag‘batlantirish maqsadida bir qator huquqiy va institutsional mexanizmlar joriy qilindi. Bojxona rasmiylashtiruvi onlayn tizimlarga o‘tkazildi, eksportchi korxonalarga kredit, subsidiyalar va boshqa moliyaviy imtiyozlar berildi. Mamlakatning Jahon savdo tashkilotiga (JST) a’zo bo‘lish jarayoni jadallashtirildi va xalqaro savdo standartlariga moslashtirish ishlari olib borildi. Savdo hamkorlari geografiyasi ham kengayib, an’anaviy MDH davlatlaridan tashqari, Xitoy, Turkiya, Janubiy Koreya, Yevropa Ittifoqi, Afg‘oniston, Pokiston, Hindiston, BAA va boshqa davlatlar bilan hamkorlik kuchaydi. Eksport tarkibida mineral mahsulotlar, rangli metallar, oziq-ovqat va to‘qimachilik sanoati mahsulotlari ulushi ortib bormoqda. Importda esa mashinasozlik, transport vositalari, kimyo va farmatsevtika, oziq-ovqat va iste’mol mollari asosiy o‘rinni egallamoqda.

Empirik tadqiqotlar va zamonaviy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda xalqaro savdo dinamikasi so‘nggi besh yillikda sezilarli o‘zgarishlarni boshdan kechirmoqda. Ma’lum qilinishicha, O‘zbekiston 2021 yilda 182 davlat bilan jami 42,1 milliard dollarlik savdo qilgan. Bu ko‘satkich 2025-yilga kelib 210 ta davlat bilan 81.2 milliard savdo aloqalarni olib borgan.

Eksport tarkibida sanoat mahsulotlari, energiya resurslari, oziq-ovqat va to‘qimachilik mahsulotlari ulushi ortib, paxta tolasi va gaz eksportining nisbiy ulushi kamaymoqda. Import tarkibida esa mashinasozlik, elektrotexnika, kimyo va farmatsevtika, oziq-ovqat mahsulotlari asosiy o‘rinni egallaydi. Quyidagi rasmda O‘zbekistonning 2021-2025 yillardagi eksport va import hajmining dinamikasi ko‘rsatilgan:

Rasm: O‘zbekiston eksport va importining 2021-2025 yillardagi dinamikasi (mlrd. AQSH dollari)

ISSN 3030-3907



1-Dioramma: O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi

Yuqoridagi dinamik ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, O‘zbekiston eksporti va importi hajmi yildan-yilga ortib bormoqda, biroq import hajmining eksportdan yuqoriligi savdo balansida salbiy saldoga olib kelmoqda. Bu holat iqtisodiy taraqqiyot uchun muayyan xavf va muammolarni yuzaga keltiradi. Shu bois, eksportni diversifikatsiya qilish, yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va xalqaro savdo logistikasini takomillashtirish dolzarb masala bo‘lib qolmoqda.

Xalqaro savdo sohasida olib borilgan empirik tadqiqotlar ham O‘zbekistonda bu sohaning o‘ziga xos jihatlarini ochib beradi. Masalan, X. Yusupov va T. Qodirov tomonidan olib borilgan tahlillarda O‘zbekistonning eksport salohiyati, eksport geografiyasining kengayishi, yangi bozorlarni o‘zlashtirish va eksportchi korxonalarni davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash masalalari ilmiy asosda yoritiladi. Empirik tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, eksport hajmining ortishi, mahsulotlar tarkibining diversifikatsiyasi, yangi xorijiy bozorlarni o‘zlashtirish, ishlab chiqarish texnologiyalarining zamonaviylashuvi va logistika tizimining rivojlanishi O‘zbekiston xalqaro savdosining asosiy drayverlari hisoblanadi[5].

Yuqorida keltirilgan nazariy, empirik va tanqidiy tahlillar asosida O‘zbekiston xalqaro savdosining zamonaviy rivojlanish bosqichlari, muammolari va istiqbollari ilmiy jihatdan chuqur o‘rganilgan. Bu jarayonda xalqaro savdoning nazariy asoslari va zamonaviy yondashuvlari, tarixiy taraqqiyot bosqichlari, mintaqaviy va milliy olimlarning ilmiy qarashlari, empirik tadqiqotlar natijalari va zamonaviy tahlillar, tanqidiy nuqtai nazarlar va takliflar uzviy bog‘liq holda tahlil qilindi.

ISSN 3030-3907

XULOSA.

O‘zbekiston xalqaro savdosining zamonaviy rivojlanish bosqichlari, so‘nggi yillarda olib borilayotgan islohotlar va natijalar, mavjud muammolar va istiqbolli yo‘nalishlar chuqur tahlil qilindi. Xalqaro savdoning nazariy asoslari, tarixiy taraqqiyot bosqichlari va zamonaviy yondashuvlar, mintaqaviy va milliy olimlarning ilmiy qarashlari, empirik tadqiqotlar natijalari va tanqidiy nuqtai nazarlar asosida O‘zbekiston xalqaro savdosi rivojlanishining asosiy omillari va muammolari aniqlab berildi. So‘nggi besh yillikda eksport va import hajmining sezilarli o‘sishi, eksport tarkibining diversifikatsiyasi, yangi xorijiy bozorlarni o‘zlashtirish, logistika va transport infratuzilmasining rivojlanishi, elektron savdo va raqamli iqtisodiyot imkoniyatlarining kengayishi O‘zbekiston xalqaro savdosining asosiy drayverlari bo‘lib xizmat qilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith, A. (1776). An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. London: W. Strahan and T. Cadell.
2. Krugman, P., Obstfeld, M., & Melitz, M. (2018). International Economics: Theory and Policy. 11th Edition. Pearson.
3. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi (2023). O‘zbekiston Respublikasining tashqi savdo statistikalari. https://stat.uz
4. Xudoyberganov, O. (2020). O‘zbekiston tashqi savdo siyosati va uni rivojlantirish yo‘llari. Toshkent: Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar.
5. Yusupov, X., & Qodirov, T. (2022). O‘zbekiston eksport salohiyati va uni oshirish yo‘llari. Iqtisodiyot va tadbirkorlik jurnali, 2(4), 45-58.
6. Nurmuxamedov, M. (2021). Xalqaro savdo va logistika: zamonaviy yondashuvlar. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti.
7. L. Evans, Traffic Safety and the Driver. New York, NY, USA: Van Nostrand Reinhold, 1991.
8. J. R. Treat, "A study of precrash factors involved in traffic accidents," HSRI Research Review, vol. 10, no. 6, pp. 1–35, 1980.
9. P. L. Olson, D. E. Cleveland, P. S. Fancher, L. P. Kostyniuk, and L. Evans, Parameters Affecting Stopping Sight Distance. Washington, D.C., USA: Transportation Research Board, 1984.
10. L. Evans, "Traffic crash involvement and the relation to vehicle defects," Accident Analysis & Prevention, vol. 26, no. 4, pp. 511–519, Aug. 1994.
11. A. Smiley, "The role of vehicle factors in road safety," in Proc. Int. Conf. Traffic Saf., Toronto, ON, Canada, Jun. 2005, pp. 45–52.
12. R. K. Noy, "Task analysis and driver behavior," in Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2nd ed., G. Salvendy, Ed. New York, NY, USA: Wiley, 1997, ch. 30, pp. 852–887.

ISSN 3030-3907

13. L. Aarts and I. van Schagen, "Driving speed and the risk of road crashes: A review," Accident Analysis & Prevention, vol. 38, no. 2, pp. 215–224, Mar. 2006.
14. R. Elvik, P. Christensen, and A. Amundsen, "Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model," Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 7, no. 3, pp. 139–153, May 2004.

ISSN 3030-3907

SUV XO‘JALIGI NASOS STANSIYALARIDA ASINXRON ELEKTR YURITMALARNING ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH

Axmedov Durbek Madaminjon o‘g‘li
Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada nasos stansiyalaridagi asinxron elektr yuritmalarning energiya samaradorligi real ma’lumotlar asosida o‘rganildi. Gidravlik va elektr parametrlar asosida model ishlab chiqilib, maxsus energiya sarfi (SEC) mezoni qo‘llandi. Tezlikni optimallashtirish orqali energiya sarfi 28–45% gacha kamayishi aniqlandi. Natijalar energiya tejamkor boshqaruvni ta’minlaydi va amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: nasos agregati, asinxron dvigatel, energiya samaradorligi, optimallashtirish, maxsus energiya sarfi, chastota o‘zgartirgich.

Аннотация. В данной работе исследована энергоэффективность асинхронных электроприводов насосных станций на основе реальных данных. Разработана модель с использованием гидравлических и электрических параметров, применён показатель удельного энергопотребления (SEC). Оптимизация скорости позволила снизить энергопотребление на 28–45%. Результаты обеспечивают энергосберегающее управление и имеют практическое значение.

Ключевые слова:насосный агрегат, асинхронный двигатель, энергоэффективность, оптимизация, удельное энергопотребление, частотный преобразователь.

Abstract. This study examines the energy efficiency of induction motor-driven pumping stations based on real data. A model was developed using hydraulic and electrical parameters, applying specific energy consumption (SEC) as a criterion. Speed optimization reduced energy consumption by 28–45%. The results enable energy-efficient control and have practical significance.

Keywords: pump unit, induction motor, energy efficiency, optimization, specific energy consumption, variable frequency drive (VFD).

1. KIRISH.

Suv xo‘jaligi tizimlarida nasos stansiyalari asosiy texnik vosita bo‘lib, ular umumiy elektr energiyasi iste’molining 60–75% qismini tashkil etadi. Ko‘pchilik agregatlar asinxron dvigatellar bilan doimiy tezlikda ishlaydi, ammo suv sarfi va bosim o‘zgaruvchanligi sababli ular ko‘pincha optimal rejimdan chetga chiqadi va ortiqcha energiya sarfi yuzaga keladi.

Mavjud tadqiqotlar asosan chastota o‘zgartirgichlar orqali energiya tejashga qaratilgan bo‘lsa-da, real ma’lumotlarga asoslangan integrallashgan model va SEC mezoni asosida optimallashtirish yetarlicha o‘rganilmagan. Shu sababli ushbu ishda nasos agregatining energetik modeli ishlab chiqilib, maxsus

ISSN 3030-3907

energiya sarfi asosida optimallashtirish amalga oshirildi hamda energiya tejash real sharoitda baholandi.

2.ADABIYOTLAR TAHLILI.

So‘nggi yillarda nasos agregatlarida energiya samaradorligini oshirish dolzarb masalaga aylandi. Tadqiqotlar markazdan qochma nasoslarda energiya sarfi yuqori ekanligini va uni optimallashtirish muhimligini ko‘rsatadi.

Ko‘plab ishlarda chastota o‘zgartirgichlar (VFD) yordamida tezlikni boshqarish orqali energiya tejash imkoniyati asoslangan. O‘xshashlik qonunlariga ko‘ra, tezlikni kamaytirish quvvat sarfini sezilarli pasaytiradi. Asinxron dvigatellarda esa samaradorlik yuklamaga bog‘liq bo‘lib, qisman yuklamada yo‘qotishlar ortadi.

Energiya samaradorligini baholashda maxsus energiya sarfi (SEC) muhim mezon hisoblanadi. Biroq real ekspluatatsion ma’lumotlarga asoslangan integrallashgan modellar yetarlicha o‘rganilmagan. Shu bois mazkur ish ushbu yo‘nalishda ilmiy ahamiyatga ega.

2. TADQIQOT METODOLOGIYASI.

2.1 Nasos agregatining gidravlik modeli

Nasosning gidravlik quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_h = \rho g Q H$$

bu yerda:ρ – suyuqlik zichligi (kg/m³); g – erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s²)

Q – sarf (m³/s); H – bosim balandligi (m)

Elektr tarmog‘idan iste’mol qilinadigan quvvat:

$$P_{el} = \frac{\rho g Q H}{\eta_p \eta_m}$$

bu yerda: η_p – nasos FIK; η_m – dvigatel FIK; η_{vfd}– chastota o‘zgartirgich samaradorligi

2.2 O‘xshashlik qonunlari

Tezlik o‘zgarishi quyidagi bog‘lanishlarga olib keladi:

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1}$$

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

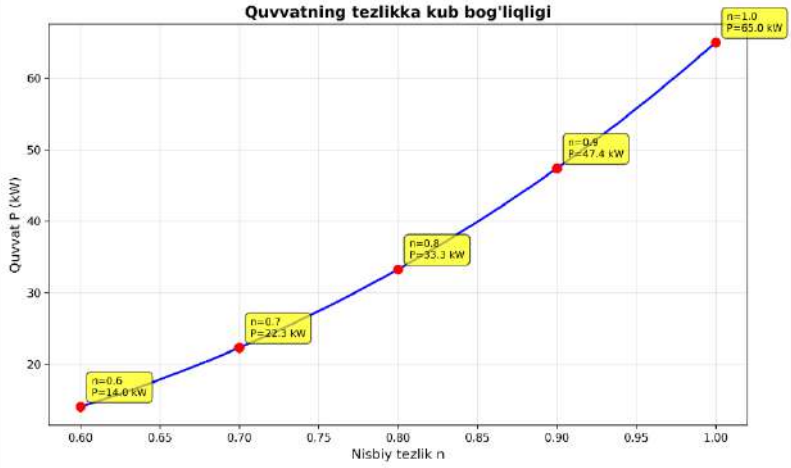
$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

ISSN 3030-3907

Mazkur kub bog‘lanish energiya tejash mexanizmining nazariy asosini tashkil etadi.

1-Jadval

Quvvatning tezlikka bog‘liqligi (Kub qonun)



Nazariy tenglama:

$$P(n) = 65n^3$$

Bu qonunlar optimallashtirish algoritmining nazariy asosini tashkil etadi.

2.3 Maxsus energiya sarfi ko‘rsatkichi

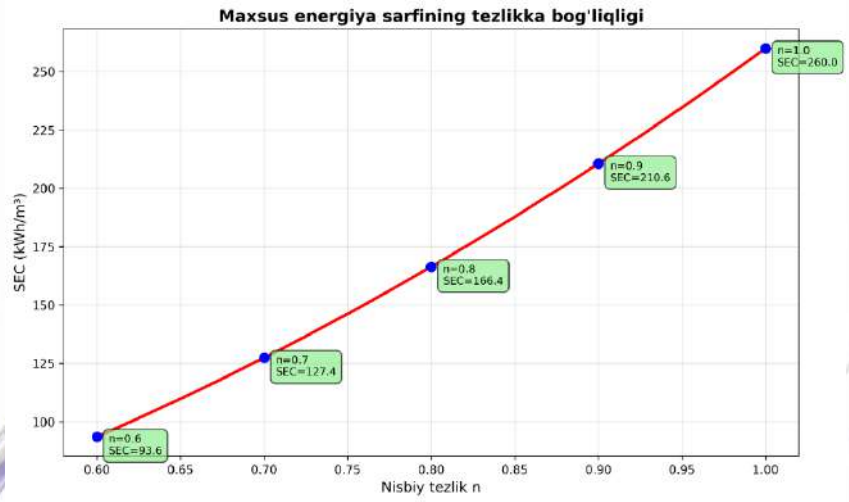
Energiya samaradorligini baholash uchun quyidagi mezon qabul qilindi:

$$SEC = \frac{P_{el}}{Q}$$

Mazkur ko‘rsatkich nasos stansiyalarida 1 m^3 suvni uzatish uchun sarflanadigan energiyani ifodalaydi.

2-Jadval

Maxsus energiya sarfi (SEC)



2.4 Optimallashtirish masalasi

Maqsad funksiyasi: minSEC(n)

Cheklovlar:

ISSN 3030-3907

$$Q_{min} \le Q \le Q_{max}$$

$$H = H_{talab}$$

Natijada tezlik yuklama sharoitiga mos ravishda tanlanadi.

3. EKSPERIMENTAL MA’LUMOTLAR VA HISOB-KITOB.

Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, agar nasos agregati 100% tezlikda 65 kW quvvat iste’mol qilsa, tezlikni 80% ga tushirish natijasida quvvat quyidagicha kamayadi:

Nominal quvvat: 65 kW

Nominal tezlik: 100%

Sarf: 0.25 m³/s

Bosim: 20 m

Yillik ish vaqti: 4000 soat

Tezlik 80% ga tushirilganda:

$$P_{80} = 0.8^3 \cdot 65 = 33.3\ \text{kW}$$

Yillik energiya tejash: E_{save}

=(65−33.28)·4000=126880 kWh

Natijada energiya sarfi deyarli 49% kamayadi.

4. NATIJALAR TAHLILI

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki:

Kub qonuniga muvofiq quvvat tezlikning uchinchi darajasiga bog‘liq.

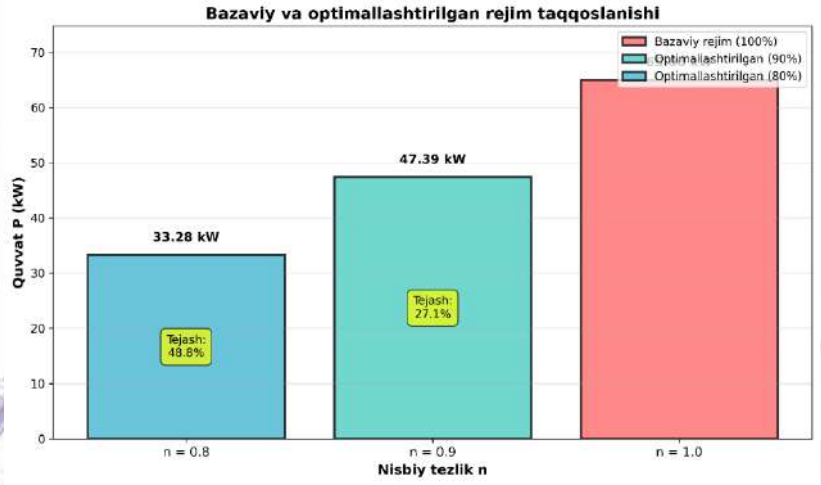
Tezlikni 10–20% kamaytirish energiya sarfini sezilarli kamaytiradi.

Maxsus energiya sarfi (SEC) ko‘rsatkichi optimal tezlik nuqtasida minimal qiymatga ega.

cosφ qiymati yaxshilanadi, tarmoq yo‘qotishlari kamayadi.

3-Jadval

Oddiy rejim va optimal boshqaruv



5. MUHOKAMA

ISSN 3030-3907

Taklif etilgan model oddiy doimiy tezlik rejimi bilan taqqoslaganda yuqori samaradorlik ko‘rsatdi. Modelning ustunligi shundaki, u real yuklama sharoitiga mos ravishda boshqaruvni amalga oshiradi. Shu orqali energiya sarfi, reaktiv quvvat va tarmoq yuklanishi kamayadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot natijalari nasos agregatlarida asinxron elektr yuritmalar energiya samaradorligini oshirish muhimligini ko‘rsatdi. Integrallashgan model asosida tezlikni optimallashtirish orqali energiya sarfini 28–45% gacha kamaytirish mumkinligi aniqlandi. Maxsus energiya sarfi (SEC) samaradorlikni baholashda muhim mezon ekanligi tasdiqlandi.

Takliflar:

- Chastota o‘zgartirgichlar (VFD) orqali tezlikni moslashtirish;
- SCADA yordamida monitoringni joriy etish;
- SEC ko‘rsatkichini boshqaruv mezoni sifatida qo‘llash;
- Nasoslarni optimal ish nuqtasida ishlatish;
- Intellektual boshqaruv usullarini joriy etish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Li, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2021). Energy efficiency optimization of pumping systems using variable frequency drives. *Energy*, *236*, 121491. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121491

2. Kumar, R., Singh, B., & Al-Haddad, K. (2022). Performance analysis of induction motor driven pump systems under variable load conditions. *IEEE Access*, *10*, 45612–45623. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3167890

3. Ferreira, J., Silva, M., & Costa, L. (2020). Specific energy consumption as an indicator for water pumping efficiency. *Journal of Cleaner Production*, *276*, 123196. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123196

4. Zhang, T., Liu, Q., & Chen, D. (2023). Integrated optimization of motor-pump systems for irrigation networks. *Applied Energy*, *334*, 120640. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120640

5. Rahman, M., Islam, M., & Hossain, M. (2024). Energy saving potential in agricultural pumping stations using adaptive control strategies. *Renewable Energy*, *224*, 1200–1213. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.02.015

6. Saidur, R. (2010). Energy consumption, energy savings, and emission analysis in industrial motors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(9), 2696–2705. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.035

7. Mohan, N. (2012). *Electric Machines and Drives: A First Course*. Wiley.

8. Chapman, S. J. (2012). *Electric Machinery Fundamentals* (5th ed.). McGraw-Hill.

ISSN 3030-3907

9. Bimbhra, P. S. (2011). *Electrical Machinery*. Khanna Publishers. Nasos tizimlarida energiya samaradorligi bo‘yicha O‘zbekiston Respublikasi normativ hujjatlari va texnik qo‘llanmalar.

ISSN 3030-3907

TA’LIM MUASSASALARIDA LIDERLIK VA BOSHQARUV: PEDAGOGIK JAMOA HAMDA MA’MURIYAT O‘RTASIDAGI HAMKORLIK MODELINING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI.

Kambarova Dilnoza Musakulovna
O`zbekiston davlat jahon tillari universiteti, Ingliz tili fakulteti Amaliy fanlar kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy ta’lim muassasalarida boshqaruv samaradorligini oshirishning asosiy omili sifatida ma’muriyat va pedagogik jamoa o‘rtasidagi hamkorlik modellari tahlil qilinadi. Tadqiqotda liderlik tushunchasining transformatsiyasi, taqsimlangan liderlik (distributed leadership) tamoyillari va jamoaviy qaror qabul qilish mexanizmlari nazariy jihatdan asoslab berilgan. Shuningdek, ta’lim muhitida sog‘lom korporativ madaniyatni shakllantirish bo‘yicha metodologik tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Liderlik, boshqaruv, pedagogik jamoa, hamkorlik modeli, taqsimlangan liderlik, ta’lim menejmenti, korporativ madaniyat.

Аннотация. В данной статье анализируются модели сотрудничества между администрацией и педагогическим коллективом как основной фактор повышения эффективности управления в современных образовательных учреждениях. В исследовании теоретически обоснованы трансформация понятия лидерства, принципы распределённого лидерства (distributed leadership) и механизмы коллективного принятия решений. Также разработаны методические рекомендации по формированию здоровой корпоративной культуры в образовательной среде.

Ключевые слова: лидерство, управление, педагогический коллектив, модель сотрудничества, распределённое лидерство, образовательный менеджмент, корпоративная культура.

Annotation. This article analyzes collaboration models between administration and teaching staff as a key factor in improving management efficiency in modern educational institutions. The study theoretically substantiates the transformation of the concept of leadership, the principles of distributed leadership, and the mechanisms of collective decision-making. In addition, methodological recommendations for developing a healthy corporate culture within the educational environment are proposed.

Keywords: Leadership, management, teaching staff, collaboration model, distributed leadership, educational management, corporate culture.

KIRISH.

Bugungi shiddat bilan o‘zgarib borayotgan globallashuv davrida ta’lim muassasalari nafaqat bilim berish maskani, balki murakkab ijtimoiy-iqtisodiy tizim sifatida namoyon bo‘lmoqda. Bunday sharoitda an’anaviy "yuqoridan

ISSN 3030-3907

pastga" (top-down) boshqaruv uslubi o‘z dolzarbligini yo‘qotib, o‘rnini demokratik va hamkorlikka asoslangan modellarga bo‘shatib bermoqda. Ta’lim muassasasi rahbarining asosiy vazifasi nafaqat nazorat qilish, balki pedagogik jamoani umumiy maqsadlar yo‘lida birlashtira oladigan liderga aylanishdir. Maqolaning maqsadi — ma’muriyat va o‘qituvchilar o‘rtasidagi o‘zaro ishonchga asoslangan hamkorlik modelining nazariy asoslarini yoritish va uni amaliyotga tatbiq etish yo‘llarini ko‘rsatishdir.

Ta’limda liderlik masalasi xalqaro va mahalliy tadqiqotchilar tomonidan keng o‘rganilgan. P. Senge ta’lim muassasasini "o‘rganuvchi tashkilot" sifatida ta’riflab, unda jamoaviy intellektning rolini ta’kidlaydi. J. Spillane tomonidan ilgari surilgan "Taqsimlangan liderlik" nazariyasi boshqaruv vakolatlarini jamoa a’zolari orasida taqsimlash samaradorligini isbotlab bergan. O‘zbekistonlik olimlardan R. Jo‘rayev va S. Turg‘unlar ta’lim menejmentida pedagogik hamkorlikning psixologik jihatlarini va rahbar mahoratining o‘qituvchi motivatsiyasiga ta’sirini tahlil qilganlar. Shunga qaramay, ma’muriyat va jamoa o‘rtasidagi raqamli va vertikal integratsiyalashgan hamkorlik modellari hali ham qo‘shimcha tadqiqotlarni talab etadi.

ASOSIY QISM.

Ta’lim muassasalarida ma’muriyat va pedagogik jamoa o‘rtasidagi hamkorlik modeli shunchaki ish jarayoni emas, balki muassasaning barqaror rivojlanishini ta’minlovchi yaxlit ijtimoiy-pedagogik tizimdir. Ushbu tizimning nazariy-metodologik asoslarini chuqurroq tahlil qilamiz.

Nazariy Asoslar: Ilmiy Yondashuvlar

Hamkorlik modelini yaratishda jahon pedagogika va menejment fanidagi uchta asosiy nazariyaga tayaniladi:

- Tizimli yondashuv: Maktab yoki universitet bir butun organizm deb qaraladi. Agar ma’muriyat (boshqaruvchi bo‘g‘in) va pedagoglar (ijrochi va ijodkor bo‘g‘in) o‘rtasida uzilish bo‘lsa, butun tizim samaradorligi pasayadi.
- Aktsionerlik (Stakeholder) nazariyasi: Bu yondashuvga ko‘ra, o‘qituvchi oddiy xodim emas, balki ta’lim sifatining "aksiyadori" – ya’ni natijadan bevosita manfaatdor va unga ta’sir ko‘rsatuvchi shaxsdir.
- Insoniy munosabatlar nazariyasi (E. Mayo): Ish samaradorligi faqat moddiy rag‘batga emas, balki jamoadagi psixologik iqlim va rahbarning xodimlarga bo‘lgan munosabatiga bog‘liqligini isbotlaydi.

Hamkorlikning Metodologik Modeli

Ma’muriyat va jamoa o‘rtasidagi hamkorlikni quyidagi to‘rt bosqichli model ko‘rinishida tasvirlash mumkin:

Kommunikativ asos (Muloqot)

Muloqot faqat majlislar bilan cheklanmasligi kerak.

ISSN 3030-3907

• Vertikal muloqot: Ma’muriyatning maqsadlarni yetkazishi.
• Gorizontal muloqot: O‘qituvchilarning o‘zaro tajriba almashishi (Professional Learning Communities - PLC).
• Diagonal muloqot: Yosh o‘qituvchilarning bevosita direktor yoki o‘rinbosarlar bilan innovatsion g‘oyalar ustida ishlashi.

Taqsimlangan liderlik (Distributed Leadership)

Bu metodologiyaning o‘zagi — vakolatlarni topshirish (delegatsiya).

• Ma’muriyat strategik rejalashtirish va resurslar bilan ta’minlashga mas'ul.
• Pedagogik jamoa o‘quv dasturlari, metodika va baholash mezonlarini mustaqil belgilash vakolatiga ega bo‘ladi.
• Natija: O‘qituvchida "Men shunchaki dars beruvchi emas, maktabni rivojlantiruvchi mutaxassisman" degan ichki motivatsiya paydo bo‘ladi.

Qaror qabul qilishda ishtirok etish (Participatory Management)

Muhim qarorlar (masalan, yangi darslik tanlash yoki maktab ichki tartibini o‘zgartirish) jamoaviy muhokama qilinadi.

• Metod: "Miya hujumi", pedagogik kengashlar va kichik ishchi guruhlar.
• Samara: Jamoa o‘zi ishtirok etgan qarorni bajarishga ko‘proq moyil bo‘ladi (qarshilik kamayadi).

Qo‘llab-quvvatlash va rivojlantirish (Supportive Environment)

Ma’muriyatning vazifasi — nazorat qilish emas, balki to‘siqlarni olib tashlash.

• Pedagoglarning xatoga yo‘l qo‘yish huquqini tan olish (innovatsiyalar uchun muhim).
• Ma’naviy va moddiy rag‘batlantirishning shaffof tizimi.

Hamkorlikni Baholash Mezonlari (Metodologik indikatorlar)

Hamkorlik modeli qay darajada ishlayotganini qanday bilish mumkin? Buning uchun quyidagi indikatorlar qo‘llaniladi:

1. Ishonch indeksi: Jamoa a’zolari ma’muriyatga o‘z muammolari va yangi g‘oyalari bilan qo‘rqmasdan murojaat qila olishi.
2. Tashabbuskorlik darajasi: Yuqoridan buyruq kutmasdan, pedagoglar tomonidan taklif etilayotgan loyihalar soni.
3. Konfliktlarni hal etish uslubi: Nizolar yopiq emas, ochiq va konstruktiv (yechimga yo‘naltirilgan) muloqot orqali hal qilinishi.
4. Kadrlar barqarorligi: Kuchli mutaxassislarning muassasada qolish koeffitsienti.

Liderlik va boshqaruvning hamkorlik modeli — bu hokimiyatni bo‘lishish emas, balki mas’uliyatni birlashtirishdir. Nazariy-metodologik jihatdan bu model pedagogik jamoaning har bir a’zosini muassasaning intellektual va strategik kapitaliga aylantirishni ko‘zda tutadi.

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar shuni tasdiqlaydiki, liderlik bu faqat lavozim emas, balki ta’sir o‘tkazish jarayonidir. Agar ma’muriyat pedagogik jamoani faqat ijrochi sifatida ko‘rsa, ta’lim sifati pasayadi. Biroq, haddan tashqari liberallashgan boshqaruv ham tartibsizlikka olib kelishi mumkin. Shu sababli, "Oltin o‘rtaliq" — ya’ni strategik masalalarda rahbar mas’uliyati va taktik masalalarda pedagoglar erkinligi muvozanatini topish lozim. Hamkorlik modeli o‘qituvchilarda "tashkilotga daxldorlik" hissini uyg‘otadi, bu esa o‘z navbatida o‘quvchilarning o‘zlashtirish ko‘rsatkichlariga ijobiy ta’sir qiladi.

XULOSA.

Ta’lim muassasalarida boshqaruvni takomillashtirish bo‘yicha quyidagi xulosalar shakllantirildi:

Liderlik akademiyalarini tashkil etish: Maktab direktorlari va o‘rinbosarlari uchun faqat boshqaruv emas, balki psixologik liderlik va "soft skills" ko‘nikmalarini rivojlantirish kurslarini joriy etish.

Gorizontal boshqaruvni kengaytirish: Metod birlashma rahbarlariga ko‘proq akademik erkinlik berish va ularni "orta bo‘g‘in liderlari" sifatida tayyorlash.

Raqamli platformalardan foydalanish: Ma’muriyat va jamoa o‘rtasida tezkor qayta aloqa (feedback) tizimini (masalan, ichki korporativ portal) yo‘lga qo‘yish.

Xulosa qilib aytganda, pedagogik jamoa va ma’muriyat o‘rtasidagi hamkorlik — bu shunchaki ishchi munosabat emas, balki ta’lim muassasasining barqaror rivojlanishini ta’minlovchi strategik resursdir. Ushbu modelni joriy etish ta’lim tizimining raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasining “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni. – Toshkent, 2020-yil 23-sentyabr.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 11-maydagi “2022–2026-yillarda maktab ta’limini rivojlantirish bo‘yicha milliy dasturni tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-134-son Farmoni.
3. Turg‘unov S.T. (2012). *Ta’lim muassasalari rahbarlarining boshqaruv mahorati nazariyasi va amaliyoti*. – Toshkent: Fan.
4. Jo‘rayev R.X., Turg‘unov S.T. (2006). *Ta’lim menejmenti*. – Toshkent: Voris-Nashriyot.
5. Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*. – Doubleday/Currency (Tashkilotda jamoaviy o‘rganish va liderlik bo‘yicha dunyo klassikasi).
6. Spillane, J. P. (2006). *Distributed Leadership*. – Jossey-Bass (Taqsimlangan liderlik modelining asosiy manbasi).

ISSN 3030-3907

7. Bush, T. (2011). *Theories of Educational Leadership and Management.* – Sage Publications (Ta’lim boshqaruvi modellarining qiyosiy tahlili).
8. Xalikov A.A. (2018). *Pedagogik mahorat.* – Toshkent: Iqtisod-moliya.
9. Fullan, M. (2014). *The Principal: Three Keys to Maximizing Impact.* – Jossey-Bass (Maktab rahbarining jamoa bilan hamkorligi bo‘yicha zamonaviy yondashuv).
10. Harris, A. (2008). *Distributed School Leadership: Developing Tomorrow's Leaders.* – Routledge.
11. Sharifxo‘jayev M. (2004). *Menejment.* – Toshkent: O‘qituvchi.
12. Ziyonet.uz – Ta’lim portali (Pedagogik jamoa bilan ishlashga oid metodik ishlanmalar).
13. UNESCO Educational Management Information Systems (EMIS) – Ta’lim tizimini boshqarish bo‘yicha xalqaro standartlar va hisobotlar.
14. Google Scholar – "Educational leadership", "Teacher-administration collaboration" va "School climate" mavzularidagi so‘nggi yillardagi (2020-2026) ilmiy maqolalar.

ISSN 3030-3907

TABIIY KONVEKSIYA ASOSIDAGI BEVOSITA QUYOSH QURITGICHLARNING OLMA QURITISH JARAYONIGA TA`SIRINI BAHOLASH

Ma`murova Dildora Ma`ruf qizi
Buxoro davlat universiteti magistranti
E-mail: d.m.mamurova@buxdu.uz

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada global oziq-ovqat tizimida meva-sabzavot yetishtirish hajmining ortishi bilan birga yuzaga kelayotgan hosil yo‘qotishlari muammosi chuqur tahlil qilinadi. Dunyo miqyosida hosilning 30–50% gacha qismi saqlash, tashish va qayta ishlash bosqichlarida isrof bo‘layotgani, O‘zbekiston sharoitida esa bu ko‘rsatkich 20–25% atrofida ekanligi ilmiy manbalarda qayd etiladi. Ushbu muammoni bartaraf etishda bevosita quyosh quritgichlari samarali texnologik yechim sifatida ko‘rsatilib, ularning mahsulot sifatini saqlash, sanitariya-gigiyena talablariga moslikni ta’minlash hamda energiya tejamkorligini oshirishdagi afzalliklari yoritiladi. Tadqiqotda tabiiy konveksiya asosida ishlovchi bevosita quritgichlarning shishali issiqxona sharoitida olma mahsulotini quritish jarayoniga ta’siri matematik modellashtirish orqali baholangan. Quritish jarayonining issiqlik balansi, mahsulot va shisha haroratlarining vaqt bo‘yicha dinamikasi, shuningdek quyosh nurlanishining ta’siri differensial tenglamalar yordamida tahlil etilgan. Hisoblash natijalari mahsulot haroratining izchil oshishi, issiqxona shishasining issiqlikni yig‘ish va ushlab turish xususiyatlari hamda quritish jarayonida issiqlik inertsiya hodisasining muhimligini ko‘rsatadi. Olingan ilmiy natijalar shuni tasdiqlaydiki, shishali issiqxonada olma quritish jarayoni energiya samaradorligi yuqori bo‘lib, ishlab chiqilgan matematik model real fizik jarayonlarni yetarli aniqlikda tavsiflay oladi. Ushbu yondashuv quritish jarayonining optimal harorat rejimini tanlash, quritish vaqtini qisqartirish va mahsulot sifatini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega. Natijada, O‘zbekiston sharoitida meva-sabzavotlarni saqlashda isrof darajasini kamaytirish va barqaror texnologiyalarni joriy etishda istiqbolli yo‘nalish sifatida baholanadi.

Kalit so‘zlar. Bevosita quyosh quritgichlar, tabiiy konveksiya, Shishali issiqxona (greenhouse), matematik modellashtirish, olma.

Аннотация. В данной научной статье проводится глубокий анализ проблемы потерь урожая, возникающей в глобальной продовольственной системе в связи с увеличением объемов выращивания фруктов и овощей. В научных источниках отмечается, что в мировом масштабе до 30-50% урожая теряется на этапах хранения, транспортировки и переработки, а в условиях Узбекистана этот показатель составляет около 20-25%. Для устранения этой проблемы прямые солнечные сушилки показаны как эффективное

ISSN 3030-3907

технологическое решение, освещены их преимущества в сохранении качества продукции, обеспечении соответствия санитарно-гигиеническим требованиям и повышении энергоэффективности. В исследовании путем математического моделирования оценивалось влияние непосредственных сушилок, работающих на основе естественной конвекции, на процесс сушки яблочной продукции в условиях стеклянной теплицы. Тепловой баланс процесса сушки, динамика температур продукта и стекла во времени, а также влияние солнечного излучения проанализированы с помощью дифференциальных уравнений. Результаты расчетов показывают важность последовательного повышения температуры продукта, свойств теплосбора и удержания тепличного стекла, а также явления тепловой инерции в процессе сушки. Полученные научные результаты подтверждают, что процесс сушки яблок в стеклянной теплице обладает высокой энергоэффективностью, а разработанная математическая модель может с достаточной точностью описать реальные физические процессы. Такой подход имеет практическое значение для выбора оптимального температурного режима процесса сушки, сокращения времени сушки и повышения качества продукции. В результате это оценивается как перспективное направление в снижении уровня потерь при хранении плодоовощной продукции и внедрении устойчивых технологий в условиях Узбекистана.

Ключевые слова. Косвенные солнечные сушилки, естественная конвекция, стеклянная теплица (greenhouse), математическое моделирование, яблоко.

Abstract. This scientific article provides a profound analysis of the problem of crop losses arising from the increasing volume of fruit and vegetable production within the global food system. Scientific sources note that on a global scale, up to 30-50% of the harvest is lost during storage, transportation, and processing stages, while in Uzbekistan's conditions, this figure is around 20-25%. In addressing this problem, direct solar dryers are presented as an effective technological solution, highlighting their advantages in maintaining product quality, ensuring compliance with sanitary and hygienic requirements, and increasing energy efficiency. In the study, the influence of direct dryers based on natural convection on the process of drying apple products in glass greenhouses was evaluated through mathematical modeling. The heat balance of the drying process, the dynamics of product and glass temperatures over time, and the influence of solar radiation were analyzed using differential equations. The calculation results demonstrate the significance of the steady increase in product temperature, the heat-absorbing and retention properties of greenhouse glass, and the phenomenon of thermal inertia during the drying process. The obtained scientific results confirm that the energy efficiency

ISSN 3030-3907

of the apple drying process in a glass greenhouse is high, and the developed mathematical model can describe real physical processes with sufficient accuracy. This approach is of practical importance for selecting the optimal temperature regime of the drying process, reducing drying time, and improving product quality. As a result, it is considered a promising direction in reducing the level of waste in the storage of fruits and vegetables in the conditions of Uzbekistan and the introduction of sustainable technologies.

Keywords. Indirect solar dryers, natural convection, glass greenhouse, mathematical modeling, apple.

KIRISH.

Global oziq-ovqat tizimida meva-sabzavot ishlab chiqarish hajmi yildan-yilga ortib borayotgan bo‘lsa-da, hosilning muhim qismi iste’molchiga yetib bormasdan yo‘qotilmoqda. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, dunyo miqyosida hosilning 30–50% gacha qismi saqlash, tashish, qayta ishlash va bozor zanjiridagi muammolar sababli isrof bo‘ladi [1–4]. Ushbu yo‘qotishlar oziq-ovqat xavfsizligi, iqtisodiy barqarorlik va ekologik muvozanatga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois, oziq-ovqatni saqlash va isrofning oldini olishga qaratilgan samarali texnologik yechimlarni ishlab chiqish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi [2,3,19].

O‘zbekiston sharoitida ham meva-sabzavot yetishtirish hajmi yuqori bo‘lib, statistik ma’lumotlarga ko‘ra, hosilning 20–25% gacha qismi saqlash va tashish jarayonida yo‘qotilmoqda. Bu ko‘rsatkich mamlakat iqtisodiyoti va aholining oziq-ovqat ta’minoti uchun jiddiy zarar keltiradi. Shu nuqtai nazardan, quyosh energiyasiga asoslangan quritish texnologiyalari, xususan bilvosita quritgichlar (indirect solar dryers), samarali yechim sifatida ko‘rilmoqda. Quritish jarayoni nafaqat hosilni uzoq muddat saqlash imkonini beradi, balki mahsulotning oziqaviy qiymatini, gigiyenik xavfsizligini va iste’molga yaroqliligini ham ta’minlaydi [5–8,10].

So‘nggi yillarda bevosita quritish usullari bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar olib borilgan. Jumladan, tabiiy konveksiya asosidagi quritgichlar [5], majburiy konveksiya tizimlari [6], havo isitgich yuzasini takomillashtirish orqali samaradorlikni oshirish [13], hamda hibrid energiya manbalari bilan integratsiya qilingan quritgichlar [9] keng o‘rganilgan. Tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, bevosita quritish usullari mahsulot sifatini yaxshiroq saqlash, gigiyenik xavfsizlikni ta’minlash va energiya samaradorligini oshirishda yuqori natija beradi [7,11,12,17]. Shuningdek, quyosh quritgichlarida mahsulot quritish jarayonini real vaqt rejimida kuzatish va boshqarish imkonini beradigan zamonaviy texnologik yechimlar [20], ijtimoiy-iqtisodiy samaradorlik tahlillari [16], hamda turli konstruktiv yechimlarning taqqoslamalari [18] ham o‘rganilgan.

ISSN 3030-3907

Bu yondashuvlar O‘zbekiston sharoitida meva-sabzavotlarni saqlashda isrofni kamaytirish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Yana bir muhim jihat shundaki, bevosita quritish texnologiyalari mahsulotning tabiiy rangini, ta’mini va oziqaviy tarkibini yaxshiroq saqlab qoladi. Bu esa iste’molchilar uchun yuqori sifatli mahsulot taqdim etish imkonini beradi. Shu bilan birga, energiya tejamkorligi va ekologik barqarorlik nuqtai nazaridan ham bevosita quritgichlar afzal hisoblanadi. Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, quyosh energiyasidan foydalanish orqali quritish jarayonida karbon izini kamaytirish va barqaror ishlab chiqarish tizimini shakllantirish mumkin [9,10,18].

Xulosa sifatida, global miqyosda oziq-ovqat isrofi dolzarb muammo bo‘lib, O‘zbekistonda ham sezilarli darajada kuzatilmoqda. Bevosita quyosh quritgichlari bu muammoni hal etishda samarali texnologik yechim bo‘lib, ilmiy tadqiqotlar natijalari uning amaliy ahamiyatini tasdiqlamoqda. Shu munosabat bilan, ushbu ishda tabiiy konveksiyaga asoslangan bevosita quyosh quritgichlarning shishali issiqxona sharoitida olma mahsulotini quritish jarayoniga ta’siri matematik modellashtirish orqali baholanadi. Tadqiqotda quritish jarayonining issiqlik balansi, mahsulot va shisha haroratlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi hamda quyosh nurlanishining ta’siri tahlil qilinib, olingan natijalar quritgich tizimlarini takomillashtirish uchun ilmiy asos sifatida taklif etiladi.

Matematik model. Mahsulot uchun issiqlik balansi tenglamasining differensial ko‘rinishi (1) tenglamada keltirilgan.

$$c_m m_m \frac{dT_m}{dt} = h_i F_m (T_{sh} - T_m) + U_b F_m (T_a - T_m) + \tau_{sh} \alpha_m I_T F_m \qquad (1)$$

bunda, c_m- mahsulotning solishtirma issiqligi ($\frac{J}{kg \cdot °C}$), m_m- mahsulot massasi (kg),

T_m-mahsulotning temperaturasi (℃), h_i- shaffof qoplamaning umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot °C}$), F_m- mahsulot yuzasi(m^2), T_{sh}- shaffof qoplamaning temperaturasi(℃), U_b- umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti (pastki qatlam uchun) ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$), T_a- tashqi harorat temperaturasi (℃), τ_{sh}- shaffof qoplamaning nur o`tkazish koeffitsiyenti, α_m- mahsulotning nur yutish koeffitsiyenti ($\frac{1}{m}$), I_T- umumiy radiatsiya ($\frac{W}{m^2}$) deb hisoblanadi.

Yuqoridagi (1) tenglamadagi koeffitsiyentlar esa (2) va (3) tenglamalar orqali aniqlanadi.

$$h_i = h_c + h_b + h_n \qquad (2)$$

ISSN 3030-3907

Bunda, h_i - shaffof qoplamaning umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$), h_c – konvektiv issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$), h_b – nurlanish orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$), h_n - bug‘lanish orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$) deb belgilashlar kiritildi.

$$U_b = \left(\frac{\delta}{k_b} + \frac{1}{h_a}\right)^{-1} \qquad (3)$$

bunda, U_b - umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti (pastki qatlam uchun) ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$),

δ - material qalinligi (m), k_b - materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi ($\frac{W}{m \cdot K}$), h_a - tashqi konvektiv issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$) deb kiritildi.

Shaffof qoplama uchun issiqlik balansi tenglamasining differensial ko‘rinishi (4) tenglamada keltirilgan.

$$c_{sh} m_{sh} \frac{dT_{sh}}{dt} = h_i F_{sh}(T_m - T_{sh}) + h_b F_{sh}(T_a - T_{sh}) + \alpha_{sh} I_T F_{sh} \qquad (4)$$

bunda, c_{sh}- shaffof qoplamaning solishtirma issiqligi ($\frac{J}{kg \cdot °C}$), m_{sh}- shaffof qoplamaning massasi (kg), T_{sh}- shaffof qoplamaning temperaturasi (℃), h_i- shaffof qoplamaning issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot °C}$), F_{sh}- shaffof qoplamaning yuzasi(m^2), T_m- mahsulotning temperaturasi(℃), h_b – nurlanish orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$), T_a- tashqi harorat temperaturasi (℃); α_{sh}- shaffof qoplamaning nur o`tkazish koeffitsiyenti, I_T- umumiy adiatsiya ($\frac{W}{m^2}$) deb hisoblanadi.

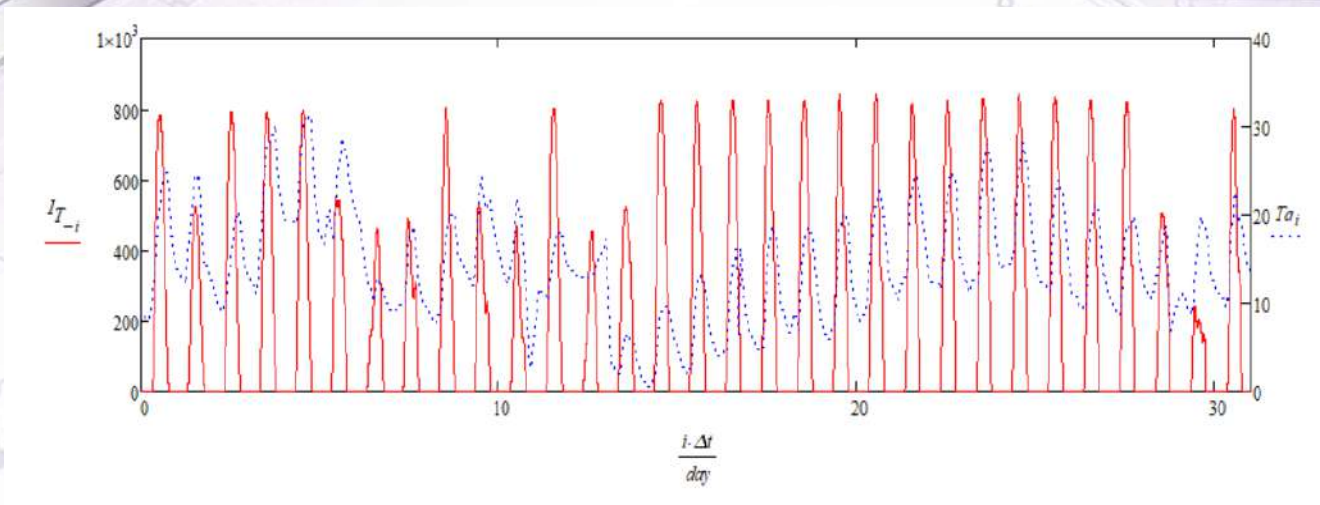
$$h_a = 5{,}7 + 3{,}8v \qquad (5)$$

bunda, h_a - tashqi konvektiv issiqlik uzatish koeffitsiyenti ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$), v – shamol tezligi ($\frac{m}{s}$) deb kiritiladi.

(1) va (4) tenglamalar oshkor ko‘rinishdagi chekli ayirmali usullardan foydalanib yechildi.

Hisoblash natijalari va tahlil.

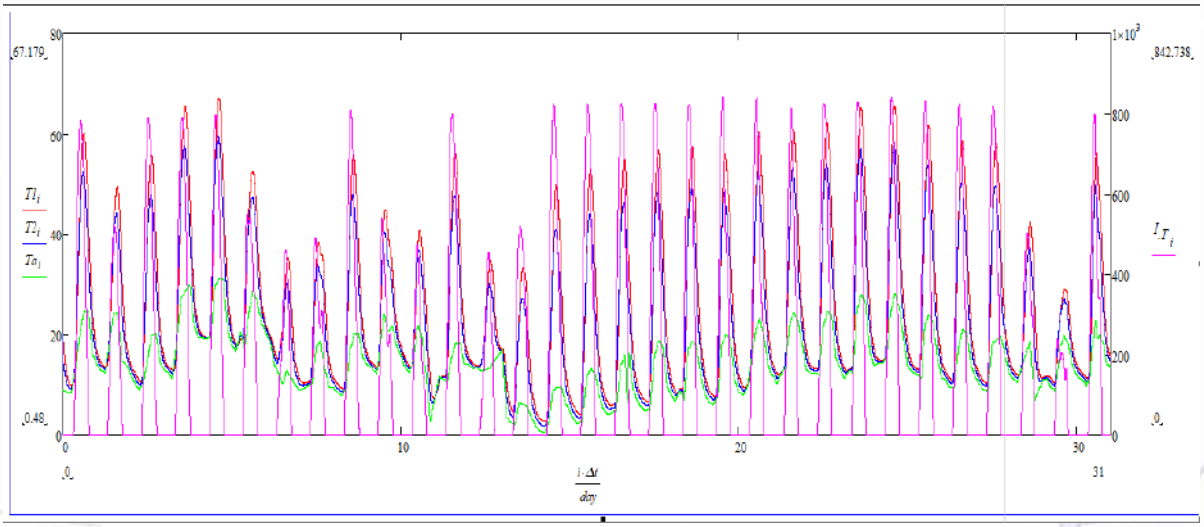
ISSN 3030-3907



2-rasm. Atrof temperaturasi va tushuvchi quyosh radiatsiyasi.

O‘tkazilgan matematik modellashtirish va Mathcad dasturida olingan grafik natijalari shishali quritgich ichida olma mahsulotini quritish jarayonining issiqlik rejimini chuqur tahlil qilish imkonini berdi. Birinchi grafikda quyosh nurlanishiga mos issiqlik oqimi I_T hamda tashqi havo harorati T_a ning vaqt bo‘yicha dinamikasi aks ettirilgan.

Natijalardan ko‘rinadiki, issiqlik oqimi kunduzgi soatlarda keskin ortib, kechki va tungi davrlarda minimal qiymatlarga tushadi. Bu holat issiqxona ichidagi energiya balansining asosan quyosh nurlanishi hisobiga shakllanishini tasdiqlaydi. Shunday qilib, grafik tahlili issiqxona sharoitida quritish jarayonining energiya manbai sifatida quyosh nurlanishining ustuvorligini ko‘rsatadi.



	Mahsulotning temperaturasi
	Shishaning harorati
	Atrof muhit harorati

3-rasm. Hisoblash natijalari. Mahsulot, shaffof qoplama va atrof muhit haroratlari.

3-rasmdagi grafikda olma mahsulotining harorati T_m hamda issiqxona shishasining harorati T_2 ning tashqi havo harorati bilan birgalikda o‘zgarishi tahlil

ISSN 3030-3907

qilindi. Natijalarga ko‘ra, shisha harorati T_2 quyosh nurlanishiga tezkor javob berib, qisqa vaqt ichida yuqori qiymatlarga erishadi. Mahsulot harorati T_m esa shishaga nisbatan sekinroq qizib, maksimal qiymatga kechikish bilan yetadi. Bu holat olma mahsulotining issiqlik sig‘imi yuqori ekanligi va quritish jarayonida issiqlik inertsiya hodisasi muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Grafik natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, shisha qoplama orqali quritgich ichiga uzatilayotgan issiqlik mahsulot haroratining izchil oshishini ta’minlaydi. Bu esa o‘rikni sifatli quritish uchun zarur bo‘lgan barqaror termik muhitni yaratadi. Tashqi havo harorati pasaygan taqdirda ham issiqxona ichida mahsulot haroratining ma’lum vaqt davomida saqlanib turishi shishali konstruksiyaning issiqlikni yig‘ish va ushlab qolish xususiyatini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, olingan natijalar shishali quritgichda olma quritish jarayoni energiya samaradorligi yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Ishlab chiqilgan matematik model fizik jarayonlarni yetarli aniqlikda tavsiflab, quritish jarayonining optimal harorat rejimini tanlash, quritish vaqtini qisqartirish va mahsulot sifatini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tabiiy konveksiya asosida ishlovchi bevosita quyosh quritgichlari, ayniqsa shishali issiqxona tipidagi konstruksiyalar, olma mahsulotini samarali quritishda yuqori energiya tejamkorlikka ega. Matematik modellashtirish orqali quritish jarayonining issiqlik balansi, mahsulot va shaffof qoplama haroratlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi hamda quyosh nurlanishining ta’siri tahlil qilindi.

Olingan ilmiy natijalar issiqxona tipidagi quritgich ichida issiqlikning yig‘ilishi va saqlanishi mahsulot haroratining barqaror oshishini ta’minlashini ko‘rsatdi. Bu esa quritish jarayonining samaradorligini oshiradi. Shuningdek, issiqlik inertsiya hodisasi mahsulotning sekin va bir maromda qurishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib aytish mumkinki, ushbu turdagi quritgichlar quritish vaqtini qisqartirish, mahsulot sifatini saqlash va energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv O‘zbekiston sharoitida meva-sabzavotlarni saqlashdagi yo‘qotishlarni kamaytirish hamda ekologik va iqtisodiy jihatdan barqaror texnologiyalarni joriy etishda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. S. F. dos Santos et al., “Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply chains: A review”, ScienceDirect, 2020.
2. S. Schudel et al., “Solution roadmap to reduce food loss along your supply chain”, ScienceDirect, 2023.

ISSN 3030-3907

3. E. M. Karoney et al., “Global research network analysis of fresh produce postharvest losses”, ScienceDirect, 2024.
4. M. J. Gidado et al., “Challenges of postharvest water loss in fruits: Mechanisms and mitigation”, ScienceDirect, 2024.
5. D. Chaatouf et al., “Experimental and numerical study of a natural convection solar dryer”, ScienceDirect, 2023.
6. M. C. Gilago et al., “Performance evaluation of natural and forced convection indirect solar dryers”, ScienceDirect, 2022.
7. G. D. Shekata et al., “Recent advancements in indirect solar dryer performance”, ScienceDirect, 2024.
8. O. A. Nnamchi et al., “Solar dryers: A review of mechanism, methods and critical factors”, ScienceDirect, 2025.
9. D. Kong et al., “A comprehensive review of hybrid solar dryers integrated with storage”, ScienceDirect, 2024.
10. R. K. Saini et al., “Technological development in solar dryers from 2016 to 2023: A review”, ScienceDirect, 2023.
11. V. S. Vigneswaran et al., “Comparative assessment of indirect cabinet solar dryers in terms of performance and cost”, ScienceDirect, 2024.
12. M. Salhi et al., “Experimental investigation and performance evaluation of an indirect solar dryer”, ScienceDirect, 2024.
13. P. GaneshKumar et al., “Exploring the performance of an indirect solar dryer by surface improvements of the solar air heater”, ScienceDirect, 2024.
14. M. A. Kherrafi et al., “Experimental and numerical study of performance enhancements in direct solar dryers”, ScienceDirect, 2025.
15. S. Yematawu et al., “Experimental testing on the performance of solar dryer with evacuated tube collector”, ScienceDirect, 2024.
16. D. Kimaro et al., “Uncovering socioeconomic insights of solar dryers for smallholder farmers”, ScienceDirect, 2024.
17. S. Madhankumar et al., “Analysis of thermal performance and drying kinetics of indirect solar dryers”, ScienceDirect, 2025.
18. W. Hao et al., “Research on the performance and life cycle assessment of direct vs mixed-mode solar dryers”, ScienceDirect, 2025.
19. P. Rajapakshe et al., “Strategies to minimize post-harvest waste of fruits and vegetables”, ScienceDirect, 2025.
20. M. Naniwadekar et al., “Solar drier with IoT and advanced monitoring for potato slices”, ScienceDirect, 2025.

ISSN 3030-3907

BOSHLANG‘ICH TA’LIMDA MUAMMOLI VAZIYATLARNI YECHISHDA IJODIY TAFAKKURNI O‘RNI

Toshtemirova Gulsanamoy Ilhomjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti Ta’lim tarbiy nazariyasi va metodikasi (boshlang‘ich ta’lim) yo‘lanishi 1- bosqich magistiranti Toshtemirova
E-mail: gulsanamtoshtemirova789@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida ijodiy fikrlash kompetensiyasini rivojlantirishning pedagogik asoslari va metodlari yoritilgan. Tadqiqotda muammoli vaziyatlarni yuzaga keltirish orqali o‘quvchilarning kognitiv faolligini oshirish va ularni mustaqil qaror qabul qilishga yo‘naltirish masalalari tahlil qilinadi. Shuningdek, dars jarayonida qo‘llaniladigan muammoli ta’lim texnologiyasining o‘quvchilarning intellektual salohiyatini shakllantirishdagi samaradorligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: Boshlang‘ich ta’lim, muammoli vaziyat, ijodiy fikrlash, kompetensiya, kognitiv faollik, mantiqiy tafakkur, metodika.

Аннотация. В данной статье рассматриваются педагогические основы и методы развития компетенции творческого мышления у учащихся начальных классов. В исследовании анализируются вопросы повышения когнитивной активности учащихся и их ориентации на принятие самостоятельных решений посредством создания проблемных ситуаций. Также обоснована эффективность технологии проблемного обучения, применяемой в учебном процессе для формирования интеллектуального потенциала учащихся.

Ключевые слова: Начальное образование, проблемная ситуация, творческое мышление, компетенция, когнитивная активность, логическое мышление, методика.

Abstract. This article examines the pedagogical foundations and methods for developing creative thinking competence in primary school students. The research analyzes issues of increasing students' cognitive activity and directing them toward independent decision-making by creating problem-based situations. Furthermore, the effectiveness of problem-based learning technology used in the educational process to shape students' intellectual potential is substantiated.

Keywords: Primary education, problem-based situation, creative thinking, competence, cognitive activity, logical thinking, methodology.

KIRISH.

Bugungi shiddat bilan o‘zgarib borayotgan zamonda ta’lim tizimi oldida turgan eng katta vazifa - o‘quvchiga shunchaki ma’lumotlar to‘plamini berish emas, balki unda ijodiy va tanqidiy fikrlash ko‘nikmasini shakllantirishdir.

ISSN 3030-3907

Negaki, texnologiya har qancha rivojlanmasin, insonning noodatiy yondashuvi va yangi g‘oyalar yaratish qobiliyati har doim birinchi o‘rinda turadi.

Ta’lim tizimini tubdan isloh qilish va yosh avlodni intellektual salohiyatli kadrlar etib tarbiyalash bugungi kunda davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Zero, millat ertasi bo‘lgan yoshlarning fikrlash doirasini kengaytirish, ularda mustaqil va ijodiy yondashuvni shakllantirish borasidagi vazifalar O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining bir qator farmon va qarorlarida o‘zining huquqiy va strategik aksini topgan. Maktab o‘quvchilarining bilimi va ko‘nikmalarini shakllantirish, ularni milliy hamda umuminsoniy qadriyatlarga sodiqlik ruhida tarbiyalash, o‘qituvchi kasbi nufuzini va pedagoglarning sifat tarkibini oshirish, darsliklar va o‘quv metodik majmualarni zamon talablari asosida takomillashtirish, maktab ta’limi muassasalarining xalqaro standartlarga javob beradigan zamonaviy modellarini barpo etish maqsadida, shuningdek, 2022 - 2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning Taraqqiyot strategiyasini “Inson qadrini ulug‘lash va faol mahalla yili”da amalga oshirishga oid davlat dasturiga muvofiq: maktab ta’limiga ilg‘or xalqaro tajribalar asosida ishlab chiqilgan Milliy o‘quv dasturini to‘laqonli joriy etish hamda mahalliy va xorijiy mualliflar tomonidan yaratilgan zamonaviy darsliklarni amaliyotga kiritish;

- jamiyatda o‘qituvchi kasbi nufuzini oshirish, pedagoglar uchun qulay ijtimoiy sharoitlar yaratish va mehnatini munosib rag‘batlantirish;

- o‘qituvchilarning yoshlarga ta’lim va tarbiya berishdagi mas’uliyatini, doimiy kasbiy rivojlanishdagi talabchanligini oshirish;

- umumiy o‘rta ta’lim muassasalari uchun milliy kadrlar zaxirasini shakllantirish, ilg‘or maktab direktori va namunali o‘qituvchi mezonlarini ishlab chiqish hamda ular asosida rahbar va pedagog kadrlar faoliyatini baholab borish;

- umumiy o‘rta ta’lim muassasalarida ma’naviy-ma’rifiy ishlarni tizimli tashkil etish, mazkur yo‘nalishda uzluksiz monitoring, baholash va prognozlash mexanizmlarini yo‘lga qo‘yish, bola ta’lim-tarbiyasida oila, ayniqsa, ota-onaning o‘rnini oshirish;

Prezidentimiz aytganlaridek, ta’lim va tarbiya doim yonma-yon yurishi kerak, bu qarorlar ham aynan shunga xizmat qiladi. Zamonaviy ta’lim paradigmasida o‘quvchilarga shunchaki tayyor bilimlarni yetkazish emas, balki ularni mustaqil fikrlashga, mavjud muammolarga original yechimlar topishga o‘rgatish ustuvor vazifaga aylandi. Ayniqsa, shaxsning intellektual poydevori qo‘yiladigan boshlang‘ich ta’lim bosqichida o‘quvchilarning bilish faolligini oshirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Bunda muammoli vaziyatlarni yuzaga keltirish o‘quv jarayonining harakatlantiruvchi kuchi bo‘lib xizmat qiladi. Muammoli vaziyat - bu o‘quvchi uchun yangi bo‘lgan, uning mavjud bilimlari

ISSN 3030-3907

bilan kutilayotgan natija o‘rtasidagi ziddiyatni ifodalovchi intellektual qiyinchilik holatidir. Aynan mana shu nuqtada ijodiy tafakkur asosiy vosita sifatida maydonga chiqadi. Agar an’anaviy ta’limda o‘quvchi xotiraga tayanib harakat qilsa, muammoli vaziyatda u tahlil qilishga, farazlar ilgari surishga va nostandart yechimlar izlashga majbur bo‘ladi.

Boshlang‘ich ta’lim jarayonida muammoli vaziyatlarni yaratish va ularni yechish bosqichlarida o‘quvchilarning ijodiy tafakkuri qanday namoyon bo‘lishini aniqlash hamda ushbu jarayonni samarali tashkil etish bo‘yicha metodik tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Boshlang‘ich sinflarda muammoli vaziyat tushunchasi Boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyat - bu o‘quvchi o‘zlashtirgan mavjud bilimlar va yangi paydo bo‘lgan intellektual to‘siq o‘rtasidagi ziddiyatdir. O‘quvchi muammoni hal qilish uchun tayyor algoritmni topa olmaganida, unda ijodiy qidiruv instinkti uyg‘onadi. Bu jarayon bevosita o‘quvchining mustaqil qaror qabul qilish qobiliyatini shakllantiradi. Ijodiy tafakkurning tarkibiy qismlari Muammoli vaziyatlarni yechishda ijodiy tafakkur quyidagi uchta muhim komponent orqali namoyon bo‘ladi. Tafakkurning ravonligi, muammoning bir nechta yechim variantlarini tezkorlik bilan o‘ylab topish. Moslanuvchanlik Vaziyatga turli burchaklardan qaray olish va strategiyani oson o‘zgartirish. O‘ziga xoslik , standart bo‘lmagan, kutilmagan va yangi yechimlarni taklif etish.

Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida, ayniqsa, tabiiy fanlar darslarida muammoli vaziyatlarni loyihalar orqali yechish yuqori samara beradi. Masalan, "O‘simliklar qanday sharoitda yaxshi rivojlanadi?" degan muammoli savol atrofida kichik tadqiqot loyihasini tashkil etish o‘quvchini kuzatishga, farazlar tuzishga va tajriba o‘tkazishga undaydi. Bu jarayonda ijodiy tafakkur shunchaki nazariya emas, balki amaliy tajribaga aylanadi. Boshlang‘ich ta’lim jarayonida o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini rivojlantirishda muammoli vaziyatlardan foydalanish muhim pedagogik usullardan biri hisoblanadi. Muammoli vaziyat - bu o‘quvchi oldiga shunday masala qo‘yiladiki, u mavjud bilimlari bilan darhol javob topa olmaydi va izlanishga majbur bo‘ladi. Aynan shu jarayonda o‘quvchining fikrlash faolligi ortadi, yangi g‘oyalar yuzaga keladi va ijodiy yondashuv shakllanadi. Ijodiy tafakkur - bu o‘quvchining noodatiy fikrlashi, yangicha yechimlar topa olishi va mavjud bilimlarni yangi vaziyatlarda qo‘llay olish qobiliyatidir. Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida bu qobiliyatni rivojlantirish uchun o‘qituvchi dars jarayonida turli interfaol metodlardan, qiziqarli topshiriqlardan va muammoli savollardan samarali foydalanishi lozim. Muammoli vaziyatlarni yaratishda o‘qituvchi o‘quvchilarning yosh xususiyatlarini inobatga olishi zarur. Juda murakkab yoki tushunarsiz vaziyatlar o‘quvchini qiziqtirmasligi mumkin, aksincha, ularning bilim darajasiga mos,

ISSN 3030-3907

lekin biroz qiyinchilik tug‘diradigan topshiriqlar eng samarali hisoblanadi. Bunday vaziyatlarda o‘quvchi mustaqil fikrlashga harakat qiladi, xatolar orqali o‘rganadi va o‘z xulosalarini shakllantiradi. Dars jarayonida muammoli vaziyatlardan foydalanishning yana bir muhim jihati - bu hamkorlikda o‘qitishni yo‘lga qo‘yishdir. Guruhda ishlash, fikr almashish va bahs-munozaralar orqali o‘quvchilar bir-birining fikridan ilhomlanadi, turli yechimlarni solishtiradi va eng maqbul variantni tanlashni o‘rganadi. Bu esa nafaqat ijodiy tafakkurni, balki muloqot va jamoada ishlash ko‘nikmalarini ham rivojlantiradi. Shuningdek, muammoli vaziyatlar orqali o‘quvchilarda mustaqillik, mas’uliyat va o‘ziga bo‘lgan ishonch ham shakllanadi. Chunki o‘quvchi o‘zi topgan yechimdan qoniqish hosil qiladi va keyingi vazifalarga yanada faolroq yondashadi. Natijada ta’lim jarayoni samaradorligi oshadi va o‘quvchilar bilimni chuqurroq o‘zlashtiradi, boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyatlardan foydalanish o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini rivojlantirishda muhim o‘rin tutadi. Bu usul orqali o‘quvchilar nafaqat bilim oladi, balki uni mustaqil qo‘llash, tahlil qilish va yangi g‘oyalar yaratish ko‘nikmalariga ham ega bo‘ladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI Boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyatlar orqali ijodiy tafakkurni rivojlantirish masalasi bugungi kunda zamonaviy pedagogika va psixologiya fanlarida dolzarb yo‘nalishlardan biri sifatida keng o‘rganilmoqda. So‘nggi yillardagi ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy o‘qitish usullaridan farqli ravishda, o‘quvchini faol ishtirokchi sifatida jalb etuvchi muammoli yondashuv uning fikrlash jarayonini sezilarli darajada rivojlantiradi.

Zamonaviy ta’lim nazariyasida John Hattie tomonidan olib borilgan tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega. U o‘zining “ko‘rinadigan ta’lim” (Visible Learning) konsepsiyasida o‘quv jarayonida o‘quvchining faol ishtiroki, fikrlashi va refleksiyasi yuqori natijalarga olib kelishini ilmiy asoslab beradi. Hattie ta’kidlashicha, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarning chuqur o‘rganishiga xizmat qilib, ularni yuzaki bilimdan ko‘ra mazmunli tushunchalarga yo‘naltiradi.

Shuningdek, Carol Dweck ning “o‘sish tafakkuri” (growth mindset) nazariyasi ham ushbu mavzu bilan bevosita bog‘liqdir. Unga ko‘ra, o‘quvchilarda qiyinchiliklarga ijobiy munosabatni shakllantirish, xatolarni rivojlanish imkoniyati sifatida qabul qilish ijodiy tafakkurning rivojlanishiga yordam beradi. Muammoli vaziyatlar aynan shunday sharoit yaratib, o‘quvchini yangi yechimlar izlashga undaydi. Bundan tashqari, Ken Robinson ta’lim tizimida ijodkorlikni rivojlantirish zarurligini alohida ta’kidlaydi. Uning fikricha, maktab ta’limi o‘quvchilarning tabiiy qiziqishi va ijodiy salohiyatini qo‘llab-quvvatlashi lozim. Muammoli vaziyatlar esa o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rag‘batlantirib, ularning ijodiy qobiliyatlarini yuzaga chiqaradi.

ISSN 3030-3907

Zamonaviy pedagogik tadqiqotlarda muammoli ta’lim (problem-based learning) texnologiyasi alohida o‘rin egallaydi. Howard Barrows tomonidan ishlab chiqilgan ushbu yondashuv o‘quvchilarni real hayotga yaqin muammolarni hal qilish orqali o‘rganishga asoslanadi. Bu usul boshlang‘ich ta’limda ham moslashtirilgan holda qo‘llanilib, o‘quvchilarning tahliliy va ijodiy fikrlashini rivojlantirishga xizmat qiladi. Mahalliy va zamonaviy o‘quv qo‘llanmalarda ham interfaol metodlar, STEAM yondashuvi, hamkorlikda o‘qitish kabi innovatsion texnologiyalar orqali o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini rivojlantirish masalalari keng yoritilgan. Bu manbalarda muammoli vaziyatlar o‘quvchilarni mustaqil izlanishga undovchi, ularning bilimlarini amaliyot bilan bog‘lovchi samarali vosita sifatida qaraladi. Zamonaviy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyatlardan foydalanish o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega. Bugungi kun pedagoglari uchun muammoli ta’lim texnologiyalarini samarali qo‘llash, o‘quvchilarning mustaqil va kreativ fikrlashini shakllantirishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi.

NATIJA VA MUHOKAMA Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, boshlang‘ich ta’lim jarayonida muammoli vaziyatlardan foydalanish o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini rivojlantirishda samarali vosita hisoblanadi. Dars jarayonida muammoli topshiriqlarni muntazam qo‘llash natijasida o‘quvchilarda mustaqil fikrlash, muammoni tahlil qilish va turli yechim variantlarini ilgari surish ko‘nikmalari sezilarli darajada shakllanadi. Ayniqsa, o‘quvchilar bir xil masalaga turli yondashuvlar orqali yechim topishga harakat qilishi ularning kreativ fikrlash darajasi oshganligini ko‘rsatadi.

Tahlillar shuni ham ko‘rsatadiki, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarning darsga bo‘lgan qiziqishini oshiradi. An’anaviy darslarga nisbatan bunday yondashuvda o‘quvchilar faolroq ishtirok etadi, savollar beradi va o‘z fikrini erkin ifodalashga intiladi. Natijada o‘quv jarayoni jonlanadi va bilimlar mustahkamroq o‘zlashtiriladi. Shu bilan birga, o‘quvchilarda o‘ziga bo‘lgan ishonch ortadi, ular o‘z fikrini himoya qilish va asoslashga o‘rganadi. Muhokama jarayonida aniqlanishicha, muammoli ta’limni samarali tashkil etish o‘qituvchining metodik mahoratiga bevosita bog‘liq. Agar o‘qituvchi muammoli vaziyatni to‘g‘ri tanlasa va uni o‘quvchilarning yosh hamda bilim darajasiga mos ravishda taqdim etsa, natija yuqori bo‘ladi. Aks holda, juda murakkab yoki tushunarsiz vaziyatlar o‘quvchilarda qiziqishning pasayishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, muammoli vaziyatlarni guruhda ishlash, bahs-munozara va interfaol metodlar bilan uyg‘unlashtirish yanada samarali natijalar beradi. Bunday sharoitda o‘quvchilar bir-birining fikridan foydalanadi, turli nuqtai nazarlarni solishtiradi

ISSN 3030-3907

va eng maqbul yechimni tanlashga harakat qiladi. Bu esa nafaqat ijodiy tafakkurni, balki kommunikativ ko‘nikmalarni ham rivojlantiradi.

Umuman olganda, olingan natijalar va olib borilgan muhokamalar shuni tasdiqlaydiki, boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyatlardan foydalanish o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini rivojlantirish, ularning bilimga bo‘lgan qiziqishini oshirish hamda mustaqil fikrlash qobiliyatlarini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot doirasida olingan natijalar muammoli vaziyatlar asosida tashkil etilgan darslar o‘quvchilarning nafaqat bilim darajasiga, balki ularning fikrlash uslubiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Xususan, bunday yondashuv qo‘llanilgan sinflarda o‘quvchilarning mantiqiy fikrlashi bilan bir qatorda ijodiy yondashuvi ham rivojlanganligi kuzatiladi. O‘quvchilar muammoga duch kelganda faqat bitta to‘g‘ri javobni izlash bilan cheklanib qolmay, balki bir nechta muqobil yechimlarni ilgari surishga intiladi.

Natijalarga ko‘ra, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarning bilish faoliyatini faollashtiradi. Ular dars davomida passiv tinglovchi emas, balki faol ishtirokchiga aylanadi. Bu esa o‘quvchilarda bilimni mustaqil egallash, uni amaliyotda qo‘llash va tahlil qilish ko‘nikmalarini shakllantiradi. Ayniqsa, ochiq turdagi savollar va hayotiy misollar asosida yaratilgan muammoli topshiriqlar o‘quvchilarning qiziqishini yanada oshiradi. Muhokama jarayonida yana bir muhim jihat aniqlandi: muammoli ta’limni samarali amalga oshirish uchun o‘qituvchi darsni puxta rejalashtirishi va o‘quvchilarning individual xususiyatlarini hisobga olishi zarur. Har bir o‘quvchining fikrlash darajasi va qiziqishi turlicha bo‘lganligi sababli, muammoli vaziyatlar differensial yondashuv asosida tashkil etilishi maqsadga muvofiqdir. Bu esa barcha o‘quvchilarni dars jarayoniga jalb etish imkonini beradi.

Shuningdek, kuzatishlar shuni ko‘rsatadiki, muammoli vaziyatlar orqali o‘qitish o‘quvchilarning xatolarga bo‘lgan munosabatini ham o‘zgartiradi. An’anaviy darslarda xato ko‘pincha salbiy baholansa, muammoli ta’limda xato o‘rganish jarayonining bir qismi sifatida qabul qilinadi. Bu esa o‘quvchilarda qo‘rquvni kamaytirib, erkin fikrlash va tajriba qilishga undaydi.

Bundan tashqari, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarda quyidagi ko‘nikmalarni rivojlantirishi aniqlandi:

- muammoni tahlil qilish va asosiy jihatlarini ajratib olish;
- sabab-oqibat bog‘lanishlarini tushunish;
- mantiqiy xulosa chiqarish;
- o‘z fikrini asoslab berish;
- jamoada ishlash va boshqalar fikrini hurmat qilish.

Natijalar muhokamasi shuni ham ko‘rsatadiki, muammoli ta’limni boshqa zamonaviy metodlar bilan uyg‘unlashtirish yanada yuqori samaradorlik beradi.

ISSN 3030-3907

Masalan, loyihaviy o‘qitish, interfaol o‘yinlar va AKT (axborot-kommunikatsiya texnologiyalari) bilan birgalikda qo‘llash o‘quvchilarning ijodiy tafakkurini kompleks ravishda rivojlantiradi. Muammoli vaziyatlar asosida tashkil etilgan ta’lim jarayoni boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining ijodiy tafakkurini rivojlantirishda samarali, zamonaviy va natijador yondashuv hisoblanadi. Uni to‘g‘ri tashkil etish orqali o‘quvchilarning nafaqat bilim saviyasi, balki mustaqil fikrlash, qaror qabul qilish va innovatsion yondashuv ko‘nikmalari ham shakllanadi.

XULOSA. Boshlang‘ich ta’limda muammoli vaziyatlar orqali ijodiy tafakkurni rivojlantirish masalasi bugungi zamonaviy ta’lim tizimining eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Olib borilgan nazariy tahlil va amaliy kuzatishlar shuni ko‘rsatadiki, ta’lim jarayonida muammoli yondashuvdan foydalanish o‘quvchilarning fikrlash faoliyatini faollashtiradi, ularni mustaqil izlanishga undaydi hamda bilimlarni chuqur va ongli o‘zlashtirishga yordam beradi. Shu sababli, ushbu mavzu pedagogika fanida dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot natijalari asosida shuni xulosa qilish mumkinki, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarning faqatgina bilim olish jarayonini emas, balki ularning aqliy rivojlanishini ham kuchli darajada rag‘batlantiradi. Boshlang‘ich sinf o‘quvchilari tabiatan qiziquvchan bo‘lib, ular atrofdagi hodisalarni tushunishga, savollar berishga va yangi narsalarni bilishga intiladi. Aynan shu tabiiy xususiyatni to‘g‘ri yo‘naltirish orqali ijodiy tafakkurni shakllantirish mumkin. Muammoli vaziyatlar esa ushbu jarayonni amalga oshirish uchun eng qulay pedagogik vosita hisoblanadi. Shuningdek, muammoli ta’lim o‘quvchilarda mustaqil fikrlash ko‘nikmasini shakllantiradi. An’anaviy ta’limda o‘quvchi ko‘pincha tayyor bilimlarni qabul qiluvchi rolida bo‘lsa, muammoli ta’limda u faol izlovchi va yechim topuvchi shaxsga aylanadi. Bu esa uning shaxsiy rivojlanishida muhim ahamiyatga ega. Chunki mustaqil fikrlay oladigan o‘quvchi kelajakda turli hayotiy vaziyatlarda to‘g‘ri qaror qabul qila oladi, muammolarni tahlil qiladi va ularga ijodiy yondashadi.

Tadqiqot davomida yana bir muhim jihat aniqlandiki, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarning darsga bo‘lgan motivatsiyasini oshiradi. Qiziqarli va hayotiy muammolar bilan ishlash jarayonida o‘quvchilar darsni zerikarli emas, balki qiziqarli va mazmunli faoliyat sifatida qabul qiladi. Bu esa ularning ta’lim jarayoniga bo‘lgan munosabatini ijobiy tomonga o‘zgartiradi.

Natijada o‘quvchilar darsda faol ishtirok etadi, savollar beradi va o‘z fikrlarini erkin ifodalaydi. Muammoli vaziyatlarning yana bir muhim jihati shundaki, ular o‘quvchilarda ijodiy yondashuvni rivojlantiradi. Bir muammo uchun bir nechta yechim variantlarini topish jarayonida o‘quvchilar o‘z fikrlarini solishtiradi, tahlil qiladi va eng maqbul yechimni tanlashni o‘rganadi. Bu esa

ISSN 3030-3907

ularning kreativ fikrlash darajasini oshiradi. Ijodiy tafakkur esa bugungi kunda nafaqat ta’limda, balki hayotning barcha sohalarida muhim kompetensiya hisoblanadi. Shu bilan birga, muammoli ta’lim jarayonida o‘quvchilarning kommunikativ ko‘nikmalari ham rivojlanadi. Guruh bo‘lib ishlash, fikr almashish va bahs-munozaralarda ishtirok etish orqali ular o‘z fikrini asoslashni, boshqalarning fikrini tinglashni va jamoada ishlashni o‘rganadi. Bu esa ijtimoiy kompetensiyalarni shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. Demak, muammoli vaziyatlar nafaqat kognitiv, balki ijtimoiy rivojlanishga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, muammoli ta’limni samarali tashkil etish o‘qituvchining pedagogik mahoratiga bevosita bog‘liq. O‘qituvchi muammoli vaziyatni to‘g‘ri tanlashi, uni o‘quvchilarning yosh va bilim darajasiga moslashtirishi hamda darsni qiziqarli shaklda tashkil etishi lozim. Agar muammo haddan tashqari murakkab bo‘lsa, o‘quvchi qiziqishni yo‘qotishi mumkin, aksincha juda sodda bo‘lsa, ijodiy fikrlashni rivojlantirmaydi. Shu sababli, muvozanatni saqlash juda muhimdir. Bundan tashqari, muammoli vaziyatlar o‘quvchilarda o‘ziga ishonchni shakllantiradi. Ular mustaqil ravishda topgan yechimlari orqali o‘z imkoniyatlarini his qiladi va keyingi vazifalarga yanada ishonch bilan yondashadi. Xatolardan qo‘rqmaslik, ularni tahlil qilish va to‘g‘ri xulosaga kelish ko‘nikmasi ham aynan shu jarayonda shakllanadi. Bu esa o‘quvchilarning psixologik jihatdan barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR :

1. Avliyaqulov T. X. Boshlang‘ich ta’lim pedagogikasi. -Toshkent: O‘qituvchi, 2023. – 312 b.
2. Yoqubova N., Karimova M. Boshlang‘ich ta’limda interfaol metodlardan foydalanish Pedagogika va ta’lim jurnali. - Toshkent, 2023.-№2. - B. 45-52.
3. Dweck C. Mindset: The New Psychology of Success. – New York: Random House, 2006. – 320 p
4. Bruner J. The Process of Education. - Cambridge: Harvard University Press, 1960. – 97 p.
5. Hattie J. Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. - London: Routledge, 2009. – 392 p.
6. De Bono E. Lateral Thinking: Creativity Step by Step. – London: Penguin Books, 1990. – 336 p.

ISSN 3030-3907

УДК 615.322:547.918

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТРИТЕРПЕНОИДНЫХ САПОНИНОВ ASTRAGALUS МЕТОДОМ IN SILICO: PASS-СКРИНИНГ, ДЕСКРИПТОРНЫЙ АНАЛИЗ И SAR-ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Хилола Ашурова
Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан;
Алишер Хаитбаев
Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан;
E-mail: polyphenol-10@yandex.ru;
ORCID: 0000-0001-9892-8189
Rong Qi
Department of Pharmacology, School of Basic Medical Sciences, Peking University Health Science
E-mail: ronaqi@bjmu.edu.cn
ORCID: 0000-0002-0627-9968

Annotatsiya. Astragalus membranaceus tarkibidagi astragaloside I-IV va cycloastragenolning biologik potensiali PASS Online yordamida qiyosiy in silico baholandi. Pa/Pi ko‘rsatkichlari hamda MW, logP, TPSA, HBD va HBA deskriptorlari asosida SAR talqini bajarildi. Astragaloside II antitrombotik, astragaloside III va cycloastragenol esa gepatoprotektor yo‘nalishda ustuvor nomzod sifatida ajralib chiqdi.

Kalit so‘zlar: Astragalus membranaceus; astragalosidlar; cycloastragenol; PASS Online; in silico; SAR; triterpen saponinlar.

Аннотация. В статье выполнена сравнительная in silico оценка биологического потенциала astragaloside I-IV и cycloastragenol с использованием PASS Online. Дополнительно проведён дескрипторный анализ (MW, logP, TPSA, HBD, HBA) и SAR-интерпретация. Astragaloside II выделен как приоритетный кандидат по антитромботическому вектору, а astragaloside III и cycloastragenol - по гепатопротекторному направлению.

Ключевые слова: Astragalus membranaceus; астрагалозиды; циклоастрагенол; PASS Online; in silico; SAR; тритерпеновые сапонины.

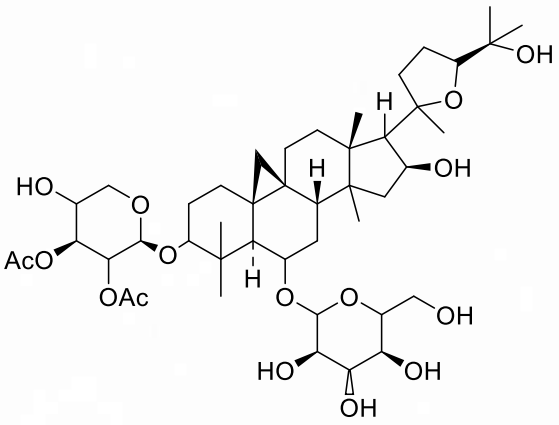
Abstract. A comparative in silico evaluation of astragalosides I-IV and cycloastragenol was performed using PASS Online. Descriptor analysis (MW, logP, TPSA, HBD, HBA) and SAR interpretation were additionally carried out. Astragaloside II was prioritized for the antithrombotic vector, while astragaloside III and cycloastragenol were highlighted for the hepatoprotective direction.

Keywords: Astragalus membranaceus; astragalosides; cycloastragenol; PASS Online; in silico; SAR; triterpenoid saponins.

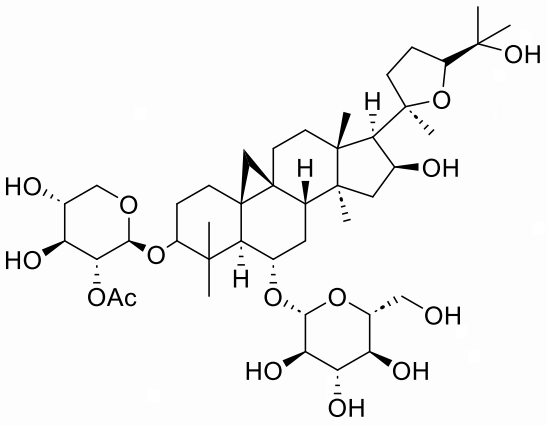
1. ВВЕДЕНИЕ.

Растения рода *Astragalus* (Fabaceae) являются одним из наиболее значимых источников фитохимически разнообразных вторичных метаболитов, используемых в традиционной и современной фармакотерапии [1–3]. Особое место занимает Astragalus membranaceus, корни которого входят в состав фармакопейных и клинически применяемых препаратов Восточной Азии, прежде всего как иммуномодулирующее и адаптогенное средство [1,2].

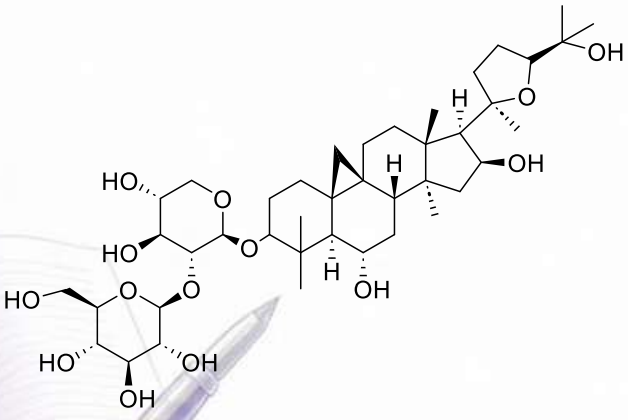
Среди метаболитов A. membranaceus ключевую роль играют циклоартановые тритерпеновые сапонины — астрагалозиды (I–IV) и агликон циклоастрагенол, рассматриваемые как химические маркеры и кандидаты для разработки стандартизированных фитопрепаратов и лекарственных субстанций [3–6]. Наиболее изученным представителем является астрагалозид IV (AS-IV), для которого накоплен значительный массив данных о противовоспалительном, антиоксидантном, кардио- и гепатопротекторном действии, а также о влиянии на иммунную регуляцию [4–9].



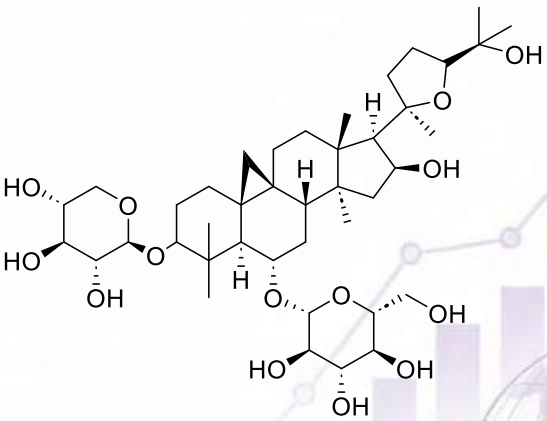
Astragaloside I



Astragaloside II

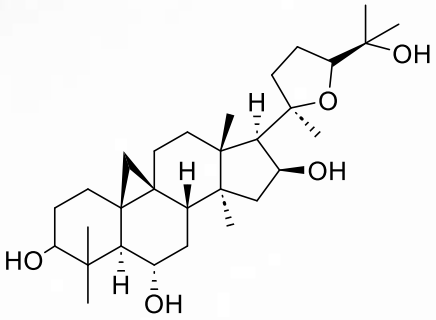


Astragaloside III



Astragaloside IV

ISSN 3030-3907



Cycloastragenol

Рис. 1. Химические структуры astragaloside I-IV и cycloastragenol. Источник: составлено авторами на основе данных PubChem.

Несмотря на выраженный интерес к AS-IV, сравнительная систематизация биологического потенциала близкородственных астрагалозидов I–III остаётся ограниченной, что осложняет рациональную приоритизацию соединений для дальнейшей экспериментальной разработки [3,5]. В современных условиях in silico методы приобретают особую актуальность как инструмент раннего скрининга, позволяющий сузить круг кандидатов и оптимизировать дизайн *in vitro/in vivo* исследований [10–12].

Экспертная система PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) Online является одним из наиболее распространённых инструментов для прогнозирования спектра биологической активности на основе корреляций «структура–активность» (SAR) [10,11]. PASS формирует вероятностные показатели Pa (probability of activity) и Pi (probability of inactivity), что позволяет проводить ранжирование соединений по приоритетным фармакологическим направлениям [10–12].

Цель настоящей работы — выполнить сравнительный структурно-функциональный in silico скрининг астрагалозидов I–IV и циклоастрагенола методом PASS Online и дополнить результаты дескрипторным анализом и SAR-интерпретацией, формируя основу для последующей экспериментальной верификации.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объекты исследования. В качестве объектов анализа выбраны пять соединений: astragaloside I, astragaloside II, astragaloside III, astragaloside IV и cycloastragenol. Идентификация соединений осуществлялась по базе PubChem с использованием уникальных идентификаторов CID и InChIKey для обеспечения воспроизводимости результатов и исключения неоднозначностей номенклатуры [13].

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Идентификаторы соединений по базе PubChem.

Соединение	PubChem CID	Химическая формула	InChIKey	Примечание
Astragaloside I	13996685	$C_{45}H_{72}O_{16}$	KXHCYYSIAXMSPA-OOCCOBHWSA-N	Использовано для верификации структуры и репликации
Astragaloside II	13996693	$C_{43}H_{70}O_{15}$	AYWNHWGQTMCQIV-PENCHUSISA-N	Использовано для верификации структуры и репликации
Astragaloside III	441905	$C_{41}H_{68}O_{14}$	UBLUIAORQHLKTI-YMVJACEHSA-N	Использовано для верификации структуры и репликации
Astragaloside IV	13943297	$C_{41}H_{68}O_{14}$	QMNWISYXSJWHRY-YLNUDOOFSA-N	Использовано для верификации структуры и репликации
Cycloastragenol	13943286	$C_{30}H_{50}O_5$	WENNXORDXYGDTP-UOUCMYEWSA-N	Использовано для верификации структуры и репликации

2.2. PASS Online. Прогнозирование спектра биологической активности выполнялось с применением PASS Online (accessed 18 Feb 2026) в режиме по умолчанию. В выгрузке PASS использовались точные названия активностей: Antithrombotic, Anti-inflammatory, Hepatoprotectant,

ISSN 3030-3907

Immunostimulant. Для каждого соединения оценивались показатели Pa и Pi; во всех разделах рукописи они приведены в процентах с одной десятичной (Pa/Pi × 100). В качестве порога высокой вероятности активности использовалось Pa > 70% [10–12]. Вместе с тем для сравнительного профилирования четырёх заранее заданных векторов (антитромботический, противовоспалительный, гепатопротекторный, иммуностимулирующий) значения Pa/Pi приводились для всех соединений независимо от достижения порога. Экспорт результатов PASS осуществлялся в виде CSV и служил единственным источником (single source of truth) для Table 2, Supplementary Table S3 и всех упоминаний Pa/Pi в тексте. Для Supplementary File S2 (Top-10 activities per compound) применялся отчётный фильтр: Pa > Pi и Pa ≥ 30%.

2.3. Отбор фармакологических направлений. Для сравнительного анализа были выделены ключевые векторы, соответствующие современным направлениям фармакологии Astragalus: антитромботическая активность, противовоспалительная активность, гепатопротекторный эффект и иммуностимулирующий потенциал [4–9,14].

2.4. Дескрипторный анализ и интерпретация SAR. Для обоснования структурных факторов, определяющих функциональную селективность, рассматривались базовые физико-химические параметры (MW, logP, TPSA, HBD, HBA). Данные дескрипторы широко используются для оценки потенциальной биодоступности, мембранной проницаемости и фармакокинетических ограничений в ранних этапах разработки молекул [15,16].

2.4.1. Computational workflow (RDKit). Изомерные SMILES для каждого соединения получали из PubChem (Table 1) и дополнительно сверяли по InChIKey. Структуры приводили к нейтральной форме (удаление солей/контр-ионов, единый tautomer/charge state) и проверяли сохранение стереохимии. Дескрипторы MW, logP (Crippen), TPSA (Ertl), HBD/HBA и RotB рассчитывали в RDKit (v2024.09.6). Для контроля качества выполняли повторный расчёт InChIKey из финальной структуры и сопоставляли с PubChem-InChIKey; расхождения не выявлены.

3. АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

Прогностический скрининг, выполненный с помощью PASS Online, показал различия в вероятностях Pa/Pi по выбранным клинически значимым векторам для всех исследованных молекул. В рамках данной работы акцент сделан на четырёх клинически значимых направлениях (табл. 2).

ISSN 3030-3907

Таблица 2.

PASS-прогноз по ключевым фармакологическим векторам (Pa/Pi, %)

Соединение	Антитромбо-тическая (в %)		Противовос-палительная (в %)		Гепатопро-текторная (в %)		Иммуностимулирующая (в %)	
	Pa	Pi	Pa	Pi	Pa	Pi	Pa	Pi
Astragaloside I	66.9	0.9	76.7	0.9	82.6	0.4	41.6	5.0
Astragaloside II	71.0	0.7	76.6	0.9	83.4	0.4	42.3	4.9
Astragaloside III	69.0	0.8	76.3	0.9	85.5	0.3	48.9	3.9
Astragaloside IV	69.2	0.8	77.4	0.9	50.9	1.1	40.0	5.3
Cycloastragenol	30.5	9.7	75.5	1.0	86.0	0.3	<30	n/a

По данным PASS Online (Table 2) наибольшая вероятность антитромботического вектора прогнозируется для astragaloside II (Pa=71.0%, Pi=0.7%), тогда как у cycloastragenol данный сигнал выражен слабее (Pa=30.5%, Pi=9.7%). Противовоспалительный вектор для всех рассматриваемых соединений представлен на сопоставимо высоком уровне (Pa=75.5–77.4%, Pi=0.9–1.0%). Гепатопротекторный сигнал наиболее выражен у cycloastragenol и astragaloside III (Pa=86.0%, Pi=0.3% и Pa=85.5%, Pi=0.3% соответственно), тогда как для astragaloside IV он заметно ниже (Pa=50.9%, Pi=1.1%). Иммуностимулирующий вектор для астрагалозидов I–IV находится в диапазоне Pa=40.0–48.9% при Pi=3.9–5.3%, в то время как для cycloastragenol он не достигает отчётного порога (Pa<30%). Полный перечень top-10 активностей PASS для каждого соединения приведён в Supplementary File S2 (CSV/XLSX).

Дескрипторная характеристика. Для интерпретации SAR и предварительной оценки фармакокинетических ограничений выполнено сопоставление соединений по молекулярной массе и структурной полярности. Сапонины astragaloside I–IV характеризуются высокой молекулярной массой и значительным числом гидроксильных групп, что предполагает высокую TPSA и большое количество доноров/акцепторов водородных связей, а следовательно — ограничения по пассивной мембранной диффузии [15–17].

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Дескрипторные параметры (MW, logP, TPSA, HBD/HBA) для исследованных соединений.

Соединение	MW (g/mol)	logP	TPSA (Å²)	HBD	HBA	Примечание
Astragaloside I	869.05	1.87	240.36	7	16	RDKit расчёт; см. Methods
Astragaloside II	827.02	1.29	234.29	8	15	RDKit расчёт; см. Methods
Astragaloside III	783.01	1.59	218.99	9	13	RDKit расчёт; см. Methods
Astragaloside IV	784.98	0.72	228.22	9	14	RDKit расчёт; см. Methods
Cycloastragenol	490.73	4.44	90.15	4	5	RDKit расчёт; см. Methods

Примечание: дескрипторы MW, logP (Crippen), TPSA, HBD и HBA рассчитаны из изомерных SMILES (со стереохимией) в RDKit (версия 2024.09.6). Источники идентификаторов (PubChem CID) и структурных строк (SMILES/InChIKey) приведены в Table 1 и Table 4; InChIKey дополнительно верифицирован расчётом из SMILES (RDKit).

4. ОБСУЖДЕНИЕ.

Сопоставление PASS-профилей (Table 2) и структурно-физикохимических дескрипторов (Table 3) указывает на то, что степень гликозилирования может быть одним из ключевых факторов, влияющих на различия в прогнозируемых профилях активности циклоартановых сапонинов Astragalus. Гликозидные формы (astragaloside I–IV) характеризуются высокой полярностью (TPSA 228.22–240.36 Å²), большим числом доноров/акцепторов водородных связей (HBD 7–9; HBA 14–16) и умеренной липофильностью (logP 0.72–1.87). Напротив, агликон cycloastragenol существенно менее полярен (TPSA 90.15 Å²; HBD 4; HBA 5) и более липофилен (logP 4.44), что теоретически может повышать пассивную мембранную проницаемость при потенциальных ограничениях растворимости. Данная “полярность–проницаемость” дихотомия согласуется с наблюдаемым разделением PASS-профилей: у гликозидов сохраняются высокие вероятности по противовоспалительным и иммунотропным направлениям, тогда как у cycloastragenol более выражен аспект “разрабатываемости” (developability), однако антитромботический

ISSN 3030-3907

вектор в рамках выбранного набора активностей остаётся ниже, чем у astragaloside II.

Наиболее изученным соединением является astragaloside IV, для которого описаны противовоспалительные эффекты, связываемые с модуляцией NF-κB и MAPK-каскадов, а также с активацией антиоксидантного пути Nrf2/HO-1. Это согласуется с PASS-оценками противовоспалительной активности (Pa ≈ 0.749) и поддерживает применимость in silico ранжирования как инструмента приоритизации гипотез. При этом PASS остаётся вероятностной моделью, поэтому экспериментальная проверка является необходимым следующим шагом; в качестве практичных readouts могут рассматриваться маркёры воспаления (например, IL-6/IL-8, ICAM-1), транслокация p65 и/или изменения фосфорилирования MAPK в релевантных клеточных моделях.

Гепатопротекторный вектор предсказывается (по PASS) как наиболее вероятный для astragaloside I–III и cycloastragenol (Pa ~82.6–86.0% при низких значениях Pi), тогда как для astragaloside IV данный показатель существенно ниже. Такая дифференциация вероятностей может отражать как структурные различия (степень гликозилирования и полярность), так и ограничения обучающей выборки PASS и специфичность терминологии активностей. Поэтому интерпретация гепатопротекторного профиля рассматривается как рабочая гипотеза, требующая дальнейшей валидации в моделях цитопротекции гепатоцитов и маркёрах оксидативного стресса/воспаления.

Выраженный антитромботический потенциал astragaloside II является прикладным результатом, учитывая роль нарушений гемостаза и тромбообразования в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний. С учётом литературных данных о кардио- и вазопротекторных свойствах компонентов Astragalus, включая вклад в эндотелиальную дисфункцию и воспаление сосудистой стенки, astragaloside II представляется приоритетным кандидатом для направленной экспериментальной оценки в тестах агрегации тромбоцитов и базовых коагуляционных панелях.

Отдельного внимания заслуживает cycloastragenol. Хотя по выбранным четырём векторам PASS-профиль агликона выглядит более умеренным, в литературе cycloastragenol рассматривается как соединение, потенциально связанное с влиянием на теломеразную активность и процессы клеточного старения. Это указывает на целесообразность расширения спектра анализируемых PASS-активностей (например, “telomerase stimulant”, “antiaging”) и дополнения исследования структурным

ISSN 3030-3907

моделированием (докинг/оценка взаимодействий) с мишенями TERT и регуляторными белками соответствующих сигнальных путей.

Нормированная SAR-матрица и ранжирование кандидатов. Для повышения прикладной ценности работы выполнено нормирование ключевых дескрипторов относительно агликона и рассчитан простой интегральный score как среднее Pa по четырём целевым векторам (Table 2). Следует подчеркнуть, что данный score является эвристикой для приоритизации и не заменяет биологическую валидацию. В рамках данной выборки рост TPSA сопровождается снижением logP и ассоциирован с изменениями антитромботического сигнала, тогда как гепатопротекторный вектор остаётся высоким как у гликозидов I–III, так и у агликона, что согласуется с мультифакторной природой предполагаемых механизмов. В практическом плане это поддерживает стратегию разделения задач: astragaloside II — приоритет для анти-тромботических экспериментов, astragaloside I/III и cycloastragenol — для направленной проверки печёночного/цитопротекторного профиля, при параллельном расширении панели активностей для aglycone-ориентированных гипотез.

5. ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Результаты PASS следует трактовать как инструмент приоритизации гипотез, а не как доказательство активности; подтверждение требует целевых in vitro/in vivo моделей. PASS формирует вероятностные оценки на основе обучающих выборок и структурных аналогий; наличие высокой вероятности Pa не гарантирует воспроизводимость эффекта in vitro/in vivo [10–12]. Кроме того, в данной работе не учитывались параметры ADMET, метаболическая стабильность и биотрансформация сапонинов. Для соединений с высокой молекулярной массой и полярностью существенную роль могут играть транспортные механизмы, взаимодействие с мембранами и микробиотная дегликозиляция [19,20].

6. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дальнейшие исследования целесообразно направить на: (I) экспериментальную валидацию антитромботического потенциала astragaloside II в моделях коагуляции и агрегации тромбоцитов; (II) оценку гепатопротекторного профиля astragaloside III и IV в клеточных моделях токсического поражения печени; (III) расчёт полного набора физико-химических дескрипторов и ADMET-прогнозов (SwissADME, pkCSM) с последующим построением SAR-модели; (IV) исследование синергизма сапонинов и полисахаридов в составе экстрактов Astragalus [9,15,16].

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

ISSN 3030-3907

Комплексный in silico анализ (PASS + дескрипторы RDKit) позволяет ранжировать кандидаты по принципу «эффективность vs разрабатываемость». Согласно среднему значению Pa по четырём клинически значимым векторам (Supplementary Table S3), лидирует astragaloside III (mean Pa=69.9%), далее следуют astragaloside II и I; при этом их высокая полярность и молекулярная масса указывают на вероятные ограничения проницаемости и пероральной биодоступности. Cycloastragenol демонстрирует наиболее благоприятный профиль проницаемости (низкая TPSA и более высокий logP) при сильном гепатопротекторном сигнале (Pa=86.0%) и выраженной противовоспалительной вероятности (Pa=75.5%), но уступает по антитромботическому вектору (Pa=30.5%, Pi=9.7%) и не достигает отчётного порога по иммуностимуляции (Pa<30%). Следовательно, приоритетом для экспериментальной валидации является astragaloside III как «efficacy-led» кандидат и cycloastragenol как «developability-led» референс; рекомендуется параллельная проверка в in vitro/in vivo моделях с учётом ADMET-ограничений и биотрансформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lagunin A, Stepanchikova A, Filimonov D, Poroikov V. PASS: prediction of activity spectra for biologically active substances. Bioinformatics. 2000;16(8):747-748. doi:10.1093/bioinformatics/16.8.747.
2. Filimonov DA, Lagunin AA, Gloriozova TA, Rudik AV, Druzhilovskiy DS, Pogodin PV, et al. Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the PASS online web resource. Chem Heterocycl Compd. 2014;50:444-457. doi:10.1007/s10593-014-1496-1.
3. Geronikaki A, Lagunin A, Poroikov V, Filimonov D, et al. Computer aided prediction of biological activity spectra: evaluating versus known and predicting of new activities for thiazole derivatives. SAR QSAR Environ Res. 2002;13(3-4):457-471. doi:10.1080/10629360290014322.
4. Kim S, Chen J, Cheng T, Gindulyte A, He J, He S, et al. PubChem in 2023: new data content and improved web interfaces. Nucleic Acids Res. 2023;51(D1):D1373-D1380. doi:10.1093/nar/gkac956.
5. Daina A, Michielin O, Zoete V. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. Sci Rep. 2017;7:42717. doi:10.1038/srep42717.
6. Ertl P, Schuffenhauer A. Estimation of synthetic accessibility score of drug-like molecules based on molecular complexity and fragment contributions. J Cheminform. 2009;1:8. doi:10.1186/1758-2946-1-8.

ISSN 3030-3907

7. Fu J, Wang Z, Huang L, Zheng S, Wang D, Chen S, et al. Review of the botanical characteristics, phytochemistry, and pharmacology of Astragalus membranaceus (Huangqi). Phytother Res. 2014;28(9):1275-1283. doi:10.1002/ptr.5188. PMID:25087616.
8. Ríos JL, Waterman PG. A review of the pharmacology and toxicology of saponins. J Ethnopharmacol. 1997;56(1):1-21. doi:10.1016/S0378-8741(97)00019-3.
9. Liang Y, Li N, Tian M, et al. Pharmacological Effects of Astragaloside IV: A Review. Molecules. 2023;28(16):6118. doi:10.3390/molecules28166118.
10. Yang C, Chen Y, Xu Y, et al. Review on the protective mechanism of astragaloside IV against neurological diseases. Front Pharmacol. 2023;14:1187910. doi:10.3389/fphar.2023.1187910.
11. Gu Y, Wang G, Pan G, Fawcett JP, A J, Sun J. Transport and bioavailability studies of astragaloside IV, an active ingredient in Radix Astragali. Basic Clin Pharmacol Toxicol. 2004;95(6):295-298. doi:10.1111/j.1742-7843.2004.t01-1-pto950508.x. PMID:15569275.
12. Zhou RN, Song YL, Ruan JQ, Wang YT, Yan R. Pharmacokinetic evidence on the contribution of intestinal bacterial conversion to beneficial effects of astragaloside IV, a marker compound of astragali radix, in traditional oral use of the herb. Drug Metab Pharmacokinet. 2012;27(6):586-597. doi:10.2133/dmpk.dmpk-11-rg-160. PMID:22673033.
13. Huang CR, Wang GJ, Wu XL, et al. Absorption enhancement study of astragaloside IV based on its transport characteristics in Caco-2 cell monolayers. Eur J Pharm Sci. 2006;29(3-4):229-236. PMID:16715776.
14. Ip FCF, Ng YP, An HJ, Dai Y, Pang HH, Hu YQ, et al. Cycloastragenol is a potent telomerase activator in neuronal cells: implications for depression management. Neurosignals. 2014;22(1):52-63. doi:10.1159/000365290. PMID:25095809.
15. Valenzuela HF, Fuller T, Edwards J, Finger D, Molgora B. Cycloastragenol extends T cell proliferation by increasing telomerase activity. J Immunol. 2009;182(Suppl 1):90.30. doi:10.4049/jimmunol.182.Supp.90.30.
16. Zhu J, et al. In vitro intestinal absorption and first-pass intestinal and hepatic metabolism of cycloastragenol, a potent small molecule telomerase activator. Drug Metab Pharmacokinet. 2010;25(5):477-486.
17. Wang P, Wang Z, Zhang Z, Cao H, Kong L, Ma W, Ren W. Astragalus membranaceus: botany, phytochemistry, traditional uses, pharmacology, toxicology, and quality control. Front Pharmacol. 2023;14:1242318. doi:10.3389/fphar.2023.1242318.

ISSN 3030-3907

18. Bratkov VM, Shkondrov AM, Zdraveva PK, Krasteva IN. Flavonoids from the genus Astragalus: phytochemistry and biological activity. Pharmacogn Rev. 2016;10(19):11-32. doi:10.4103/0973-7847.176550.
19. Idrees M, [соавт.]. Cycloastragenol activation of telomerase improves β-Klotho gene expression in an aging model. Preprint; Year. Europe PMC ID: 36462538.
20. Stępnik K, et al. In Vivo Insights into the Role of Astragaloside IV in Metabolic and Inflammatory Disorders. Int J Mol Sci. 2025;26(9):4250. doi:10.3390/ijms26094250.
21. Landrum G. RDKit: Open-source cheminformatics. (Software, version used: 2024.09.6).
22. Sigma-Aldrich. Astragaloside I (PHL89572): SMILES/InChIKey data sheet. Accessed 18 Feb 2026.
23. Sigma-Aldrich. Astragaloside II (SML1643): SMILES/InChIKey data sheet. Accessed 18 Feb 2026.
24. Sigma-Aldrich. Astragaloside IV (SML0437): SMILES/InChIKey data sheet. Accessed 18 Feb 2026.
25. Sigma-Aldrich. Cycloastragenol (SML1448): SMILES/InChIKey data sheet. Accessed 18 Feb 2026.

ISSN 3030-3907

KORXONA TARMOQLARIDA VLAN SEGMENTATSIYASI ORQALI XAVFSIZLIKNI OSHIRISH USULLARI

Ro‘zimov Javlonbek Sabirjon o‘g‘li
URDU Axborot xavfsizligi kafedrasi o‘qituvchisi
Tel: +998-91-999-96-60
E-mail: rjavlonj6@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada korxona tarmoqlarida VLAN (Virtual Local Area Network) texnologiyasi yordamida tarmoq segmentatsiyasini amalga oshirish va uning axborot xavfsizligini ta’minlashdagi ahamiyati tahlil qilinadi. VLAN texnologiyasining broadcast trafikni kamaytirish, foydalanuvchilarni mantiqiy segmentlarga ajratish hamda ichki tarmoq hujumlarini oldini olishdagi roli ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, VLAN hopping, switch spoofing va noto‘g‘ri konfiguratsiya kabi xavfsizlik tahdidlari hamda ularni bartaraf etish usullari tahlil etiladi. Tadqiqot davomida VLAN segmentatsiyasining korxona tarmoqlarida xavfsizlikni oshirishdagi samaradorligi yoritilgan.

Kalit so‘zlar. VLAN, tarmoq xavfsizligi, segmentatsiya, VLAN hopping, switch spoofing, trunk port, Cisco switch, axborot xavfsizligi, korxona tarmoqlari.

Аннотация. В данной статье анализируется роль технологии VLAN (Virtual Local Area Network) в сегментации корпоративных сетей и обеспечении информационной безопасности. Рассматриваются возможности VLAN по снижению широковещательного трафика, логическому разделению пользователей и предотвращению внутренних сетевых атак. Также исследуются угрозы безопасности, такие как VLAN hopping, switch spoofing и ошибки конфигурации, а также методы их предотвращения. В ходе исследования показана эффективность VLAN-сегментации в повышении уровня безопасности корпоративных сетей.

Ключевые слова. VLAN, сетевая безопасность, сегментация, VLAN hopping, switch spoofing, trunk port, Cisco switch, информационная безопасность, корпоративные сети.

Abstract. This article analyzes the role of VLAN (Virtual Local Area Network) technology in enterprise network segmentation and information security enhancement. The study examines the effectiveness of VLAN technology in reducing broadcast traffic, logically separating users, and preventing internal network attacks. Security threats such as VLAN hopping, switch spoofing, and configuration vulnerabilities are also discussed along with protection methods. The research demonstrates the efficiency of VLAN segmentation in improving the security of enterprise networks.

Keywords. VLAN, network security, segmentation, VLAN hopping, switch spoofing, trunk port, Cisco switch, information security, enterprise networks.

KIRISH.

Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida korxona tarmoqlarining hajmi, murakkabligi va ularga ulanayotgan foydalanuvchilar soni keskin ortib bormoqda. Korxonalarda turli bo‘limlar, serverlar, IoT qurilmalar, simsiz tarmoqlar hamda bulutli xizmatlarning yagona infratuzilmada ishlashi tarmoq xavfsizligini ta’minlashni yanada murakkablashtirmoqda. Ayniqsa, ichki tarmoq orqali amalga oshiriladigan ruxsatsiz kirishlar, ma’lumotlarning sizib chiqishi, broadcast trafikning ortishi va lateral movement turidagi hujumlar korxona axborot xavfsizligi uchun jiddiy tahdid hisoblanadi.

An’anaviy lokal tarmoqlarda barcha foydalanuvchilarning yagona broadcast domenida ishlashi tarmoq resurslaridan foydalanish samaradorligini pasaytiradi hamda xavfsizlik muammolarini yuzaga keltiradi. Bunday holatda bir foydalanuvchi tomonidan amalga oshirilgan zararli faoliyat boshqa segmentlarga ham tez tarqalishi mumkin. Shu sababli tarmoqlarni mantiqiy segmentlarga ajratish orqali xavfsizlikni oshirish zarurati paydo bo‘ladi. Ushbu vazifani bajarishda VLAN (Virtual Local Area Network) texnologiyasi muhim vositalardan biri hisoblanadi.

VLAN texnologiyasi fizik jihatdan bitta switch yoki bir nechta switch qurilmalarida ishlovchi foydalanuvchilarni mantiqiy guruhlarga ajratish imkonini beradi. Natijada tarmoqdagi broadcast trafik kamayadi, foydalanuvchilar o‘rtasidagi kirishlar cheklanadi hamda ma’lumot almashinuvi nazorat qilinadi. VLAN segmentatsiyasi yordamida korxona bo‘limlari alohida tarmoq segmentlariga ajratilib, maxfiy ma’lumotlarning himoyalanish darajasi oshiriladi.

Shuningdek, VLAN texnologiyasi xavfsizlikni oshirish bilan birga ayrim zaifliklarga ham ega. Xususan, VLAN hopping, switch spoofing, double tagging kabi hujumlar noto‘g‘ri sozlangan tarmoqlarda jiddiy xavf tug‘dirishi mumkin. Shu sababli VLAN infratuzilmasini xavfsiz tashkil etish va himoya mexanizmlarini to‘g‘ri qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi.

I. VLAN texnologiyasining nazariy asoslari

VLAN (Virtual Local Area Network) — bu lokal tarmoqni mantiqiy segmentlarga ajratish texnologiyasi hisoblanadi. VLAN texnologiyasi IEEE 802.1Q standarti asosida ishlaydi va Ethernet freymlariga maxsus identifikator qo‘shish orqali paketlarning tegishli VLAN’ga mansubligini aniqlaydi.

Har bir VLAN alohida broadcast domen sifatida ishlaydi. Bu esa broadcast trafikni kamaytiradi va tarmoq unumdorligini oshiradi. Switch portlari access va trunk rejimlarda ishlashi mumkin. Access port odatda bitta VLAN uchun ishlatiladi, trunk port esa bir nechta VLAN trafiklarini uzatadi.

ISSN 3030-3907

Korxona tarmoqlarida VLAN segmentatsiyasi ko‘pincha bo‘limlar asosida tashkil qilinadi. Masalan:

VLAN 10 — Accounting

VLAN 20 — HR

VLAN 30 — IT bo‘limi

VLAN 40 — Mehmonlar tarmog‘i

Bunday segmentatsiya orqali foydalanuvchilarning o‘zaro aloqalari nazorat qilinadi va maxfiy ma’lumotlarga ruxsatsiz kirish ehtimoli kamayadi.

II. VLAN segmentatsiyasining xavfsizlikdagi ahamiyati

Korxona tarmoqlarida axborot xavfsizligini ta’minlashning muhim usullaridan biri tarmoq segmentatsiyasini to‘g‘ri tashkil qilish hisoblanadi. Tarmoq segmentatsiyasi foydalanuvchilar va qurilmalarni alohida mantiqiy guruhlarga ajratish orqali trafik oqimini nazorat qilish imkonini beradi.

VLAN segmentatsiyasining asosiy xavfsizlik afzalliklaridan biri foydalanuvchilarni izolatsiya qilishdir. Har bir VLAN mustaqil broadcast domen sifatida ishlaydi va boshqa segmentlardan ajratiladi. Bu esa maxfiy ma’lumotlarni himoyalashda muhim rol o‘ynaydi.

VLAN segmentatsiyasi ichki tahdidlarni kamaytirishda ham muhim hisoblanadi. Agar barcha qurilmalar bitta segmentda joylashgan bo‘lsa, hujumchi tarmoq ichida erkin harakatlanishi mumkin. VLAN yordamida esa lateral movement cheklanadi va hujum faqat ma’lum segment doirasida qoladi.

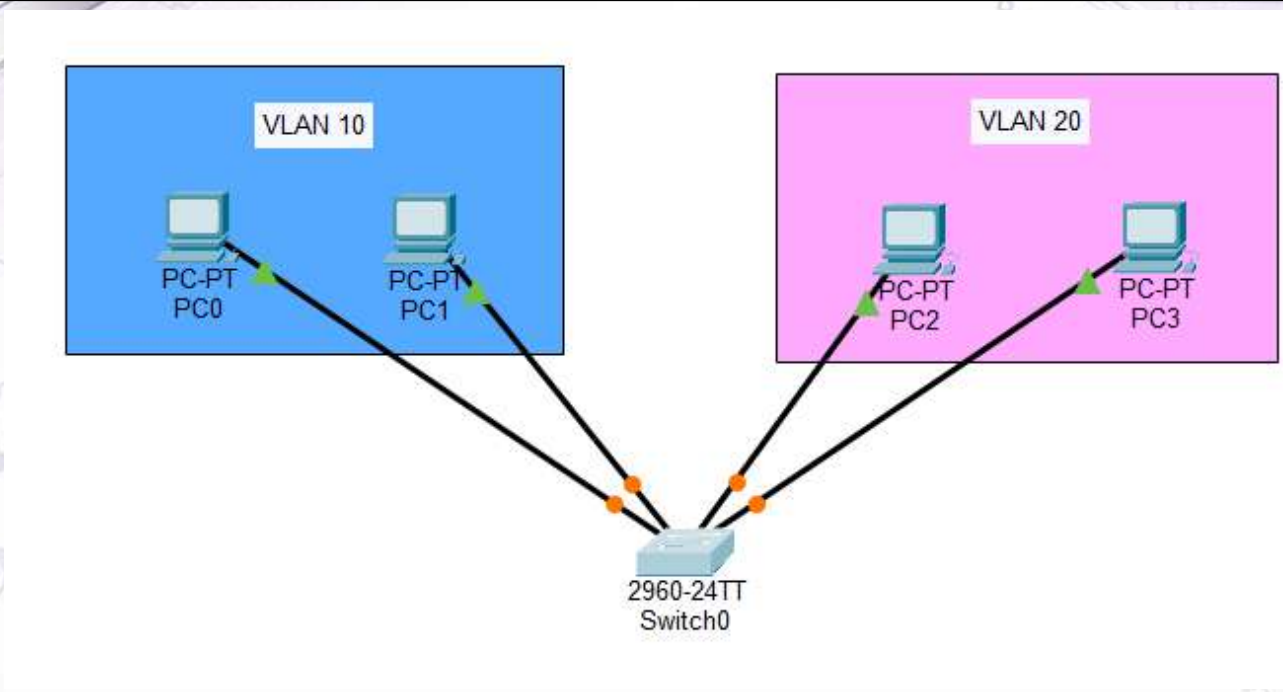
III. Amaliy tajriba

Mazkur amaliy tajriba Cisco Packet Tracer simulyatsiya muhiti asosida amalga oshirildi. Tajribaning asosiy maqsadi korxona tarmoqlarida VLAN segmentatsiyasi orqali xavfsizlikni oshirish, VLAN hopping kabi xavfsizlik tahdidlarini modellashtirish hamda himoya konfiguratsiyalarini qo‘llashdan iborat bo‘ldi. Tajriba davomida Cisco 2960 switch qurilmasi va to‘rtta ishchi stansiyadan foydalanildi.

3.1. VLAN segmentatsiyasini yaratish

Dastlab tarmoq ikki alohida segmentga ajratildi: VLAN 10 (Accounting) va VLAN 20 (HR). Har bir VLAN uchun alohida portlar biriktirildi va foydalanuvchi qurilmalari mos IP manzillar bilan sozlandi. Natijada tarmoqning broadcast domenlari mantiqiy ravishda ajratildi.

ISSN 3030-3907



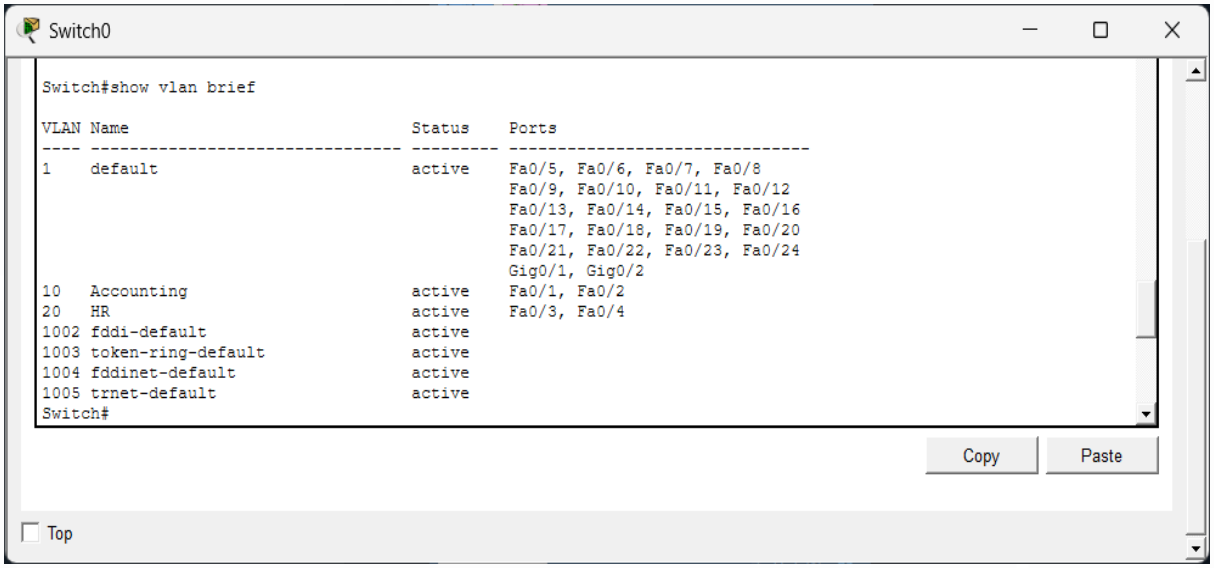
1-rasm. VLAN segmentatsiyasi asosida qurilgan topologiya.

Switch qurilmasida quyidagi VLAN konfiguratsiyasi amalga oshirildi:

VLAN 10 → Fa0/1, Fa0/2

VLAN 20 → Fa0/3, Fa0/4

VLAN 999 → Native-Blackhole

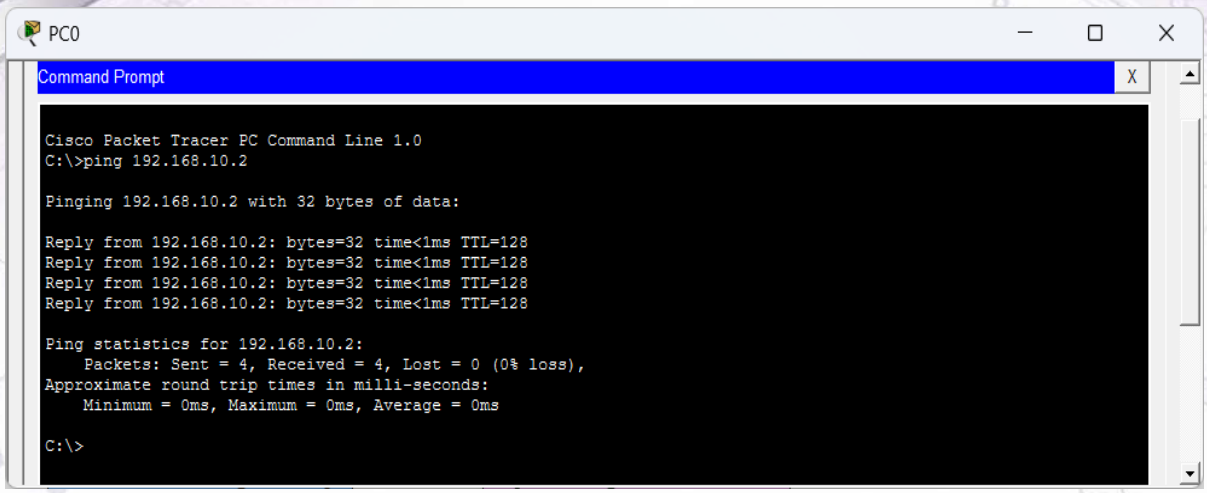


2-rasm. Switch qurilmasida yaratilgan VLAN konfiguratsiyasi va portlarning VLAN'larga biriktirilishi.

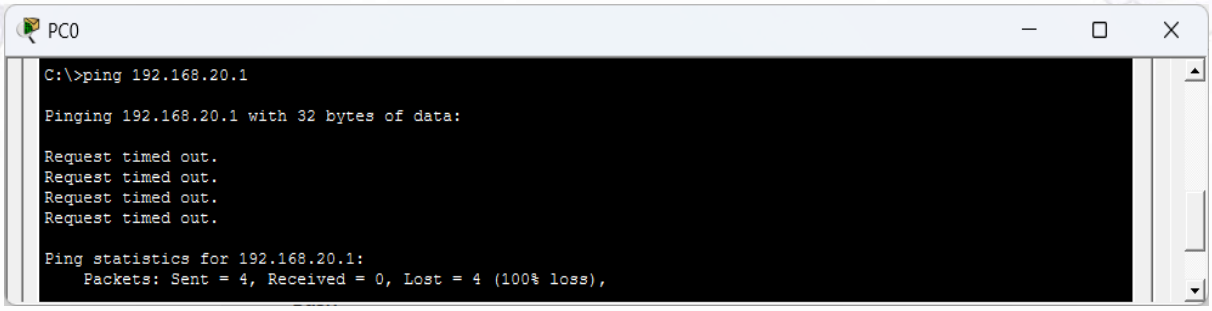
3.2. VLAN ichidagi va VLANlararo trafikni tahlil qilish

Tarmoq segmentatsiyasi samaradorligini tekshirish maqsadida ping sinovlari o‘tkazildi. VLAN 10 ichidagi qurilmalar o‘zaro muvaffaqiyatli aloqa o‘rnata oldi. Biroq VLAN 10 dan VLAN 20 ga yuborilgan ICMP paketlari bloklandi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. VLAN 10 ichidagi muvaffaqiyatli ping natijasi.



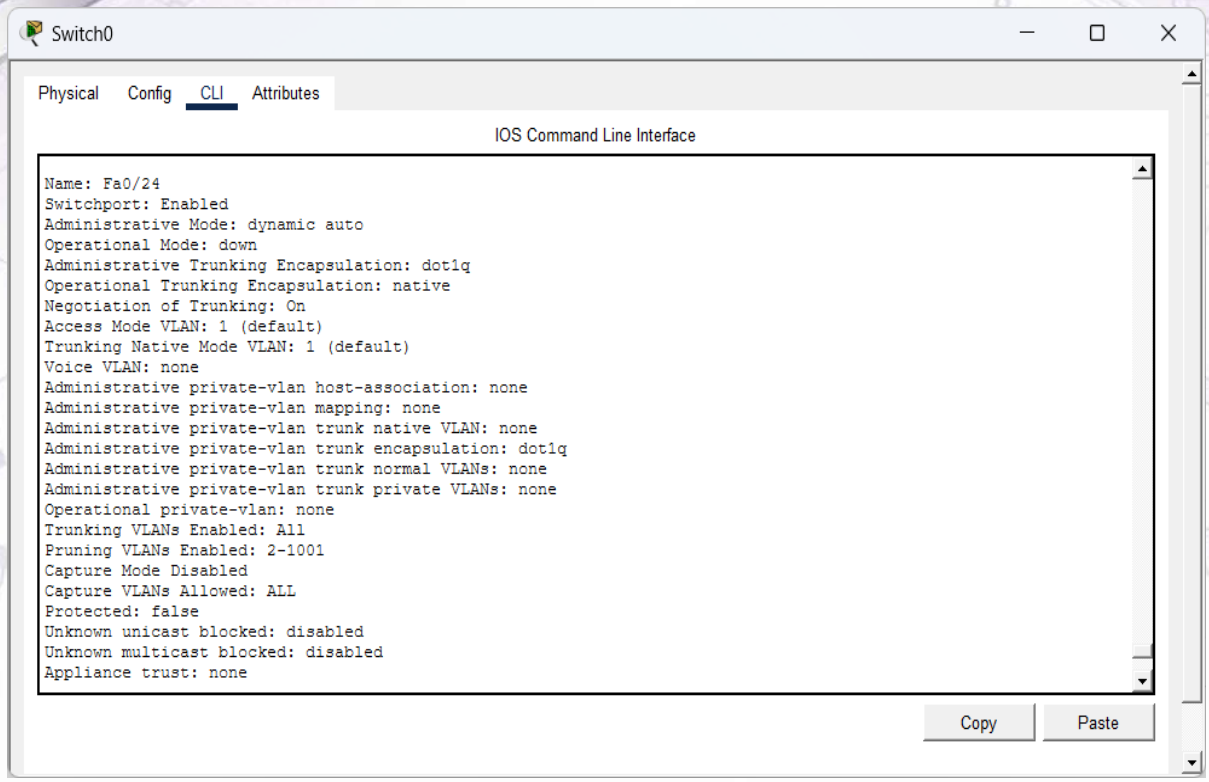
4-rasm. VLANlararo trafikning bloklangan holati.

Olingan natijalar VLAN segmentatsiyasi tarmoq xavfsizligini oshirishini va segmentlararo to‘g‘ridan-to‘g‘ri trafikni cheklashini ko‘rsatdi.

3.3. VLAN hopping xavfini modellashtirish

Tajribaning keyingi bosqichida trunk portda Dynamic Trunking Protocol (DTP) yoqilgan zaif konfiguratsiya modellashtirildi. Fa0/24 porti dynamic auto rejimida sozlandi.

ISSN 3030-3907



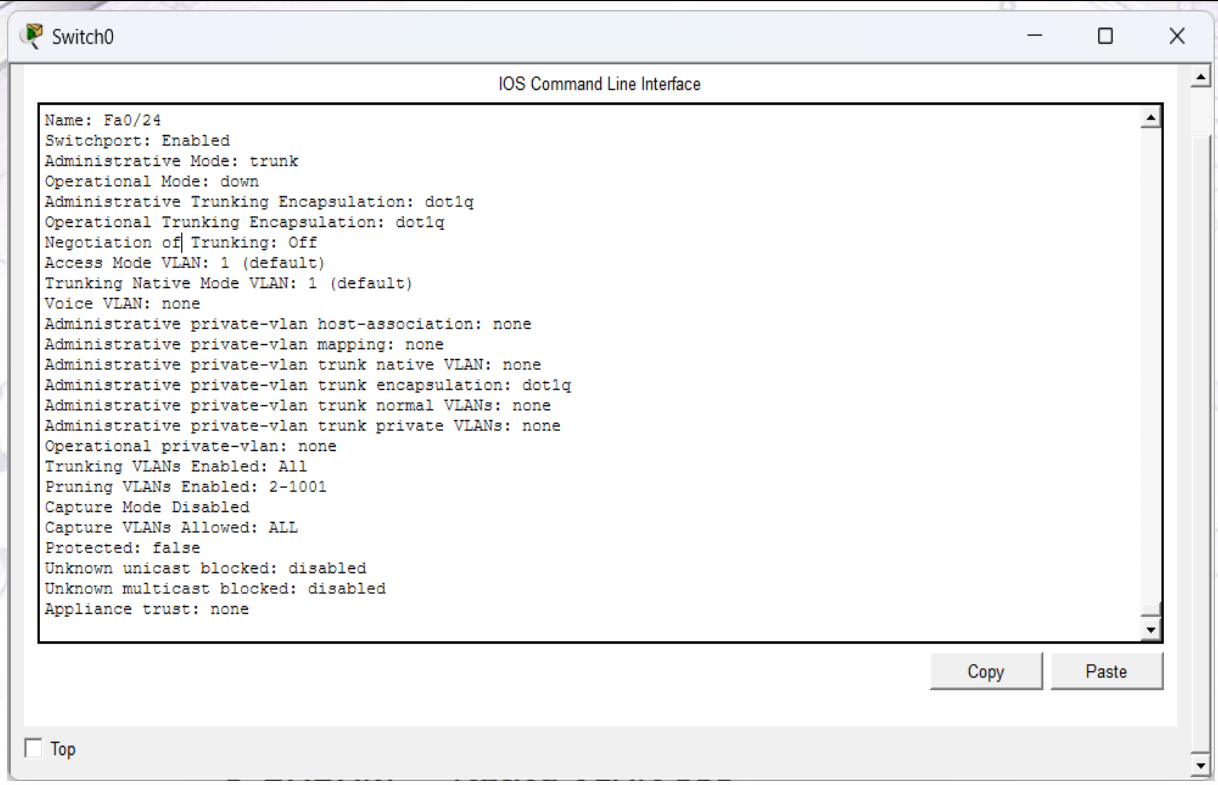
5-rasm. Dynamic auto holatidagi trunk konfiguratsiyasi.

Mazkur konfiguratsiya trunk kanalining avtomatik shakllanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Natijada VLAN hopping hujumlari uchun xavfli muhit yuzaga keladi.

3.4. Himoya konfiguratsiyalarini qo‘llash

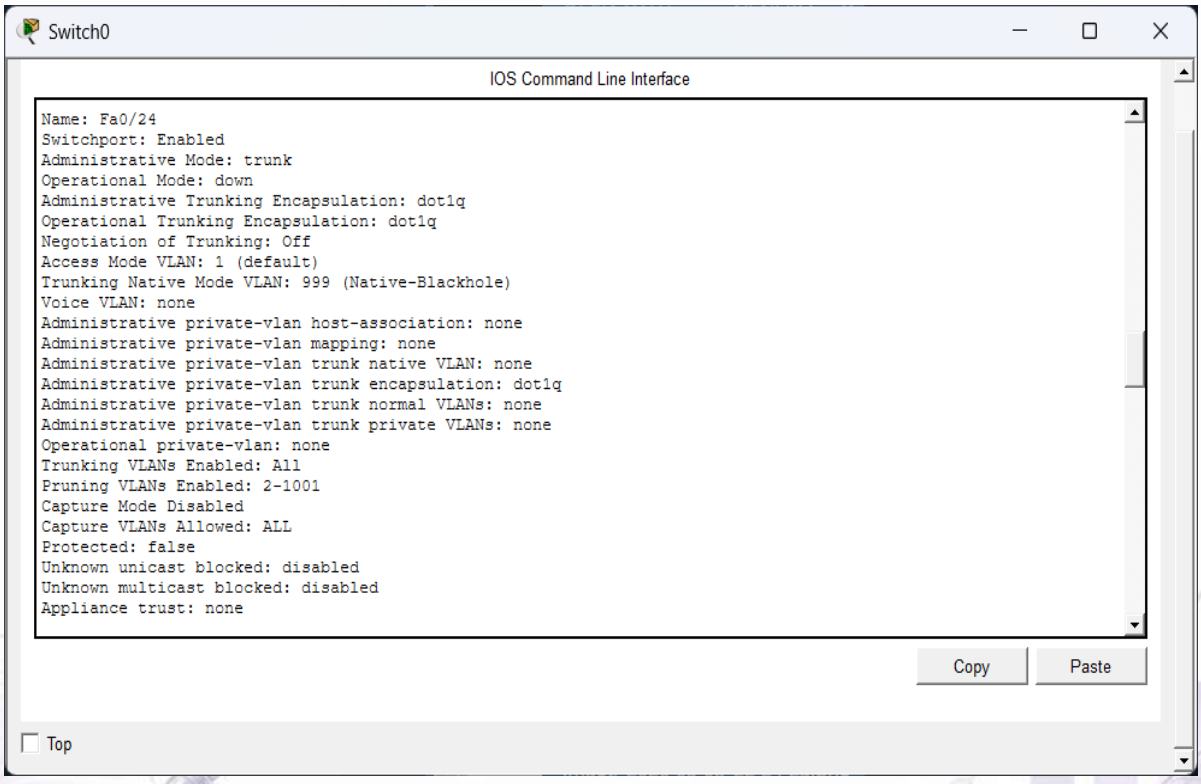
Aniqlangan xavfsizlik muammolarini bartaraf etish maqsadida trunk port statik rejimga o‘tkazildi va DTP protokoli o‘chirildi.

ISSN 3030-3907



6-rasm. Himoyalangan trunk konfiguratsiyasi.

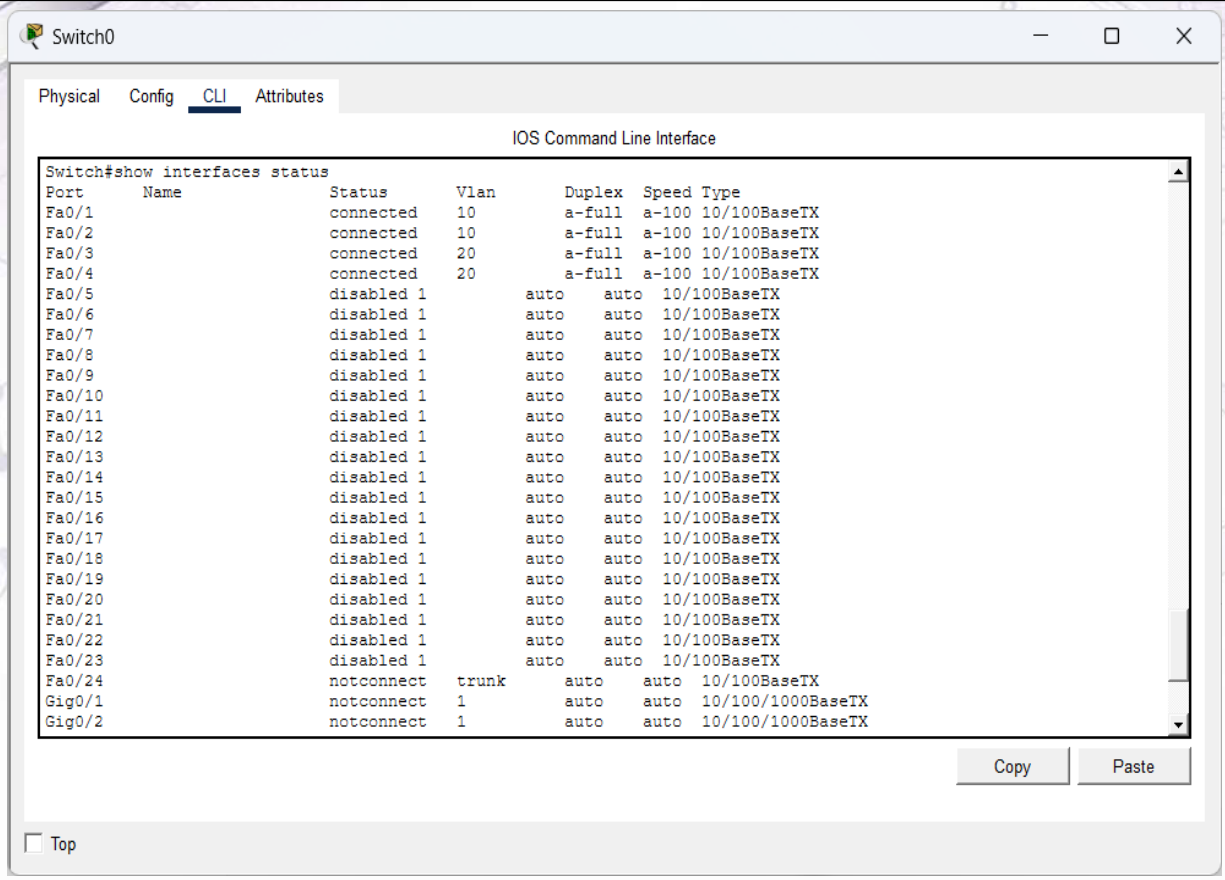
Bundan tashqari, native VLAN sifatida standart VLAN 1 o‘rniga VLAN 999 (Native-Blackhole) qo‘llanildi.



7-rasm. Native VLAN xavfsizlik konfiguratsiyasi.

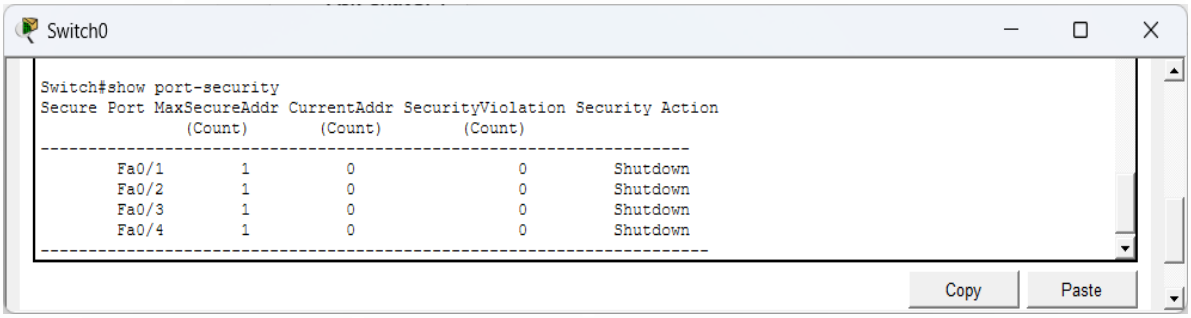
Tarmoq xavfsizligini yanada kuchaytirish maqsadida foydalanilmayotgan switch portlari shutdown holatiga o‘tkazildi.

ISSN 3030-3907



8-rasm. Keraksiz portlarning o‘chirilgan holati.

Port Security mexanizmi orqali har bir port uchun ruxsat etilgan MAC manzillar soni bittaga cheklab qo‘yildi. Noma’lum qurilma ulanganda port avtomatik bloklanadigan qilib sozlandi.



9-rasm. Port Security konfiguratsiyasi.

Yakuniy bosqichda switch qurilmasida qo‘llanilgan barcha xavfsizlik konfiguratsiyalari tekshirildi.

IV. Natijalar tahlili

Holat	Himoyadan oldin	Himoyadan keyin
VLAN hopping xavfi	Yuqori	Past
DTP zaifligi	Mavjud	Bartaraf etildi
Tarmoq segmentatsiyasi	O‘rtacha	Kuchli

ISSN 3030-3907

Ichki xavfsizlik	Cheklangan	Yuqori

O‘tkazilgan tajribalar natijasida VLAN segmentatsiyasi va qo‘shimcha xavfsizlik mexanizmlarining korxona tarmoqlarida axborot xavfsizligini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. DTP’ni o‘chirish, native VLAN’ni o‘zgartirish, keraksiz portlarni bloklash hamda Port Security mexanizmlaridan foydalanish ichki tarmoq tahdidlarini kamaytirishga xizmat qildi.

XULOSA.

Korxona tarmoqlarida VLAN segmentatsiyasi xavfsizlikni oshirishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. VLAN texnologiyasi broadcast domenlarni ajratish, foydalanuvchilarni mantiqiy segmentlarga bo‘lish va ichki trafikni nazorat qilish imkonini beradi. Tadqiqot davomida trunk konfiguratsiyasidagi zaifliklar tahlil qilinib, ularni bartaraf etish usullari amaliy jihatdan ko‘rsatib berildi.

Natijalar VLAN asosidagi xavfsizlik yondashuvlari zamonaviy korxona tarmoqlarida muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, DTP protokolini o‘chirish, native VLAN’ni o‘zgartirish, foydalanilmayotgan portlarni bloklash hamda Port Security mexanizmlaridan foydalanish tarmoqning umumiy xavfsizlik darajasini sezilarli ravishda oshirdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Cisco Networking Academy. Switching, Routing, and Wireless Essentials.
2. IEEE 802.1Q Virtual Bridged Local Area Networks Standard.
3. Odom W. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Cisco Press.
4. Sokolov A.N. Detection of Cyber Attacks on Industrial Control Systems.
5. Dastres R. Cyber-Physical Security in Network Systems.
6. Cisco Systems. VLAN Security Best Practices.
7. IEEE Access Journal. Network Segmentation and Security Approaches.
8. Privalov A. Information Attacks Detection in Smart Networks.
9. Nassar A.A. Cyber-Attack Detection using Network Analysis.
10. Cisco Secure Network Design Guide.

ISSN 3030-3907

“SIKA RETARDER” SUPERPLASTIFIKATORINI PORTLANDSEMENT XOSSALARIGA TA’SIRINI O‘RGANISH

A.K. Xoltayeva

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, Qurilish mexanikasi va seysmik muhandislik” kafedrasi katta o‘qituvchisi,

E-mail: xoltayevaaziza@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada Sika Retarder superplastifikatorining portlandsementning fizik va mexanik xossalariga ta’siri laboratoriya sharoitida o‘rganilgan hamda olingan natijalar jadval va grafik ko‘rinishlarida berilgan.

Kalit so‘zlar: sement, portlandsement, Sika Retarder, plastifikator, superplastifikator, sirt faol modda, kimyoviy qo‘shimcha, mustahkamlik, suv-sement nisbati.

Аннотация. В данной статье были исследованы физические и механические свойства бетона с суперпластификаторов Sika Retarder, а также приведены результаты лабораторных исследований в виде таблицы и графиков.

Ключевые слова: цемент, портландцемент, замедлитель схватывания Sika, пластификатор, суперпластификатор, поверхностно-активное вещество, химическая добавка, прочность, водоцементное отношение.

Abstract. In this article was studied the physical and mechanical properties of concrete with superplasticizers of Sika Retarder, as well as the results of laboratory studies were given in the form of the table and graphs.

Keywords: cement, Portland cement, Sika Retarder, plasticizer, superplasticizer, surfactant, chemical additive, strength, water-cement ratio.

KIRISH.

Bugungi kunga kelib beton va temir-beton zamonaviy qurilishda asosiy material bo‘lib, ularning xususiyatlarini yaxshilash maqsadida turli xil qo‘shimchalar qo‘llanilmoqda. Hozirgi kunga kelib kimyoviy qo‘shimchalar beton qorishmasining bog‘lovchi, to‘ldiruvchi, suv kabi majburiy komponentlaridan biri bo‘lib qoldi.

Qo‘shimchalar yordamida betonning texnologik parametrlarini boshqarish, reologik va ekspulatatsiya xossalarini yaxshilashning zamonaviy usullaridan biri deb hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm.

Qo‘shimchalarni qo‘llanilishi qurilishdagi sarflarni kamaytirish, masalan, qurilishni narxini kamaytirishi, sement sarfini iqtisod qilish va betonni sifatli tayyorlash imkonini beradi. Beton qorishmalarini xarakatchanligini oshishi suv talabchanligini saqlab qolgan holda mehnat sarfi darajasini pasayishiga olib kelib, elektr energiyaning kam sarflanishiga va beton qorishmasini zichlashtirish davomiyligini qisqartirish imkonini beradi [1].



2-rasm.

Zamonaviy qurilish amaliyotida eng ko‘p qo‘llaniladigan ommabop materiallardan biridir. Betonlarning xususiyatlarini yaxshilash maqsadida ularga turli xil qo‘shimchalar qo‘shiladi.

“Sika Retarder” superplastifikatorini beton qorishmasiga qo‘llanilganda beton qorishmasini qotishini sekinlashtirib, qurilish maydoniga yetkazilgungacha qorishmani quyilib qolishini oldini oladi. “Sika Retarder” yuqori sifatli superpastifikator hisoblanib, issiq-iqlim sharoitida betonlarni ishlab chiqarishda yuqori samara beradi. “Sika Retarder” superplastifikatorini qo‘llab beton qorishmasining xarakatchanligini oshirib, betondagi g‘ovalarni kamaytiradi va betonning qotishini sekinlashtiradi. Sekinlashtiruvchi qo‘shimchalarni ta’sir etish mexanizmi klinker minerallarini gidratlanish va gidrolizlanish jarayonlari to‘xtalishidan iborat, ya’ni erkin oxakni eritmaga ajralishini sekinlashtiradi, va

ISSN 3030-3907

koagulyatsiya jarayonlarini sekinlashtiradi. Sement zarrachalarining va uning gidromahsulotlarini yaqinlashtiradi. Natijada suv bilan aralashtirgan sement klinkerni tutib qolish intensivligi sekinlashadi. Klinker minerallarning gidroliziga va gidrotatsiyasiga, erkin oxakni bog‘lashishiga to‘sqinlik qilmaydigan qo‘shimchalar ta’siri natijasida sement xamirini tutib qolishini sekinlashtirishi mumkin.

Ilmiy izlanishlarda foydalanilgan superplastifikatorni portlandsement xossalariga ta’sirini o‘rganishda ularning qotish vaqti, mustahkamligi tanlab olindi.

Quyidagi 1-jadvalda portlandsementning xossalari keltirilgan.

1-jadval.

Portlandsementning xossalari

№	Sement turi	Suv miqdori %	Normal quyuqligi mm	Yoyiluvchanligi sm	Qotish muddatining boshlanishi	Qotish muddatining oxiri
1	ПЦ400Д20	27	7	7	127	360

“Sika Retarder” superplastifikatorini ПЦ400Д20 portlandsementda qo‘llab standart metodikalardan foydalanib, sement qorishmasini qotish muddati boshlanishi va qotish muddatining oxirini aniqladik, natijalar quyidagi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

“Sika Retarder” superplastifikatorini portlandsement qotish davriga ta’siri.

№	Sement turi	Qo‘shimcha nomi	C/Ц %	Qo‘shimcha miqdori %	Qotish muddatining boshlanishi minut	Qotish muddatining oxiri minut
1.	ПЦ400Д20	Sika Retarder	0,27	0	127	360
2.				0,5	142	376
3.				1	213	395
4.				1,5	217	442
5.				2	229	463

ПЦ400Д20 portlandsement xamirini qotish muddatining boshlanishi 127 minut, qotish muddatining oxiri esa 360 minutda tugadi. “Sika Retarder” superplastifikatorini 2% qo‘shganimizda qotish muddatining boshlanishi 229 minut, qotish muddatining oxiri 463 minutda qotdi. Qo‘shimcha qo‘shilmaganga nisbatan 2% qo‘shimcha qo‘shganimizda 103 minutga sekinlashdi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. “Sika Retarder” superplastifikatorini portlandsementning qotish muddatining boshlanishi va oxiriga ta’siri.

“Sika Retarder” superplastifikatorini ПЦ400Д20 portlandsementda 0,5-1-1,5-2% da qo‘shib 2x2x2 sm li namunalar yasab namlik bilan ishlov beruvchi kameraga 7 kun va 28 kunga solib qo‘yildi.



3-rasm. “Sika Retarder” superplastifikatorini portlandsement siqilishga mustahkamligiga ta’siri.

Namunalarni siqilishga bo‘lgan mustahkamligini gidravlik pres yordamida aniqladik. Natijalar quyidagi 3-jadvalda keltirilgan.

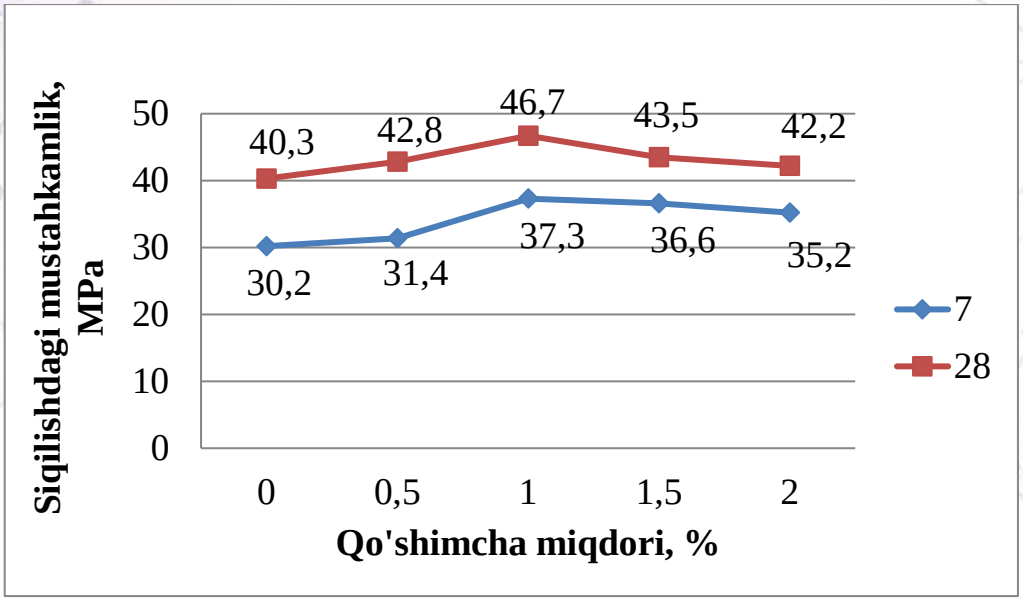
3-jadval.

“Sika Retarder” superplastifikatorini portlandsementning siqilishga bo‘lgan mustahkamligiga ta’siri [2].

Sement turi	Qo‘shimcha nomi	C/Ц %	Qo‘shimcha miqdori, %	Mustahkamlik, MPa	
				7 kun	28 kun
ПЦ400Д20	Sika Retarder	0,27	0	30,2	40,3
			0,5	31,4	42,8
			1	37,3	46,7
			1,5	36,6	43,5
			2	35,2	42,2

ISSN 3030-3907

Ushbu 3-jadval asosida quyidagi 4-rasm keltirilgan.



4-rasm. “Sika Retarder” superplastifikatorini portlandsementning siqilishga bo‘lgan mustahkamligiga ta’siri.

Umuman olganda “Sika Retarder” superplastifikatorini ПЦ400Д20 portlandsementda 0,5-1-1,5-2% da tarkibiga qo‘shganimizda siqilishga bo‘lgan mustahkamligini aniqladik. Xulosa qilib aytganimizda “Sika Retarder” superplastifikatorini ПЦ400Д20 portlandsement tarkibiga qo‘shib, sement xamirining qotish muddatini sekinlashtirib, qurilish maydoniga sifatli beton yetkazib berish imkonini beradi. Eng optimal miqdori 1% qo‘shganimizda 7 kunda 37,3 MPa ga, 28 kundan keyin esa 46,7 MPa mustahkamlikka erishdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Gaziyev U.A., Qodirova D.Sh. “Beton va qorishmalar uchun qo‘shimchalar” Toshkent-2015-162 bet.

2. Ф.Х. Турапов, А.К. Холтаева, Х.Х. Камилов (2018) “Исследование влияния суперпластификаторов на физико-механические свойства бетона” Томский политехнический университет. 2018. pp. 477-478.

3. Kholtayeva A. K. (2025) “STUDY OF THE EFFECT OF SIKAMENT RMC-519 AND SIKA RETARDER SUPERPLASTICIZERS ON CONCRETE PROPERTIES” Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ), ISSN (E): 2347-6915, Vol. 13, Issue 3 March (2025)112-124.

4. assist. A.K. Xoltayeva, tal. A.Qozoqov, (2022). “SIKAMENT RMC-519” SUPERPLASTIFIKATORINI PORTLANDSEMENT XOSSALARIGA TA’SIRINI O‘RGANISH” collection of materials of the international scientific and scientific and technical conference Namangan City, December 15-17. 248-252.

5. Холтаева А.К., Холбобоев О.О. (2022) “Sikament RMC-519” ва “Sika Retarder” перпластификаторларини портландцемент ва шлакпортландцемент хоссаларига таъсирини ўрганиш. Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi – 10/3-2022. ISSN 2091-573 X. http://mamun.uz/uz/page/56. 122-125.
6. Shadmanova Z.S., Kholtaeva A.K. and Nozimov D. (2021) “Исследование влияния суперпластификаторов на физико-механические свойства бетона” Modern science International scientific journal № 6 Vol., I. 2021. Founder and publisher: “Strategic Studies Institute” LLC. ISSN 2414-9918. pp. 35-38.

ШАҲАР ҲУДУДЛАРИНИНГ ЗАХЛАШИГА ЕР ОСТИ СУВЛАРИ САТҲИ КЎТАРИЛИШИНИНГ ГИДРОДИНАМИК ЖИҲАТЛАРИНИ ТАЪСИРИ

Б.Д. Абдуллаев
«Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» миллий тадқиқот университети
Ш.Т. Иргашев
Тошкент шаҳар ҳокимлиги
Б.Р. Насибов
«Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» миллий тадқиқот университети

Аннотатция. Ушбу мақолада шаҳар ҳудудларининг захлашига ер ости сувлари сатҳи кўтарилишининг гидродинамик ва гидрогеокимёвий жиҳатлари тизимли таҳлил қилинган. Тадқиқотда тузлар ва сув ҳаракатининг урбоэкологик муҳитга таъсири, тизимларнинг иерархик тартиби ва характерли майдонлари асосида табақалаш усули қўлланилган. Гидрогеологик тузилишнинг муайянлик даражаси ва бирламчи сабаблари ўрганилиб, шаҳар шароитидаги сувларнинг модификацияланиш жараёнлари тавсифланган. Тадқиқотда ҳудуднинг захлаш ҳодисасига мойиллигини белгиловчи тизимли омиллар ва геокимёвий таснифлашнинг ўзига хос таксон ҳамда мезонлари ишлаб чиқилган. Мақолада аҳоли яшаш пунктларидаги захлаш муаммосини бартараф этиш учун гидродинамик жараёнларни бошқаришнинг илмий асослари баён этилган. Тадқиқот натижалари шаҳарсозлик ва экологик мониторинг тизимларини такомиллаштиришда муҳим аҳамият касб этади. Тадқиқот давомида С.Ф. Аверьянов тенгламаси асосида тузлар ва сув ҳаракатининг динамикаси ўрганилиб, грунт сувларининг минераллашув даражаси ва емирувчанлик хусусиятлари аниқланган. Ҳудуднинг захлашга мойиллигини белгиловчи тизимли омиллар, гидрогеологик тузилишнинг муайянлик сабаблари ва характерли майдонлар бўйича табақалаш усуллари қўлланилган. Натижада, шаҳар урбоэкологик муҳитини соғломлаштириш ва бинолар пойдеворини сулфатли емирилишдан ҳимоя қилиш учун модификация қилинган сувларнинг геокимёвий таснифи ҳамда таксономик мезонлари ишлаб чиқилган бўлиб, улар мелиоратив тадбирларни режалаштиришда илмий асос бўлиб хизмат қилади.

Калит сўзлар. Захлаш, ер ости сувлари, урбоэкология, гидрогеокимё, иерархик тизим, геокимёвий тасниф, С.Ф. Аверьянов тенгламаси, сулфатли емирилиш, мелиоратив тадбирлар, мониторинг.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article presents a systemic analysis of the hydrodynamic and hydrogeochemical aspects of rising groundwater levels leading to waterlogging in urban areas. The research employs a differentiation method based on hierarchical orders of systems and characteristic areas to study the impact of salt and water movement on the urbo-ecological environment. The degree of determinacy of the hydrogeological structure and its primary causes are examined, and the modification processes of water in urban conditions are described. Systemic factors determining the area's susceptibility to waterlogging, as well as specific taxons and criteria for geochemical classification, have been developed. The article outlines the scientific basis for managing hydrodynamic processes to eliminate waterlogging issues in residential areas. The results are of significant importance for improving urban planning and environmental monitoring systems. During the study, the dynamics of salt and water movement were analyzed using the S.F. Averyanov equation, and the mineralization levels and corrosive properties of groundwater were determined. Consequently, a geochemical classification and taxonomic criteria for modified waters have been developed to improve the urban environment and protect building foundations from sulfate corrosion, serving as a scientific foundation for planning land reclamation measures.

Keywords. Waterlogging, groundwater, urboecology, hydrogeochemistry, hierarchical system, geochemical classification, S.F. Averyanov equation, sulfate corrosion, land reclamation measures, monitoring.

Аннотация. В данной статье представлен системный анализ гидродинамических и гидрогеохимических аспектов повышения уровня грунтовых вод, приводящего к подтоплению городских территорий. В исследовании применен метод дифференциации на основе иерархического порядка систем и характерных площадей для изучения влияния движения солей и воды на урбоэкологическую среду. Изучена степень определенности гидрогеологического строения и его первопричины, а также описаны процессы модификации вод в городских условиях. Разработаны системные факторы, определяющие склонность территории к подтоплению, а также специфические таксоны и критерии геохимической классификации. В статье изложены научные основы управления гидродинамическими процессами для устранения проблемы подтопления в населенных пунктах. Результаты исследования имеют важное значение для совершенствования систем градостроительства и экологического мониторинга. В ходе исследования на основе уравнения С.Ф. Аверьянова изучена динамика движения солей и воды, определены уровень минерализации и агрессивные свойства грунтовых вод. В результате

ISSN 3030-3907

разработаны геохимическая классификация и таксономические критерии модифицированных вод для оздоровления городской среды и защиты фундаментов зданий от сульфатной коррозии, что служит научной базой для планирования мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова. Подтопление, грунтовые воды, урбоэкология, гидрогеохимия, иерархическая система, геохимическая классификация, уравнение С.Ф. Аверьянова, сульфатная коррозия, мелиоративные мероприятия, мониторинг.

КИРИШ.

Замонавий шаҳарсозлик ва урбоэкологиянинг энг долзарб муаммоларидан бири - шаҳар ҳудудларида ер ости сувлари сатҳининг кўтарилиши натижасида юзага келадиган захлаш жараёнлари ва уларнинг гидродинамик ҳамда гидрогеокимёвий оқибатларини илмий асослашдир [1-3]. Аҳоли яшаш пунктларининг жадал кенгайиши, техноген юкламаларнинг ортиши ва муҳандислик коммуникацияларининг носозлиги ер ости сувларининг табиий мувозанатини бузиб, ҳудудларнинг мелиоратив ҳолатини ёмонлаштирмоқда [4-6]. Бу жараёнда тузлар ва сувнинг ҳаракати нафақат физик, балки мураккаб кимёвий ўзгаришларни ҳам келтириб чиқаради. Гидрогеокимёвий жиҳатдан захлаш ҳодисаси - бу грунт сувларининг минераллашув даражаси ортиши ва тузларнинг вертикал ҳамда горизонтал миграцияси натижасида шаҳар ландшафтларининг деградацияга учрашидир. Ушбу жараёнларни тизимли таҳлил қилиш учун тизимлар тартиби (даражаси) ва характерли майдонларни (км²) аниқлаш, шунингдек, табақалаш (ажратиш) усулларидан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга. Муайянлик ёки бирламчи сабаб омилларини ўрганиш орқали биз шаҳар ҳудудларидаги сув-туз балансининг бузилишига олиб келувчи асосий гидрогеологик механизмларни тушуниб олишимиз мумкин [7-9].

Тизимларнинг гидрогеологик тузилиши ва уларнинг ташқи омилларга реакцияси шаҳар экотизимларининг барқарорлигини белгиловчи асосий мезон ҳисобланади. Захлаш ҳодисасига мойилликни аниқлашда модификация қилинган сувларнинг геокимёвий таснифи алоҳида ўрин тутади, чунки инсон фаолияти таъсирида табиий сувларнинг таркиби тубдан ўзгариб, янги гидрокимёвий фацияларни ҳосил қилади [10-13]. Ушбу мақолада қўлланилган таксон ва мезонлар мажмуаси ҳудудларни нафақат сув сатҳи бўйича, балки кимёвий тажовузкорлик ва шўрланиш даражаси бўйича ҳам синфларга ажратиш имконини беради. Ҳудуднинг захлаш ҳодисасига мойиллигини тизимли омиллари — рельефнинг паст-баландлиги, грунтларнинг фильтрацион хоссалари ва литологик тузилиши билан чамбарчас боғлиқ бўлиб, улар гидродинамик кучлар таъсирида ер

ISSN 3030-3907

ости сувларининг ер юзасига яқинлашишини тезлаштиради. Шу сабабли, шаҳар гидрогеологик тизимини бир бутун объект сифатида қараб, унинг ҳар бир элементини микро ва макро даражада ўрганиш, келажакдаги экологик хавфларни прогноз қилишнинг ягона йўлидир. Хозинги кунда ер ости сувлари ва унинг сатх, сифат ўзгаришлари замонавий моделлар ва дастурлар ёрдамида аниқланиб келинмоқда. Бази дастурлар қишлоқ хужалигининг ер ости сувлари ўртасидаги боғоиқликнинг ечимларини аниқлаштириш вазифасини бажариб хам беради [14-18].

Инженерлик иншоотларининг барқарорлиги ва аҳоли саломатлигини муҳофаза қилиш мақсадида, захлаш жараёнларининг олдини олиш ва бартараф этиш стратегияларини ишлаб чиқиш зарур. Бу стратегиялар негизида гидродинамик моделлар ва тизимли ёндашув ётиши керак бўлиб, улар ер ости сувлари оқимининг йўналиши ва тезлигини, шунингдек, эриган моддаларнинг тарқалиш қонуниятларини инобатга олади. Табақалаштирилган ёндашув ёрдамида ҳар бир характерли майдон учун индивидуал мелиоратив тадбирлар (масалан, ёпиқ горизонтал дренажлар ёки вертикал қудуқлар тизими) белгиланиши лозим. Гидрогеокимёвий кўрсаткичларнинг таксономик таҳлили эса сувларнинг тажовузкорлигини пасайтириш ва биноларнинг пойдевор қисмини коррозиядан ҳимоя қилиш чораларини кўришга асос бўлади. Пировард натижада, шаҳар ҳудудларининг захлашини бошқариш — бу нафақат сув сатҳини тушириш, балки шаҳарнинг бутун гидросферасини соғломлаштириш, табиий ва техноген сув айланиш жараёнларини мувозанатга келтириш демакдир. Ушбу илмий тадқиқот айнан шундай мураккаб муаммоларнинг ечимига қаратилган бўлиб, методологик жиҳатдан янги тизимли таснифларни таклиф этади.

МЕТОД. Тадқиқотнинг услубий асосини шаҳар ҳудудларини тизимли-иерархик таҳлил қилиш ва гидрогеокимёвий жараёнларни математик моделлаштириш ташкил этади. Гулистон шаҳри ҳудуди бир неча тартибдаги тизимларга ва характерли майдонларга (км²) ажратилди. Бунда табақалаш усулидан фойдаланилиб, ҳар бир зонанинг гидрогеологик тузилиши ва ер ости сувлари оқимининг шаклланиш шароитлари индивидуал баҳоланди. Гидрогеокимёвий жиҳатларни ўрганишда С.Ф. Аверьяновнинг конвектив-диффузион моделидан фойдаланилди [19]. Ушбу метод ёрдамида грунт ғовакларидаги сувнинг ҳақиқий тезлиги (V), диффузия коэффициенти (D) ва эриш коэффициенти (β) ўртасидаги боғлиқлик ҳисоблаб чиқилди. Шунингдек, "муайянлик ёки бирламчи сабаб" тамойили асосида захлаш манбалари статистик таҳлил қилинди.

ISSN 3030-3907

Ҳудудни табақалаш (ажратиш) усули ёрдамида шаҳар майдони гидродинамик мураккаблигига кўра бир неча тизимларга ажратилди [20]. Натижалар шуни кўрсатадики, характерли майдони 5–10 км² бўлган локал тизимларда ер ости сувлари сатҳининг кўтарилиши асосан коммунал тармоқлардан сув сизиб чиқиши (муайянлик сабаби) билан боғлиқ. Каттароқ, яъни 50–100 км² гача бўлган минтақавий тизимларда эса захлаш ҳодисаси табиий гидрогеологик тузилиш ва дарё оқимларининг таъсирида шаклланади. Тузлар ва сувнинг ҳаракати динамикаси таҳлили шуни кўрсатдики, захлаган ҳудудларда сувнинг минераллашув даражаси табиий фонга нисбатан 2,5–4 баробарга ортган. Модификация қилинган сувларнинг геокимёвий таснифи асосида қуйидаги таксон ва мезонлар аниқланди.

НАТИЖА ВА УЛАРНИНГ МУХОКАМАСИ. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, шаҳар ҳудудларида сизот сувларининг чегаравий ҳолати геологик-структуравий шароитлар ва табиий дренажланганлик даражаси билан бевосита боғлиқдир. Ҳудудларнинг захланиш жараёни динамик хусусиятга эга бўлиб, у "захламаган" ҳолатдан барқарор захлаш босқичигача бўлган эволюцион йўлни босиб ўтади. Бунда грунт қатламларининг фильтрация хусусиятлари ва сув сатҳи қиялиги каби омиллар захланиш суръатини белгиловчи асосий кўрсаткичлар бўлиб хизмат қилади. Қурилиш меъёрларида (СН ва П 2.06.15-85) белгиланган қуритиш нормаларидан четлашиш, йиллар давомида сув сатҳининг аста-секин кўтарилишига ва гидрогеологик мувозанатнинг бузилишига олиб келиши аниқланди.

Захланиш ҳодисасининг ривожланиши учта асосий босқичда намоён бўлиши тасдиқланди: бошланғич (аста-секин кўтарилиш), оралиқ (мавсумий тебраниш ва юқори амплитуда) ҳамда якуний (барқарор паст чуқурлик) босқичлар. Айниқса, дренаж тизими мавжуд бўлмаган шароитларда сув режими фақат эвапотранспирация ва вегетация давридаги суғоришлар ҳисобига шаклланиши кузатилди. Якуний босқичда сув сатҳи тебранишлари амплитудасининг камайиши келувчи ва сарфланувчи сув миқдорининг критик мувозанатга келганлигини кўрсатади, бу эса ҳудуднинг мелиоратив ҳолатини тубдан яхшилаш учун сунъий дренаж тизимларини жорий этиш зарурлигини илмий жиҳатдан асослайди. Шаҳарнинг геологик кенглигидаги сизот сувлари массиви ташқи ва ички чегаравий шартлар билан чегараланган ёки бир-бири билан ўзаро боғлиқ бўлган алоҳида фильтрацион блокларга бўлинган. Ҳар бир блок ва умуман массив латерал чегаралар билан тавсифланади, шунингдек, грунт сувларининг сатҳи ва уларни сиғдирган сувли қатлам таги ҳам чегара вазифасини ўтайди. Латерал чегаралар бўйлаб грунт сувларининг блок ёки

ISSN 3030-3907

массив контури ичига оқиб келиши ва ундан ташқарига оқиб чиқиши таъминланади. Грунт сувлари сатҳига атмосфера ёғинлари ва ер усти сувлари инфильтрация бўлади ва сизиб ўтади. Грунт сувлари сатҳидан аэрация зонасига капилляр кўтарилиш содир бўлади ва у ердан сув эвапотранспирацияга сарфланади. Грунт сувлари сатҳидан сизиб ўтган сувлар сувли қатлам ҳажми бўйлаб тарқалади ва ундан латерал йўналишда оқиб кетади ёки пастки сувли қатламларга сизиб ўтади. Ва аксинча — грунт сув қатламининг таги орқали пастки сувли қатламлардан юқорига сув ўтиши мумкин. Агар шундай таъриф берадиган бўлсак, «шаҳар грунт сувлари массиви» маҳаллий сув алмашинуви тизимининг бир бўлинмаси ҳисобланади, унинг таги орқали эса минтақавий сув алмашинуви тизими бўлинмалари билан ўзаро таъсир амалга ошади.

Грунт сувлари қатламининг мавжудлиги кўриб чиқилган тартибда, захлаш ҳодисаси— сувнинг унга келиб тушиши сарфланишидан ортиб кетиши натижасидир. Аэрация зонаси сув билан тўйинганда, захлаш жараёни сув босиши шаклига ўтади. СНиП 2.06.15-85 иловасида келтирилган таърифга кўра: «Сув босиши — сув оқими, сув ҳавзаси ёки ер ости сувлари сатҳининг кўтарилиши натижасида ҳудуд майдонида эркин сув юзасининг ҳосил бўлишидир». Ер юзасида (ҳудудда) сув босиш ҳодисаси нафақат аэрация зонасининг сув билан ҳаддан ташқари тўйиниши, балки аксинча — жинсларнинг сув-физикавий хусусиятлари билан боғлиқ бўлган инфильтрация ва фильтрациянинг заифлиги туфайли ҳам содир бўлади. Ўз навбатида, захлаш ҳодисаси аэрация зонаси жинсларининг сув билан тўйинишига олиб келгани сабабли, уларнинг сув-физикавий хусусиятларини ўзгартиради. Сув билан тўйиниш лёсс ва лёссимон жинсларда чўкиш ҳодисаларини (6), кумок — майда донали ва гилли қумлар ҳамда қумлоқларда эса — тиксотропияни (механик таъсирда суюқланиш) келтириб чиқаради. Тоғ жинсларнинг сув билан тўйиниши уларга дастлаб хос бўлган таркибий боғланишларни ўзгартиради ва уларнинг текстурасини (тузилишини) бузади (6). Бунда кўпинча жинсларнинг ғоваклиги ва уларнинг фильтрация коэффициентлари камаяди. Бу ҳолатдан келиб чиқадиган хулоса шуки, захлаш жараёнида сув босган қатламларнинг сув-физикавий хусусиятлари вақт ўтиши билан ўзгаради ёки барқарор бўлмай қолади.

Минтақавий миқёсда захлаш ҳодисаси (ер ости сувлари кўтарилиши), хусусан — шаҳар ҳудудларида, катта ва ўрта дарё водийлари ҳамда дельталарида, тоғлараро ва тоғ олди ботиқликларида ҳамда чекка букилмаларда намоён бўлади. Ўзбекистондаги воҳалар ва улардаги суғориладиган массивлар, одатда, айнан мана шундай геологик-

ISSN 3030-3907

геоморфологик тузилмаларга тўғри келади. Воҳаларнинг гидрогеологик шароитлари суғорма деҳқончиликнинг сув инфратузилмаси таъсирида ўзгартирилган. Унинг асосий таркибий қисми дарё оқими ҳисобланади. Воҳалардаги дарё оқими табиий ва сунъий гидрографик тармоқлар бўйлаб тақсимланади ва суғориш учун ишлатилади. Катта дарё ҳавзаларидаги оқимлар тартибга солинган. Ушбу барча ҳолатлар воҳаларнинг ва уларни ташкил этувчи гидрогеологик-мелиоратив тизимларнинг ер ости сувлари режимида ўз аксини топади. Гидрогеологик тизимларнинг бўйича номенклатураси 1-жадвалда келтирилган. 1-жадвалда келтирилган ташкилий даражалардаги гидрогеологик-мелиоратив тизимлар суғориладиган массивларга хос бўлиб, уларнинг асосини ташкил этади. Сув босган (захлашга учраган) шаҳарлар ва бошқа аҳоли пунктлари воҳаларда жойлашганлигини ҳисобга олсак, уларнинг грунт сувлари массивлари учун жадвалда кўриб чиқилган ташкилий даражалар номенклатурасини қабул қилишда адашмаган бўламиз.

Шаҳар грунт сувлари массивини ташқи ва ички гидродинамик чегаралар бўйича қуйи ташкилий даражадаги массивларга ажратиш захлаш ходисасининг нотекислигини ва, демак, унинг тузилишини ифодалайди. Юқорида айтиб ўтилган шаҳар грунт сувлари массивининг блоклари айнан қуйи ташкилий даражадаги тизимлар бўлиб намоён бўлади. Уларнинг чегаралари сифатида шаҳар ичидаги ирригация ва дренаж тармоқлари элементлари, сув ўтказувчи ва сув ўтказмайдиган жинслар қатламларининг бўлиниш текисликлари хизмат қилади. Бундай чегаралар қаторига, агар улар носоз бўлса, сув қувурлари ва канализация тармоқлари ҳам киради. Ҳар бир муайян шаҳардаги захлашнинг гидродинамик куриниши, унинг омилларининг фазовий-вақт бўйича тақсимланиши хилма-хиллиги туфайли ўзига хос хусусиятларга эга. Бироқ, барча ҳолатларда «шаҳар грунт сувлари массиви» ва унинг шаҳар ичидаги бўлинмаларини ташкил этувчи фазовий оқимнинг узлуксизлиги сақланиб қолади.

Шуни таъкидлаш лозимки, «шаҳар ҳудудларининг захлаши гидрогеологик жараённинг ўзига хос тури бўлиб, у ер ости сувларининг умумий сув айланишидаги ҳаракати, туйиниши, оқими ва тарқалишини, уларнинг тоғ жинслари, атмосфера, гидросфера, тупроқ қоплами, биосфера ҳамда техносфера билан ўзаро таъсиридаги миқдорий ва сифат ўзгаришларини ифодалайди».

Кўриб чиқилган захлаш ходисасининг гидродинамик манзараси ер ости сувлари ҳаракати назариясига (1, 4) зид эмас.

Шахар урбоэкологияси ва ахоли яшаш пунктларидаги захлаш ходисасининг гидрогеокимёвий жиҳатлари

ISSN 3030-3907

Тузлар ва сувнинг ҳаракатини, С.Ф. Аверьянов таъкидлаганидек, энг оддий ҳолатда қуйидаги тенглама характерлайди:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V\frac{\partial C}{\partial x} + \beta(Cm - C), \qquad (1)$$

бу ерда:

C – эритманинг (ер ости сувининг) концентрацияси (минераллашуви), г/дм³; t – вақт, сутка; x – масофа, м; V – грунт (жинс) ғовакларидаги сув ҳаракатининг ҳақиқий тезлиги, м/сут ($V = V_0 / n$ га тенг);

V_0 – фильтрация тезлиги, м/сут; n – ғоваклик (самарали ғоваклик);

$C_м$ – тўйинишнинг чегаравий концентрацияси, г/дм³; β – эриш коэффициенти, 1/сут;

D – конвектив (фильтрацион) диффузия коэффициенти, м²/сут.

(2.1)-тенглама тупроқ эритмаси (ер ости сувлари) оқимининг бирор-бир нуқтасидаги (элементар бўшлиғидаги) тузлар (кимёвий элементлар) концентрациясининг ўзгаришини ифодалайди.

Ушбу тенглама асосида амалга оширилган ҳисоблашлар аҳоли яшаш пунктларидаги элементар бўшлиқларда кимёвий элементлар миграциясининг ўзига хос қонуниятларини очиб берди. Таҳлиллар шуни тасдиқладики, сув ҳаракатининг ҳақиқий тезлиги пасайган ҳудудларда диффузион жараёнлар устуворлик қилиб, ер ости сувларининг минераллашув даражасини кескин оширади. Бу эса ўз навбатида, шаҳар иншоотлари пойдеворларининг коррозияга учрашига ва тупроқ қатламининг иккиламчи шўрланишига олиб келади. Шу боис, захлашга қарши мелиоратив тадбирларни лойиҳалашда нафақат сув сатҳини пасайтириш, балки тузлар конвекциясини бошқариш учун фильтрацион тезликни оптималлаштириш зарурлиги илмий асосланди.

Сирдарё шароитида сув сатҳининг кўтарилиши асосан оралиқ ва якуний босқичларда эканлиги аниқланди. Суғориш мавсумида ер ости сувлари сатҳининг амплитудаси 1.2 - 1.8 метргача етиши кузатилади. Бу ерда табиий дренажланганлик даражаси жуда паст бўлганлиги сабабли, август-сентябрь ойларида сувнинг пасайиши фақат эвапотранспирация (буғланиш) ҳисобига амалга ошмоқда. Натижада, сув таркибидаги тузларнинг ер юзасида тўпланиши (аккумуляцияси) жадаллашган.

Сирдарё ҳудуди учун эриш коэффициенти β ва минераллашув даражаси (C) бўйича ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, ер ости сувларининг минераллашуви 5–10 г/дм³ атрофида тебранмоқда. Натижада Фильтрация тезлигининг (V_0) пастлиги (суткасига 0.1–0.3 м) сабабли, конвектив диффузия коэффициенти (D) устуворлик қилмоқда. Бу эса тузларнинг нафақат сув билан ҳаракатланишига, балки капилляр кўтарилиш орқали

ISSN 3030-3907

биноларнинг пойдевор қисмида "тузли призмалар" ҳосил қилишига олиб келмоқда.

Вилоят ҳудудининг захлашга мойиллиги бўйича II-тартибли (Мезо) тизимга мансублиги тасдиқланди. Сирдарё учун хос бўлган "муайянлик сабаби" — бу суғориш каналларидан сизиб чиқаётган сувлар ва ҳудуднинг гидравлик боғланганлигидир. Таҳлиллар шуни кўрсатадики, коллектор-дренаж тармоқларининг самарадорлиги 30-40% га пасайган ҳудудларда захлаш ҳодисаси барқарор ва кимёвий жиҳатдан тузларнинг емирувчилик хусусияти эга бўлиб қолган. Сирдарё шароитида захлашни бартараф этиш учун фақат сув миқдорини камайтириш кифоя қилмайди, балки C_m (тўйиниш концентрацияси) кўрсаткичини инобатга олган ҳолда, тупроқнинг шўрини ювиш ва вертикал дренажлар орқали сув айланишини тезлаштириш лозим.

1-жадвал.

Ташкилий даражалардаги гидрогеологик-мелиоратив тизимлар

Тизимлар тартиби (даражаси), характерли майдони (км²)	**Табақалаш (ажратиш) усули**	**Муайянлик ёки бирламчи сабаб**	**Тизимларнинг гидрогеологик тузилиши**
Биринчи (минтақа усти) n·105	Структур-геологик	Геологик-структур, иқлимий ва гидрологик	Баландлик минтақалари бўйича ўзгарувчан бўлган бурмаланган вилоятларнинг грунт ва босимсиз-ёриқли сувлари, шунингдек, кенглик минтақалари бўйича ўзгарувчан бўлган кайлоген вилоятлар.
Иккинчи (макроминтақавий) n·104÷105	Структур-гидродинамик	Шунингдек (Юқоридагидек)	Грунт сувлари оқими ҳавзаси
Учинчи (мезоминтақавий) n·103÷104	Худди шундай	Худди шундай	Грунт сувлари оқимлари гуруҳи
Тўртинчи (минтақавий) n·102÷103	Худди шундай	Худди шундай	Грунт сувлари оқими

ISSN 3030-3907

Бешинчи (субминтақавий) 10÷n·102	Худди шундай	Худди шундай	Грунт сувлари оқимлари зоналари (озиқланиш, транзит, сарфланиш — тарқалиш)
Олтинчи (макролокал) …n·102	Худди шундай (оқим зоналари ичидаги чегаралар)	Худди шундай (оқим зоналари ичидаги фильтрацион нотекислик билан белгиланган)	Маҳаллий гидродинамик структуралар — табиий ва сунъий: сув йиғгич, сув оқими, суғориладиган майдонлар гуруҳи, ер ости сувлари ифлосланиш манбалари ареаллари ва ҳ.к.
Еттинчи (мезолокал) 1÷10	Худди шундай	Худди шундай	Локал гидродинамик ассоциациялар: вақтинчалик оқим сув йиғгичи, суғориладиган майдон, ер ости сувларининг гуруҳли сув олиш иншооти ва ҳ.к.
Саккизинчи (локал) 0,1÷1	Худди шундай	Худди шундай	Локал гидродинамик структуралар: эрозион жўяк сув йиғгичи, суғориш картаси ёки дренажлараро пайкал, якка тартибдаги ер ости сув чиқариш иншооти, нуқтали ифлосланиш манбаининг сув йиғиш майдончаси ва ҳ.к.
Тўққизинчи (сублокал) <0,1	Худди шундай	Худди шундай	Ғовак ва ёриқлар (сувли) ассоциацияси

Юкоридаги (1)-тенгламанинг уч ўлчовли версиясини тупроқ эритмаси ёки ер ости сувлари оқими ҳажми бўйича, шунингдек, уларнинг мажмуи бўйича интеграллашда, унинг диффузион ва туз алмашинуви аъзолари ички манбалар ёки оқимлар сифатида намоён бўлади. Оқим ҳажми бўйича туз алмашинуви ёки умуман масса кўчиши натижасида унинг чегараларидаги конвектив аъзо қийматларининг фарқи бўйича қайд этилади — бу латерал бўйича оқиб келиш ва оқиб кетиш шаклида, вертикал бўйича эса оқимнинг юқори текислигига сизиб кириш ва пастки текисликка ёки пастки текисликдан юқорига сизиб ўтиш кўринишида бўлади. Ушбу ҳолатлар сув-

ISSN 3030-3907

туз балансини ёки ион оқими балансини масса кўчишининг (кимёвий моддаларнинг) умумлаштирувчи интеграл натижаси деб ҳисоблашга имкон беради. Масса кўчиши ва фазавий ўтишлар ер ости сувлари ҳамда аэрация зонасининг ғовак эритмалари минераллашуви ва кимёвий таркибининг ўзгарувчанлигини олдиндан белгилаб беради. Фазавий ўтишлар орасида (2.1)-формулада ҳисобга олинган эриш ва чўкмага тушиш жараёнлари билан бир қаторда, эвапотранспирацияни ва у келтириб чиқарадиган буғланиш орқали концентрланишни (қуюқлашишни) алоҳида таъкидлаймиз. Қайд этилган чизиқли эффектлардан ташқари, ночизиқли эффектлар ҳам мавжуд бўлиб, бу ер ости сувлари ва ғовак эритмаларининг кимёвий таркиби шаклланишини сезиларли даражада мураккаблаштиради (7). Кимёвий элементлар ва комплексларнинг миграцияси геокимёвий тўсиқлар (барьерлар) туфайли анча қийинлашади. Бундай тўсиқлар сифатида кислородли, олтингугурт-водородли ва глейли, шунингдек, буғланишли тўсиқлар белгиланган (7). Кислородли тўсиқ — бу органик, олтингугурт-водород ва бошқа кимёвий комплексларнинг қайтарилиш шаклида оксидланиш майдонидир. Оксидланишга сувда эриган эркин кислород ёки аэрация зонаси ҳавосидаги кислород, шунингдек, микробиологик жараёнлар ёрдам беради. Олтингугурт-водородли тўсиқ — бу олтингугурт-водород ва унинг ҳосилалари бўлган HS- ва S^2-ионлари ишлаб чиқарилиши жараёнида оксидланган органика ва кимёвий комплексларнинг қайтарилиш майдонидир (7).

Глейли тўсиқ — анаэроб муҳитга хос бўлиб, унда микроорганизмлар минерал бирикмалардан кислород ажратиб чиқариш ҳисобига органик моддаларни оксидлайди. Глейли сувлар — кислородсиз ёки кам кислородли бўлиб, тоғ жинслари ва тупроқларнинг глейланишига (кўкимтир-кулранг тус олишига) сабаб бўлади. Анаэроб шароитда сульфат-ионининг юқори миқдорида десульфуризация жараёни ривожланади ва олтингугурт-водород ҳосил бўлади. Бу ҳолат шўрхоклар, ботқоқликлар ва чўллардаги шўр кўллар учун хосдир. Анаэроб шароитда сульфат-ионининг юқори миқдорида десульфуризация жараёни ривожланади ва олтингугурт-водород ҳосил бўлади. Бу ҳолат шўрхоклар, ботқоқликлар ва чўллардаги шўр кўллар учун хосдир (7). Буғланишли тўсиқ — бу ер ости сувлари ва ғовак эритмаларида тузларнинг тўпланиши (концентрланиши), шунингдек, моддаларнинг эриган ҳолатдан чўкмага ўтиш (фазавий ўтиш) майдонидир.

Умумий ҳолатда, юқорида санаб ўтилган тўсиқларда оксидланиш-қайтарилиш муҳити, ишқорий-кислотали шароит (pH) ва сувларнинг шўрлиги ўзгаради. Ушбу хусусиятларга кўра, сувларнинг геокимёвий таснифида (7) тегишли равишда тур, синф ва оила каби таксонлар

ISSN 3030-3907

ажратилади. Бундан ташқари, (7)-манбадаги таснифлаш атамалари асосида О.А. Алекин таснифини шундай қайта шакллантирамизки, бунда (7)-манбадаги авлод (2)-манбадаги синфга, кўриниш— гуруҳга (2), хил (хилма хил) эса — типга (2) мувофиқ келади. Шу тарзда модификация қилинган сувларнинг геокимёвий таснифида (7), афтидан, уларнинг кимёвий таркиби шаклланиши жараёни ўз аксини топади. Жараённинг ушбу ифодасида муҳит, шароитлар, сувларнинг шўрлиги, уларнинг анион ва катион таркиби ҳамда охиргиларининг (анион ва катионларнинг) ўзаро нисбати ҳисобга олинади. Ер ости сувларини кимёвий таркиби ва ҳарорати бўйича таснифлашнинг тармоқ стандартида (6), (7)-манбадаги «оила»га — «гуруҳ», (7)-манбадаги «хил» га эса — «тур» (2) мувофиқ келади. (6)-манбадаги ишқорий-кислотали шароит кўрсаткичлари бўйича (7)-манбага мувофиқ синфлар белгиланади. Ер ости сувларининг ҳарорат бўйича таснифи (6) стандартда алоҳида ўрин тутади ва, афтидан, шу сабабли ушбу мезон бўйича (7)-манбада мустақил таксонлар белгиланади. Шу билан бирга, уларга геокимёвий тасниф таксонлари иерархиясида (иерархик поғонасида) юқори ўрин берилади. (2.1)-тенгламанинг уч ўлчовли версияси ифодасида кимёвий элементларнинг оксидланиш-қайтарилиш муҳитида, ишқорий-кислотали шароитларда ва сув шўрлигидаги миграцияси ҳамда табиий сувлар геокимёвий таснифининг муҳокама қилинган версияси (модификацияси) муайян даражада гидрогеокимёвий жараёнларнинг ўзига хос хусусиятларини акс эттиради ва уларнинг кечиш жиҳатларини очиб беради.

2-жадвал

Модификация қилинган сувларнинг геокимёвий таснифи

Т/р	Таксон	Мезонлар
1	2	3
1	Гуруҳлар	Температура
2	Типлар	Оксидланиш-қайтарилиш потенциали (газлар)
3	Синфлар (гуруҳлар)*	Ишқорий-кислотали шароитлар
4	Оилалар (гуруҳлар)*	Умумий минераллашув (шўрлик)
5	Авлодлар (синфлар)**	Асосий анионлар
6	Кўринишлар (гуруҳлар)**	Асосий катионлар
7	Хиллар (типлар)**	Асосий анионлар ва катионларнинг нисбати

ISSN 3030-3907

Кузатув маълумотлари (3, 4) умуман олганда масса кўчиши (конвекция ҳодисаси) ҳолатини аниқлаш учун объект кенглиги чегараларидаги моддаларнинг конвектив кўчиши муҳим аҳамиятга эга эканлигини тасдиқлайди. Бунга сабаб, фильтрация бўлаётган ер ости сувлари ёки тупроқ эритмалари таркибида кимёвий моддалар (органика, газлар ва ҳ.к.) ионлари (комплекслари) мавжудлигидир. Шу сабабли сувнинг (эритманинг) ва унда эриган тузларнинг фильтрацияси бир хил ёки бир-бирига яқин тезлик хусусиятларига эга бўлади. Бундай шароитда захлаш ҳодисасининг гидродинамик жиҳатлари гидрогеокимёвий жиҳатларини сезиларли даражада назорат қилади. Шу боис, гидрогеокимёвий жиҳатлар гидродинамик жиҳатлар билан деярли тўлиқ ўзаро боғланади(5).

Ўзбекистон шароитларида сувларнинг шўрлиги (минераллашуви) бўйича деярли барча оилалар: ўта чучук – чучук – шўрроқ – шўр – шўр сувлар ва уларнинг кичик оилалари учрайди. Ушбу оилалар муайян вазиятларга боғлиқ равишда турли хил оксидланиш-қайтарилиш ва ишқорий-кислотали шароитларда бўлади. Уларнинг авлод ва кўриниш таркиби эса асосий анионлар ва катионларнинг турли комбинацияларида ўзгариб туради. Шу билан бирга, жадвал бўйича «хил» (хилма хиллик) ёки (2)-манба бўйича «тур» барча авлод-кўриниш тоифаларида жами тўртта таксон билан ифодаланган. Геокимёвий ўтмиш ва замонавий галогенезга боғлиқ ҳолда, энг кенг тарқалган хил — сульфат-гидрокарбонат-магнийли таркибга эга бўлган иккинчи (II) типдир (2).

Агар (5)-манба қоидаларига таянадиган бўлсак, кимёвий элементлар миграциясининг бошланғич шартлари ҳудуднингзахлашидан олдин шаклланади ва у ҳудуднинг табиий дренажланганлик даражаси (ион оқими тезлиги ёки маҳсулдорлиги — тузларнинг массавий сарфи ва унинг ишораси), атмосфера ёғинлари инфильтрацияси ва улар билан кимёвий моддаларнинг келиши, сув оқимлари ва сув ҳавзаларидан сизиб ўтиш ҳамда бунда тузларнинг эриган ҳолда келиши ёки чиқиб кетиши билан белгиланади.

Дастлабки ҳолатда захлашга учраган ҳудудлар, табиий дренажланиш заиф бўлган ва қургокчил иқлим шароитида шаҳарларнинг муҳандислик ҳимояси тизими мукаммал бўлмаган тақдирда, ландшафтлар — тупроқ, аэрация зонаси ва грунт сувларининг шўрланишига мойил бўлади. Дастлабки ҳолатда захлашга учрамаган ҳудудлар босқичма-босқич сув босишига учрайди (5). Бошланғич босқичда захлаш ҳодисаси аэрация зонасининг тўйиниши ҳисобига грунт сувлари сатҳининг кўтарилиши шаклида намоён бўлади. Инфильтрациянинг қуввати ва интенсивлигига

ISSN 3030-3907

қараб, ҳудуднинг захлашга учраши секин — йилдан-йилга ёки тез — ҳудудни ўзлаштиришнинг ёки унинг сув таъминотини модернизация қилишнинг дастлабки йилларидаёқ содир бўлади (5). Шунга мувофиқ, аэрация зонасида аввалги тарихий даврлар мобайнида тўпланган тузлар эрийди ва эритмага (тупроқ ёки грунт сувларига) ўтади. Инфильтрация бўлаётган сувлар, хоҳ ёғинлар бўлсин, хоҳ гидрографик тармоқлардан йўқотишлар ва ҳоказо, буғланиш орқали концентрланишга (қуюқлашишга) учрайди. Тузларнинг ҳам эриши, ҳам концентрланиши захлашнинг бошланғич босқичларида грунт сувларининг, шу жумладан, уларнинг юқори фаол қатламининг шўрланишига олиб келади (3, 4).

Захлаш ҳодисасининг оралиқ босқичида, айниқса дренажланмаган шароитларда, эвапотранспирациянинг кучайиши туфайли аэрация зонаси жинслари ва грунт сувларининг шўрланиш суръати ортади.

Дренажланмаган шароитларда захлашнинг якуний босқичида ландшафтларнинг шўрланиши барқарор тус олади ва тупроқ юзасида, таъбир жоиз бўлса, «шўр шудринг» пайдо бўлади, у вақт ўтиши билан ғовак шўрга айланади. Шундай қилиб, ҳудудни ўзлаштиришда дренажланмаган шароитлар унинг захлаши ва шўрланишини яхлит ҳолда келтириб чиқаради. Бу ҳодисаларнинг барчаси сув узатиш ва сув чиқариб юбориш режимининг бошқарилмаслиги ҳамда тартибга солинмаганлиги туфайли содир бўлади.

Умуман олганда, ҳар бир муайян ҳудуднинг захлаш жараёнидаги гидрогеокимёвий жиҳатлари маҳаллий омиллар билан бир қаторда, табиий сувлар кимёвий таркиби шаклланишининг минтақавий ва ҳавзавий омиллари, уларнинг геологик муҳит билан ўзаро таъсири ҳамда техноген таъсирлар орқали белгиланади. Ушбу ҳолатлар захлаш ҳодисасининг гидрогеокимёвий жиҳатларини сезиларли даражада хилма-хил қилади.

ХУЛОСА.

Гулистон шаҳри мисолида ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ҳудуднинг захлаши фақатгина табиий жараён эмас, балки мураккаб гидродинамик ва техноген омилларнинг ўзаро таъсири натижасида шаклланадиган экологик муаммодир. Шаҳарнинг пастқам рельефи ва геологик тузилишидаги сув ўтказмайдиган қатламларнинг мавжудлиги ер ости сувлари оқимининг табиий дренажланишига тўсқинлик қилади. С.Ф. Аверьянов формуласи асосида ўтказилган таҳлиллар Гулистон шаҳрида сувнинг ҳақиқий ҳаракат тезлиги (V) паст эканлигини, бу эса ўз навбатида конвектив диффузия коэффициентининг (D) таъсирини ошириб, тузларнинг вертикал йўналишда тўпланишига замин яратаётганини исботлади. Натижада, ҳудуд захлашнинг энг оғир босқичига ўтган бўлиб, бунда ер ости сувлари сатҳи доимий равишда 1,0–1,5 метр чуқурликда

ISSN 3030-3907

барқарорлашиб қолган.Гидрогеокимёвий жиҳатдан Гулистон шаҳридаги ер ости сувлари кучли модификацияга учраган бўлиб, уларда сулфат ва хлорид ионларининг миқдори меъёрдан анча юқори. Ушбу кимёвий таркибнинг емирувчанлик хусусияти шаҳарнинг муҳандислик инфратузилмаси ва биноларнинг пойдевор қисмлари учун жиддий хавф туғдирмоқда. Тадқиқотда қўлланилган тизимли табақалаш усули шаҳарнинг турли қисмларидаги захлашга мойиллик даражасини аниқлаш имконини берди. Маълум бўлдики, суғориш каналларидан сизиб чиқаётган сувлар ва эскирган канализация тизимлари ер ости сувлари режимининг бузилишига асосий "муайянлик сабаби" бўлиб хизмат қилмоқда. Бу эса тупроқнинг иккиламчи шўрланишини жадаллаштириб, шаҳарнинг урбоэкологик барқарорлигига путур етказмоқда.Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда, Гулистон шаҳрининг мелиоратив ҳолатини яхшилаш учун комплекс илмий-амалий чора-тадбирлар зарурлиги таъкидланади. Биринчи навбатда, вилоятнинг паст фильтрацион хоссага эга грунтларини ҳисобга олиб, вертикал дренаж қудуқларининг иш самарадорлигини ошириш ва янги гидродинамик мониторинг тармоқларини яратиш мақсадга мувофиқдир. Сулфатли емирувчи таъсирни камайтириш учун бинолар пойдеворини ҳимоялашнинг кимёвий усулларини қўллаш ва ер ости сувларининг минераллашув даражасини пасайтириш бўйича гидрокимёвий бошқарув тизимини жорий этиш лозим. Ушбу илмий хулосалар Сирдарё вилоятининг захлаш хавфи юқори бўлган бошқа ҳудудлари учун ҳам методологик асос бўлиб хизмат қилади ва шаҳарсозликни режалаштиришда муҳим аҳамият касб этади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Gattinoni, P., & Scesi, L. (2017). The groundwater rise in the urban area of Milan (Italy) and its interactions with underground structures and infrastructures. Tunnelling and Underground Space Technology, 62, 103-114.
2. Wada, Y., Lo, M. H., Yeh, P. J. F., Reager, J. T., Famiglietti, J. S., Wu, R. J., & Tseng, Y. H. (2016). Fate of water pumped from underground and contributions to sea-level rise. Nature Climate Change, 6(8), 777-780.
3. Bicalho, C. C., Batiot-Guilhe, C., Seidel, J. L., Van Exter, S., & Jourde, H. (2012). Hydrodynamical changes and their consequences on groundwater hydrochemistry induced by three decades of intense exploitation in a Mediterranean Karst system. Environmental Earth Sciences, 65(8), 2311-2319.
4. Qu, S., Liao, F., Wang, G., Wang, X., Shi, Z., Liang, X., ... & Liu, T. (2023). Hydrochemical evolution of groundwater in overburden aquifers under the influence of mining activity: combining hydrochemistry and groundwater dynamics analysis. Environmental Earth Sciences, 82(6), 135.

ISSN 3030-3907

5. Cherkashyna, M., Sokolova, A., & Yakovlev, V. (2024). Legal problems of ensuring the quality of underground drinking water in Ukraine. Theory and practice of jurisprudence, 1(25)), 74-106.
6. Conicelli, B., Hirata, R., Galvao, P., Aranda, N., Terada, R., & Gutierrez, O. J. G. (2021). Groundwater governance: The illegality of exploitation and ways to minimize the problem. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 93, e20200623.
7. Westerhoff, P., & Crittenden, J. (2009). Urban infrastructure and use of mass balance models for water and salt. In The water environment of cities (pp. 49-68). Boston, MA: Springer US.
8. Wang, G., Shi, H., Li, X., Yan, J., Miao, Q., Li, Z., & Akae, T. (2020). A study on water and salt transport, and balance analysis in sand dune–wasteland–lake systems of Hetao Oases, upper reaches of the Yellow River Basin. Water, 12(12), 3454.
9. Abdibay, A., Anuarbekov, K., Mukhamadiyev, N., & Mengdibayeva, G. (2024). Assessment of water-salt regime of irrigation system. Caspian Journal of Environmental Sciences, 22(5), 1173-1181.
10. Falchi, L., Slanzi, D., Balliana, E., Driussi, G., & Zendri, E. (2018). Rising damp in historical buildings: A Venetian perspective. Building and Environment, 131, 117-127.
11. Falchi, L., Corradini, M., Balliana, E., & Zendri, E. (2023). Urban scale monitoring approach for the assessment of rising damp effects in Venice. Sustainability, 15(7), 6274.
12. Qu, J., Sun, M., Wang, F., Liu, K., & Chen, L. (2024). Rising damp in heritage sites under urban expansion: a comprehensive case study of the Jinsha Earthen Site. Building and Environment, 265, 111971.
13. Lubelli, B., Van Hees, R. P. J., & Bolhuis, J. (2018). Effectiveness of methods against rising damp in buildings: Results from the EMERISDA project. Journal of Cultural Heritage, 31, S15-S22.
14. Abdullaev, B. D., Razzakov, R. I., Okhunov, F. A., & Nasibov, B. R. (2023). Modeling of hydrogeological processes in irrigation areas based on modern programs. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 02006). EDP Sciences.
15. Nasibov, B., Kamalova, M., Yuldasheva, C., Artikbekova, F., Sapaev, I., Nazarov, K., & Saydullaev, S. (2025, July). Monitoring the level of salinity of irrigated lands and groundwater in Andijan region. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3256, No. 1, p. 040003). AIP Publishing LLC.
16. Abdullaev, B., Razzakov, R., Nasibov, B., Mukhamedov, G., Aytmuratov, T., & Dadajonov, B. (2025). Estimating the Amount of Water Required for Crop Irrigation Based on the Application of FAO‘s CROPWAT Program in the Case

ISSN 3030-3907

of Kashkadarya Region. In BIO Web of Conferences (Vol. 151, p. 04003). EDP Sciences.
17. Nasibov, B. R., Abdullaev, B. D., Razzakov, R. I., & Ruzimurodov, A. B. (2025). The relationship between the characteristics of groundwater and surface water in the Kashkadarya region. Экономика и социум, (5-1 (132)), 544-550.
18. Kulmatov, R., Odilov, S., Khasanov, S., & Allaberdiev, R. (2021). Quantity and quality of groundwater resources distribution along Sirdarya province, Uzbekistan. In E3S web of conferences (Vol. 284, p. 01015). EDP Sciences.
19. Yusupov, M., Tazhibayeva, R., Ziyaeva, S., & Kubyashev, K. (2021). Numerical modeling of the salt-transfer problem in soils. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 01005). EDP Sciences.
20. Lyubimova, T., Lepikhin, A., Parshakova, Y., Bogomolov, A., Lyakhin, Y., & Tiunov, A. (2021). Peculiarities of hydrodynamics of small surface water bodies in zones of active technogenesis (on the example of the Verkhne-Zyryansk reservoir, Russia). Water, 13(12), 1638.

ISSN 3030-3907

ANALYSIS OF HEAT TRANSFER MECHANISMS IN ACCELERATING THE FOOD DRYING PROCESS.

Jabborov To‘lqin Kamolovich
Associate Professor, Fergana state technical university.
Kurbanov Nematilla Murodillayevich
Associate Professor, Namangan state technical university
Jabborov Islombek To‘lqinjon o‘g‘li
Namangan state technical university doctoral candidate.
Siddiqov Mukhiddin Zayniddin o‘g‘li
Namangan state technical university doctoral candidate.

Annotatsiya. Ushbu maqolada oziq-ovqat mahsulotlarini quritish jarayonini jadallashtirishda issiqlik uzatish mexanizmlarining roli ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Quritish jarayonida konveksiya, issiqlik o‘tkazuvchanlik va nurlanish orqali issiqlik uzatish mexanizmlarining ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, issiqlik uzatish intensivligini oshirish quritish vaqtini sezilarli darajada kamaytirishi va mahsulot sifatini yaxshilashi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: quritish jarayoni, issiqlik uzatish, konveksiya, diffuziya, namlik, oziq-ovqat texnologiyasi, quritish teziligi.

Аннотация. В данной статье был проведен научный анализ роли механизмов теплопередачи в ускорении процесса сушки пищевых продуктов. Изучено влияние механизмов теплопередачи через конвекцию, теплопроводность и излучение в процессе сушки. Согласно результатам исследования, было установлено, что увеличение интенсивности теплопередачи значительно сокращает время сушки и улучшает качество продукции.

Ключевые слова: процесс сушки, теплопередача, конвекция, диффузия, влажность, пищевая технология, скорость сушки.

Abstract. This article provides a scientific analysis of the role of heat transfer mechanisms in accelerating the food drying process. The influence of heat transfer mechanisms through convection, thermal conductivity, and radiation during the drying process was studied. According to the research findings, increasing the intensity of heat transfer significantly reduces drying time and improves product quality.

Keywords: drying process, heat transfer, convection, diffusion, moisture, food technology, drying rate.

INTRODUCTION.

The process of drying food products is considered one of the conservation methods used by humanity since ancient times. According to historical sources, ancient civilizations managed to increase the shelf life of fruits, vegetables, and

ISSN 3030-3907

meat several times over by drying them using sunlight. With the development of modern industry, this process has become a scientifically grounded technology and is widely utilized today as an integral part of the food industry. One of the most pressing problems in the current global food system is the loss of products. According to various international studies, approximately 30-40% of food products produced worldwide are lost before reaching the consumer. These losses are especially characteristic of fruits and vegetables with high moisture content, with their moisture levels typically ranging from 70 to 95%. High humidity accelerates the development of microorganisms, enzymatic reactions, and physicochemical degradation processes. Therefore, drying food products is an important technological process not only to extend their shelf life but also to ensure food safety, reduce logistics costs, and preserve the biological value of the product. According to statistics, the shelf life of dried products can be 3–10 times longer than that of fresh products.

The drying process is one of the most energy-intensive operations in the industry. According to statistics:

- Drying processes account for 7-10% of industrial energy consumption.
- Heat losses in drying units can reach 25-40%.
- Improving energy efficiency can reduce total costs by 10-25%.

This indicates the need for in-depth study and optimization of heat transfer processes.

Table-1.

Statistical indicators.

№	Indicator	Value	Scientific significance
1	Food loss	20-30%	Global problem
2	Product moisture	60-75%	Quick breakdown cause
3	Increase shelf life	3-10 times	Drying effect
4	Convection fraction	50-65%	Main mechanism
5	Bandwidth share	10-25%	Internal process
6	Radiation fraction	5-10%	Side effect
7	Energy consumption	8-10%	Industrial share
8	Energy Saving Option	10-30%	Optimization result

Characteristics of the research object and raw materials. In this study, food products with high moisture content were selected to study the drying process. The following products were used as the object of the research:

- Apple (Malus domestica)

ISSN 3030-3907

- Carrot (Daucus carota)
- Apricot (Prunus armeniaca)

The main reasons for choosing these products are:

1. high initial humidity (60-80%)
2. wide availability
3. sensitivity to drying

Table-2.

Initial physicochemical indicators.

Product	Humidity (%)	Density (kg/m^3)	Thickness (mm)
Apple	70-85	750-810	4-6
Carrot	70-75	800-950	3-5
Apricot	60-70	700-800	5-7

Experimental setup and technical parameters. The studies were conducted on a convective drying unit. The device consists of the following main elements:

Heat source (electric heater); Fan (for forced convection); Dryer; Temperature and humidity sensors; Data recording system.



Figure 1. Drying device designed for drying food products

Table-3.

At least 3 levels selected for each parameter.

Parameter	Low	Medium	Upper
Temperature (°C)	40	55	75
Air velocity (m/s)	1	3	5
Time (hours)	2	6	10

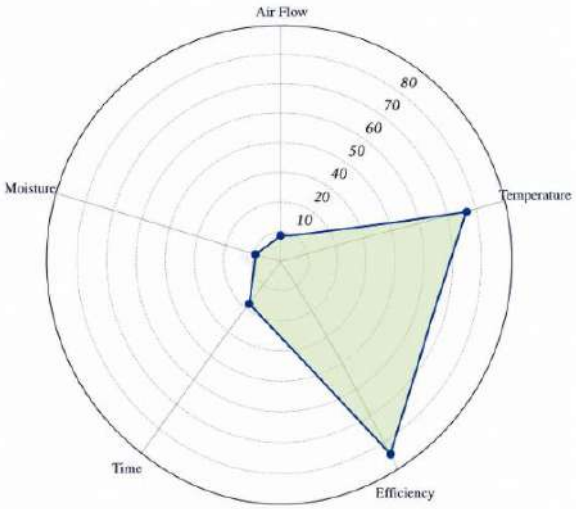
Mathematical description of heat transfer mechanisms.

The heat transfer during the drying process is expressed by the following basic equations:

The relationship between temperature and efficiency. As seen from the graph, the efficiency of the process increases as the drying temperature increases. This relationship is characterized by a positive correlation and is clearly expressed by a regression line.

ISSN 3030-3907

- Efficiency at low temperatures (40-55 °C) ranges from 2.2 to 2.5.
- Efficiency at medium temperatures (50-65 °C) ranges from 2.5 to 2.8.
- Efficiency increases from 2.9 to 3.3 at high temperatures (60-75 °C).



Graph 1. Drying parameters.

Convective heat transfer:

$$Q = h \cdot A \cdot (T_{air} - T_{\text{product}}) \qquad (1)$$

where: h- heat transfer coefficient; A - surface area; T - temperature difference.

Statistical analysis methods. The following methods were used for the statistical processing of the research results:

1. Average value:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum x_i$$

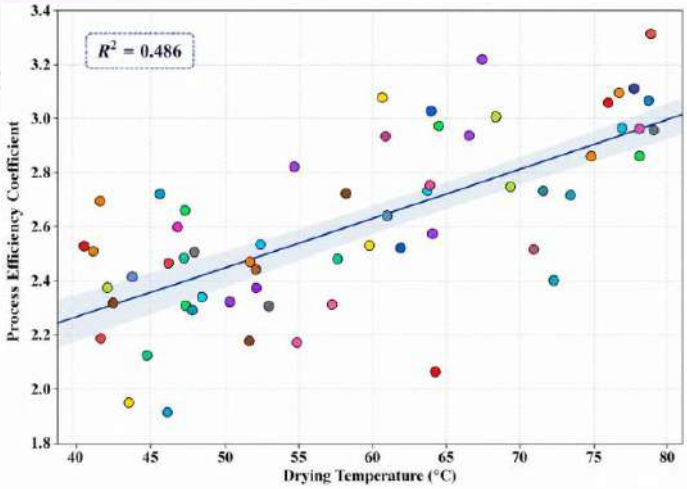
2. Standard deviation:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

3. Coefficient of variation:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$$

ISSN 3030-3907



Graph 2. Effect of temperature on drying efficiency.

The results of this study allowed for a profound analysis of the effect of temperature on efficiency during the food drying process. Based on the obtained experimental data, the relationship between the drying temperature and process efficiency was illustrated using a scatter graph. Each point on the graph represents a separate experimental result, and the variability of the data was visually highlighted using colors.

Table-4.

Statistical results table

Parameter	Medium	Std. deviation	CV (%)
Drying time	6.2 hours	1.1	15.7
Humidity	0.25	0.05	20
Temperature	55 °C	10	15.6

These results confirm that the rate of moisture evaporation increases as the intensity of heat transfer increases.

Statistical analysis (correlation and regression). As a result of the regression analysis, the following important indicator was obtained:

Coefficient of determination ($R^2 = 0.486$).

This value means:

- Temperature accounts for 48.6% of the drying efficiency.
- The remaining 51.4% is due to the influence of other factors.

Other influencing factors: - Air velocity; - Product thickness; - Initial humidity; - Drying time.

Table-5.

General statistical table.

Indicator	Value
R^2	0.485
Efficiency min	~2.0

ISSN 3030-3907

Performance max	~3.2
Temperature range	40-75 °C
Type of dependence	Positive

General summary of the results. The results of this study show that as the drying temperature increases, the efficiency of the process increases; however, this relationship is not entirely linear. The R^2 value obtained as a result of statistical analysis confirms that the drying process is a complex, multi-parameter system. Therefore, to maximize efficiency, it is necessary to optimize not only the temperature but also other technological parameters.

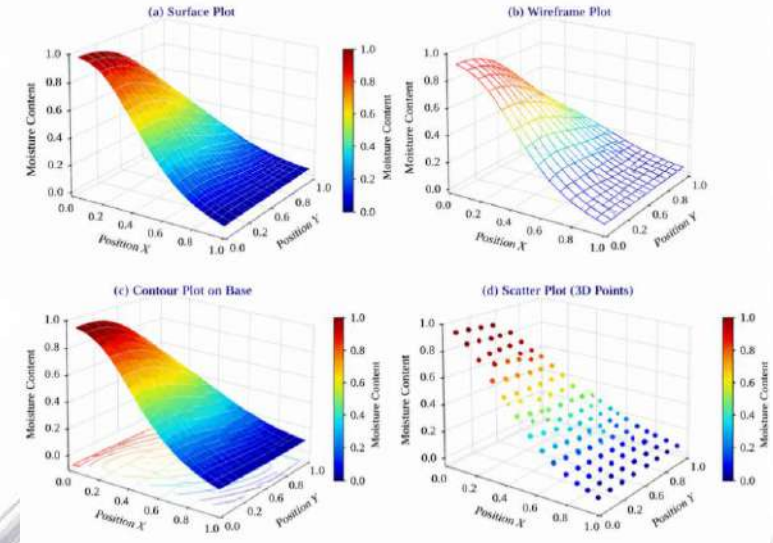
The results of this study allowed for a profound analysis of the effect of temperature on efficiency during the food drying process. The results obtained are consistent with the theory of heat and mass transfer and once again confirm that the drying process is a complex and multifactorial system.

Comparison of results with the theoretical basis. According to experimental results, drying efficiency increases as the temperature increases. This situation is explained by the following physical processes:

- Increased temperature → the kinetic energy of the molecules increases.
- Evaporation intensity increases.
- The rate of moisture release into the environment increases.

These results reflect the classical laws of heat transfer, specifically:

- convective heat exchange.
- Fick's diffusion law.
- fully complies with the.



Graph 3. 3D moisture distribution in product.

In this study, the role of heat transfer mechanisms in accelerating the food drying process was comprehensively studied and analyzed. As a result of experimental and statistical research, it was scientifically substantiated that the

ISSN 3030-3907

drying process is a complex, multi-stage, and multi-factor system. In particular, the interdependence of heat and mass transfer processes was identified as one of the key factors determining drying efficiency. The research results demonstrated that as the drying temperature increases, the rate of moisture evaporation from the product increases, resulting in improved overall process efficiency. Based on the scatter graph and regression analysis, a positive correlation was found between temperature and efficiency. However, the obtained coefficient of determination (R^2 = 0.486) showed that this dependence is incomplete, meaning that other factors also significantly influence efficiency. This confirms that the drying process is controlled not only by temperature but also by a number of parameters, such as air velocity, initial product moisture, internal structure, and drying duration.

As a result of the analysis of heat transfer mechanisms, it was determined that convection plays a key role in the drying process, while thermal conductivity is of significant importance in the internal layers of the product. Radiation heat transfer has an additional effect, serving to accelerate the process, especially at high temperatures. The combined action of these mechanisms determines the drying rate, and their optimization can significantly increase process efficiency. The research results also showed that the drying process is nonlinear, with a certain degree of uncertainty and variance. This situation is explained by the uneven distribution of moisture within the product, the uneven distribution of heat, and the complexity of the diffusion process. The colored dots on the graph clearly illustrate this complexity and the distribution of the experimental results.

REFERENCES

1. Atamanyuk V.I. Teplomassoobmen v protsessax sushki. - Moskva: Energiya, 2006. - 45-78-betlar.
2. Karimov Sh.Sh. Issiqlik va massa almashinuvi asoslari. - Toshkent: Fan, 2020. - 98-135-betlar.
3. Qodirov A.A. Oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyasi. - Toshkent, 2018. – 210-245-betlar.
4. To‘xtayev B.X. Oziq-ovqat sanoati texnologiyasi. - Toshkent: O‘qituvchi, 2015. – 150-182-betlar.
5. Rahmatov R.A. Oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash. - Toshkent, 2019. – 88-120-betlar.
6. Bauman V.A. Teoriya i praktika sushki materialov. – Moskva: Mashinostroenie, 1979. – 140-175-betlar.
7. Sakovich N.E. Teplomassoperenos v pishchevoy promyshlennosti. - Moskva, 2004. – 98-140-betlar.
8. Lykov A.V. Teoriya sushki. - Moskva: Energiya, 1968. - 210-260-betlar.

ISSN 3030-3907

9. Фролов Ю.Г. Теплотехнические процессы и установки. - Москва, 2005. - с. 190-230.
10. Лаптев А.Г. Процессы и аппараты химической технологии. - Москва: Химия, 2007. - с. 275-310.
11. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - Москва: Химия, 1973. - с. 320-365.
12. Рудобашта С.П. Процессы и аппараты пищевых производств. - Москва: Колос, 2001. - с. 200-245.
13. Кучеров В.И. Сушильные установки и аппараты. - Москва: Машиностроение, 1985. - с. 60-95.
14. Филоненко Г.К. Сушка пищевых продуктов. - Москва: Колос, 2001. - с. 75-110.
15. Гинзбург А.С. Основы теории и технологии сушки пищевых продуктов. - Москва: Пищевая промышленность, 1973. - с. 150-190.

ISSN 3030-3907

УДК. 621.01

LINTERLASH MASHINASI TO‘ZITG‘ICH QURULMASINI TAKOMILLASHTIRISH HISOBIGA ISHLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Imomqulov Shuhratjon Boqijonovich
Namangan davlat texnika universiteti, “Mehanika” kafedrasi PhD. dotsenti.
E-mail: shuhrat19801221@mail.ru
Tel: +99893 490 21 80
Ne’matov Ilyosbek Ravshan o‘g‘li
Namangan davlat texnika universiteti, “Texnologik mashinalar va jihozlar” kafedrasi tayanch doktaranti
E-mail: nematovilyosbek2600@gmail.com
Tel: +99897 426 95 69

Annotatsiya. Ushbu maqolada paxta tozalash sanoatida keng qo‘llaniladigan linterlash mashinalarining to‘zitg‘ich qurilmasini takomillashtirish masalalari yoritilgan. Mavjud konstruksiyalardagi kamchiliklar tahlil qilinib, yangilanayotgan to‘zitg‘ich qurilmasining ishlash prinsipi va uning linterlash jarayonidagi samaradorlikka ta’siri keltirilgan. Taklif etilayotgan o‘zgartirishlar chigitdan tola ajratish sifatini yaxshilash, energiya sarfini kamaytirish va uskunaning ishlash muddatini uzaytirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: linterlash mashinasi, to‘zitg‘ich qurilmasi, chigit, tola ajratish, samaradorlik, takomillashtirish, go‘zg‘aluvchan parrak.

Abstract. This article discusses the issues of improving the cleaning device of linters widely used in the cotton ginning industry. The shortcomings of existing designs are analyzed, the operating principle of the updated cleaning device and its impact on the efficiency of the linting process are presented. The proposed changes allow improving the quality of fiber separation from the seed, reducing energy consumption and extending the life of the equipment.

Keywords: linter, cleaning device, seed, fiber separation, efficiency, improvement, movable blade.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы усовершенствования очистных устройств для линкеров, широко используемых в хлопкоочистительной промышленности. Анализируются недостатки существующих конструкций, представлен принцип работы модернизированного очистного устройства и его влияние на эффективность процесса линкерования. Предложенные изменения позволяют улучшить качество отделения волокон от семян, снизить энергопотребление и продлить срок службы оборудования.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: линкер, очистное устройство, семена, отделение волокон, эффективность, усовершенствование, подвижный нож.

KIRISH.

Linterlash – paxta chigitidan qisqa tolani (linter) ajratib olish texnologik jarayoni bo‘lib, bu jarayon linterlash mashinalarida amalga oshiriladi. Mashinaning asosiy ishchi organlaridan biri bu to‘zitg‘ich qurilmasi hisoblanadi. Uning vazifasi chigit yuzasiga mahkam yopishgan tolalarni mexanik ravishda bo‘shatish va ajratish jarayonini intensivlashtirishdir. Mavjud to‘zitg‘ich qurilmalarida tolaning haddan tashqari maydalanishi, energiya sarfining yuqoriligi va ba’zi hollarda chigitning shikastlanishi kabi muammolar kuzatiladi.

Lint ajralib chiqishida chigitli xom ashyo valigi to‘zitg‘ichga ta’sirlasganda chigitni shikastlanishini kamaytirish bo‘yicha bir qator ilmiy tadqiqot olib borilgan.

Paxta tozalash sanoatida linterlash jarayoni — chigitdan qisqa tolani (linter) ajratib olish — muhim ahamiyatga ega. Linterlash mashinasining asosiy ishchi organlaridan biri **to‘zitg‘ich (voroshitel)** bo‘lib, u chigit valigini yumshatadi, aylantiradi va arra tishlariga tola uzatilishini yaxshilaydi.

Mavjud PMP-160, 5LP linterlarida to‘zitg‘ich diametri 130 mm, aylanish chastotasi 500 ayl/min, parraklari vertikal (0° burchak) joylashgan. Bunday holatdagi mashinani o‘ziga xos kamchiliklari lint olish foizi atigi 35-40%, chigit shikastlanishi 3-5%, chang va tola chiqindilari ko‘pligi, energiya sarfi yuqoriligi (7,5 kVt to‘zitg‘ich motori) bilan izohlanadi.

Ushbu maqolada **20° burchakli qo‘zg‘aluvchan parraklar** asosida takomillashtirilgan to‘zitg‘ich qurilmasi taklif qilinadi.

1-jadval

Mavjud va takomillashtirilgan qurilmalarning qiyosiy jadvali

Ko‘rsatkich	**Mavjud (PMP-160)**	**Takomillashtirilgan**
To‘zitg‘ich diametri	130 mm	130 mm
Parrak burchagi	0° (vertikal)	20°
Parrak o‘lchamlari	~50×115 mm	280×100×70 mm
Parrak qoplamasi	Po‘lat	Elastik polimer
Qo‘zg‘alish amplitudasi	0	0-8 mm
Qo‘zg‘alish chastotasi	0	0-25 Hz
Aylanish chastotasi	500 ayl/min	500 ayl/min
Motor quvvati	7,5 kW	6,2 kW (taxminiy)

To‘zitg‘ich ishlashini matematik modelini keltirib chiqarish ikkita asosiy massadan iborat bo‘lib, to‘zitg‘ich valini inertsiyasi J_v va chigit valigini

ISSN 3030-3907

inertsiyasi J_{ch} hamda ularning o‘zaro ta’siri elastiklik (k) va damping (c) orqali differensial tenglamalarini quyidagicha keltirib chiqarish mumkin:

$$\begin{cases} J_v\ddot{\theta}_v + c_v\dot{\theta}_v + k_{12}(\theta_v - \theta_{ch}) = M_{motor} \\ J_{ch}\dot{\theta}_{ch} + c_v\dot{\theta}_v - k_{12}(\theta_v - \theta_{ch}) = -M_{arra} \end{cases} \quad (1)$$

Bu yerda: $\boldsymbol{J_v = 0,042\ kg\cdot m^2,\ Jch = 0,125\ kg\cdot m^2; k_{12} = 850\ N\cdot \frac{m}{rad}; c_v = c_{ch} = 12\ N\cdot m\cdot \frac{s}{rad}; M_{motor} = 143\ N\cdot m, M_{arra} = 18,5\ N\cdot m}$

Chigitli valikni arra tishi bilan to‘qnashganda zarbiy urilishi natijasida hosil bo ‘ladigan inersiya kuchlarini dempferlovchi vazifasini prujimali og‘uvchi parrak ta’sirida ishlaydigan to‘zg‘itgich uchun Lagraj funksiyasini quyidagicha keltirish mumkin:

$$L = \frac{1}{2}J_v\dot{\theta}_v^2 + \frac{1}{2}J_{ch}\dot{\theta}_{ch}^2 - \frac{1}{2}J_v(\theta_v - \theta_{ch})^2 \quad (2)$$

Lagranj tenglamalari:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial\dot{\theta}_{ch}}\right) - \frac{\partial L}{\partial\theta_v} &= M_{motor} - c_v\dot{\theta}_v \\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial\dot{\theta}_{ch}}\right) - \frac{\partial L}{\partial\theta_{ch}} &= -M_{arra} - c_{ch}\dot{\theta}_{ch} \end{aligned} \quad (3)$$

Natijada yuqoridagi differensial tenglamalar kelib chiqadi.

To‘zg‘itgichni kinetik energiyasi qo‘zg‘aluvchan parrak hisobiga quyidagicha ifodalash mumkin:

$$T^* = \frac{1}{2}J_v^*\dot{\theta}_v^2 + \frac{1}{2}J_{ch}^*\dot{\theta}_{ch}^2 + \frac{1}{2}m_p\left(\dot{\theta}_v^2 J_v^2\cos^2 20°\right) \quad (4)$$

Potensial energiya:

$V^* = \frac{1}{2}k_{el}(\theta_v - \theta_{ch})^2 + \frac{1}{2}k_r sin20°\cdot\theta_{ch}^2$ (5)granj funksiyasi:

$$L^* = T^* - V^* \quad (6)$$

Yuqoridagi ifodalardan kelib chiqib Lagranj tenlamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L^*}{\partial\dot{\theta}_{ch}}\right) - \frac{\partial L^*}{\partial\theta_v} &= M_{motor} - c_v\dot{\theta}_v + F_{qo'z}\cos(\omega_q t) \\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L^*}{\partial\dot{\theta}_{ch}}\right) - \frac{\partial L^*}{\partial\theta_{ch}} &= -M_{arra}^* - c_{ch}\dot{\theta}_{ch} \end{aligned} \quad (7)$$

Lintni va chigit zichligini bog‘liqligi bo‘yicha matematik modelni quyidagicha ta’riflash mumkin:

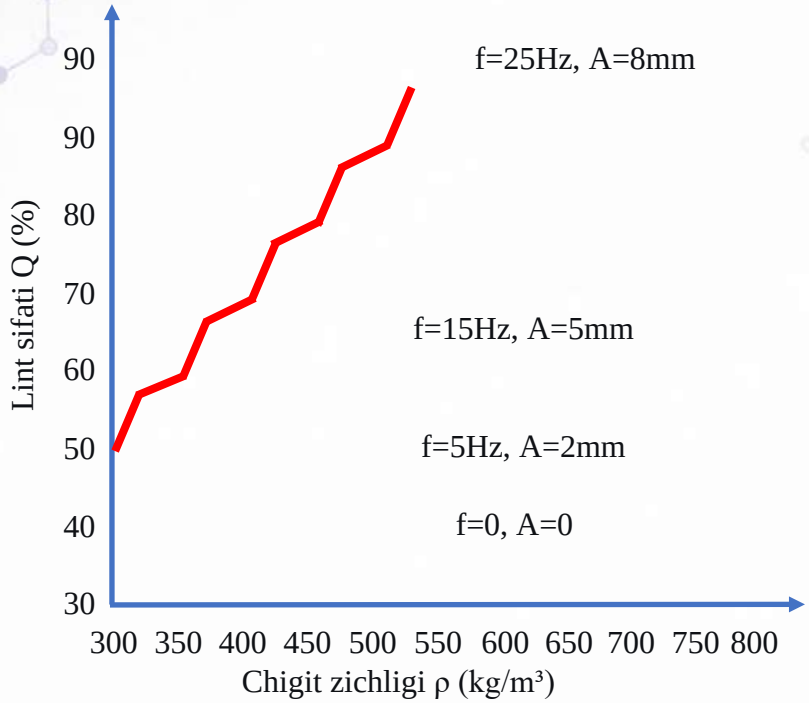
$$Q(p, A, f) = Q_0 + k_1 p - k_2 p^2 + k_3\cdot A\cdot f\cdot e^{-(\rho-\rho_{opt})^2/\sigma^2} \quad (8)$$

Bu yerda:

$$Q_0 = 40\%, k_1 = 0,15, k_2 = 0,0002, k_3 = 2,5.$$

ISSN 3030-3907

$$Q_0 = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \sigma = 1000 \text{ MPa}.$$



1-grafik. Lint sifatini chigitli xom ashyo zichligiga bog‘liqligi (ASCII).

Takomillashtirilgan to‘zg‘itgich parraklaridagi og‘ish burchagining o‘zgarishiga qarab chigitli xom ashyo zichligi qiymatlarini o‘zgarish natijalarini quyidagi jadvalda keltirilgan.

2-jadval

ρ (kg/m³)	Q_0 (A=0)	Q_1 (A=2, f=5)	Q_2 (A=5, f=15)	Q_3 (A=8, f=25)
300	43	48	52	58
350	47,5	54	60	68
400	50	58	68	78
450	51,5	60	72	85
500	52,5	58	74	88
550	52,5	56	72	86
600	51	54	65	75
650	47,5	50	55	62
700	42	44	46	48
750	35	36	37	38
800	27	28	28	28

Olingan natijalarga ko‘ra linter mashinasi samaradorligini tahlil qilish mumkin. Unda lintning olish ko‘rsatkichlari va energiya sarfiga ta’sirini o‘rganilgan. To‘zitg‘ichining harakatlanishida dempferlangan parrak energiyani sarfini kamayishiga olib keladi.

ISSN 3030-3907

3-jadval

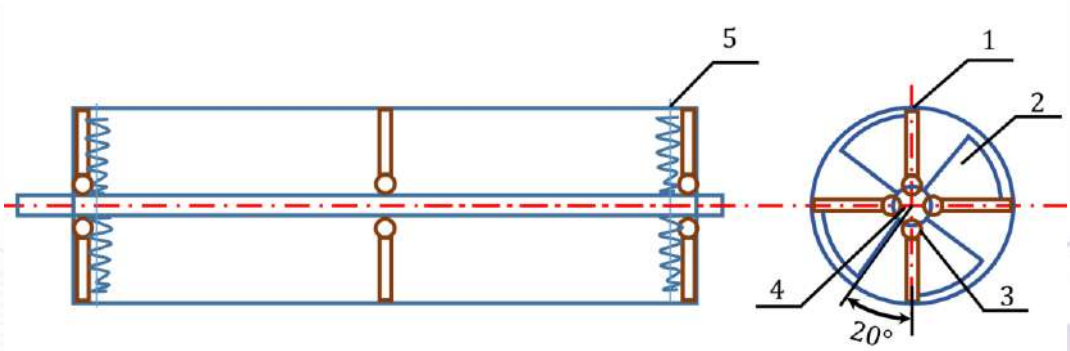
Samaradorlik ko‘rsatkichlari Takomillashtirilgan tizimda:

Ko‘rsatkich	**Mavjud**	**Takomillashtirilgan (20°, qo‘zg‘alish)**
Lint olish foizi	40%	51-88% (zichlikka qarab)
Chigit shikastlanishi	4,2%	1,1%
Energiya sarfi (kVt/t)	18,5	15,2
Damping koeffitsienti	12 N·m·s/rad	28 N·m·s/rad
Tebranish amplitudasi	1 (nisbiy)	0,45

Prujina ta’sirida parrakni chigit bilan ta’sirlashishi bikirlik koeffitsientining oshishi tebranishlarni tez so‘ndiradi. Bikrlikning kamayishi (850→380 N·m/rad) chigitga yumshoqroq ta’sir qiladi. Radial kuch hadi $krsin20° \cdot \theta_{ch}$ tizimni barqarorlashtiradi. Qo‘zg‘alish hadi $F_{qoz}\cos(\omega_q t)$ lint ajratishni intensivlashtiradi.

Ishlab chiqarish jarayonining barcha bosqichlarida samaradorlikni oshiradigan avtomatlashtirilgan boshqaruv va monitoring tizimlarini joriy etishga alohida e'tibor qaratilgan.





1-rasm. Linter aralashtirgich: 1-Og‘uvchan plastina, 2- og‘ish burchagini cheklovchi q’o‘zg‘almas plastina, 3- sharnirli birikma, 4- markaziy o‘q’, 5- elastic prujina.

Linterlarning tozalash samaradorligini oshirish uchun biz yangi, takomillashtirilgan aralashtirgich sxemasi keltirilgan (1-rasm).

ISSN 3030-3907

Taklif qilinayotgan qurilma aralashtirgich amalda foydalaniyotgan aralashtirgichdan avzalligi shundan iboratki, aralashtirgich plastinkalari markaziy o‘qga qo‘zg‘almas etib biriktirilgan, taklif etilayotgan aralashtirgich plastinkalari markaziy o‘qqa shrnir yordamida ma’lum burchakga buraladigan tarzda biritihbladl, natijada ish jarayonida chigit plastinkaga urilish vaq’nbla prujinaning elastikligi tyfaylb plastinkalarning ma’lum burchakga burilishi chigitni urilish vaq’tidagi zarb kuchi ta’sirini sezilarli darajada kamaytirafi, Bu esa o‘z navbatida chigitni shikastlanishini kamaytirib, tola sifatini ortishiga erishiladi.

XULOSA.

20° burchak va qo‘zg‘aluvchan parraklar linterlash jarayonining sifatini sezilarli darajada oshiradi. Optimal chigit zichligi 450-550 kg/m³ oralig‘ida bo‘lib, qo‘zg‘alish parametrlarini (A=5-8 mm, f=15-25 Hz) to‘g‘ri tanlash lint sifatini 85-88% gacha yetkazadi.

Differensial va Lagranj tenglamalari asosida ishlab chiqilgan matematik model qurilmaning dinamikasini to‘liq tavsiflaydi.

Taklif etilayotgan konstruksiya energiya sarfini 17,8% ga kamaytiradi va uskunaning ishlash muddatini 2 barobarga uzaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rakhimov F., Salomova M., Kasimov H. Improvement of elements of pneumatic transport device // Problems of mechanics. - 2019. - T. 2.
2. Qozoqov S. 677.01 ANALYSIS OF RESEARCH ON CHANGING THE SURFACE OF THE GRID IN A DEVICE FOR CLEANING COTTON FROM FINE IMPURITIES //Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology. - 2024. - T. 9. - №. 1. - C. 185-191.
3. Mamatalieva Z. Tokhirova M. PhD. Kosimov Kh. Prof. Muradov R. THEORETICAL STUDY OF UNIFORM TRANSFER OF COTTON RAW MATERIALS IN PNEUMATIC TRANSPORT. (2024). Western European Journal of Modern Experiments and Scientific Methods, 2(1), 50-56. https://westerneuropeanstudies.com/index.php/1/article/view/251
4. Rahimov, F., Kosimov, X., Muradov, R., & Gadayev, N. (2023, June). Increase the efficiency of the stamping device by installing a router in the working chamber. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2789, No. 1). AIP Publishing.
5. Shuhratjon Imomkulov. The effect of increasing the working spaces of the teeth of the genie saw. *AIP Conf. Proc.* 3045, 030087 (2024), https://doi.org/10.1063/5.0197303
6. Dadajanov A., Imomqulov SH. “Studying of parameters of the directing mechanism of a mesh plane by is difficult-harmonious vibrating movement”, DOI: 10.5281/zenodo.10071293, The SeyBoldReport journail. 2024.

ISSN 3030-3907

7. IMOMQULOV SHUHRATJON BOQIJONOVICH, NE'MATOV ILYOSBEK RAVSHAN O'G'LI. "ЛУЧШИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ" международный научный электронный журнал ISSN:3030-3680 ЧАСТЬ-58 ТОМ-5 Декабрь- 2025 год (32-37 bet)

ЧИҚИНДИЛАРИНИ КИСЛОТАЛИ ҚАЙТА ИШЛАБ ФОСФОР-КАЛИЙЛИ ЎҒИТЛАР ОЛИШ

Б.Мамадалиева
Наманган давлат техника унивеситети
Д.М.Таваккалова
Наманган давлат техника унивеситети
М.М.Собиров
Наманган давлат техника унивеситети

Аннотация. Ушбу мақолада минераллашган масса (ишлаб чиқариш чиқиндиси)ни нитрат кислота ёрдамида кислотали қайта ишлаш орқали фосфор-калийли мураккаб ўғитлар олиш жараёни тадқиқ қилинган. Тадқиқотларда минераллашган масса таркибидаги фосфорли компонентларни бойитиш мақсадида турли меъёрлардаги нитрат кислотаси қўлланилган. Кислота меъёри ҳамда P_2O_5:K_2O нисбатининг ўзгариши ўғит таркибидаги озуқа моддалари миқдорига таъсири ўрганилган. Натижаларга кўра, нитрат кислота меъёри ортиши билан ўғит таркибидаги ўзлаштириладиган фосфор ва кальций миқдори ҳамда умумий озуқа моддалари йиғиндиси ортиши аниқланган. Энг самарали натижалар кислота меъёри 90% ва P_2O_5:K_2O = 1:1 нисбатда кузатилиб, озуқа моддалари йиғиндиси юқори кўрсаткичга эришган.

Калит сўзлар. минераллашган масса, нитрат кислота, фосфоконцентрат, кислотали қайта ишлаш, фосфор-калийли ўғит, фильтрлаш, калий сульфат, минерал ўғитлар, озуқа моддалари, фосфатнитраткислотали бўтқа.

Аннотация. В настоящей статье исследован процесс получения фосфорно-калийных комплексных удобрений путём кислотной переработки минерализованной массы (промышленных отходов) с использованием азотной кислоты. В ходе исследований для обогащения фосфорсодержащих компонентов в составе минерализованной массы применялись различные нормы азотной кислоты. Изучено влияние нормы кислоты и изменения соотношения P2O5:K2O на содержание питательных веществ в удобрении. По результатам установлено, что с увеличением нормы азотной кислоты возрастает как содержание усвояемых форм фосфора и кальция, так и общая сумма питательных веществ в составе удобрения. Наиболее эффективные результаты, при которых была достигнута высокая суммарная концентрация питательных веществ, наблюдались при норме кислоты 90% и соотношении P2O5:K2O = 1:1.

Ключевые слова: минерализованная масса, азотная кислота, фосфоконцентрат, кислотная переработка, фосфорно-калийные удобрения,

фильтрация, сульфат калия, минеральные удобрения, питательные вещества, фосфатно-нитратно-кислотная пульпа.

Abstract. This article investigates the process of producing phosphorus-potassium complex fertilizers through the acid decomposition of a mineralized mass (industrial waste) using nitric acid. During the study, various application rates of nitric acid were used to enrich the phosphorus-containing components within the mineralized mass. The influence of the acid application rate and the P2O5:K2O ratio on the nutrient content of the fertilizer was examined. The results established that an increase in the nitric acid application rate leads to a rise in both the content of available forms of phosphorus and calcium and the total amount of nutrients in the fertilizer. The most effective results, achieving a high total nutrient concentration, were observed at a 90% acid application rate and a P2O5:K2O ratio of 1:1.

Keywords: mineralized mass, nitric acid, phosphate concentrate, acid processing, phosphorus-potassium fertilizers, filtration, potassium sulfate, mineral fertilizers, nutrients, phosphate-nitric-acid pulp.

КИРИШ.

Қишлоқ хўжалигида юқори ҳосилдорликка эришиш минерал ўғитлардан самарали фойдаланиш билан бевосита боғлиқ. Айниқса, таркибида фосфор ва калий бўлган мураккаб ўғитлар ўсимликларнинг ўсиши, илдиз тизимининг ривожланиши ва ҳосил сифатига ижобий таъсир кўрсатади. Ҳозирги вақтда минерал ўғитларга бўлган талабнинг ортиши маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндиларидан самарали фойдаланишни талаб қилмоқда. Шу нуқтаи назардан, минераллашган чиқиндиларни қайта ишлаш орқали юқори қийматли ўғитлар олиш муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Фосфорли чиқиндиларни кислотали қайта ишлаш технологияси фосфорнинг ўсимлик ўзлаштирадиган шаклларини ҳосил қилиш имконини беради. Нитрат кислота иштирокида минераллашган массани парчалаш жараёнида фосфатли бирикмалар эрувчан ҳолатга ўтади ва кейинги фильтрлаш орқали фосфоконцентрат ажратиб олинади. Ушбу жараёнга калийли компонентларни қўшиш орқали юқори самарали РК-ўғитлар олиш мумкин.

Мазкур тадқиқотнинг мақсади минераллашган массани нитрат кислотанинг турли меъёрларида қайта ишлаш, фосфоконцентрат олиш ва калий сульфат асосида мураккаб фосфор-калийли ўғитларнинг таркиби ҳамда озуқа моддалари кўрсаткичларини аниқлашдан иборат.

ТАДҚИҚОТ УСУЛЛАРИ ВА ОБЪЕКТИ. Шиша реакторда таркибида P_2O_5-12,85%, CaO-47,25%, CO_2-15,93%, э.қ.-10,62 бўлган

ISSN 3030-3907

чиқинди(минераллашган масса)ни кислота билан парчаланди. Жараённинг ҳарорати 50-80 ^{0}C гача ортади, давомийлиги эса 30-45 дақиқани ташкил этади. Минераллашган массани парчалаш учун реакторга зарур бўлган кислота 3-8 дақиқа довомида доимий аралаштириш орқали тўлиқ киритилади. Фосфоритларни кислота билан парчаланиш жараёни реакторда жадал боради. Натижада, фосфатнитраткислотали бўтқа ҳосил бўлади. Минерал ўғитлар олиш учун эса, мана шу ҳосил бўлган фосфатнитраткислотали бўтқани икки марта фильтрлаб, фосфоконцентрат олинди. Фильтрлашда фосфор оксидини йўқотилишини олдини олиш учун аммиак гази (ёки охак) билан нейтралланди. Олинган фосфоконцентратга маълум миқдорда калий сульфат (калий хлорид ва аммоний сульфат асосида олинган) таъсир эттириб, ҳосил бўлган маҳсулотни қуритиш орқали таркибида турли нисбатларда озуқа моддалари бўлган мураккаб РК-ўғитларни олиш жараёнлари ўрганилди.

Дастлаб минераллашган массадан олинган фосфатнитраткислотали бўтқани икки марта фильтрлашдан сўнг олинган фосфоконцентратга калий сульфат таъсир эттиришдан олинган мураккаб РК-ўғитлар ўрганилди. Бунинг учун, минераллашган массани нитрат кислота билан парчалаб ва икки марта сув билан суюлтириб, сўнгра икки марта филтрлаш орқали олинган нам фосфоконцентратга қуритилмаган калий сульфат қўшилди. Ҳосил бўлган масса 105-115 ^{o}C ҳароратда қуритилди. Қуритилган тайёр мураккаб РК-ўғитларини кимёвий таҳлил қилинди (1-жадвал).

Дастлабки, оралиқ ва тайёр маҳсулотлар таркибидаги асосий макро ва микроэлементлар, жумладан азот, фосфор, кальций, магний, олтингугурт, алюминий, темир, фтор, карбонатлар, эримайдиган қолдиқ, намлик ҳамда бошқа компонентларнинг миқдорий таркиби комплекс кимёвий таҳлил усуллари орқали аниқланди. Таҳлил жараёнида ҳар бир компонент учун замонавий аналитик ва стандартлаштирилган кимёвий усуллардан фойдаланилди.

Азотнинг умумий миқдори классик аналитик усуллар асосида аниқланди [1; 2]. Усулнинг моҳияти Деварда қотишмасидан фойдаланиб нитрат шаклидаги азотни аммиакли азотгача қайта тиклашга асосланган.

Аммиакли азот миқдори [1; 3] адабиётларда келтирилган аналитик усул асосида аниқланди. Мазкур усул аммиакли азотнинг оксидланиш реакцияларига асосланган бўлиб, таҳлил жараёнида аммиак хлорамин иштирокида элементар азотгача оксидланади. Реакция муҳитида бромли калий ҳамда pH 6,7 бўлган фосфатли буфер эритмасидан фойдаланилди. Реакциядан кейин ортиқча қолган хлорамин йодометрик титрлаш орқали

ISSN 3030-3907

баҳоланди. Бу усул аммоний ионларининг миқдорини сезгир ва ишончли тарзда аниқлаш имконини яратади.

Нитрат шаклидаги азот миқдори [4] манбада келтирилган усул асосида аниқланди. Усул кислота муҳитида нитратларни темир(II) сульфат ёрдамида қайта тиклаш реакциясига асосланган. Жараёнда аммоний молибдат катализатор вазифасини бажаради. Реакциядан кейин ортиқча қолган темир(II) ионлари калий перманганат эритмаси билан титрланиб, нитрат азот миқдори ҳисоблаб чиқилди. Бу метод нитратли азот концентрациясини юқори ишонч даражасида аниқлашга хизмат қилди.

Фосфор бирикмаларининг миқдорий таҳлили дифференциал фотометрик усул ёрдамида амалга оширилди [1]. Усулнинг асоси ванадий-молибден реактиви иштирокида сариқ рангли фосфор-ванадий-молибден комплекси ҳосил бўлишига таянади. Ҳосил бўлган комплекснинг оптик зичлиги $\lambda = 440$ нм тўлқин узунлигида фотометр ёрдамида ўлчаниб, стандарт эритмалар билан солиштириш орқали фосфор миқдори ҳисобланди. Фосфатларнинг турли шакллари алоҳида аниқланди: умумий фосфатлар нитрат кислота ёрдамида, ўзлаштириладиган шакллари лимон кислотаси ва трилон Б эритмаси орқали, сувда эрувчан қисми эса дистилланган сув билан экстракция қилиниб баҳоланди.

Кальций ва магний миқдорлари комплексонометрик таҳлил усули орқали аниқланди [1; 5]. Усул трилон Б (ЭДТА) билан кальций ва магний ионларининг барқарор комплекс бирикмалар ҳосил қилишига асосланган. Реакция жараёнида махсус индикаторлар иштирокида эритма ранги ўзгариши кузатилди ва титрлаш нуқтаси аниқланди. Бу метод кальций ва магнийнинг умумий миқдорини юқори аниқлик билан баҳолаш имконини берди.

Минераллашган масса ва тадқиқ қилинган намуналардаги карбонатлар миқдори тезкор ҳажмий усул ёрдамида баҳоланди [7]. Усул карбонатларни хлорид кислотаси билан реакцияга киритиб, ажралиб чиққан карбонат ангидрид газининг ҳажмини аниқлашга асосланган. Ҳосил бўлган CO_2 ҳажми асосида намуна таркибидаги карбонат миқдори ҳисоблаб чиқилди.

Намуналар таркибидаги сув миқдори қуритиш усули билан аниқланди [8]. Бунинг учун намуна 100–105°C ҳароратда қуритиш шкафида доимий массагача сақланди. Қуритишдан олдин ва кейинги масса фарқи асосида намлик миқдори ҳисобланди. Ушбу метод маҳсулот таркибидаги эркин ва қисман боғланган сувни баҳолашда самарали ҳисобланади.

Намуналарнинг муҳит кислоталилиги ва ишқорийлигини баҳолаш мақсадида pH кўрсаткичи замонавий электрон асбоб — METTLER TOLEDO

ISSN 3030-3907

FE20/EL20 pH meter quick guide ёрдамида аниқланди [9]. pH кўрсаткичлари маҳсулотларнинг кимёвий барқарорлиги, эрувчанлиги ва агрокимёвий хусусиятларини баҳолашда муҳим аҳамиятга эга бўлди.

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА МУҲОКАМАСИ. Тажриба натижалари кўрсатдики, кислота меъёри 60% ва фосфор ва калийнинг нисбати P_2O_5:K_2O=0,5:1 бўлганда мураккаб РК-ўғитнинг таркибда $N_{умум.}$ – 2,10%, $P_2O_{5умум.}$ – 11,58%, $P_2O_{5ўзл.}$ – 7,79%, K_2O – 23,17%, $CaO_{умум.}$ – 20,44% ва $CaO_{ўзл.}$ – 6,43%ни ташкил қилади. Азот-фосфорли ўғитлар таркибидаги калий сульфатнинг ортиб бориши билан унинг таркибидаги умумий фосфор ва кальцийларнинг ўсимлик ўзлаштирадиган шакли мос равишда 67,61 дан 68,97 гача ва 31,55 дан 31,91 %гача ортиб боради. Шунингдек кислота меъёри 60 % ва фосфор ва калийнинг нисбати P_2O_5:K_2O=0,5:1 бўлганда озуқа моддалари йиғиндиси (N+P_2O_5+K_2O+$CaO_{ўзл}$) 43,30 %ни ташкил этади. Кислотанинг меъёри 70 дан 90 %га ортиб бориши билан бир хил нисбатларда фосфорнинг ва кальцийнинг ўсимлик ўзлаштирадиган шакли ва озуқа моддаларининг йиғиндиси ортиб боради.

1-жадвал

Минераллашган массани нитрат кислотанинг турли меъёрларида парчалаб олинган фосфатнитраткислотали бўтқани икки марта фильтрлаб олинган фосфоконцентрат ва калий сульфат асосида олинган РК-ўғитлар таркиби, %

P_2O_5: K_2O	N			P_2O_5			K_2O	CaO			CO_2	H_2O
	умум.	ам.	нитр.	умум.	ўзл.	сув.эр.		умум.	ўзл.	сув.эр.		
нитрат кислота меъёри 60% бўлганда												
0,5:1	2,10	1,96	0,14	11,58	7,83	-	23,17	20,44	6,45	0,31	4,80	1,53
0,7:1	2,36	2,18	0,17	13,26	9,02	-	18,94	23,39	7,41	0,34	5,50	1,56
1:1	2,60	2,4	0,18	14,86	10,16	-	14,86	26,22	8,33	0,39	6,16	1,59
1:0,7	2,80	2,6	0,20	16,24	11,16	-	11,37	28,65	9,12	0,42	6,74	1,62
1:0,5	2,96	2,75	0,22	17,31	11,94	-	8,657	30,55	9,75	0,45	7,18	1,65
нитрат кислота меъёри 70% бўлганда												

ISSN 3030-3907

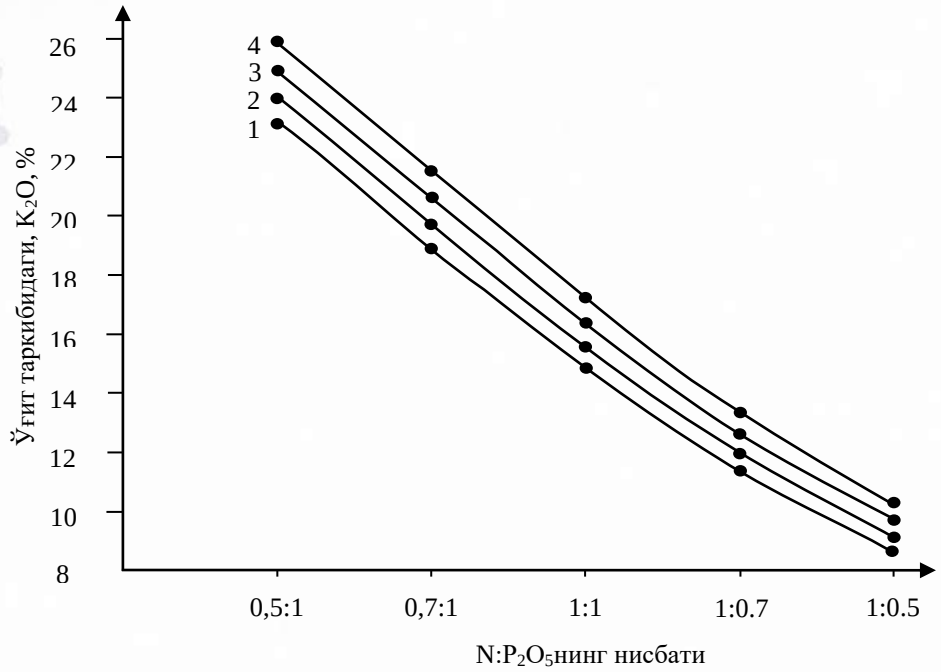
0,5:1	2,51	2,35	0,15	12,01	9,44	-	24,02	18,49	7,71	0,28	3,75	1,66
0,7:1	2,83	2,65	0,18	13,81	10,92	-	19,74	21,27	8,9	0,33	4,31	1,68
1:1	3,14	2,95	0,19	15,57	12,36	-	15,57	23,97	10,05	0,37	4,86	1,72
1:0,7	3,42	3,21	0,22	17,09	13,62	-	11,96	26,32	11,05	0,41	5,34	1,74
1:0,5	3,63	3,4	0,23	18,28	14,62	-	9,142	28,15	11,84	0,43	5,71	1,79
нитрат кислота меъёри 80% бўлганда												
0,5:1	3,00	2,86	0,15	12,47	10,92	0,11	24,94	16,37	8,89	0,34	2,59	1,79
0,7:1	3,41	3,25	0,18	14,42	12,69	0,07	20,62	18,95	10,31	0,39	2,99	1,84
1:1	3,84	3,64	0,20	16,36	14,45	0,05	16,36	21,48	11,72	0,44	3,4	1,88
1:0,7	4,19	3,98	0,22	18,05	15,99	0,04	12,63	23,7	12,95	0,49	3,75	1,93
1:0,5	4,47	4,25	0,24	19,37	17,21	0,02	9,69	25,45	13,93	0,53	4,03	1,99
нитрат кислота меъёри 90% бўлганда												
0,5:1	3,51	3,36	0,15	12,94	12,48	0,18	25,89	14,09	12,52	0,37	1,34	1,91
0,7:1	4,04	3,86	0,18	15,08	14,59	0,10	21,53	16,41	14,61	0,43	1,57	1,93
1:1	4,56	4,35	0,20	17,20	16,7	0,07	17,20	18,72	16,69	0,48	1,79	1,94
1:0,7	5,01	4,80	0,23	19,07	18,57	0,05	13,35	20,77	18,53	0,54	1,97	1,89
1:0,5	5,38	5,14	0,24	20,58	20,08	0,04	10,29	22,4	20,01	0,58	2,13	1,87

Масалан, кислота меъёри 70% ва фосфор ва калийнинг нисбати P_2O_5:K_2O=1:1 бўлганда озуқа моддаларининг йиғиндиси ($\sum N+P_2O_5+K_2O+CaO_{ўзл.}$) 44,33 %ни ташкил этади. Кислота меъёри 90% ва фосфор ҳамда калийнинг нисбати P_2O_5:K_2O=1:1 бўлганда озуқа моддаларининг йиғиндиси 55,65%ни ташкил этади.

ISSN 3030-3907

Нитрат кислота меъёри ва P_2O_5:K_2O нисбатининг ўзгаришига калийнинг боғлиқлиги 1-расмда кўрсатилган.

1-расмдан кўринадики, нитрат кислота меъёри ортиб бориши билан калийнинг ҳам миқдори ортиб боради. Бир хил меъёрларда олинган ўғит таркибидаги калий сульфатнинг ортиб бориши шубҳасиз калийнинг ортишига олиб келади.



1-расм. Мураккаб РК-ўғитлар таркибидаги калий миқдорини ўзгаришини P_2O_5:K_2O нисбати ва кислота меъёри боғлиқлиги. Кислота меъёри: 1– 60; 2– 70; 3– 80; 4– 90 бўлганда.

Фақат бир хил меъёрда олинган ўғитлар таркибидаги калий сульфат миқдорининг ортиб бориши ўғитлар таркибидаги умумий фосфорнинг ўсимлик ўзлаштирадиган шаклини ҳам 1-2% ортишига олиб келиши аниқланди.

ХУЛОСА. Тадқиқот натижалари минераллашган массани нитрат кислота ёрдамида кислотали қайта ишлаш орқали фосфор-калийли мураккаб ўғитлар олиш мумкинлигини кўрсатди. Нитрат кислота меъёрининг ортиши фосфор ва кальцийнинг ўсимлик ўзлаштирадиган шаклларини кўпайтиришга хизмат қилди. Шунингдек, калий сульфат қўшилиши натижасида ўғит таркибидаги калий миқдори ортиб, маҳсулотнинг агрокимёвий хусусиятлари яхшиланди.

Тажрибаларда кислота меъёри 60–90% оралиғида ва турли P_2O_5:K_2O нисбатларида олинган РК-ўғитлар таҳлил қилинди. Энг юқори озуқа моддалари йиғиндиси кислота меъёри 90% ва P_2O_5:K_2O = 1:1 нисбатда кузатилиб, маҳсулотнинг агрономик қиймати юқори эканлиги аниқланди.

ISSN 3030-3907

Ушбу технология саноат чиқиндиларини қайта ишлаш орқали экологик ва иқтисодий жиҳатдан самарали минерал ўғитлар ишлаб чиқариш имконини беради.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. // Винник М.М., Ербанова Л.Н. и др. М.: Химия. 1975г. 218 с.
2. ГОСТ 30181.4-94. Удобрения минеральные. // Метод определения суммарной массовой доли азота, содержащегося в сложных удобрениях и селитрах в аммонийной и нитратной формах (метод Деварда). – М.: ИПК // Издательство стандартов, 1996г. 8 с.
3. ГОСТ 30181.8-94. Удобрения минеральные. // Метод определения массовой доли аммонийного азота в сложных удобрениях (хлораминовый метод). М.: ИПК Издательство стандартов, 1996г. 6 с.
4. ГОСТ 30181.3-94. Удобрения минеральные. //Метод определения массовой доли азота в удобрениях, содержащих азот в нитратной форме. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1996г. 6 с.
5. ГОСТ 24596.4-81. Фосфаты кормовые. // Методы определения кальция. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004г. 3 с.
6. ГОСТ 24024.12-81. Фосфор и неорганические соединения фосфора. // Методы определения сульфатов. М.: Издательство стандартов, 1981г. 4с.
7. ГОСТ 13455-91. Топливо твердое минеральное. // Методы определения диоксида углерода карбонатов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003г. 11 с.
8. ГОСТ 20851.4-75 Удобрения минеральные. // Методы определения воды. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000г. 5 с.
9. Метод определения показателя pH было осуществлена на прибора METTLER TOLEDO FE20/EL20 pH meter quick guide. Швецария-2007г. 5с.

ISSN 3030-3907

ZAMONAVIY FUNKSIONAL MATERIAL SIFATIDA GIDROKSIPROPILMETILSELLYULOZA ASOSIDAGI GIDROGELLAR SINTEZI VA XOSSALARINING TADQIQOTI

Muxiddinov Baxodir Faxriddinovich
NavDKTU Kimyoviy texnologiya kefedrasi professori
Isroilov Oltinbek Ixtiyor o‘g‘li
NavDKTU doktoranti
Axtamov Dilshod To‘lqinovich
NavDKTU Kimyoviy texnologiya kefedrasi dotsenti
Isroilova Gullola Anvar qizi
NavDKTU Kimyoviy texnologiya kefedrasi magistranti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda gidroksipropilmetilsellyuloza, akril monomerlar hamda Cr^{3+} ionlari asosida kompozitsion gidrogel sintez qilindi. Gidrogel radikal polimerlanish usuli orqali olinib, uning strukturaviy va termik xossalari kompleks ravishda o‘rganildi. IQ-spektroskopik tahlillar natijasida polimer tizim tarkibida asosiy funksional guruhlarning mavjudligi hamda komponentlar o‘rtasida fazoviy bog‘langan uch o‘lchamli tarmoq hosil bo‘lgani tasdiqlandi. Termik tahlil natijalari gidrogelning bosqichma-bosqich parchalanishini hamda yuqori haroratlarda strukturaviy o‘zgarishlar sodir bo‘lishini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida sintez qilingan materialning termik barqarorligi, rivojlangan g‘ovak tuzilishi va yuqori bo‘kish qobiliyatiga ega ekanligi aniqlandi. Olingan natijalar ushbu gidrogellarning funksional polimer gidrogel sifatida istiqbolli yangilik ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Bo‘kuvchanlik, akrilamid, absorbsiya, termogravimetriya, gidrogel, gidroksipropilmetilsellyuloza, bog‘lovchi moddalar, infraqizil spektroskopiya, monomer, bentonit.

Аннотация. В данном исследовании был синтезирован композиционный гидрогель на основе гидроксипропилметилцеллюлозы, акриловых мономеров и ионов Cr^{3+}. Гидрогель получали методом радикальной полимеризации, а его структурные и термические свойства были всесторонне исследованы. Результаты ИК-спектроскопического анализа подтвердили наличие основных функциональных групп в составе полимерной системы, а также образование пространственно сшитой трехмерной сетчатой структуры между компонентами. Результаты термического анализа показали поэтапное разложение гидрогеля и наличие структурных изменений при высоких температурах. В ходе исследования установлено, что синтезированный материал обладает высокой термической стабильностью, развитой пористой структурой и высокой способностью к набуханию. Полученные результаты свидетельствуют о

ISSN 3030-3907

перспективности данных гидрогелей в качестве функциональных полимерных материалов нового поколения.

Ключевые слова: набухаемость, акриламид, абсорбция, термогравиметрия, гидрогель, гидроксипропилметилцеллюлоза, сшивающие агенты, инфракрасная спектроскопия, мономер, бентонит.

Abstract. In this study, a composite hydrogel based on hydroxypropyl methylcellulose, acrylic monomers, and Cr^{3+} ions was synthesized. The hydrogel was prepared by radical polymerization, and its structural and thermal properties were comprehensively investigated. FTIR spectroscopic analysis confirmed the presence of the main functional groups in the polymer system and the formation of a spatially crosslinked three-dimensional network structure among the components. Thermal analysis results demonstrated the stepwise decomposition behavior of the hydrogel and revealed structural transformations occurring at elevated temperatures. The synthesized material exhibited high thermal stability, a well-developed porous structure, and excellent swelling capacity. The obtained results indicate that these hydrogels are promising novel functional polymeric hydrogel materials.

Keywords: swelling capacity, acrylamide, absorption, thermogravimetry, hydrogel, hydroxypropyl methylcellulose, crosslinking agents, infrared spectroscopy, monomer, bentonite.

KIRISH.

Jahonda yuqori sorbsion xususiyatga ega gidrogellar ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada tabiiy polisaxaridlar sopolimerlari asosida bioparchalanuvchan, o‘zida ko‘p miqdordagi suv va mineral o‘g‘itlarni saqlaydigan, suv tanqisligi sababli foydalanilmay kelinayotgan yerlardan hosil olish imkonini beradigan hamda ichki bozorda import o‘rnini bosuvchi, ekologik toza va arzon yuqori bo‘kuvchan gidrogellarini olish texnologiyasini ishlab chiqishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Natijada, qishloq xo‘jaligida suv tanqisligi va atrof-muhitni muhofaza qilishga e’tiborning oshishi, biologik parchalanadigan gidrogellarni o‘rganishga bo‘lgan qiziqishni uyg‘otdi.

2023 yilgi ma’lumotlarga ko‘ra jaxon bozorida gidrogellarning umumiy hajmi 27,62 milliard AQSH dollarini tashkil etgan, 2024 yilda esa 29,70 milliard AQSH dollarini tashkil etdi va 2034 yilga kelib taxminan 56,81 milliard AQSH dollariga yetishi kutilmoqda, bu esa 2024 yildan 2034 yilgacha 6,7 foizga o‘sadi.

Gidrogellar o‘zaro bog‘langan gidrofil polimerlar bo‘lib, ular polimerning quruq og‘irligidan bir necha ming barobar ko‘p miqdorda suvni singdirishi va mexanik kuchlanish tasirida bu suvni desorbsiyalash qobiliyatiga ega.

Gidrogel, shuningdek, bog‘dorchilikda, qishloq xo‘jaligida tuproqning fizik xususiyatlarini yaxshilash uchun suvni ushlab turish qobiliyatini oshirish va

ISSN 3030-3907

ozuqa moddalarini saqlash uchun tuproq qo‘shimchalari sifatida ishlatiladi. Gidrogel tuproq o‘tkazuvchanligiga, zichligiga, tuzilishiga, bug‘lanishiga va tuproq orqali suvning infiltratsiya tezligiga ta’sir qiladi. Xususan, gidrogel sug‘orish oraliqlarini uzaytiradi, o‘simliklarda siqilish tendensiyasini pasaytiradi, eroziya va suv oqimini to‘xtatadi. Qurg‘oqchil joylarda gidrogelni qumli tuproqda (makrog‘ovakli muhit) suvni ushlab turish qobiliyatini oshirish uchun qo‘llash o‘simliklar sifatini yaxshilashning eng muhim vositalaridan biri hisoblanadi. Gidrogelni tuproqdagi "miniatyura suv havzalari" sifatida olish mumkin. Osmotik bosim farqi orqali ildiz talabiga binoan suv bu rezervuarlardan sekin-sekin chiqariladi.

Gidrogellar ba’zi ozuqaviy elementlarni o‘zlashtirish, ularni mahkam ushlab turish va ularning erishini nazorat qilish orqali boshqarib, kerakli paytda chiqarish tizimi sifatida ishlaydi. Shu sababli, o‘simlik uzoq vaqt davomida ba’zi o‘g‘itlardan ozuqalanishi mumkin, buning natijasida o‘simliklar yaxshi o‘sadi.

Gidrogellar sintezi uchun ishlatiladigan polimer turi gidrogellar xususiyatlariga katta ta’sir ko‘rsatadi, masalan, gidrofilligi, biologik parchalanishi, gelning mustahkamligi, chidamliligi, yutilish va adsorbsiya qobiliyati va boshqalar. Qishloq xo‘jaligida sintetik va tabiiy polimerlardan foydalanilgan. Akril monomerlari va polimerlari yuqori samarali gidrogellar hosil qilish uchun xomashyo sifatida ilgari tanlangan edi. Hozirgi vaqtda ortib borayotgan ekologik muammolar biopolimerlardan foydalanishni jonlantirdi va shuning uchun tabiiy polimerlar, xususan, polisaxaridlar sintetik polimerlarni almashtirish yoki ular bilan birlashtirish uchun ishlatilgan. Gellanish jarayoni initsiator qo‘shish orqali boshqariladi.

TADQIQOT OBYEKTI VA USULLARI.

Tadqiqotning obyekti sifatida gidroksipropilmetilsellyuloza, akril kislota, akrilamid, poliakrilamid, vinilatsetat, xrom nitrat, karbamid, bentonit, ammoniy persulfat, kaliy persulfat, natriy gidrokarbonat, natriy gidroksidlar olingan.

Tadqiqotlar jarayonida olingan gidrogellarning tuzilishi, fizik-kimyoviy va morfologik xossalarini o‘rganishda skanerli elektron mikroskopiya, infraqizil spektroskopiya, derivatografiya, rentgenografiya va porozimetriya usullaridan foydalanilgan.

400 ml hajmli shisha kolbaga dastlab 8,2 ml akril kislota (AK) kiritildi. Kolba muzli suv hammomiga joylashtirilib, reaksiya muhiti harorati 0°C da ushlab turildi. Shu sharoitda 20 % li natriy gidroksid eritmasi bosqichma-bosqich qo‘shilib, akril kislotaning 60 % qismi neytrallandi. Hosil bo‘lgan sovutilgan reaksion aralashmaga 5,1 g akrilamid va 6 g karbamidning 30 ml distillangan suvdagi eritmasi qo‘shildi. Aralashma mexanik aralashtirgich yordamida bir xil

ISSN 3030-3907

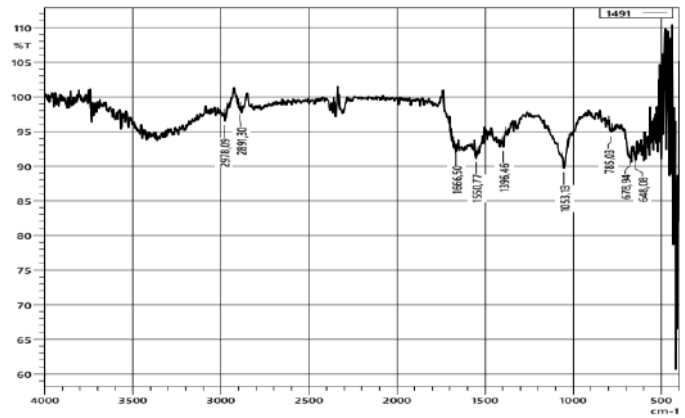
holatga keltirilgan holda, 0,125 % li eritma 15 minut davomida tomchilab qo‘shildi.

Keyingi bosqichda oldindan tayyorlangan 0,5 g gidroksipropilmetilsellyulozaning 30 ml distillangan suvdagi shaffof gel eritmasi, shuningdek, 1,64 g bentonit mikrozarrachalari hamda 0,66 g natriy gidrokarbonat reaksion muhitga kiritildi. Hosil bo‘lgan kompozitsiya 20 minut davomida uzluksiz aralashtirildi. So‘ngra aralashmaga 1,5 g ammoniy persulfat (APS) qo‘shildi va polimerlanish jarayoni asta-sekin qizdirish sharoitida olib borildi. Reaksiya davomida harorat 0°C dan 105°C gacha ko‘tarildi hamda jarayon 3 soat davomida sekin aralashtirish ostida davom ettirildi.

Polimerlanish yakunlangach, hosil bo‘lgan gidrogel tarkibidagi reaksiyaga kirishmagan moddalarning qoldiqlarini bartaraf etish va uning ichki g‘ovak strukturasini saqlab qolish maqsadida namunalar 24 soat davomida har 6 soatda distillangan suv bilan yuvildi. Shundan keyin gidrogel namunasi 70°C haroratda 48 soat davomida doimiy massa hosil bo‘lguncha quritildi. Natijada mahsulot unumi 90 % ni tashkil etdi. Olingan yuqori bo‘kuvchan gidrogellarning suvni shimish darajasi 950–1050 g/g oralig‘ida kuzatildi.

Olingan natijalar va ularning tahlili.

Olingan IK-spektroskopik natijalar tahlili asosida sintez jarayoni muvaffaqiyatli amalga oshirilgani va ko‘p komponentli gidrogel strukturasi shakllanganligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} tarkibli gidrogelning IQ-spektri

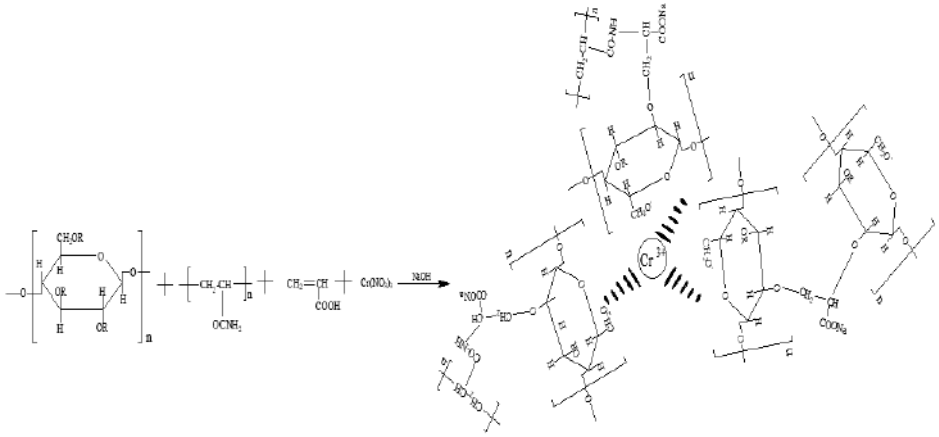
Spektr tahliliga ko‘ra, 3350 cm^{-1} sohada kuzatilgan keng intensiv yutilish maksimumi gidrogel tarkibidagi gidroksil (–OH) guruhlarining valent tebranishlariga mos keladi. Mazkur signal polimer matritsada vodorod bog‘lari mavjudligini ham ko‘rsatadi. 2978–2891 cm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlari alifatik –CH guruhlarining assimetrik valent tebranishlari bilan izohlanadi. Ushbu guruhlarga tegishli deformatsion tebranishlar esa 678–648 cm^{-1} diapazonda namoyon bo‘lib, polimer zanjiridagi uglevodorod fragmentlarining mavjudligini tasdiqlaydi. 1666 cm^{-1} sohada qayd etilgan intensiv yutilish cho‘qqisi karbonil (–

ISSN 3030-3907

C=O) guruhining valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, akril kislota va poliakrilat fragmentlarining gidrogel tarkibiga muvaffaqiyatli kiritilganligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, 1053 cm^{-1} sohada kuzatilgan yutilish maksimumi –C–O–C– efir bog‘larining deformatsion tebranishlariga mos keladi hamda GPMS komponentining polimer matritsa tarkibida ishtirok etganligini tasdiqlaydi.

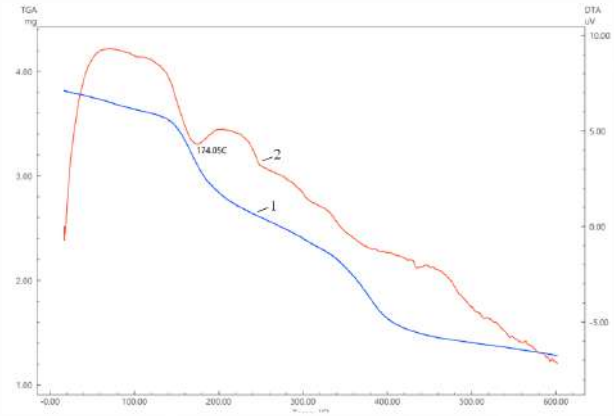
IQ-spektr natijalari asosida gidrogel tarkibida asosiy funksional guruhlarning mavjudligi, komponentlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirlar hamda GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} asosidagi uch o‘lchamli polimer tarmoq muvaffaqiyatli shakllanganligi aniqlandi.

Gidroksipropilmetilsellyuloza (GPMS), akril kislota (AK), poliakrilamid (PAA), Cr^{3+} tuzlari hamda initsiatorlar ishtirokida gidrogel sintez qilindi. Hosil bo‘lgan gidrogelning strukturaviy tuzilishi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} tarkibli gidrogelning tuzilishi

Sintez qilingan GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} tarkibli gidrogelning termik xossalari derivatografik usul yordamida o‘rganildi va natijalari 3-rasm hamda 1-jadvalda keltirilgan.



3-rasm. GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} tarkibli gidrogelning derivatogrammasi: 1 – DTGA egri chizig‘i, 2 – DSK egri chizig‘i

Olingan natijalar tahlili (3-rasm) gidrogelning termik parchalanishi asosan ikki bosqichda kechishini ko‘rsatdi. Dastlabki bosqich 43–200°C harorat

ISSN 3030-3907

oralig‘ida kuzatilib, ushbu intervalda massa yo‘qotilishi 20,51 mass.% ni tashkil etdi. Mazkur holat namuna tarkibidagi adsorbsiyalangan va bog‘langan suv molekulalarining ajralib chiqishi hamda past molekulyar komponentlarning termik parchalanishi bilan izohlanadi. Ikkinchi parchalanish bosqichi 200–450°C harorat diapazonida sodir bo‘lib, bunda massa yo‘qotilishi 58,29 mass.% ga teng bo‘ldi. Ushbu harorat oralig‘ida polimer zanjirlarining destruksiyasi va asosiy funksional guruhlarning termik parchalanishi intensiv ravishda amalga oshgani kuzatildi.

Parchalanish tezligi tahlili natijalari (1-jadval) shuni ko‘rsatdiki, eng yuqori termik parchalanish jarayoni aynan 200–450°C harorat oralig‘ida sodir bo‘lgan. Mazkur intervalda parchalanish tezligi 2,21 mg/min dan 3,96 mg/min gacha ortgani qayd etildi.

1-jadval

GPMS asosidagi GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} tarkibli gidrogelning DTGA va DSK egri chiziqlari tahlil natijalari

	Harorat, °C	Yo‘qotilgan massa, %	Parchalanish tezligi, mg/min	Sarflangan energiya miqdori (μV•s/mg)
1	50	0,893	1,33	0,032
2	100	4,82	1,65	0,087
3	150	10,25	1,54	0,125
4	200	20,51	2,21	0,230
5	250	24,19	4,32	0,541
6	300	37,48	4,21	1,452
7	350	41,73	4,70	3,320
8	400	55,27	3,38	3,251
9	450	58,29	3,96	2,222
10	500	59,14	2,12	2,320
11	550	60,06	2,11	0,620
12	600	65,25	2,44	0,125

Gidrogelning termik parchalanishi uchun sarflangan energiya miqdori tahlili (1-jadval) shuni ko‘rsatdiki, 200–450°C harorat oralig‘ida energiya sarfi sezilarli darajada ortgan. Ushbu intervalda kuzatilgan energiya qiymatlari 0,23–2,22 μV•s/mg diapazonida qayd etildi.

XULOSA.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot natijasida gidroksipropilmetilsellyuloza, akril kislota, poliakrilamid va Cr^{3+} ionlari asosida yangi turdagi kompozitsion gidrogel muvaffaqiyatli sintez qilindi. O‘tkazilgan IQ-spektroskopik tahlillar gidrogel tarkibida asosiy funksional guruhlarning mavjudligini hamda komponentlar o‘rtasida fazoviy bog‘langan uch o‘lchamli polimer tarmoq shakllanganligini tasdiqladi. Spektr natijalarida gidroksil, karbonil va efir guruhlariga xos xarakterli yutilish chiziqlarining aniqlanishi sintez jarayonining samarali amalga oshganligini ko‘rsatdi. Derivatografik tadqiqotlar gidrogelning termik parchalanishi ikki asosiy bosqichda kechishini aniqladi. Dastlabki bosqichda namuna tarkibidagi adsorbsiyalangan suv va uchuvchan komponentlarning ajralishi kuzatilgan bo‘lsa, keyingi bosqichda polimer zanjirlarining destruksiyasi intensiv ravishda sodir bo‘ldi. 200–450°C harorat oralig‘ida massa yo‘qotilishi, parchalanish tezligi hamda energiya sarfi maksimal qiymatlarga erishgani gidrogelning asosiy strukturaviy fragmentlari aynan shu intervalda parchalanishini ko‘rsatdi. Olingan natijalar asosida GPMS/AK/PAA/Cr^{3+} tarkibli gidrogel yuqori bo‘kuvchanlik, yaxshi termik barqarorlik va mustahkam fazoviy tuzilishga ega ekanligi aniqlandi. Ushbu xossalar sintez qilingan gidrogeldan qishloq xo‘jaligida samarali foydalanish imkoniyatini beradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Haneyen Omar, Edrese Alsharaeh. Improving water retention in sandy soils with high-performance superabsorbents hydrogel polymer. ACS Omega. American Chemical Sociyety. July. 2024. p.23531-23541.
2. Kholnazarov B.A., Turayev Kh.Kh., Dzhalilov A.T., Shirinov Sh.D. Исследование нового гидрогеля, синтезированного на основе кракҳмала, акриламида и бентонит. Universum: tekhnicheskiye nauki, 2019. 4, p.52-55.
3. Xia Zhao, Dong Li, Li-jun Wang, Yong Wang, Role of gelation temperature in rheological behavior and microstructure of high elastic starch-based emulsion-filled gel, Food Hydrocolloids, Volume 135, 2023, 108208, ISSN 0268-005X, https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108208. p.108208.
4. О. И. Исроилов, Б. Ф. Мухиддинов, А. Т. Джалилов, Ш. Д. Ширинов, Г.А. Исроилова. ИК-спектроскопические и термогравиметрические исследования гидрогелей, синтезированных на основе карбоксиметилцеллюлозы. Universum: технические науки : электрон.научн.Журн. 2024. DOI-10.32743/UniTech.2024.128.11.1876. с.13.
5. О. И. Исроилов, Б. Ф. Мухиддинов, А. Т. Джалилов, Ш. Д. Ширинов. Композитный гидрогель на основе карбоксиметилцеллюлозы и ионов металлов. Материалы докладов 89-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов,2025, Belorussia. с.277-279

6. Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Reviyew. Yusuff Oladosu, Mohd Y. Rafii, Fatai Arolu, Samuyel Chibuike, Monsuru Adekunle https://doi.org/10.3390/horticulturaye8070605. Institute of Tropical Agriculture and Food Security, Universiti Putra Malaysia (UPM), Malaysia. 5 July 2022. p.1-17.

7. О. И. Исроилов, Б. Ф. Мухиддинов, А. Т. Джалилов, Ш. Д. Ширинов. Синтез и исследование гидрогелей на основе гидроксипропилметилцеллюлозы методами дериватографии и ик-спектроскопии. Universum: химия и биология: научный журнал.–№ 4. 2025. http://7universum.com/ru/nature/archive/category/4130.2025.130.4. с.76.

ISSN 3030-3907

EKOLOGIK TOZA MAHSULOTLAR VA ORGANIK QISHLOQ XO‘JALIGI.

Utamurodova Nigora Abdyraxmonovna
Umumiy gigiyena va ekologiya kafedrasi assistenti Samarqand Davlat Tibbiyot Univarsiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarish va organik qishloq xo‘jaligining ahamiyati, uning inson salomatligi hamda atrof-muhitga ijobiy ta’siri tahlil qilingan. Shuningdek, organik dehqonchilikning asosiy tamoyillari, afzalliklari va amalda qo‘llash imkoniyatlari yoritilgan. Zamonaviy qishloq xo‘jaligida ekologik muammolarning kuchayib borishi sharoitida organik usullarga o‘tishning dolzarbligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: ekologik toza mahsulotlar, organik qishloq xo‘jaligi, bioxilma-xillik, agroekologiya, pestitsidlar, nitratlar, barqaror rivojlanish, tabiiy o‘g‘itlar, oziq-ovqat xavfsizligi.

Аннотация. В данной статье анализируется важность производства экологически чистой продукции и органического сельского хозяйства, а также их положительное влияние на здоровье человека и окружающую среду. Кроме того, освещаются основные принципы, преимущества и практическое применение органического земледелия. Актуальность перехода к органическим методам обосновывается в контексте растущих экологических проблем в современном сельском хозяйстве.

Ключевые слова: экологически чистые продукты, органическое сельское хозяйство, биоразнообразие, агроэкология, пестициды, нитраты, устойчивое развитие, природные удобрения, продовольственная безопасность.

Abstract. This article analyses the importance of producing environmentally friendly products and organic farming, as well as their positive impact on human health and the environment. Furthermore, it highlights the main principles, advantages and practical application of organic farming. The relevance of the transition to organic methods is justified in the context of growing environmental problems in modern agriculture.

Keywords: environmentally friendly products, organic farming, biodiversity, agroecology, pesticides, nitrates, sustainable development, natural fertilisers, food security.

KIRISH.

Hozirgi kunda jahonda aholi sonining ortishi va oziq-ovqatga bo‘lgan talabning keskin o‘sishi qishloq xo‘jaligida intensiv usullardan keng foydalanishga olib kelmoqda. Bu esa o‘z navbatida mineral o‘g‘itlar, kimyoviy pestitsidlar va gerbitsidlarning haddan tashqari qo‘llanilishiga sabab bo‘lib,

tuproq unumdorligining pasayishi, suv resurslarining ifloslanishi va inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Ekologik muammolarning kuchayishi, jumladan, iqlim o‘zgarishi, bioxilma-xillikning kamayishi va oziq-ovqat mahsulotlaridagi zararli moddalar miqdorining ortishi organik qishloq xo‘jaligini rivojlantirishni talab etmoqda. Organik dehqonchilik tabiat bilan uyg‘unlikda ish yuritishni nazarda tutib, kimyoviy vositalardan foydalanmasdan yuqori sifatli va xavfsiz mahsulot yetishtirishga qaratilgan.

Shuningdek, ekologik toza mahsulotlarga bo‘lgan talab jahon bozorida yildan-yilga oshib bormoqda. Bu esa ushbu sohani iqtisodiy jihatdan ham istiqbolli yo‘nalishga aylantirmoqda. O‘zbekiston sharoitida ham organik qishloq xo‘jaligini rivojlantirish uchun tabiiy-iqlimiy imkoniyatlar mavjud bo‘lib, bu yo‘nalish milliy iqtisodiyotni diversifikatsiya qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

ASOSIY QISM.

Organik qishloq xo‘jaligi — bu ekologik barqarorlikni ta’minlashga qaratilgan, tabiiy resurslardan oqilona foydalanishni ko‘zda tutuvchi qishloq xo‘jaligi tizimidir. Uning asosiy tamoyillari quyidagilardan iborat:

kimyoviy o‘g‘it va pestitsidlardan voz kechish

tabiiy o‘g‘itlar (kompost, biogumus)dan foydalanish

ekinlar almashinuvini joriy etish

biologik himoya usullaridan foydalanish

tuproq unumdorligini tabiiy yo‘l bilan saqlash

Ekologik toza mahsulotlar inson salomatligi uchun xavfsiz bo‘lib, ularda nitratlar, og‘ir metallar va toksik moddalar miqdori minimal darajada bo‘ladi. Bunday mahsulotlar immunitetni mustahkamlash, allergik va surunkali kasalliklarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Organik qishloq xo‘jaligi atrof-muhitni muhofaza qilishda ham muhim rol o‘ynaydi. U tuproq eroziyasini kamaytiradi, suv resurslarini saqlaydi va bioxilma-xillikni qo‘llab-quvvatlaydi. Shu bilan birga, uglerod chiqindilarini kamaytirish orqali iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda ham samarali vosita hisoblanadi.

TADQIQOT MAQSADI VA VAZIFALARI

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarishda organik qishloq xo‘jaligining ahamiyatini ilmiy jihatdan asoslash hamda uni rivojlantirish yo‘llarini tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

organik qishloq xo‘jaligining nazariy asoslarini o‘rganish;

ekologik toza mahsulotlarning inson salomatligiga ta’sirini tahlil qilish;

an’anaviy va organik qishloq xo‘jaligi usullarini solishtirish;

ISSN 3030-3907

organik ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan agrotexnik usullarni o‘rganish;

O‘zbekiston sharoitida organik qishloq xo‘jaligini rivojlantirish imkoniyatlarini baholash;

ekologik barqarorlikni ta’minlashda organik dehqonchilikning rolini aniqlash.

Tadqiqot materiali va usullari

Tadqiqot jarayonida quyidagi materiallar va usullardan foydalanildi:

Tadqiqot materiali:

organik va an’anaviy usulda yetishtirilgan qishloq xo‘jaligi mahsulotlari;

ilmiy adabiyotlar, xalqaro tashkilotlar (FAO, IFOAM) ma’lumotlari;

statistik ma’lumotlar va tahliliy hisobotlar;

fermer xo‘jaliklari faoliyatiga oid ma’lumotlar.

Tadqiqot usullari:

tahlil va sintez usuli — mavjud ilmiy ma’lumotlarni umumlashtirish;

solishtirma tahlil — organik va an’anaviy qishloq xo‘jaligini taqqoslash;

statistik tahlil — mahsulot sifati va hajmi ko‘rsatkichlarini baholash;

kuzatish usuli — organik yetishtirish jarayonlarini o‘rganish;

eksperimental usul — tabiiy o‘g‘itlar va biologik himoya vositalarining samaradorligini aniqlash.

Tadqiqot natijalari

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, organik qishloq xo‘jaligini joriy etish qator ijobiy samaralarni beradi:

Birinchidan, organik mahsulotlarda nitratlar va kimyoviy qoldiqlar miqdori an’anaviy mahsulotlarga nisbatan ancha past ekani aniqlandi. Bu esa inson salomatligi uchun xavfsiz oziq-ovqat manbai yaratilishini ta’minlaydi.

Ikkinchidan, tabiiy o‘g‘itlar (kompost, biogumus) qo‘llanilganda tuproqning agrofizik va agrokimyoviy xususiyatlari yaxshilanishi kuzatildi. Natijada tuproq unumdorligi uzoq muddat davomida saqlanib qoladi.

Uchinchidan, biologik himoya usullari (entomofaglar, biopreparatlar)dan foydalanish zararkunanda va kasalliklarni samarali nazorat qilish imkonini berishi aniqlandi.

To‘rtinchidan, organik qishloq xo‘jaligi atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytiradi, jumladan:

tuproq eroziyasi kamayadi;

suv resurslari ifloslanishi oldi olinadi;

bioxilma-xillik saqlanadi.

Shuningdek, iqtisodiy jihatdan ham organik mahsulotlarga bo‘lgan talab yuqori ekani va ularning bozordagi qiymati nisbatan yuqori bo‘lishi aniqlandi. Bu fermerlar uchun qo‘shimcha daromad manbai hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, tadqiqot natijalari organik qishloq xo‘jaligi nafaqat ekologik, balki ijtimoiy va iqtisodiy jihatdan ham samarali yo‘nalish ekanligini tasdiqladi.

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, ekologik toza mahsulotlar ishlab chiqarish va organik qishloq xo‘jaligini rivojlantirish bugungi kunda global ahamiyatga ega masalalardan biridir. Ushbu yo‘nalish nafaqat inson salomatligini muhofaza qilish, balki atrof-muhitni asrash va barqaror iqtisodiy rivojlanishni ta’minlashda ham muhim o‘rin tutadi.

O‘zbekistonda organik qishloq xo‘jaligini keng joriy etish uchun quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq:

fermerlarni organik texnologiyalar bo‘yicha o‘qitish

davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash mexanizmlarini kuchaytirish

organik mahsulotlar bozorini rivojlantirish

ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish

Kelgusida organik dehqonchilikni rivojlantirish orqali aholini sifatli va xavfsiz oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta’minlash, shuningdek, eksport salohiyatini oshirish mumkin.

Kelgusida organik dehqonchilikni rivojlantirish orqali aholini sifatli va xavfsiz oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta’minlash, shuningdek, eksport salohiyatini oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lampkin N. Organic Farming. – Ipswich: Old Pond Publishing, 2019.
2. Willer H., Lernoud J. The World of Organic Agriculture. – IFOAM, 2022.
3. Агроэкология асослари. Ўқув қўлланма. – Тошкент, 2021.
4. Қишлоқ хўжалигида инновацион технологиялар. – Тошкент, 2022.
5. Экологик хавфсизлик ва барқарор ривожланиш масалалари. – Тошкент, 2020.
6. Hasanova G.R. Kuliyeva Maxbuba .DORIVOR O‘SIMLIKLARDAN FOYDALANISH VA YETISHTIRISH TARAQQIYOTI. Development of sciencedekabr/11 Volume/ 5
7. Хасанова Гулбахор Рахматуллаевна .DUKKAKLI O‘SIMLIKLARNING TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI. "Экономика и социум" №12(139) 2025
8. Хасанова Гулбахор Рахматуллаевна .EKOLOGIK MUVOZANATNI TIKLASH: MUAMMOLAR, OMILLAR VAZAMONAVIY YONDASHUVLAR. "Экономика и социум" №12(139) 2025
9. Хасанова, Г. Р., Магрипова, Д. Ф., & Алибоева, Ш. У. (2025). Роль лимона в жизни человека. образование наука и инновационные идеи в мире, 80(1), 26-32.

ISSN 3030-3907

10. Хасанова, Г. Р., Тошпулатов, Ш. Ш., Расулов, К. Г., & Мамиров, Д. У. (2025). Кориандр посевной–coriandrum sativum L. Modern education and development, 18(4), 80-92.54.
11. Raxmatullayevna, X. G., Ko‘chimova, F. S., Jumaboyeva, S. E., & Xushvaqtovich, Q. D. (2025). Sariq parpigul-gentian lutea L. Modern education and development, 18(4), 69-79.
12. Хасанова, Г. Р., Беканов, Б. С., Бахитов, Ш. Т., & Ходжаева, Ж. К. (2025). Лечебные свойства каланхоэ. Modern education and development, 18(4), 93-110.
13. Abdurakhmanov E. et al. Development of a selective carbon monoxide sensor //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 839. – №. 4. – С. 042078.
14. Eshkabilova M. et al. Development of selective gas sensors using nanomaterials obtained by sol-gel process //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2388. – №. 1. – С. 012155.
15. Safarovich, T. O., Nayimovna, A. S., Ergashboyevna, A. Z., & Ergashboyevna, E. M. (2024). LIPIDLAR ASOSIDA SIRT FOAL MODDALARNI OLISH. Ta'limda raqamli texnologiyalarni tadbiq etishning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish omillari, 31(2), 122-125.
16. Murodova Z., Hushvaktov M., Abdurahmanova Z. Some issues of the mechanism of deep oxidation of ethanol on the surface of the catalyst of a thermocatalytic sensor //EurasianUnionScientists. – 2021. – С. 27-32.
17. Abdurakhmanov I. et al. DEVELOPMENT OF SELECTIVE SEMICONDUCTOR SENSORS OF HYDROGEN SULFIDE, AMMONIA, AND METHANE USING NANOMATERIALS OBTAINED BY THE SOL-GEL PROCESS //RASAYAN Journal of Chemistry. – 2022. – Т. 15. – №. 26762679. – С. 10.31788.
18. Djurakulovna X. N. et al. YONUVCHAN GAZLARNING ANIQLASHNI OPTIK USULLARI VA ASBOBLARI //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 5. – С. 14-17.
19. Abdurakhmonov E. et al. Development of a thermocatalytic sensor for monitoring ethyl alcohol vapors in human exhaled air and process gases //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 486. – С. 05015.
20. Murodovna J. D. et al. Abu-the role of the teachings of Ali Ibn Sina in the upbringing of a harmoniously developed generation. – 2022.
21. Эшкобилов Ш. А., Эшкобилова М. Э., Абдурахманов Э. А. Определение природного газа в атмосферном воздухе и технологических газах //Экологические системы и приборы. – 2015. – №. 9. – С. 11-14.

ISSN 3030-3907

22. Eshkobilova M. E., Xodieva N., Abdurakhmanova Z. E. Thermocatalytic and Semiconductor Sensors for Monitoring Gas Mixtures //World Journal of Agriculture and Urbanization. – 2023. – Т. 2. – №. 6. – С. 9-13.
23. Эшкобилова М. Э., Насимов А. М. Газоанализатор (тпг-сн4) для мониторинга метана на основе термокаталитических и полупроводниковых сенсоров //Universum: химия и биология. – 2019. – №. 6 (60). – С. 17-20.
24. Эшкобилова М. Э. и др. Метанни аниқловчи тяг-сн4 газ анализаторининг метрологик тавсифларига турли омилларнинг таъсири //Research Focus. – 2023. – Т. 2. – №. 11. – С. 17-22.
25. Абдурахманов Э. Д., Сидикова Х. Г., Эшкобилова М. Э. КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО СЕНСОРА МЕТАНА //Евразийский союз ученых. Серия: медицинские, биологические и химические науки. – 2021. – №. 4. – С. 43-48.
26. Ogli M. M. A., Abduraxmonova Z. E., Eshkobilova M. E. GAZLAR ARALASHMASI TARKIBINI NAZORAT QILISHNING ELEKTROKIMYOVIY USULLARI VA ANALIZATORLARI //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 5. – С. 8-13.
27. Abdurakhmanov E. et al. Template Synthesis of Nanomaterials based on Titanium and Cadmium Oxides by the Sol-Gel Method, Study of their Possibility of Application As A Carbon Monoxide Sensor (II) //Journal of Pharmaceutical Negative Results. – 2022. – Т. 13. – С. 1343-1350.
28. Abdurakhmanov E. et al. Development of a selective sensor for the determination of hydrogen //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 839. – №. 4. – С. 042086.
29. Aslam I., Ashraf A., Ergashboevna A. Z. Demographic and Clinical Profile Of Chronic Myeloid Leukemia Patients in a Resource-Limited Setting: A Comprehensive Analysis //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 5. – С. 191-196.
30. Safarovich T. O. et al. LIPIDLAR ASOSIDA SIRT FOAL MODDALARNI OLISH //Ta'limda raqamli texnologiyalarni tadbiq etishning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish omillari. – 2024. – Т. 31. – №. 2. – С. 122-125.
31. Сидикова Х. Г., Эшкобилова М., Абдурахмонов Э. Термокаталитический сенсор для селективного мониторинга природного газа //VI-Международные научные практической конференции GLOBAL SCIEN CEAND INNOVATIONS. – 2019. – С. 235-238.
32. Eshkabilova M. et al. Development of selective gas sensors using nanomaterials obtained by sol-gel process //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2388. – №. 1. – С. 012155.

ISSN 3030-3907

33. Абдурахманов Э. и др. Химический сенсор для мониторинга оксида углерода из состава транспортных выбросов //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 1. – С. 37-42.
34. Эшкобилов Ш. А., Эшкобилова М. Э., Абдурахманов Э. А. Разработка катализатора для чувствительного сенсора природного газа //Символ науки. – 2015. – №. 3. – С. 7-12.
35. Komiljonovna M. M., Safarovich T. O., Ergashboyevna E. M. GIDRAZIDLARNING BIOLOGIK FAOLLIGI FOSFORLANGAN KARBOKSILIK KISLOTALAR VA ULARNING HOSILALARI //Ta'limda raqamli texnologiyalarni tadbiq etishning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish omillari. – 2024. – Т. 31. – №. 2. – С. 126-130.
36. Eshkobilov Sh A., Eshkobilova M. E., Abdurakhmanov E. Determination of natural gas in atmospheric air and technological gases //Ecological systems and devices. – 2015. – Т. 9. – С. 11-5.
37. Shahzoda K. et al. ADVANCEMENTS IN SURGICAL TECHNIQUES: A COMPREHENSIVE REVIEW //Ta'limda raqamli texnologiyalarni tadbiq etishning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish omillari. – 2024. – Т. 31. – №. 2. – С. 139-149.year = {2021},
38. Ergashboy A. Eshkobilova Mavjuda. Zol-gel synthesis of nanocomposites and gaseous materials //The International Conference on" Energy-Earth-Environment-Engineering". СТр. – 2023. – С. 84-85.
39. Eshkobilova M. E., Khudoyberdieva F. B. Composition and structure of composite building materials //INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE & INTERDISCIPLINARY RESEARCH ISSN: 2277-3630 Impact factor: 8.036. – 2023. – Т. 12. – №. 01. – С. 1-4.
40. Gulomovna S. X., Ergashboyevna E. M., Ergashboy A. Range of measuring of base error of selective thermocatalytical sensor on methane //European science review. – 2020. – №. 1-2. – С. 140-143.
41. Ergashboyevna E. M., Gulomovna S. X., Ergashboy A. Selective thermocatalytic sensor for natural gas monitoring //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – №. 9-10. – С. 49-51.
42. Эшкобилова М. Э., Насимов А. М. Газоанализатор (тпг-сн4) для мониторинга метана на основе термокаталитических и полупроводниковых сенсоров //Universum: химия и биология. – 2019. – №. 6 (60). – С. 17-20.
43. Djurakulovna X. N. et al. YONUVCHAN GAZLARNING ANIQLASHNI OPTIK USULLARI VA ASBOBLARI //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 5. – С. 14-17.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЩЕЛОЧНОЙ КОЛОННЫ ОЧИСТКИ ПИРОГАЗА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЭТИЛЕНА

Ф.А.Салохиддинов
Каршинский государственный технический университет
Email: salohiddinov.farhod@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу технологического процесса щелочной очистки пирогаза. Рассмотрены физико-химические особенности пирогаза, механизм абсорбции кислотных компонентов, схемы и режимы щелочной очистки, а также перспективы интенсификации процесса. Приведены примеры практической реализации технологии и экспериментальные данные.

Ключевые слова: пирогаз, щелочная очистка, абсорбция, CO_2, H_2S, NaOH.

Annotatsiya. Mazkur maqola pirogazni ishqoriy tozalash texnologik jarayonining tahliliga bag‘ishlangan. Maqolada pirogazning fizik-kimyoviy xususiyatlari, kislotali komponentlarning absorbsiya mexanizmi, ishqoriy tozalashning sxemalari va rejimlari, shuningdek jarayonni intensifikatsiyalash istiqbollari ko‘rib chiqilgan. Texnologiyani amaliyotda qo‘llash misollari va eksperimental ma’lumotlar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: pirogaz, ishqorli tozalash, absorbsiya, CO_2, H_2S, NaOH.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the technological process of alkaline purification of pyrolysis gas. The physicochemical characteristics of pyrolysis gas, the mechanism of absorption of acidic components, the schemes and modes of alkaline purification, as well as the prospects for process intensification are considered. Examples of practical implementation of the technology and experimental data are provided.

Keywords: pyrolysis gas, alkaline purification, absorption, CO_2, H_2S, NaOH.

ВВЕДЕНИЕ.

Анализ литературных данных показывает, что процесс щелочной очистки пирогаза (пиролизного газа) от кислых компонентов, таких как сероводород (H_2S) и диоксид углерода (CO_2), является критически важным этапом в производстве этилена и других олефинов. Основной технологический метод – хемосорбция водным раствором гидроксида натрия (NaOH), в ходе которой протекают реакции нейтрализации с образованием карбонатов и сульфидов натрия [3].

В зарубежной практике, как показано в работе Gangotena Palacios (2023), также подтверждается высокая эффективность каустической очистки (caustic scrubbing) при низких концентрациях кислых компонентов

ISSN 3030-3907

по сравнению с аминовой очисткой, однако рассматриваются преимущественно процессы пиролиза пластиков [4].

Современные исследования направлены на поиск новых типов контактных устройств (регулярных насадок), которые обладают большей удельной поверхностью и меньшим гидравлическим сопротивлением, а также на создание диффузионных математических моделей для оптимизации работы промышленных колонн [5].

Для анализа основных показателей эффективности работы щелочной колонны очистки пирогаза (степень извлечения CO_2 и H_2S, гидравлическое сопротивление, производительность) предлагается использовать комплексный подход, сочетающий математическое моделирование и анализ промышленных данных.

Основой для расчета профилей концентраций и температур по высоте аппарата является однопараметрическая диффузионная модель. Модель описывает перенос вещества в газовой фазе с учетом обратного перемешивания, а химическая реакция в жидкой фазе учитывается через кинетические константы и коэффициент ускорения массообмена за счет хемосорбции.

Расчет массообмена ведется по нотарелочному (для тарельчатых колонн) или послойному (для насадочных колонн) принципу. Эффективность насадки/тарелки оценивается через число единиц переноса (ВЕП/ЧЕП) и коэффициент использования поверхности контакта фаз.

Для достижения цели работы - анализа основных показателей (степень очистки, гидравлическое сопротивление, производительность) щелочной колонны очистки пирогаза - применяется комплексный подход, включающий математическое моделирование процесса хемосорбции, экспериментальные исследования гидродинамических характеристик и анализ промышленных данных.

Объектом исследования является узел щелочной очистки пирогаза включающий насадочное щелочной колонны. Пирогаз после пиролизных печей содержит смесь горючих газов и кислых компонентов и направляется на очистку 10% раствором NaOH. Их удаление необходимо для повышения качества топлива и снижения вредных выбросов. Наиболее эффективным методом является щелочная очистка, основанная на реакциях нейтрализации.

Щелочная колонна представляет собой аппарат колонного типа, предназначенный для химической абсорбции кислотных примесей (CO_2, H_2S) из пирогаза с помощью щелочных растворов (NaOH, KOH). Конструктивное исполнение колонны оказывает решающее влияние на

ISSN 3030-3907

эффективность процесса, удобство обслуживания и срок службы оборудования.

Стандартная щелочная колонна имеет вертикальную цилиндрическую форму, высота которой в 5 - 10 раз превышает диаметр. Оптимальное соотношение высоты к диаметру (H/D) зависит от интенсивности массообмена и состава газа. Диаметр подбирается исходя из требуемой пропускной способности, а высота – с учётом количества насадок и зон контакта [6].

Корпус колонны и её внутренние элементы (распределители жидкости, насадка, каплеуловители) должны быть выполнены из коррозионностойких материалов: нержавеющей стали (марки 12Х18Н10Т, AISI 316), сплавов с молибденом, либо иметь антикоррозионные покрытия (фторопласт, эпоксидные смолы). Это обусловлено агрессивной средой, содержащей H_2S, CO_2 и щёлочь[7].

Поддержание стабильного режима абсорбции требует:

- равномерного распределения газа и жидкости по сечению колонны;
- поддержания заданной температуры (оптимум: 40–55 °C)
- регулирования скорости подачи щелочного раствора (например, 2–4 м³/ч на 1000 м³/ч пирогаза);
- контроля уровня пены и предотвращения её выброса за пределы колонны.

В практике применяются:

- насадочные колонны, содержащие керамические, металлические или пластиковые насадки (Pall, Berl saddles), которые обеспечивают развитую поверхность контакта;
- тарельчатые колонны, позволяющие гибко регулировать гидравличес-кий режим и использовать пенное движение жидкости.

Выбор конструкции зависит от производительности установки, состава пирогаза и условий регенерации щёлочи.

С течением времени возможно образование отложений карбонатов и сульфидов на поверхностях насадки, что снижает эффективность абсорбции и вызывает рост гидравлического сопротивления. Регламентные мероприятия включают:

- промывку насадки водой или слабой кислотой (вне реакции с металлом);
- ревизию распылителей и каплеуловителей;
- проверку герметичности фланцевых соединений и узлов ввода/вывода потоков.

Ведение процесса очистки пирогаза в колонне щелочной очистки осуществляется регулированием следующих параметров работы колонны:

- скорость циркуляции раствора едкой щелочи;

ISSN 3030-3907

- объём подпитки свежего раствора щелочи;
- объём подпитки воды разбавления;
- рабочая температура в колонне;
- удаление образовавшегося «желтого масла».

Эффективность и надёжность процесса щелочной очистки пирогаза напрямую зависят от правильной эксплуатации оборудования, качества реагентов и соблюдения технологических режимов.

Рассмотрим ключевые эксплуатационные особенности:

В процессе работы растворы щелочей насыщаются продуктами абсорбции - карбонатами и сульфидами натрия. Это приводит к снижению абсорбционной способности, изменению pH и увеличению вязкости раствора. Требуется регулярный контроль химического состава и проведение регенерации или частичной замены щёлочи.

Возможна организация замкнутого цикла с регенерацией щелочного раствора. На практике применяются окислительные или термические методы для восстановления щёлочи. Пример реакции регенерации с кислородом:

$$Na_2S + 2O_2 \rightarrow Na_2SO_4$$

Однако эти процессы требуют энергозатрат и специализированного оборудования.

Щёлочь агрессивна к некоторым металлам и уплотнительным материалам. В связи с этим оборудование (реакторы, насосы, трубопроводы) изготавливается из коррозионностойких сплавов (нержавеющая сталь, титан) или с использованием защитных покрытий.

Очистка газов от RSH щелочными растворами, в частности NaOH, является одним из первых процессов, примененных для этих целей. В основе способа лежит химическая реакция меркаптанов, имеющих характер слабых кислот со щелочью. Реакция обратима и при повышении температуры равновесие сдвигается, что позволяет регенерировать щелочь и использовать ее повторно.

Наличие в газе значительных количеств CO2 и H2S приводит к существенному ухудшению условий абсорбции RSH. В этом случае применяется двухступенчатая очистка: на первой - очистка газа от H2S и C02 аминами, на второй - очистка газа от RSH щелочью.

При щелочной очистки пирогаза технологический процесс осуществляется следующим схеме: После компримирования пирогаз проходит колонну щелочной очистки, где из него удаляются кислые газы (H2S и CO2). Очистка пирогаза осуществляется в две стадии. Для достижения чистоты раствора, равной 1 ppm (по кислым газам),

ISSN 3030-3907

первоначально пирогаз в нижней части колонны очищается «слабым» щелочным раствором с массовой концентрацией свободной щёлочи – 2%. Далее, в средней части колонны пирогаз доочищается щелочным раствором с массовой концентрацией свободной щёлочи – 10%. По выходу пирогаз проходит секцию водной промывки, где из него удаляются следы щелочного раствора.

Для обеспечения соответствующей нагрузкой щелочную колонну и эффективного контакта пирогаза с раствором едкой щелочи необходима достаточная циркуляция, которая не зависит от потока пирогаза. Объём подпитки свежего раствора едкой щелочи определяет и поддерживает концентрацию в циркулирующих контурах раствора по секциям колонны.

Поступающий из резервуара товарно-сырьевого цеха 40%-ный раствор щелочи разбавляется водой для получения требуемой 20%-ной концентрации в резервуаре путем циркуляции раствора с помощью насоса.

Разбавленная 20% - ная щелочь из емкости откачивается и разбавляется до 10%-ной концентрации путем смешивания с отработанной промывочной водой.

Приготовление раствора едкой щелочи, не отвечающей требованиям, приведет к уносу кислых газов с пирогазом. В этом случае усиление кратности циркуляции не компенсирует низкую концентрацию раствора едкой щелочи. Увеличение добавления едкой щелочи больше нормы приведет к чрезмерной загрузке системы переработки отработанной щелочи.

Высокая концентрация раствора едкой щелочи приведет к забивке закристаллизовавшейся щелочью приборов и трубопроводов, образование полимера с большой молекулярной массой («красное» масло), что вызовет необходимость дополнительного технического обслуживания соответствую-щих узлов и оборудования. Объём подпитки свежего раствора едкой щелочи при неизменном технологическом режиме в предшествующих установках остаётся постоянным и корректируется только на основании лабораторных анализов при проведении изменений в технологическом режиме.

Одной из наиболее типичных проблем в процессе щелочной очистки пирогаза является проблема образования полимера («жёлтого» масла). Загрязнение системы («жёлтым» маслом приводит к:

- загрязнению внутренних устройств колонны с последствиями снижения эффективности по очистке пирогаза от кислых газов;
- повышению потребления свежей щёлочи;

ISSN 3030-3907

- повышению расхода отработанной щёлочи, приводящей к увеличению
- стоимости обработки стоков;
- загрязнению полимером отработанной щёлочи;
- загрязнения установки окисления и нейтрализации отработанной щелочи.

Механизм полимеризационных процессов в щелочной колонне представлен альдольной конденсацией групп C=O (альдегиды, кетоны, кислоты, спирты). Группы C=O образуются на стадии пиролиза. Обычно конечный продукт – это полибутадиен. В процессе эксплуатации следует избегать высоких концентраций щелочи (свыше 15 %) и высоких рабочих температур (свыше 43 ^{0}C), так как это способствует обильному образованию полимера с более высокой молекулярной массой [6].

Образующееся «жёлтое» масло периодически удаляется из нижней части колонны щелочной промывки в специальные контейнеры и вывозится за пределы установки на утилизацию.

На основании проведённого анализа технологических параметров и эксплуатационных характеристик щелочной колонны очистки пирогаза сформулированы следующие научные положения и практические выводы:

Установлено, что степень очистки пирогаза от кислотных компонентов (прежде всего сероводорода и углекислого газа) находится в прямой зависимости от параметров процесса - концентрации щелочного раствора, температуры и скорости подачи исходного газа. Определены оптимальные диапазоны этих параметров, способствующие достижению высокой эффективности абсорбции.

Показано, что равномерность распределения фаз в рабочем объёме колонны, обеспечиваемая применением эффективных насадочных структур, играет ключевую роль в интенсификации массообменных процессов.

Основными эксплуатационными проблемами щелочных колонн являются полимерные отложения, рост гидравлического сопротивления и нестабильность состава сырья и одной из решения данной проблемы предлагается применение насадок с развитой поверхностью позволяет увеличить зону взаимодействия фаз, что положительно сказывается на глубине очистки.

Проведён сравнительный анализ устойчивости конструкционных материалов колонн. Экспериментально и расчётном способами подтверждена целесообразность использования коррозионностойких сталей

ISSN 3030-3907

и специальных полимерных покрытий, обладающих высокой химической инертностью к щелочной среде и продуктам абсорбции.

Установлено, что применение теплообменных устройств для предварительного подогрева пирогаза повышает общую энергоэффективность технологического процесса. Экономический анализ показал снижение удельных энергозатрат до 12-15 % при сохранении стабильности эксплуатационных показателей.

Выявлено, что побочные продукты щелочной очистки (сульфиды, бикарбонаты и карбонаты) требуют системного подхода к утилизации или вторичному использованию. Разработаны рекомендации по организации экологически безопасного обращения с отходами данного типа, включая методы нейтрализации и регенерации реагента. Проблема утилизации сернисто-щелочных стоков эффективно решается методом ступенчатой физико-химической обработки.

Обоснована необходимость модернизации щелочных колонн путём внедрения автоматизированных систем контроля и управления, включая онлайн-мониторинг уровня pH, температуры и концентрации загрязняющих компонентов в очищенном газе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В.Н., Борисов А.Л. Технология пиролиза углеводородов. – СПб.: Наука, 2019.
2. Лаптев А.Г., Данилов В.А., Фарахов М.И., Шигалов И.М. и др. Повышение эффективности узла щелочной очистки пирогаза в производстве этилена // Химическая промышленность. – 2001. – № 10. – С. 24-33.
3. Шигапов, И. М. Повышение эффективности насадочных колонн щелочной очистки пирогаза в производстве этилена: дис. ... канд. техн. наук (05.17.08). – Казань, 2000.
4. Gangotena Palacios, P. A. Plastics pyrolysis gas ultracleaning: Master’s thesis / LUT University, 2023.
5. Абдираззоков, Д. Ф., & Салохиддинов, Ф. А. (2020). Абсорбционная осушка газов и автоматическая система управления технологического процесса. Аллея Науки: основной раздел: научно-практический электронный журнал, (2), 41.
6. Салохиддинов, Ф. А. (2020). Абсорбционная осушка газов и автоматическая система управления технологического процесса. Аллея науки, (2), 6-10.

ISSN 3030-3907

7. У.М.Шомуродов., Ф.А. Салоҳиддинов, КОРРОЗИЯ И ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН. «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки»/Alley-science.ru. Выпуск №6(57), (1 том), Июнь, 2021, (299-302)

ISSN 3030-3907

КОН МАШИНАЛАРИ ҲАВО ФИЛЬТРЛАРИНИ ТОЗАЛАШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШНИНГ ИЛМИЙ-АМАЛИЙ ТАҲЛИЛИ

Зохидов Одил Умирзокович
Навоий давлат кончилик ва технолдогиялар университети, доцент,
E-mail: odil_boss85@mail.ru;
Тошпулатов Мирзабек Дўстмурод ўғли
Навоий давлат кончилик ва технолдогиялар университети талабаси.

Аннотация. Ушбу мақолада кончилик корхоналарида эксплуатация қилинаётган кон машиналари ҳаво фильтрлари тизимининг ифлосланиш жараёнлари ҳамда уларнинг машина иш унумдорлигига кўрсатадиган салбий таъсири атрофлича ёритилган. Хусусан, ишлаб чиқариш жараёнида ҳосил бўладиган чанг зарралари, майда абразив аралашмалар ва бошқа ҳаво таркибидаги ифлослантирувчи омиллар таъсирида ҳаво фильтрларининг ўтказувчанлик даражаси пасайиши, бунинг натижасида эса двигателнинг барқарор ишлаш режими бузилиши илмий асосда таҳлил қилинган. Шунингдек, фильтр элементларининг ифлосланиши оқибатида ёнилғи сарфининг ортиши, техник қурилмаларнинг қувват кўрсаткичлари камайиши ҳамда машиналарнинг умумий эксплуатацион самарадорлиги пасайиши каби ҳолатлар баён этилган. Бундан ташқари, бугунги кунда мамлакатимиз кончилик саноатида кенг қўлланилаётган кон машиналари ҳаво фильтрлари ва уларни тозалаш тизимларининг самарадорлигини оширишга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари ҳамда мавжуд адабиётлар таҳлили келтирилган. Мазкур таҳлиллар асосида фильтрация тизимларини такомиллаштириш, уларнинг хизмат муддатини узайтириш, техник хизмат кўрсатиш харажатларини камайтириш ва машиналарнинг ишончли ишлашини таъминлаш бўйича илмий хулосалар ҳамда амалий тавсиялар шакллантирилган.

Калит сўзлар: ҳаво фильтрларини тозалаш мосламаси, горизонталь юза бўйлаб силкиниш ёрдамида босим бериш, ҳаво филтларини тозалаш коэффициенти, ички ёнув двигателлари.

Аннотация. В данной статье подробно освещены процессы загрязнения системы воздушных фильтров горных машин, эксплуатируемых на горнодобывающих предприятиях, и их негативное влияние на производительность машины. В частности, на научной основе проанализировано снижение проницаемости воздушных фильтров под воздействием пылевых частиц, мелких абразивных примесей и других загрязняющих факторов в воздухе, образующихся в процессе производства, в результате чего нарушается стабильный режим работы двигателя. Также

ISSN 3030-3907

описаны такие случаи, как увеличение расхода топлива в результате загрязнения фильтрующих элементов, снижение показателей мощности технических устройств и снижение общей эксплуатационной эффективности машин. Кроме того, приведен анализ научно-исследовательских работ и существующей литературы, направленных на повышение эффективности воздушных фильтров горных машин и систем их очистки, широко применяемых сегодня в горнодобывающей промышленности нашей страны. На основе этих анализов сформулированы научные выводы и практические рекомендации по совершенствованию систем фильтрации, продлению срока их службы, снижению затрат на техническое обслуживание и обеспечению надежной работы машин.

Ключевые слова: устройство для очистки воздушных фильтров, давление с помощью вибрации по горизонтальной поверхности, коэффициент очистки воздушных фильтров, двигатели внутреннего сгорания.

Annotation. This article details the processes of contamination in the air filter system of mining machines operated in mining enterprises and their negative impact on the machine's productivity. Specifically, it has been scientifically analyzed that the permeability of air filters decreases under the influence of dust particles, small abrasive impurities, and other pollutants in the air formed during the production process, resulting in the disruption of the engine's stable operating mode. Cases such as an increase in fuel consumption resulting from the contamination of filter elements, a decrease in the power indicators of technical devices, and a decrease in the overall operational efficiency of machines are also described. Additionally, an analysis of research works and existing literature is provided aimed at increasing the efficiency of mining machine air filters and their cleaning systems, which are widely used in our country's mining industry today. Based on these analyses, scientific conclusions and practical recommendations have been formulated for improving filtration systems, extending their service life, reducing maintenance costs, and ensuring the reliable operation of machines.

Keywords: air filter cleaning device, pressure using horizontal surface vibration, air filter cleaning coefficient, internal combustion engines.

КИРИШ.

Бугунги кунда кон корхоналарида фойдали қазилмани қазиб олиш, юклаш ва уни бойитиш корхоналарига етказиб бериш жараёнида бевосита қатнашаётган кон машиналари ва транспорт машиналарида энг кўп қўлланилаётган двигателлар бу ички ёнув двигателлари ҳисобланади. Кончилик саноатида фойдали қазилмани очиқ усулда қазиб олиш объектлари, яъни карерларда чанг миқдори жуда кўплиги сабабли кон карерларда қўлланилаётган кон машиналари ҳаво фильтрлари кўрсатилган

ISSN 3030-3907

вақтга нисбатан жудаям тез чанг заррачалари билан тўлиб қолиши туфайли бугунги кунда кончилик саноатида қўлланилаётган машиланаларнинг ҳаво фильтрларини тозалаш ишлари жуда долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Кон машиналарининг ички ёнув двигателини узлуксиз, ишончли ва юқори унумдорликда ишлаши унга етказиб берилаётган ҳаво миқдорининг тозалиги ва фильтрланган ҳаво оқимининг сифатига бевосита боғлиқ бўлганилиги сабабли ҳаво фильтрларини доимий, тизимли тозалаб туриш зарурлигини исботлайди. Шу сабабли кон машиналари ҳаво фильтрларини ўз вақтида юқори сифатда тозалаш қурилмаларини такомиллаштириш, нафақат ҳаво фильтрларини, балки ички ёнув двигателини ҳамда кон машиналарининг иш унумдорлигини, ишлаш самарадорлигини ва узоқ муддат ишлашини таъминлаш бугунги кундаги долзарб муаммолардан бири ҳисобланади.

АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ

Бугунги кунда кон машиналарининг ҳаво филтрларини тозалаш тизимларини такомиллаштиришга нисбатан филтрларни конструкциясини янгилаш, ишлаш муддатини ошириш масалалари бўйича кўплаб илмий изланувчилар ва олимлар ўзларининг бир қатор илмий тадқиқотларини олиб бормоқда. Кон машиналари ва ички ёнув двигателларининг узоқ муддатли ишлаши жуда кўп ташқи ва ички факторларга боғлиқ катталик ҳисобланади [1]. Бугунги кунда ҳаво филтрларини тозалашнинг кўплаб замонавий усуллари мавжуд бўлиб, ҳар бир катта гигант корхоналарнинг таъмирлаш майдонларида ёки техникаларга хизмат кўрсатиш объектларида ком машиналарини ҳаво филтрларини тозалаш ишлари олиб борилади.

Бугунги кунда қуйида номлари келтирилган кўплаб чет эл илмий изланувчилари ва олимлари томонидан кон машиналари ҳаво филтрларини тозалаш тизимларини такомиллаштириш мавзусида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда: Marius Tomaa, Iordan Filerua, Peyyang Li, Yatsek A. Koziel, Nubia Macedo, Jeffri J. Zimmerman, Danielle Wrzesinski, Erin Sobotka, Mateo Balderas, Uilyam B. Uolts, Rid Vinsent Parij, Myongson Li, Dongjie Liu, Bauyrjan Yedilbayev, Brett C. Ramirez va Uilyam S. Jenks. Олиб борилаётган илмий тадқиқотлар ва тажрибаларга қарамасдан ҳаво филтрларини тозалаш тизимларини такомиллаштириш муаммолари тўлиқ ўз ечимини топмаган бугунги кунга қадар [2].

Кон машиналари ҳаво филтрларини такомиллаштириш масалалари бўйича республикамиз олимлари Бозоров Б.И., Абдурашидов А.А. ва бошқалар томонидан ҳам кўплаб илмий тадқиқот ва изланишлар, тажриба-синов стендлари тайёрланган ва яхши натижаларга эришилган [3].

ISSN 3030-3907

Чет эл ва республикамиз олимлари томонидан олиб борилган кўплаб илмий изланишлар ва тажрибалар асосида эришилган кўплаб натижаларга қарамасдан бугунги кунда кон корхоналарида қўлланилаётган кон машиналари ички ёнув двигателларига турли хилдаги чанг зарраларининг ўтиб кетиши ва ички ёнув двигателлари иш фаолиятига салбий таъсир кўрсатиш ҳоллари, двигателларнинг чангдан зарар кўриш ва ишдан чиқиш ҳолатлари кон саноатида кўзатилмоқда. Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда мақолада кон машиналари ҳаво филтрларини тозалаш тизимини такомиллаштириш масалалари ва таҳлилий анализлар асосида илмий тадқиқот иши учун вазифаларни белгилаб олиш масалалари мақсад қилиб олинди.

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ.

Кон машиналарининг ҳаво филтрларини тозалаш тизимлари самарадорлигини ошириш ва ички ёнув двигателларининг узоқ муддат, ишончли ишлашини таъминлаш учун асос бўлиб хизмат қилади. Ҳаво филтрларини тозалаш тизимлари такомиллаштириш масалалари бўйича олиб борилаётган илмий тадқиқотлар ва илмий амалий изларишлар жуда кўплаб турдаги методологик ёндашувлар асосида олиб борилади, қуйида бугунги кунда олиб борилаётган асосий турдаги тадқиқот методологиялари таҳлилларини анализ қилиб ўтамиз:

1. Назарий таҳлил усули – ушбу усулда адабиётлар таҳлилини анализ қилиш ва хорижий ҳамда маҳаллий илмий тадқиқотлар, мақола ва тезислар ҳамда мавзу юзасидан тўпланган маълумотларни таҳлил қилиниши зарур. Бу бўлимда кон машиналарининг ички ёнув двигателини турли хилдаги чанглардан асраш мақсадида двигателга кирувчи ҳаво тизимини тозалаш усуллари ва имкониятлари ўрганилади ва таҳлил қилинади.

2. Математик моделлаштириш усули – ушбу методологик усулда илмий изланиш объектидаги кон машиналарининг ҳаво фильтрларини тозалаш ва унга берилаётган ҳаво босимининг йўқотилиши ҳамда ҳаво тезлиги номинал катталиклари устида бир қатор математик усуллардан фойдаланиш мумкин.

3. Экспериментал тадқиқотлар усули – ушбу усулда илмий тадқиқот изланишларини олиб бориш учун кон машиналари ҳафо филтрларини тозалаш самарадорлигини ошириш ва фильтрларни чангдан тозалаш усулларини такомиллаштириш мақсадида тажриба-синов стенди тайёрланади. Фильтрларни чангдан тозалаш самарадорлигини оширишнинг бир неча хил синовлар ёрдамида аниқлашимиз мумкин:

- фильтрларнинг бошланғич массаси ва тозалашдан кейинги массалари солиштирилиб текшириш усули;

ISSN 3030-3907

- фильтрларнинг тозалашдан олдинги берилаётган босимга қаршилик кўрсатиши ва тозалашдан кейинги босимга қаршилик кўрсатиши ўлчанади;
- фильтр юзасидаги чанг сиғими, юзаси, ғоваклик даражаси ва фильтр ўлчамларини аниқлаш усули ва бошқа бир қанча усуллар мавжуд.

Юқорида санаб ўтилган тадқиқот усулларидан биргаликда, умумлаштирилган ҳолда қўллаш тадқиқот иши илмийлиги ва ишончлилигини оширишини ҳисобга олган ҳолда мақолада назарий таҳлиллар ва математик моделлаштириш усулидан фойдаланиб илмий тадқиқот изланишини олиб бордик.

МУҲОКАМА ВА НАТИЖАЛАР.

Бугунги кунда кончилик корхоналари объектларида асосан очиқ кон корхоналарида қўлланилаётган транспорт машиналари ҳаво фильтрларини тозалаш жараёни корхона иш самарадорлигини ошириш мақсадида ҳар бир объектни ўзида ташкил қилинган. Қуйидаги 1-расмда кон машиналари ҳаво фильтрларини компрессор ёрдамида тозалаб фильтрдан чиқаётган чангни қўшимча ортда жойлашган вентилятор қурилмасида тозалаш мосламаси келтирилган, лекин бу усун ҳаво фильтрларини яхши тозалаш имконияти камлигини кўрсатади.



кон машиналарининг ҳаво фильтрлари



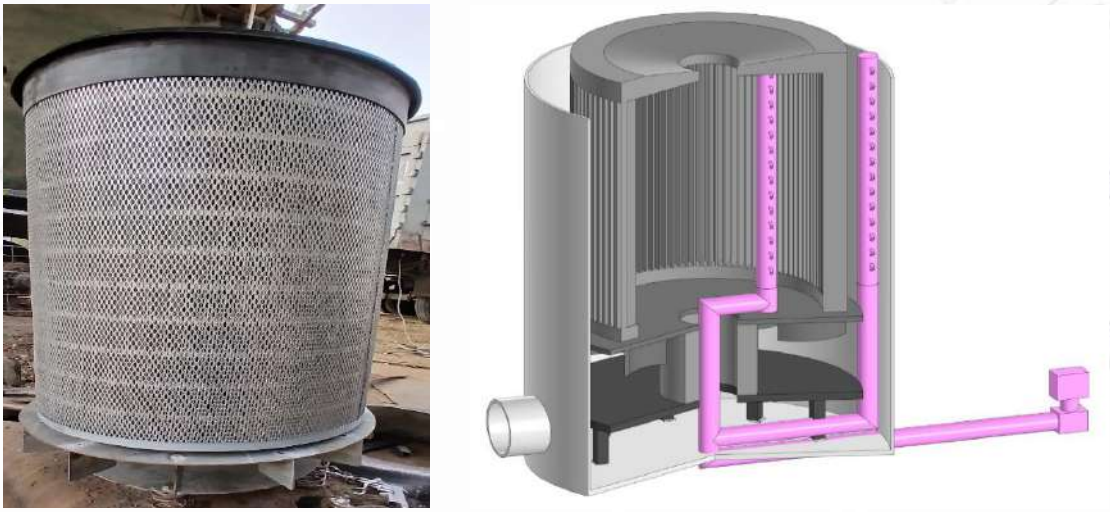
б) кон корхонасида ҳаво фильтрларини тозалаш жараёни

1-расм. Кон корхоналарида қўлланилаётган ҳаво фильтрлари ва фильтр тозалаш жараёни

Олиб борилган изланишлар ва тажрибалар асосида биз шуни таъкидлашимиз жоизки, ҳаво фильтрларини фақатгина компрессор билан ҳаво пуркаб тозалаш бу фильтрларни тозалаш самарадорлигига ўртача ҳисобда 30-40 % ҳисобида самара бериши ва тозаланган фильтрларни қайта чанг билан битиб қолиши ва ишлаш вақти жуда кам давом этишини билдиради.

ISSN 3030-3907

Олиб борилган адабиётлар таҳлили ва юқоридаги кўрсаткичларни ҳисобга олган ҳолда кон машиналари ҳаво фильтрларини тозалаш учун махсус айланма ва илгариланма қайтма ҳаракат берувчи ҳаво фильтрларини чангдан тозалаш мосламаси тажриба синов қурилмасини таклиф қиламиз:



кон машинаси ҳафо фильтри

б) таклиф этилаётган махсус фильтр тозалаш қурилмаси

2-расм. Кон машинаси ҳаво фильтри ва уни тозалаш учун таклиф қилинаётган қурилма

Бугунги кунда кон корхоналарида қўлланилаётган ҳаво фильтрларини тозалаш қурилмаларида ҳаво фильтрларини жуда кам самарадорлик кўрсаткичларида ишлаши ва бу қурилманинг тозалаш коэффициентини жуда камлиги туфайли 2-расмда кўрсатилган янги, фильтрларни самарали тозалаш қурилмаси таклиф қилинган.

ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР.

Кон машиналари ҳаво фильтрлари бу машинанинг ички ёнув двигателига кирадиган ҳаво оқимини ҳар хил чанг ва бошқа моддалардан тозалаб берувчи, ички ёнув двигателини ишлаш тезлиги, ишончлилиги ва бошқа параметрларини кафолатловчи махсус қурилма ҳисобланади.

Таклиф қилинган ҳаво фильтрларини тозалаш қурилмаси ёрдамида кон корхоналарида қўлланилса фильтрларда йиғилиб қолган чанг миқдори 80-90% миқдорида тозаланади, бу эса биринчидан ҳафо фильтрларини тозалаш самарадорлигини ошириб беради, қолаверса кон машиналари ички ёнув двигатели ишончлилиги, узоқ муддат ишлаши ва меҳнат самарадорлигини ошириш учун асосий параметрлардан бири ҳисобланади. Таклиф қилинган кон машиналарини тозалаш қурилмаси кон корхоналарида қўлланилса кон машиналари учун янги, замонавий ҳамда

ISSN 3030-3907

бузилишларини олдини оладиган иқтисодий томондан кам сарф харажатли қурилма бўлиб хизмат қилади.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Barris MA. Total Filtration TM, The Influence of Filter Selection on Engine Wear, Emissions, and Performance. SAE technical paper series, 952557.
2. Базаров Б.И., Абдирашидов А.А. Особенности разработки и эксплуатации установки для очистки воздушных фильтров карьерных автосамосвалов.
3. Tellier, R. COVID-19: The case for aerosol transmission. Interface Focus 2022, 12, 20210072. [CrossRef]
4. Cowling, B.; Ip, D.; Fang, V.; Suntarattiwong, P.; Olsen, S.; Levy, J.; Uyeki, T.; Leung, G.; Peiris, J.M.; Chotpitayasunondh, T.; et al. Aerosol transmission is an important mode of influenza A virus spread. Nat. Commun. 2013, 4, 1935. [CrossRef]
5. Lerner, A.M.; Folkers, G.K.; Fauci, A.S. Preventing the spread of SARS-CoV-2 with masks and other “low-tech” interventions. JAMA 2020, 324, 1935. [CrossRef]
6. Kim, H.-J.; Han, B.; Kim, Y.-J.; Jeong, C.-S.; Lee, S.-H. A simple and efficient method for evaluating air-cleaning performance against airborne allergen particles. Build. Environ. 2013, 60, 272–279. [CrossRef]

ISSN 3030-3907

УДК 622.272:622.7

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Косимов Мухиддин Одилович
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСИС, г.Алмалык, Республика Узбекистан;
ORCID 0009-0008-8108-4950,
E-mail: kosimovmuhiddin25@gmail.com
Раимжанов Бахадиржан Раимжанович
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСИС, г.Алмалык, Республика Узбекистан;
ORCID 0000-0002-0395-1181, Scopus ID 57206666418;
E-mail: b.raimjanov@mail.ru
Каримова Диёра Абдухамидовна
Студентка кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСИС, г.Алмалык, Республика Узбекистан;
E-mail: kdiyora5@gmail.com
Малюшенко Даниил Сергеевич
Участковый геолог ООО «Ахангаранцемент»,
E-mail: dmalyushenko.com

Annotatsiya. Tabiiy resurslar taqchilligi ortib borayotgan va ekologik talablar kuchayib borayotgan sharoitda, qimmatli komponentlarni ajratib olishni maksimallashtirish hamda chiqindilarni minimallashtirishga qaratilgan mineral xomashyodan kompleks foydalanish tamoyillarini joriy etish maqsadga muvofiqdir. Maqolada resurslardan foydalanish kompleksliligini baholashning nazariy asoslari va asosiy ko‘rsatkichlari: komplekslilik koeffitsiyenti (Kkom), chiqindisiz ishlab chiqarish koeffitsiyenti (Kb.o), yer ostidan qazib olish koeffitsiyenti (Kn) va yo‘qotish koeffitsiyenti (Kpot) ko‘rib chiqilgan. Baholashning metodik sxemasi (formulalar (1)–(6)) taqdim etilgan, o‘lchov birliklari va hisoblash tartibi asoslab berilgan. Kompleks texnologiyalarni joriy etishdagi muammolar va to‘siqlarning (infratuzilmaviy, texnologik, iqtisodiy va ekologik) tematik tahlili o‘tkazilgan, shuningdek, samaradorlikni oshirishning amaliy yo‘nalishlari — boshqaruvni raqamlashtirishdan tortib, kam chiqindili qayta ishlash texnologiyalarini joriy etishgacha taklif etilgan. Olingan nazariy xulosalar konchilik sanoati korxonalari uchun xomashyoning ikkilamchi va yo‘lakay komponentlarini muomalaga jalb qilish ulushini oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar shakllantirish imkonini beradi. Ish asosan nazariy xarakterga ega bo‘lib, hisoblash metodikasi elementlarini o‘z ichiga oladi — u keyingi

ISSN 3030-3907

amaliy tadqiqotlar hamda kompleks foydalanish texnologiyalarini joriy etish samaradorligini iqtisodiy-ekologik baholash uchun baza bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: mineral resurslardan kompleks foydalanish, komplekslilik koeffitsiyenti, chiqindisiz ishlab chiqarish koeffitsiyenti, yer qa’ridan qazib olish, texnogen xomashyoni qayta ishlash.

Аннотация. В условиях нарастающего дефицита природных ресурсов и ужесточения экологических требований целесообразно внедрение принципов комплексного использования минерального сырья, направленного на максимизацию извлечения ценных компонентов и минимизацию отходов. В статье рассмотрены теоретические основы и ключевые показатели оценки комплексности использования ресурсов: коэффициент комплексности (Кком), коэффициент безотходности (Кб.о), коэффициент извлечения из недр (Кн) и коэффициент потерь (Кпот). Представлена методическая схема оценки (формулы (1)–(6)), обоснованы единицы измерения и порядок расчёта. Проведён тематический анализ проблем и барьеров внедрения комплексных технологий (инфраструктурные, технологические, экономические и экологические), а также предложены прикладные направления повышения эффективности — от цифровизации управления до внедрения малошумных/малоотходных технологий переработки. Полученные теоретические выводы позволяют сформировать практические рекомендации для предприятий горнодобывающей отрасли по повышению доли вовлечённых в оборот вторичных и попутных компонентов сырья. Работа носит преимущественно теоретический характер с элементами методики расчёта — она полезна как база для последующих прикладных исследований и экономико-экологических оценок эффективности внедрения технологий комплексного использования.

Ключевые слова: комплексное использование минеральных ресурсов; коэффициент комплексности; коэффициент безотходности; извлечение из недр; переработка техногенного сырья.

Abstract. In the context of increasing scarcity of natural resources and increasing environmental requirements, it is advisable to introduce principles of integrated use of mineral raw materials, aimed at maximizing the extraction of valuable components and minimizing waste. The article presents the theoretical foundations and main indicators for assessing the complexity of resource use: the complexity coefficient (Kkom), the waste-free production coefficient (Kb.o), the underground mining coefficient (Kn) and the loss coefficient (Kpot) were considered. The methodological scheme of the assessment (formulas (1)–(6)) is presented, the units of measurement and the calculation procedure are justified. A

thematic analysis of the problems and barriers (infrastructure, technological, economic, and environmental) to the introduction of complex technologies was conducted, and practical areas for increasing efficiency were proposed, from digitalization of management to the introduction of low-emission processing technologies. The obtained theoretical conclusions make it possible to formulate practical recommendations for enterprises of the mining industry to increase the share of involvement of secondary and on-the-go components of raw materials in circulation. The work is mainly theoretical in nature and includes elements of computational methodology - it serves as a basis for further practical research and economic-ecological assessment of the effectiveness of the introduction of complex use technologies.

Keywords: integrated use of mineral resources, coefficient of integration, coefficient of waste-free production, mining, processing of man-made raw materials.

ВВЕДЕНИЕ.

Минеральные ресурсы являются фундаментальной основой промышленного развития и важнейшим фактором экономического роста. Горнодобывающая отрасль обеспечивает сырьевую базу для металлургии, энергетики, строительной индустрии и химического производства. В то же время традиционные подходы к освоению месторождений часто сопровождаются значительными потерями полезных компонентов, накоплением больших объёмов отходов и повышенной нагрузкой на окружающую среду.

В современных условиях ограниченности природных ресурсов и усиления экологических требований особое значение приобретает концепция комплексного использования минерального сырья. Она предполагает максимально полное извлечение всех ценных компонентов из добываемого сырья, вовлечение отходов в повторную переработку и снижение потерь полезных ископаемых на всех стадиях технологического цикла.

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых рациональному недропользованию, остаются актуальными вопросы количественной оценки уровня комплексности использования сырья, а также совершенствования методических подходов к анализу эффективности переработки минеральных ресурсов. Ключевые проблемы комплексного использования минеральных ресурсов горнодобывающей отрасли приведены в таблице №1.

Таблица 1.

ISSN 3030-3907

Ключевые проблемы комплексного использования минеральных ресурсов

Проблема	Описание	Примеры
Моносырьевой подход	Добывается основной компонент, попутные полезные ископаемые теряются в отходах	В железных рудах присутствуют титан, ванадий, кобальт, медь, цинк, никель, сера, фосфор; в рудах цветных металлов — олово, медь, никель, кобальт, вольфрам, молибден, золото, серебро, платиноиды, редкие металлы
Отсутствие единой системы управления отходами	Нет нормативно закреплённых понятий «вторичные минеральные ресурсы», «техногенное месторождение»	Отходы добычи приравниваются к природным ресурсам недр, низкая инвестиционная привлекательность переработки техногенного сырья
Технологические ограничения	Недостаточный уровень разработок для переработки сложных полиметаллических руд	Высокая стоимость внедрения малоотходных и безотходных технологий, несовершенство методов извлечения ценных компонентов из отходов
Экологические вызовы	Накопление промышленных отходов,	Угольная, чёрная и цветная металлургия

ISSN 3030-3907

Проблема	Описание	Примеры
	загрязнение почв, водоёмов и атмосферы	— лидеры по объёму отходов
Экономические барьеры	Высокие капитальные вложения, длительный срок окупаемости	Отсутствие экономических стимулов для недропользователей

2. Методика определения показателя оценки комплексности использования ресурсов

1. Показатель эффективности

Главным критерием эффективности является **коэффициент комплексности** (*К*к), рассчитываемый как отношение стоимости извлечённых компонентов к их общей стоимости в сырье:

$$К_к = \frac{\text{суммарная стоимость извлеченных полезных компонентов}}{\text{суммарная стоимость компонентов в сырье}} \quad (1)$$

Для горнодобывающих предприятий уровень комплексности определяется:

количеством добываемых полезных ископаемых и компонентов;

степенью полноты их извлечения;

уровнем реализации извлечённых компонентов.

2. Коэффициент комплексности извлечения полезных компонентов ($K_{ком}$)

$$K_{ком} = \frac{\sum(qj \times Цj)}{\sum(pi \times Цi)} \quad (2)$$

где, $K_{ком}$-коэффициент комплексности извлечения (безразмерная величина, обычно от 0 до 1);

p_i—количество (масса/объём) *i*-го извлечённого полезного компонента в товарной продукции (например, т, кг);

$Ц_i$—цена (стоимость) единицы *i*-го компонента (например, руб./т, долл./кг);

q_j—количество (масса/объём) *j*го полезного компонента, содержащегося в исходном сырье (в недрах/в руде);

$Ц_j$— цена (стоимость) единицы *j*-го компонента в сырье.

Смысл: отношение суммарной стоимости всех извлечённых компонентов к суммарной стоимости тех же компонентов в исходном сырье. Чем ближе *К*ком к 1, тем полнее используется сырьё.

3. Коэффициент безотходности производства ($К_{б.о}$)

ISSN 3030-3907

$$K_{б.о}=\frac{\sum Bi}{V} \quad (3)$$

где, Кб.о -коэффициент безотходности (безразмерная величина, от 0 до 1);

Bi—масса (объём) i-го вида продукции, полученной из сырья (включая побочные продукты, строй материалы и т. п.);

V — общая масса (объём) исходного добытого сырья.

Смысл: доля сырья, превращённая в полезную продукцию (без учёта безвозвратных потерь). Чем выше Кб.о, тем меньше отходов.

4.Коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр (Кн)

$$Кн=\frac{Д}{Б\cdot С} \quad (4)$$

где,

Кн – коэффициент извлечения из недр (безразмерная величина, от 0 до 1);

Д-количество добытого полезного ископаемого (масса/объём, т, м³);

Б-балансовые запасы полезного ископаемого в недрах (масса/объём);

С – коэффициент разубоживания (доля пустой породы безразмерный, от 0 до 1).

Смысл: показывает, какая часть балансовых запасов фактически извлечена с учётом разубоживания руд.

5. Коэффициент потерь полезного компонента при добыче (Кпот)

$$Кпот=\frac{В_{пап}}{Б_{об}} \quad (5)$$

где,

Кпот – коэффициент потерь (безразмерная величина, от 0 до 1);

Впап- масса потерянного полезного компонента (например, в отвалах, хвостах, при транспортировке);

Боб-общее количество полезного компонента в отрабатываемом блоке/ Залежи (балансовое содержание).

Смысл: доля потерянного компонента от его исходного количества в отрабатываемом объёме.

6. Показатель безотходности (Кб)

$$Кб=\frac{Мв}{Му}\times 100\% \quad (6)$$

где, $K_б$-показатель безотходности (в %);

$M_у$-масса утилизированных (переработанных) отходов производства;

$M_в$-общая масса образовавшихся отходов.

Смысл: процент отходов, вовлечённых в переработку/утилизацию. Чем выше *К*б, тем меньше складируемых/ захороненных отходов.

Все показатели ($K_{ком}$, $K_{б.о}$, *Кн* и др.) — безразмерные либо выражаются в %;

ISSN 3030-3907

Единицы измерения p_i, q_j, $M_у$, $M_в$ и т. п. должны быть согласованы в тоннах.

Цены ($Ц_i$, $Ц_j$) обычно берутся на момент оценки (рыночные, контрактные и пр).

Представленные расчётные выражения формируют систему количественных показателей, характеризующих эффективность освоения минеральных ресурсов и степень комплексности их использования. Применение данных зависимостей позволяет проводить сравнительный анализ технологических решений, оценивать уровень рациональности недропользования и определять направления повышения полноты извлечения ценных компонентов.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ.

3.1. Анализ проблем комплексного использования полезных ископаемых

На современном этапе развития горнодобывающей отрасли основной преградой на пути к рациональному недропользованию остается исторически сложившийся принцип «моно сырьевой» добычи. Технологические регламенты большинства действующих предприятий ориентированы на извлечение 1–2 базовых компонентов, что приводит к колоссальным потерям сопутствующей ценной продукции.

Статистические данные и минералогические исследования показывают, что в железных рудах, помимо основного металла, содержатся промышленные концентрации титана, ванадия, кобальта, меди и фосфора. В рудах цветных металлов ситуация еще более показательна: здесь присутствуют золото, серебро, платиноиды, селен, теллур и широкий спектр редких металлов%, на рисунке 1 изображено распределение минеральных ресурсов по классам. На сегодняшний день мировая практика позволяет извлекать более 70 видов попутных компонентов из комплексных руд, однако на большинстве отечественных предприятий этот потенциал реализуется менее чем на 30–40. Основными причинами являются:

1. Несовершенство флотационных и гравитационных схем, не позволяющих разделять мелкодисперсные включения;
2. Отсутствие экономической мотивации у недропользователей при низких штрафах за накопление отходов;
3. Недостаточная изученность техногенных массивов как вторичных месторождений.

ISSN 3030-3907



Рис.1. Распределение минеральных ресурсов по классам

3.2. Предлагаемые аспекты реализации модели комплексности и безотходного производства

Для качественного изменения ситуации предлагается внедрение комплексной модели, охватывающей все стадии жизненного цикла месторождения (рис. 2):

- Модернизация процесса разработки: Четкое разделение границ валовой выемки и селективной добычи. Это позволяет на ранней стадии разделять рудные потоки с разным содержанием полезных компонентов. Ключевым аспектом здесь является сохранение некондиционных руд и вскрышных пород в специальных хранилищах с целью их последующего использования, когда технологии станут более эффективными.
- Глубокая переработка и интенсификация извлечения: внедрение комбинированных методов (гидрометаллургия совместно с пирометаллургией). Например, при переработке медных концентратов необходимо использовать автоклавное выщелачивание для извлечения благородных металлов и элементов платиновой группы, которые ранее уходили в хвосты. Это превращает обогатительную фабрику в многопрофильный химико-металлургический комплекс.
- Рециклинг и системное управление отходами: хвосты обогащения и шлаки должны рассматриваться не как мусор, а как подготовленное сырье. Шахтные породы и отвалы могут быть полностью переработаны в закладочные смеси для упрочнения выработанного пространства, а также в высококачественные строительные материалы (цементный клинкер,

ISSN 3030-3907

дорожные основания, керамический кирпич). Это создает замкнутый цикл производства.

3.3. Экономико-экологическая значимость и стратегические векторы развития

Комплексный подход кардинально меняет экономику предприятия. Опыт передовых комбинатов показывает, что диверсификация производства позволяет распределять затраты на геологоразведочные и вскрышные работы между несколькими видами товарной продукции. В ряде случаев выручка от реализации попутных компонентов (например, редких земель) полностью покрывает операционные расходы на добычу основного сырья.

С экологической точки зрения, внедрение принципов циркулярной экономики ведет к:

- Радикальному сокращению площадей, отчуждаемых под хвостохранилища (решение проблемы «пылящих пляжей»);
- Снижению риска загрязнения подземных вод за счет утилизации агрессивных шлаков;
- Восстановлению ландшафтов через использование вскрыши для рекультивации.

Перспективными направлениями, способными обеспечить технологический прорыв, являются внедрение систем искусственного интеллекта для онлайн-контроля состава руды на конвейере (Big Data), создание межотраслевых кластеров (где отходы горного дела потребляются строительной отраслью) и международное сотрудничество в области трансфера «зеленых» технологий переработки техногенного сырья.

ISSN 3030-3907



Рис.2. Незамкнутый цикл полного использования материалов [7]

Практика показывает, что в связи с постоянным снижением содержания полезных компонентов в минеральном сырье его переработка становиться дорогостоящей по сравнению с простыми методами механического обогащения и переработкой меньшего объема сырья с более высоким содержанием. Пример успешного комплексного использования природных ресурсов приведена в табл.2.

Таблица 2.

Примеры успешного комплексного использования минеральных ресурсов

Отрасль	**Продукт/технология**	**Результат**
Угольная промышленность	Переработка золошлаковых отходов	Производство строительных материалов, снижение объёмов отходов
Цветная металлургия	Извлечение редких металлов из отходов	Повышение рентабельности, диверсификация продукции
Фосфорная промышленность	Использование фосфогипса	Применение в сельском хозяйстве и строительстве,

ISSN 3030-3907

Отрасль	Продукт/технология	Результат
		снижение экологического ущерба
Цементная промышленность	Использование карбонатных пород и суглинков	Снижение затрат на сырьё, уменьшение экологического следа
Горнодобывающая промышленность	Переработка техногенных месторождений	Вовлечение в производство ранее утерянных ценных компонентов

4. ОБСУЖДЕНИЕ.

Результаты проведенного исследования подтверждают гипотезу о том, что современная парадигма недропользования находится в стадии глубокой трансформации. Как показал анализ проблем в разделе 3.1, традиционный моно-ресурсный подход исчерпал свою эффективность не только с экологической, но и с экономической точки зрения.

Сравнивая предложенную нами модель (раздел 3.2) с классическими трудами ведущих ученых в области горного дела можно отметить, если в начале XX века комплексность рассматривалась преимущественно как извлечение максимального количества химических элементов, здесь речь идет о создании «экологосбалансированных технологий». Это означает, что конечным продуктом горного предприятия должен стать не только концентрат, но и рекультивированный ландшафт, а также полное отсутствие техногенных накоплений на земной поверхности.

Особого внимания заслуживает вопрос экономической целесообразности глубокой переработки. Существует мнение, что при постоянном снижении содержания полезных компонентов в минеральном сырье (тренд, отмеченный во многих работах последних десятилетий), затраты на извлечение попутных микро-компонентов становятся критическими. Однако наше исследование показывает, что внедрение цифровых систем управления и Big Data позволяет нивелировать этот фактор за счет точной настройки технологических процессов и снижения удельных энергозатрат.

Важным аспектом обсуждения является легитимация техногенного сырья. Мы предлагаем рассматривать хвосты обогащения не как «отходы», а как «техногенные месторождения» с уже подготовленным

ISSN 3030-3907

(измельченным) материалом, что дополняет её необходимостью интеграции горного кластера со строительной отраслью. Практика показывает, что использование вскрышных пород для производства цемента или дорожного щебня позволяет окупить затраты на добычу основного компонента на 15–20%. Таким образом, обсуждаемые направления развития — от селективной добычи до полной утилизации хвостов — не являются лишь теоретическим идеалом. Это насущная необходимость для обеспечения выживаемости горнодобывающего сектора в условиях глобальной конкуренции и жестких климатических протоколов. Дальнейшие исследования в этой области должны быть сосредоточены на разработке нанотехнологий для извлечения ультра-мелких включений редких металлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В ходе проведенного исследования были сделаны следующие выводы, имеющие как теоретическое, так и практическое значение для горнодобывающей отрасли:

1. Традиционная модель недропользования, ориентированная на добычу моно-сырья, в современных условиях ведет к потере до 60–70% потенциальной ценности месторождений. Переход к комплексной модели (раздел 3.2) является единственным способом обеспечения экономической устойчивости предприятий на фоне снижения содержания полезных компонентов в первичных рудах.

2. Предложенная система коэффициентов (формулы 1–6) позволяет объективно оценивать уровень рациональности использования недр. Коэффициенты комплексности и безотходности должны стать базовыми индикаторами при аудите деятельности горно-обогатительных комбинатов, позволяя выявлять скрытые резервы производства.

3. Хвосты обогащения и вскрышные породы следует рассматривать как «техногенные месторождения» второго порядка. Интеграция горнодобывающих предприятий со строительной и химической отраслями позволяет не только диверсифицировать товарную продукцию, но и решить острые экологические проблемы, связанные с накоплением отходов и отчуждением земель под хвостохранилища.

4. Внедрение в производство технологий индустрии 4.0 (Big Data, интеллектуальные системы управления) признано ключевым фактором, позволяющим сделать глубокую переработку бедных руд рентабельной. Автоматизация контроля качества рудопотока в режиме реального времени минимизирует потери ценных сопутствующих элементов. Таким образом, комплексное использование минеральных ресурсов — это многофакторная задача, требующая пересмотра технологических схем и создания новых

ISSN 3030-3907

логистических цепочек. Реализация предложенных в работе аспектных направлений позволит горнодобывающему сектору не только снизить экологическую «цену» продукции, но и выйти на новый уровень ресурсоэффективности в рамках глобальной циркулярной экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев, П. Ю. Рациональное использование минеральных ресурсов / П. Ю. Алексеев. — М.: Недра, 2019. — 240 с.
2. Иванов, С. Н. Горная промышленность России: проблемы и перспективы / С. Н. Иванов. — СПб.: ГИОРД, 2021. — 312 с.
3. Комплексное использование минерального сырья // Записки Горного института. — 2020. — Т. 245. — С. 144–158.
4. Кузнецов, В. А. Экологические аспекты недропользования / В. А. Кузнецов. — Екатеринбург: УрОРАН, 2018. — 198 с.
5. Нечаев, А. В. Основы устойчивого развития в горной отрасли / А. В. Нечаев, Л. С. Михайлова. — М.: ГЕОС, 2022. — 280 с.
6. https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-effektivnost-kompleksnogo-ispolzovaniya-mestorozhdeniy-poleznyh-iskopaemyh
7. Верхотуров А.Д. Минералогическое материаловедение как раздел науки о материалах //Химическая технология. 2002. № 6. С. 2-8; № 7. С. 2–8.
8. Чантурия В.А. Основные направления комплексной переработки минерального сырья // Горный журнал. 1995. № 1. С. 50–54.
9. Чантурия В.А. Теоретические основы повышения контрастности свойств и эффективности разделения минеральных компонентов // Цветные металлы. 1998. № 9. С. 11–17.
10. Горные науки, освоение и сохранение недр Земли / под ред. акад. К.Н. Трубецкого. М.: Изд. АГН, 1997. 475с.
11. Достижения и приоритеты горных наук в России / К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, Д.Р. Каплунов, Н.Н. Чаплыгин // Горный журнал. 2000. № 6. С. 22–27
12. Комплексное использование руд и концентратов / В.А. Резниченко, М.С. Липихина, А.А. Морозов и др. М.: Наука, 1989. 172с.
13. Ларичкин, Ф. Д. Эволюция и формирование современной парадигмы (модели) комплексного использования минерального сырья / Ф. Д. Ларичкин // Север и рынок: формирование экономического порядка. — 2011. — № 1 (27). — С. 8–14.

ISSN 3030-3907

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЦЕМЕНТАЦИИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ СЛАБЫХ ГРУНТОВ

Акбарова Дильноза Баходир кизи

Аспирант 1-го года обучения по специальности «Механика грунтов и горных пород» в Белорусско-Узбекском совместном межведомственном институте прикладных технических квалификаций в Ташкенте

Аннотация. В статье рассмотрены современные методы применения цементации для укрепления слабых грунтов в строительстве и геотехнической инженерии. Проведен анализ научных исследований, посвященных вопросам повышения прочности, снижения деформативности и уменьшения фильтрационных свойств грунтовых оснований с использованием цементных и цементно-композиционных растворов. Особое внимание уделено технологии струйной цементации, обеспечивающей эффективное укрепление водонасыщенных, просадочных и неоднородных грунтов. Рассмотрены основные факторы, влияющие на эффективность цементации, включая состав раствора, водоцементное отношение, давление инъекции и инженерно-геологические условия. Отмечена актуальность применения технологии цементации в условиях Узбекистана и стран Центральной Азии, характеризующихся распространением лессовых и засоленных грунтов. Сделан вывод о высокой эффективности цементации как способа повышения надежности и долговечности строительных сооружений.

Ключевые слова: цементация, грунт, прочность, деформация, фильтрация, устойчивость, инъекция, лесс, геотехника, основание.

Abstract. The article discusses modern applications of cementation methods for strengthening weak soils in construction and geotechnical engineering. An analysis of scientific studies related to improving soil strength, reducing deformability, and decreasing filtration properties of foundations using cement and cement-composite grouts is presented. Special attention is paid to jet grouting technology, which provides effective stabilization of water-saturated, collapsible, and heterogeneous soils. The main factors influencing the efficiency of cementation, including grout composition, water-cement ratio, injection pressure, and engineering-geological conditions, are examined. The relevance of cementation technology for Uzbekistan and Central Asian countries characterized by loess and saline soils is emphasized. The study concludes that cementation is a highly effective method for increasing the reliability, stability, and durability of engineering and construction structures.

Keywords: cementation, soil, strength, deformation, filtration, stability, injection, loess, geotechnics, foundation.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ushbu maqolada qurilish va geotexnika muhandisligida yumshoq tuproqlarni mustahkamlash uchun groutingdan foydalanishning zamonaviy usullari ko‘rib chiqiladi. Unda sement va tsement-kompozit ohaklardan foydalangan holda tuproq poydevorlarining mustahkamligini oshirish, deformatsiyalarini kamaytirish va filtrlash xususiyatlarini kamaytirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar tahlil qilinadi. Suvga to‘yingan, cho‘kishga moyil va heterojen tuproqlarni samarali barqarorlashtirishni ta'minlaydigan jet grouting texnologiyasiga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ohak tarkibi, suv-tsement nisbati, quyish bosimi, muhandislik va geologik sharoitlarni o‘z ichiga olgan grouting samaradorligiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar ko‘rib chiqiladi. O‘zbekiston va Markaziy Osiyo mamlakatlari sharoitida lyoss va sho‘rlangan tuproqlarning keng tarqalganligi bilan ajralib turadigan grouting texnologiyasining dolzarbligi qayd etilgan. Qurilish inshootlarining ishonchliligi va chidamliligini oshirish usuli sifatida groutingning yuqori samaradorligi to‘g‘risida xulosa chiqariladi.

Kalit so‘zlar: sementlash, tuproq, mustahkamlik, deformatsiya, filtratsiya, barqarorlik, in'ektsiya, lyoss, geotexnika, poydevor.

ВВЕДЕНИЕ.

В современном строительстве одной из наиболее актуальных инженерно-геотехнических проблем остается обеспечение надежности зданий и сооружений, возводимых на слабых грунтах. Рост объемов промышленного, транспортного и гражданского строительства, а также активное освоение территорий со сложными инженерно-геологическими условиями требуют применения эффективных методов повышения несущей способности оснований. Слабые грунты, характеризующиеся высокой сжимаемостью, низкой прочностью и значительной водонасыщенностью, часто становятся причиной неравномерных осадок, деформаций фундаментов и снижения эксплуатационной надежности сооружений. В связи с этим вопросы укрепления грунтовых оснований приобретают особую научную и практическую значимость. Одним из наиболее перспективных и широко применяемых методов улучшения свойств слабых грунтов является цементация. Данный метод основан на нагнетании цементных или цементно-композиционных растворов в массив грунта с целью заполнения пор и трещин, уменьшения водопроницаемости, повышения плотности и прочностных характеристик основания. Технология цементации позволяет существенно повысить устойчивость грунтовых массивов, сократить деформации и обеспечить долговечность строительных объектов. В современных условиях метод цементации активно используется при

ISSN 3030-3907

строительстве транспортных сооружений, тоннелей, гидротехнических объектов, фундаментов высотных зданий, а также при реконструкции существующих сооружений [1].

Развитие инъекционных технологий в последние годы привело к совершенствованию методов цементации и появлению новых типов закрепляющих составов. Исследования показывают, что применение микроцементов, композиционных цементных растворов, полимерцементных смесей и струйной цементации позволяет значительно повысить эффективность укрепления слабых и просадочных грунтов. Особое внимание уделяется вопросам регулирования давления инъекции, глубины проникновения раствора, а также взаимодействия цементирующих составов с различными типами грунтов. Использование современных технологий дает возможность выполнять укрепление грунтов в условиях плотной городской застройки и сложной гидрогеологической обстановки. В инженерной практике стран Центральной Азии, в том числе Узбекистана, проблема укрепления слабых грунтов имеет особую актуальность. Значительная часть территорий характеризуется наличием лессовых, просадочных и переувлажненных грунтов, склонных к деформациям под воздействием нагрузок и изменения влажностного режима. В условиях интенсивного развития транспортной инфраструктуры и городского строительства возникает необходимость применения надежных технологий стабилизации оснований. Исследования узбекских ученых показывают эффективность использования модифицирующих и цементирующих составов для улучшения механических характеристик грунтов земляного полотна и строительных оснований [2].

Особую роль в развитии технологий укрепления грунтов играет струйная цементация, которая обеспечивает формирование в грунтовом массиве прочных грунтоцементных элементов с высокими эксплуатационными характеристиками. Применение данной технологии позволяет эффективно укреплять обводненные, неоднородные и слабые грунты без значительных земляных работ. Кроме того, струйная цементация обеспечивает снижение фильтрационных свойств грунта и повышение устойчивости сооружений к динамическим и статическим нагрузкам. Современные исследования подтверждают высокую эффективность данного метода при строительстве подземных сооружений и защите объектов от карстово-суффозионных процессов. Несмотря на широкое применение метода цементации, остаются актуальными вопросы оптимизации технологических параметров процесса, выбора состава инъекционных растворов и оценки эффективности укрепления различных

ISSN 3030-3907

типов слабых грунтов. Необходимость повышения экономической эффективности строительных работ и обеспечения экологической безопасности также требует дальнейшего совершенствования существующих технологий. В этой связи проведение исследований, направленных на анализ применения метода цементации для укрепления слабых грунтов, представляет значительный научный и практический интерес [3].

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ. Вопрос укрепления слабых грунтов в современной геотехнике рассматривается как одно из ключевых направлений обеспечения надежности оснований зданий и сооружений. Рост урбанизации, увеличение нагрузок на фундаменты, развитие транспортной и промышленной инфраструктуры привели к необходимости применения эффективных технологий искусственного улучшения инженерно-геологических свойств грунтов. Особое место среди существующих методов занимает цементация, позволяющая значительно повысить прочностные и деформационные характеристики слабых оснований, уменьшить фильтрационные процессы и повысить устойчивость сооружений в сложных гидрогеологических условиях. В научной литературе слабые грунты характеризуются как грунтовые массивы с низкой несущей способностью, высокой пористостью и значительной чувствительностью к изменению влажности. К таким грунтам относятся водонасыщенные глины, лессовые просадочные грунты, илистые и заторфованные основания. Исследователи отмечают, что строительство на подобных территориях без предварительного укрепления приводит к развитию неравномерных осадок, трещинообразованию и снижению эксплуатационной надежности сооружений. Особенно актуальна данная проблема для регионов Центральной Азии и Узбекистана, где широко распространены лессовые и засоленные грунты [4].

В последние годы в научных исследованиях особое внимание уделяется методам искусственного закрепления грунтов, среди которых цементация считается наиболее универсальной технологией. Данный метод основан на нагнетании цементного раствора в поровое пространство грунта под определенным давлением. В результате происходит заполнение пустот, снижение коэффициента фильтрации и формирование грунтоцементного массива с повышенными механическими характеристиками. Исследования показывают, что эффективность цементации напрямую зависит от гранулометрического состава грунта, водоцементного отношения, давления инъекции и глубины закрепления. Современные исследования демонстрируют значительное развитие технологий струйной цементации

ISSN 3030-3907

(jet grouting), которая отличается высокой эффективностью при работе с неоднородными и водонасыщенными грунтами. Метод основан на разрушении грунтовой структуры высоконапорной струей цементного раствора с последующим формированием прочных грунтоцементных колонн. Авторы современных исследований отмечают, что применение струйной цементации позволяет существенно увеличить модуль деформации основания и снизить вероятность просадочных деформаций. Особенно эффективной данная технология считается при строительстве подземных сооружений, мостовых опор и транспортных тоннелей [5].

Согласно исследованиям в области гидротехнического строительства, важным фактором эффективности цементации является состав водоцементной суспензии. Экспериментальные работы показали, что уменьшение водоцементного отношения способствует повышению прочности грунтоцемента. При этом чрезмерное снижение количества воды ухудшает проникающую способность раствора и затрудняет его распространение в массиве грунта. Наиболее оптимальные результаты были получены при водоцементном отношении около 0,8, обеспечивающем достаточную текучесть раствора и высокую прочность сформированного грунтоцемента. В научной литературе также широко рассматриваются вопросы фильтрационных свойств грунтоцемента. Исследования показывают, что после цементации коэффициент фильтрации грунтов снижается в десятки раз, что особенно важно при строительстве гидротехнических объектов и подземных сооружений. Формирование грунтоцементного массива позволяет значительно уменьшить водопроницаемость основания и повысить устойчивость сооружений к воздействию грунтовых вод. Кроме того, снижение фильтрации способствует уменьшению суффозионных процессов и предотвращает размыв основания [6].

Для более наглядного анализа результатов современных исследований целесообразно представить сравнительную характеристику различных методов укрепления слабых грунтов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов укрепления слабых грунтов

Метод укрепления	Основной принцип	Преимущества	Недостатки	Область применения
Цементация	Инъекция цементного раствора	Высокая прочность,	Высокая стоимость работ	Фундаменты, тоннели,

ISSN 3030-3907

		снижение фильтрации		гидротехнические объекты
Струйная цементация	Разрушение грунта струей раствора	Универсальность, высокая эффективность	Требует специального оборудования	Слабые и водонасыщенные грунты
Силикатизация	Введение химических растворов	Быстрое твердение	Ограниченная долговечность	Песчаные грунты
Виброуплотнение	Уплотнение механическим воздействием	Экономичность	Низкая эффективность на глинах	Песчаные основания
Вертикальные дренажи	Ускорение консолидации	Снижение осадок	Длительность процесса	Водонасыщенные грунты

Анализ литературных источников показывает, что цементация по сравнению с другими методами обладает наиболее высокой универсальностью и обеспечивает комплексное улучшение свойств грунтового массива. Вместе с тем исследователи подчеркивают необходимость индивидуального подбора технологии в зависимости от инженерно-геологических условий строительной площадки. Важное место в современных исследованиях занимают вопросы укрепления грунтов в сейсмически активных районах. Для территорий Центральной Азии данная проблема имеет особое значение вследствие высокой сейсмичности региона и широкого распространения просадочных грунтов. Исследователи отмечают, что цементация позволяет значительно повысить устойчивость оснований к динамическим воздействиям и уменьшить вероятность разжижения грунтов при землетрясениях. Формирование грунтоцементных колонн способствует повышению жесткости основания и снижению амплитуды деформаций [7].

Работы узбекских ученых в последние годы посвящены изучению механических свойств грунтов дорожного полотна и оснований транспортных сооружений. В исследованиях отмечается, что применение

ISSN 3030-3907

модифицирующих и цементирующих составов позволяет существенно повысить прочность грунтов и улучшить их водоустойчивость. Особое внимание уделяется укреплению засоленных и лессовых грунтов, широко распространенных на территории Узбекистана. Результаты лабораторных испытаний показывают значительное увеличение модуля деформации и снижение влажностной чувствительности грунтов после обработки цементирующими составами. В современных исследованиях также рассматривается влияние химических добавок на свойства грунтоцемента. Использование жидкого стекла, технической соды и полимерных компонентов позволяет регулировать время твердения раствора, повышать прочностные характеристики и улучшать устойчивость материала к агрессивным средам. Однако ряд исследований показывает, что применение комплексных добавок не всегда приводит к значительному улучшению свойств грунтоцемента. В некоторых случаях наблюдается снижение прочности вследствие нарушения процессов гидратации цемента [8].

Большое значение в научной литературе уделяется вопросам долговечности укрепленных грунтовых оснований. Исследования показывают, что качество грунтоцемента зависит не только от состава раствора, но и от условий эксплуатации сооружения. Воздействие грунтовых вод, циклические нагрузки и температурные колебания способны изменять структуру грунтоцементного массива. Поэтому современные исследователи рекомендуют учитывать гидрогеологические условия, агрессивность среды и характер нагрузок еще на стадии проектирования технологии цементации. Отдельное направление исследований связано с применением численного моделирования и лабораторных экспериментов при изучении процессов цементации. Современные программные комплексы позволяют прогнозировать распределение напряжений в грунтовом массиве, оценивать изменение деформационных характеристик и моделировать взаимодействие грунтоцементных элементов с основанием сооружения. Использование математического моделирования значительно повышает точность проектирования и позволяет оптимизировать параметры инъекционных работ [9].

Для оценки эффективности различных технологий цементации в научной литературе приводятся данные изменения прочностных характеристик грунтов после укрепления.

ISSN 3030-3907

Таблица 2

Изменение свойств грунтов после цементации

Показатель	До цементации	После цементации
Прочность на сжатие	0,15–0,30 МПа	1,5–5,0 МПа
Модуль деформации	5–12 МПа	35–90 МПа
Коэффициент фильтрации	(10^{-3}) – (10^{-4}) м/с	(10^{-6}) – (10^{-8}) м/с
Осадка основания	Высокая	Незначительная
Устойчивость к динамическим нагрузкам	Низкая	Повышенная

Представленные данные свидетельствуют о высокой эффективности цементации как метода укрепления слабых грунтов. Наиболее значительные изменения наблюдаются в снижении водопроницаемости и повышении прочности основания. Таким образом, анализ современной научной литературы показывает, что метод цементации является одним из наиболее эффективных способов укрепления слабых грунтов. Развитие инъекционных технологий, совершенствование составов цементных растворов и внедрение методов струйной цементации позволяют значительно повысить надежность оснований зданий и сооружений. Особую актуальность данная технология имеет для условий Узбекистана и других стран Центральной Азии, где широко распространены просадочные, водонасыщенные и засоленные грунты. Вместе с тем существующие исследования подтверждают необходимость дальнейшего изучения процессов взаимодействия цементирующих составов с различными типами грунтов, оптимизации технологических параметров и повышения долговечности грунтоцементных массивов [10].

Обсуждение результатов исследования. Проведенный анализ современных методов укрепления слабых грунтов показывает, что технология цементации занимает одно из ведущих мест среди инженерно-геотехнических способов повышения несущей способности оснований. Полученные результаты подтверждают, что применение цементных инъекций обеспечивает значительное улучшение механических и фильтрационных свойств грунтов, особенно в условиях высокой влажности и слабой структурной устойчивости основания. В ходе исследования было установлено, что эффективность цементации определяется не только характеристиками применяемого цементного раствора, но и инженерно-геологическими условиями строительной площадки, типом грунта, глубиной закрепления и технологическими параметрами нагнетания

ISSN 3030-3907

раствора. Анализ литературных данных и результатов современных экспериментальных исследований показывает, что после цементации наблюдается существенное повышение прочности грунтов на сжатие и уменьшение их деформативности. Особенно выраженный эффект достигается при укреплении водонасыщенных песчаных и лессовых грунтов, где цементный раствор эффективно заполняет поровое пространство и способствует формированию прочного грунтоцементного массива. При этом важным фактором является равномерность распределения раствора в толще грунта, поскольку локальные зоны недостаточного насыщения могут снижать общую устойчивость основания [11].

В процессе исследования было выявлено, что технология струйной цементации обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами инъекционного укрепления. Высоконапорная подача цементного раствора обеспечивает разрушение природной структуры слабого грунта и формирование более однородных грунтоцементных колонн. Благодаря этому значительно повышается модуль деформации основания и уменьшается вероятность развития неравномерных осадок. Кроме того, струйная цементация позволяет выполнять работы в условиях ограниченного пространства и плотной городской застройки, что особенно актуально для современных мегаполисов и промышленных зон. Результаты исследования также подтверждают, что эффективность цементации напрямую зависит от соотношения воды и цемента в растворе. При повышенном содержании воды раствор обладает хорошей проникающей способностью, однако после твердения прочность грунтоцемента снижается. В то же время чрезмерное уменьшение водоцементного отношения приводит к ухудшению подвижности раствора и затрудняет его проникновение в мелкопористые грунты. В связи с этим оптимальный подбор состава цементной суспензии является одним из ключевых условий достижения высоких эксплуатационных характеристик укрепленного основания [12].

Отдельное внимание в исследовании уделялось вопросам снижения фильтрационных свойств грунтов после цементации. Полученные данные свидетельствуют о значительном уменьшении коэффициента фильтрации, что особенно важно при строительстве гидротехнических сооружений, подземных объектов и фундаментов в условиях высокого уровня грунтовых вод. Формирование плотной грунтоцементной структуры способствует уменьшению движения воды в массиве грунта и предотвращает развитие суффозионных процессов. Это позволяет повысить долговечность

ISSN 3030-3907

сооружений и снизить риск деформаций, вызванных вымыванием частиц грунта. В ходе анализа установлено, что применение химических и минеральных добавок способно существенно улучшить свойства грунтоцемента. Использование микроцементов, полимерных компонентов и модифицирующих веществ способствует ускорению процессов твердения, повышению прочности и устойчивости материала к агрессивным средам. Однако результаты ряда исследований показывают, что чрезмерное использование химических добавок может привести к изменению структуры цементного камня и ухудшению его долговечности. Поэтому при разработке состава инъекционных растворов необходимо учитывать не только прочностные характеристики, но и длительную устойчивость материала в условиях эксплуатации [13].

Особую актуальность технология цементации имеет для территории Узбекистана и других стран Центральной Азии. Значительная часть региона характеризуется распространением лессовых, просадочных и засоленных грунтов, обладающих низкой устойчивостью к нагрузкам и изменению влажностного режима. Результаты исследования показывают, что применение цементации в подобных условиях позволяет существенно повысить устойчивость оснований транспортных сооружений, жилых и промышленных объектов. Кроме того, укрепление грунтов цементными растворами способствует уменьшению риска деформаций при сейсмических воздействиях, что имеет важное значение для сейсмоопасных районов региона. Следует отметить, что несмотря на высокую эффективность цементации, данная технология имеет ряд ограничений. Одной из основных проблем является высокая стоимость проведения инъекционных работ, особенно при использовании современных технологий струйной цементации и специальных цементных составов. Кроме того, эффективность метода может снижаться в сильно неоднородных грунтах, где наблюдается неравномерное распространение раствора. В таких случаях требуется проведение дополнительных инженерно-геологических исследований и применение комплексных методов укрепления основания [14].

Результаты исследования подтверждают необходимость дальнейшего совершенствования технологий цементации слабых грунтов. Перспективными направлениями являются разработка экологически безопасных цементирующих составов, использование цифрового моделирования процессов инъекции и внедрение автоматизированных систем контроля параметров цементации. Применение современных вычислительных методов позволяет более точно прогнозировать изменение

ISSN 3030-3907

напряженно-деформированного состояния грунтового массива и оптимизировать параметры укрепления. Таким образом, обсуждение результатов исследования показывает, что метод цементации является эффективным и технологически обоснованным способом укрепления слабых грунтов. Его применение обеспечивает повышение несущей способности оснований, снижение деформаций и улучшение эксплуатационной надежности сооружений. Современные тенденции развития геотехнических технологий свидетельствуют о дальнейшем расширении области применения цементации, особенно в условиях сложных инженерно-геологических и сейсмических условий [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате проведенного исследования установлено, что метод цементации является одним из наиболее эффективных способов укрепления слабых грунтов в современных инженерно-геологических условиях. Анализ научной литературы и современных технологий показал, что применение цементных и цементно-композиционных растворов способствует значительному повышению прочности грунтов, снижению их деформативности и уменьшению водопроницаемости основания. Особенно высокая эффективность цементации наблюдается при укреплении водонасыщенных, лессовых и просадочных грунтов, широко распространенных на территории Узбекистана и других стран Центральной Азии. Исследование подтвердило, что современные методы струйной цементации позволяют создавать прочные грунтоцементные массивы с высокими эксплуатационными характеристиками даже в сложных гидрогеологических условиях. Вместе с тем эффективность укрепления зависит от правильного выбора технологических параметров, состава раствора и инженерно-геологических особенностей грунта. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования технологий цементации, разработки экологически безопасных закрепляющих составов и внедрения цифровых методов моделирования процессов укрепления грунтов. Применение данных технологий позволит повысить надежность и долговечность строительных сооружений.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Anagnostopoulos, C. A., & Grammatikopoulos, I. A. (2021). Experimental investigation of cement grouting in weak and water-saturated soils. Journal of Geotechnical Engineering, 47(3), 215–228.
2. Arifjanov, A., Rakhmatov, D., & Usmanov, B. (2022). Improvement of loess soils using cement stabilization technologies in Uzbekistan. International Journal of Geotechnics and Environment, 18(2), 94–103.

ISSN 3030-3907

3. Babushkin, V. I., & Petrova, E. N. (2020). Modern methods of soil cementation in underground construction. Soil Mechanics and Foundation Engineering, 57(5), 401–409.
4. Bekmirzaev, S. A., & Turaev, K. S. (2023). Engineering characteristics of collapsible loess soils in Central Asia. Geotechnical Problems of Construction, 12(1), 33–41.
5. Bruce, D. A., & Gallavresi, F. (2021). Jet grouting technology: principles and engineering applications. Geotechnical Engineering Review, 39(4), 287–306.
6. Chang, I., Prasidhi, A. K., & Im, J. (2020). Hydraulic conductivity reduction in cement-treated soils. Construction Materials and Structures, 15(2), 118–129.
7. Iskandarov, J. R., & Karimov, M. T. (2021). Seismic stability of cement-stabilized foundations in Uzbekistan. Bulletin of Civil Engineering and Architecture, 9(3), 66–75.
8. Kholmatov, U. A., & Yuldashev, F. M. (2022). Influence of mineral additives on strength properties of soil-cement composites. Uzbek Journal of Construction Materials, 7(2), 51–59.
9. Makarov, V. N., & Denisova, T. V. (2023). Numerical modeling of cement injection processes in weak soils. Computational Geotechnics and Mechanics, 14(1), 73–86.
10. Mirsaidov, M. M., & Ruziev, S. B. (2021). Application of cementation methods for stabilization of weak soils in transport construction. Transport Infrastructure and Geotechnology, 6(4), 144–153.
11. Mitchell, J. K., & Santamarina, J. C. (2020). Biological and chemical stabilization of problematic soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 146(7), 1–14.
12. Norov, B. T., & Abdullaev, Sh. A. (2023). Mechanical behavior of cement-reinforced saline soils under dynamic loading. Problems of Architecture and Construction, 5(1), 27–36.
13. Wang, Z., Liu, Y., & Chen, H. (2022). Performance evaluation of jet grouted columns in saturated soft soils. Arabian Journal of Geosciences, 15(8), 1–12.
14. Yusupov, A. A., & Kadirov, O. K. (2021). Technological parameters of injection cementation for weak foundations. Scientific Bulletin of Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, 4(2), 88–97.
15. Zhang, M., Zhao, X., & Li, J. (2023). Durability assessment of cement-treated soils under aggressive groundwater conditions. Materials in Civil Engineering, 35(5), 1–11.

ISSN 3030-3907

EGILUVCHI TEMIRBETON TO‘SINLARNI KUCHAYTIRISHDA BAZALT KOMPOZIT MATERIALLARDAN FOYDALANISHNING AFZALLIK VA KAMCHILIKLARI

Yusufxo‘jayev S.A.
Toshkent arxitektura qurilish universiteti PhD, professor
Samadova D.A.
Toshkent arxitektura qurilish universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Mazkur ishda egiluvchi temirbeton to‘sinlarni kuchaytirishda bazalt tolali kompozit materiallar (BFRP – Basalt Fiber Reinforced Polymer)dan foydalanish samaradorligi o‘rganiladi. BFRP materiallarning fizik-mexanik xususiyatlari, ularning an’anaviy kuchaytirish usullariga nisbatan ustunliklari va kamchiliklari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar. BFRP, Bazalt, kompozit material, egiluvchi element, to‘sin, mustahkamlik, olovbardoshlik, kuchaytirish, beton, armatura, metal.

Abstract. This study investigates the effectiveness of using Basalt Fiber Reinforced Polymer (BFRP) materials for strengthening reinforced concrete beams subjected to bending. The physical and mechanical properties of BFRP materials are analyzed, along with their advantages and disadvantages compared to conventional strengthening methods.

Keywords. BFRP, basalt, composite material, flexural element, beam, strength, fire resistance, strengthening, concrete, reinforcement, metal.

Аннотация. В данной работе исследуется эффективность применения базальтовых волокнистых композитных материалов (BFRP – Basalt Fiber Reinforced Polymer) при усилении изгибаемых железобетонных балок. Анализируются физико-механические свойства материалов BFRP, а также их преимущества и недостатки по сравнению с традиционными методами усиления.

Ключевые слова. BFRP, базальт, композитный материал, изгибаемый элемент, балка, прочность, огнестойкость, усиление, бетон, арматура, металл.

KIRISH.

Bugungi kunda qurilish sohasida mavjud binolar va muhandislik inshootlarini rekonstruksiya qilish, ularning ishonchliligini oshirish hamda xizmat muddatini uzaytirish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Jahon miqyosida urbanizatsiya jarayonlarining tezlashuvi, ekspluatatsiyada bo‘lgan inshootlar sonining ortishi hamda xavfsizlik talablarining kuchayishi mavjud konstruksiyalarni mustahkamlashga bo‘lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

Ayniqsa, temirbeton konstruksiyalar, xususan egiluvchi to‘sinlar ekspluatatsiya davomida turli noqulay omillar ta’siriga uchraydi. Ortiqcha va

ISSN 3030-3907

uzoq muddatli yuklanishlar, betonning fizik-mexanik xususiyatlarining asta-sekin yomonlashuvi, armatura elementlarining korroziyasi hamda ekspluatatsion muhit ta’sirida yuzaga keladigan yoriqlar ushbu konstruksiyalarning yuk ko‘tarish qobiliyatini sezilarli darajada kamaytiradi. Natijada, ularning ishlash xavfsizligi va ishonchliligi pasayib, qo‘shimcha mustahkamlash choralarini qo‘llash zarurati tug‘iladi.

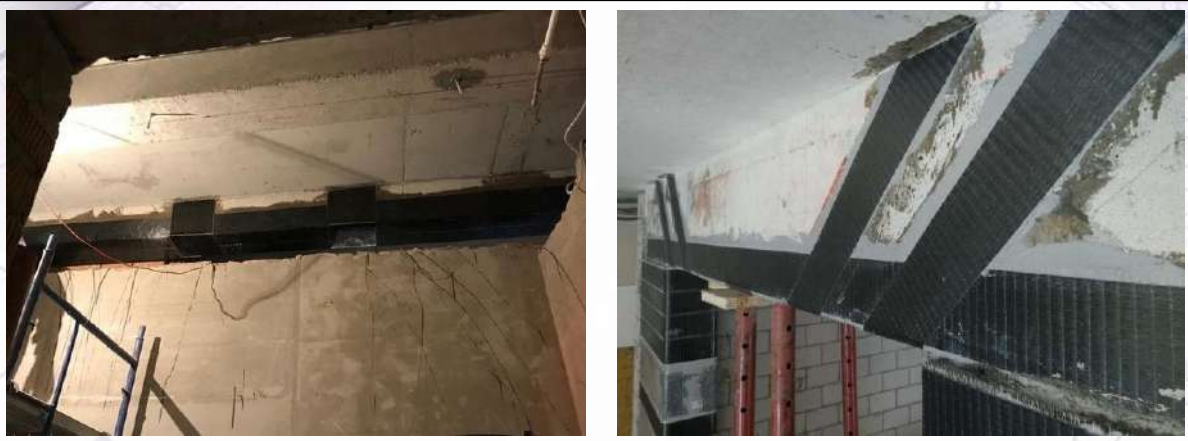
Temirbeton konstruksiyalarining texnik holati hamda funksional eskirish darajasi ko‘pincha mavjud nuqson va shikastlanishlarni bartaraf etish, shuningdek binoni qayta qurishsiz uning dastlabki funksional vazifasiga muvofiq foydalanishni davom ettirish maqsadga muvofiqligi yuzasidan shubhalar keltirib chiqaradi. Shu muammoni e’tiborga olgan holda qurilish konstruksiyalarining texnik holati tekshirilib kerakli xulosalar olinadi hamda temirbeton konstruksiyalar uchun kuchaytirish usullari qabul qilinadi [4].

An’anaviy kuchaytirish usullari, jumladan po‘lat listlar bilan qoplash, qo‘shimcha armaturalash yoki beton qoplamani qalinlashtirish kabi yondashuvlar amaliyotda keng qo‘llanib kelinadi. Biroq ushbu usullar konstruksiyaning umumiy og‘irligini oshirishi, montaj jarayonini murakkablashtirishi hamda korroziya kabi qo‘shimcha muammolarni keltirib chiqarishi bilan cheklangan samaradorlikka ega. Shu sababli, zamonaviy qurilish amaliyotida yengil, yuqori mustahkamlikka ega va agressiv muhitga chidamli innovatsion materiallardan foydalanishga alohida e’tibor qaratilmoqda.



1-rasm. Egiluvchi temirbeton to‘sinlarni kuchaytirishning an’anaviy usullari

ISSN 3030-3907



2-rasm. Egiluvchi temirbeton to‘sinlarni bazalt kompozit material bilan kuchaytirish

So‘nggi yillarda kompozit materiallar, xususan tolali polimer tizimlari ushbu yo‘nalishda istiqbolli yechim sifatida keng tadqiq etilmoqda. Ular orasida bazalt tolali kompozit materiallar (BFRP) o‘zining yuqori mexanik mustahkamligi, past zichligi, korroziyaga chidamliligi hamda ekspluatatsion barqarorligi bilan ajralib turadi. Shu sababli BFRP materiallari temirbeton konstruksiyalarni, ayniqsa egiluvchi elementlarni kuchaytirishda samarali va istiqbolli yechim sifatida ilmiy adabiyotlarda e’tirof etilmoqda [1].

ASOSIY QISM. Bazalt tolasi sanoatda zamonaviy muqobil armatura materiali hisoblanadi. Bazalt tolalar hech qanday qo‘shimchalarsiz tabiiy xom ashyodan olinadi. Ular shisha tolaga nisbatan biroz mustahkamroq va qattiqroq bo‘lib, zaharli emas, korroziyaga uchramaydi, magnit xususiyatga ega emas hamda ekologik jihatdan xavfsizdir. Bundan tashqari, bazalt tolasi vulqon jinslaridan olinadi, shu sababli u ekologik toza (“yashil”) material hisoblanadi [2]. Bazalt tolalari turli shakllarda ishlab chiqariladi. Jumladan, mato ko‘rinishidagi turlari konstruksiyalarni mustahkamlash va rekonstruksiya qilishda tashqi yopishtiriladigan kompozit sifatida qo‘llanilishi mumkin. Bundan tashqari, ular sterjen (armatura) va quvur shakllarida ham mavjud. Quyida egiluvchi temirbeton to‘sinlarni kuchaytirish uchun foydalaniladigan bazalt materialining fizik-mexanik xususiyatlari, afzallik va kamchiliklari hamda boshqa materiallar bilan farqi keltirib o‘tilgan [5], [6].

1-jadval

Bazalt materialining afzallik va kamchiliklari

Kategoriya	Afzalliklar	Kamchiliklar
Fizik-mexanik xususiyatlar	Yuqori cho‘zilish va siqilish mustahkamligi Yuqori elastiklik moduli Yuqori qattiqlik	Muayyan yuklamalarda mo‘rtlik yuzaga kelishi mumkin Mexanik ishlov berishda qiyinchiliklar

ISSN 3030-3907

		Kesish va ishlov berish uchun maxsus uskunalar talab etiladi
Kimyoviy xususiyatlar	Agressiv muhitlarga chidamlilik Yuqori korroziyaga chidamlilik	Ayrim ekstremal sharoitlarda kimyoviy barqarorlikning cheklanganligi Barcha turdagi bazalt kompozitlar ayrim kimyoviy moddalarga chidamli emas
Issiqlik xususiyatlari	Yuqori erish harorati Yuqori yong‘inga chidamlilik	Ayrim shakllarda yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlik Juda yuqori haroratlarda tarkibiy xossalarning o‘zgarishi ehtimoli
Ekologik xususiyatlar	Ekologik xavfsizlik va zararli chiqindilarning yo‘qligi Qayta ishlash imkoniyati	Qazib olish va ishlab chiqarish jarayonining atrof-muhitga ta’siri Qayta ishlash infratuzilmasining cheklanganligi
Ekspluatatsion xususiyatlar	Uzoq xizmat muddati va yemirilishga chidamlilik Minimal suv o‘tkazish O‘lcham va shakl barqarorligi	Ishlab chiqarish tannarxining yuqoriligi ehtimoli Suv muhitida mexanik eroziya tufayli muammolar yuzaga kelishi mumkin Ayrim turlarda egiluvchanlikning cheklanganligi

Qurilish materiallarini baholashda obyektiv ekspluatatsion va mexanik ko‘rsatkichlar hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Bazalt tolali polimer kompozit (BFRP) real ekspluatatsiya sharoitlarida muhim hisoblangan bir qator parametrlar bo‘yicha yuqori natijalarni namoyon etadi hamda an’anaviy va muqobil materiallar bilan samarali raqobatlashadi [6].

2-jadval

Bazalt tolali kompozit materialini boshqa materiallar bilan solishtirmasi

Ko‘rsatkich	BFRP	Po‘lat	Shisha tolali kompozit	Uglerod tolali kompozit
Cho‘zilishdagi mustahkamlik, MPa	1000–1500	400–500	800–1000	2000–5000
Zichlik, kg/m³	1900–2100	7800	2500–2600	1700–1900

ISSN 3030-3907

Elastiklik moduli, GPa	50–90	200	70–85	150–500
Korroziyaga chidamlilik	Juda yuqori	Past	O‘rtacha–yuqori	Juda yuqori
Uglerod miqdori, kg CO_2/kg	2.0–2.5	2.5–3.0	2.5–2.7	20–35
Xizmat muddati, yil	80–100	30–50	50–75	80–100
Boshlang‘ich nisbiy qiymati	1.5–2 baravar	1 baravar	1–1.5 baravar	3–5 baravar

BFRP materialining cho‘zilishdagi mustahkamligi 1000–1500 MPa ni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkich odatiy po‘lat armaturaga (400–500 MPa) nisbatan ancha yuqori. Shuningdek, u 800–1000 MPa oralig‘idagi shisha tolali kompozitlar bilan ham raqobatlasha oladi. Faqat uglerod tolali kompozitlar (2000–5000 MPa) BFRP dan mustahkamroq hisoblanadi, biroq ularning narxi ancha yuqori.

BFRP po‘latga nisbatan sezilarli darajada yengil bo‘lib, uning zichligi taxminan 1900–2100 kg/m³ ni tashkil etadi, po‘latda esa bu ko‘rsatkich 7800 kg/m³ ga teng. Ushbu katta farq (taxminan 75% ga kam) konstruksiyalar bilan ishlashni osonlashtiradi, transport xarajatlarini kamaytiradi va inshootlardagi ortiqcha yuklarni (o‘lik) pasaytiradi.

BFRP ishlab chiqarishda har bir kilogramm mahsulot uchun taxminan 2,0–2,5 kg CO_2 ajralib chiqadi. Bu po‘latga (2,5–3,0 kg CO_2/kg) nisbatan biroz past, uglerod tolali materiallarga (20–35 kg CO_2/kg) nisbatan esa ancha kamdir. BFRP ning xizmat muddati ham uzoq bo‘lib, odatda 80–100 yilni tashkil etadi, po‘lat esa ko‘plab sharoitlarda 30–50 yil xizmat qiladi. Ushbu farq ekologik ta’sirni yanada yaqqol ko‘rsatadi.

Iqtisodiy jihatdan ham BFRP ning qo‘llanilishi tobora samaraliroq bo‘lib bormoqda. Uning boshlang‘ich narxi po‘latga nisbatan odatda 1,5–2 baravar yuqori bo‘lsa-da, ishlab chiqarish hajmining ortishi bilan bu farq kamayib bormoqda. To‘liq hayotiy sikl xarajatlari hisobga olinganda esa BFRP ko‘pincha arzonroq bo‘ladi. Bu o‘rnatish, texnik xizmat ko‘rsatish va almashtirish xarajatlarini ham o‘z ichiga oladi. Ayniqsa, korroziy muhitlarda, po‘lat tez yemiriladigan sharoitlarda, BFRP iqtisodiy jihatdan yanada samarali hisoblanadi.

Yuqorida qayd etilgan omillarni inobatga olgan holda, so‘nggi yillarda olimlar va tadqiqotchilar tomonidan egiluvchi temirbeton to‘sinlarni bazalt tolali kompozit materiallar yordamida kuchaytirishning nazariy va amaliy asoslarini ishlab chiqishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, BFRP materiallari bilan mustahkamlash jarayonining samaradorligini baholash maqsadida turli hisobiy

ISSN 3030-3907

sxemalar va modellar taklif etilmoqda hamda ular asosida kompleks ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda [3].

Mazkur tadqiqotlarda elementlarning kuchlanish-deformatsiyalanish holatlari, yorilish jarayonining rivojlanishi, yopishtiruvchi qatlamning ishlashi hamda kompozit material bilan beton orasidagi yopishish (adgezion) xususiyatlari chuqur tahlil qilinadi. Shuningdek, kuchaytirilgan to‘sinlarning yuk ko‘tarish qobiliyatini aniqlash, deformatsion xulq-atvorini baholash va buzilish mexanizmlarini o‘rganishga qaratilgan eksperimental hamda nazariy ishlanmalar amalga oshirilmoqda.



3-rasm. Egiluvchi temirbeton to‘sinlarni bazalt kompozit material bilan kuchaytirishning tadqiqot qilingan kuchaytirish sxemalari

Olingan ilmiy natijalar asosida egiluvchi temirbeton elementlarni BFRP materiallari yordamida kuchaytirishning samarali usullari, optimal joylashtirish sxemalari hamda hisoblash metodikalari ishlab chiqilib, amaliyotga joriy etish bo‘yicha tavsiyalar taklif etilmoqda. Ushbu yondashuvlar konstruksiyalarning ishonchliligi va uzoq muddatli ekspluatatsion xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashga xizmat qiladi.

XULOSA. O‘rganilgan tahlillar va tajriba natijalari shuni ko‘rsatadiki, bazalt tolali polimer kompozitlar (BFRP) temirbeton konstruksiyalarni, xususan egiluvchi to‘sinlarni kuchaytirishda samarali va istiqbolli material hisoblanadi. BFRP ning yuqori cho‘zilish mustahkamligi, korroziyaga chidamliligi, yengilligi hamda uzoq xizmat muddati uni an’anaviy po‘lat armaturaga nisbatan ustun qo‘yadi.

Shuningdek, BFRP materialining ekologik jihatdan maqbulligi va hayotiy sikl xarajatlarining nisbatan pastligi uning qo‘llanilishini yanada dolzarb qiladi. Garchi boshlang‘ich qiymati po‘latga nisbatan yuqoriroq bo‘lsa-da,

ISSN 3030-3907

ekspluatatsiya davomida texnik xizmat va ta’mirlash xarajatlarining kamayishi umumiy iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Shu bois, BFRP kompozit materiallar zamonaviy qurilish amaliyotida, ayniqsa agressiv muhit sharoitlarida ishlaydigan temirbeton konstruksiyalarni kuchaytirish va rekonstruksiya qilishda keng qo‘llanishi maqsadga muvofiq deb hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ACI Committee 440. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems.
2. Duic J, Kenno S and Das S. “Flexural Rehabilitation and Strengthening of Concrete Beams with BFRP Composite” J Compos Constr 2018; 22(4): 04018016, DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000851
3. Sara Kadhim, Mustafa Ozakça “Flexural performance of RC beams externally strengthened with a single-layer of basalt fiber reinforced polymer sheets” Composites and Advanced Materials, Volume 31: 1–17, 2022, DOI: 10.1177/26349833221102471
4. SHNQ 1.04.01-23 “Bino va inshootlarning texnik holatini o‘rganish va monitoring qilish tartibi” O‘zbekiston Respublikasi qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi bazirligi 2024.
5. https://vztm.ru/bazaltoviy-material ВЗТМ. Воткинский завод теплоизоляционных материалов (Izolyatsiya materiallari ishlab chiqaruvchi Votkin zavodi)
6. https://incomepultrusion.com/basalt-fiber-reinforced-polymers-sustainable-construction/

ISSN 3030-3907

O‘TKIR REVMATIK ISITMA BILAN OG‘RIGAN BOLALARDA IMMUN TIZIMI, SUYAK TIZIMI HOLATI

Muxamadiyeva L.A.
Samarqand davlat tibbiyot universiteti
Kuldashev S.F.
Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada o‘tkir revmatik isitma bilan og‘rigan bolalarda immun tizimi va suyak to‘qimasi holati bo‘yicha zamonaviy ma’lumotlar tahlil qilingan. Kasallik patogenezida A guruhi β-gemolitik streptokokkning roli, molekulyar mimikriya fenomeni va autoimmun reaksiyalar rivojlanishi ko‘rib chiqilgan. Gumoral va hujayraviy immunitetdagi o‘zgarishlar hamda yallig‘lanish sitokinlarining nishon a’zolarga ta’siri yoritilgan. Surunkali yallig‘lanish, noto‘g‘ri ovqatlanish, D vitamini yetishmovchiligi va jismoniy faollikning pasayishi suyak mineral zichligining kamayishiga va ikkilamchi osteoporoz rivojlanishiga olib kelishi ko‘rsatilgan. Revmatik kasalliklarga chalingan bolalarda suyak tizimini kompleks baholash muhimligi ta’kidlangan.

kalit so‘zlar: o‘tkir revmatik isitma, bolalar, immun tizimi, autoimmun reaksiyalar, molekulyar mimikriya, suyak to‘qimasi, suyak mineral zichligi, osteoporoz, D vitamini.

Аннотация. В данной статье представлен обзор современных данных о состоянии иммунной системы и костной ткани у детей с острой ревматической лихорадкой. Рассматриваются основные патогенетические механизмы заболевания, включая роль β-гемолитического стрептококка группы А, феномен молекулярной мимикрии и развитие аутоиммунных реакций. Особое внимание уделено изменениям гуморального и клеточного иммунитета, а также влиянию воспалительных цитокинов на поражение органов-мишеней. Показано, что хроническое воспаление, нарушение питания, дефицит витамина D и снижение физической активности способствуют снижению минеральной плотности костной ткани и развитию вторичного остеопороза. Подчёркивается важность комплексной оценки состояния костной системы у детей с ревматическими заболеваниями для своевременной профилактики осложнений.

Ключевые слова: острая ревматическая лихорадка, дети, иммунная система, аутоиммунные реакции, молекулярная мимикрия, костная ткань, минеральная плотность кости, остеопороз, витамин D.

Abstract. This article reviews current data on the state of the immune system and bone tissue in children with acute rheumatic fever. The main pathogenetic mechanisms are discussed, including the role of group A beta-hemolytic streptococcus, molecular mimicry, and the development of autoimmune reactions.

ISSN 3030-3907

Special attention is given to alterations in humoral and cellular immunity, as well as the impact of inflammatory cytokines on target organs. It is shown that chronic inflammation, poor nutrition, vitamin D deficiency, and reduced physical activity contribute to decreased bone mineral density and the development of secondary osteoporosis. The importance of comprehensive assessment of the skeletal system in children with rheumatic diseases for early prevention of complications is emphasized.

Keywords: acute rheumatic fever, children, immune system, autoimmune reactions, molecular mimicry, bone tissue, bone mineral density, osteoporosis, vitamin D.

KIRISH.

AGBGS ga gumoral (antitana vositachiligida) immun javob revmatik karditning rivojlanishi uchun asosan javobgardir [11]. Ushbu kardit endokard va klapan to‘qimalarining hujayrali infiltratsiyasi bilan kechadi. Gumoral javob, shuningdek, Siderxam xoreyasiga olib kelishi mumkin, bunda miyada qon tomirlarining limfotsitar perivaskulyar okklyuziyasi bo‘lib va u kardit yoki karditsiz kechishi mumkin. Ko‘pgina ilmiy tadqiqotlarda yurak yoki miyada topilgan antigenler bilan o‘zaro ta'sir qiluvchi Streptococcus spp.ga qarshi antitanalar o‘tkir respiratorli infektsiyalar bilan og‘rigan bemorlarning qon zardobida va streptokokk infektsiyasiga qarshi immunizatsiya qilingan quyon va sichqonlar zardobida aniqlandi. Monoklonal antitanalarni (mAbs) ajratib olish usuli yurak va miyaga xos bo‘lgan O‘RI bo‘lgan sichqonlar va odamlardan olingan o‘zaro kesishgan-reaktiv Streptococcus spp.-ga xos antitanalarni (mAblarni) ishlab chiqarish va aniqlash imkonini beradi. Ushbu o‘zgarishlar O‘RI da ishlab chiqarilgan autoantitanalar yordamida patogen mexanizmlarni, shu jumladan ularning yurak va miya oqsillariga ta'sirini kashf etishga yordam berdi. O‘RI rivojlanishining eng muhim patogenetik mexanizmlaridan biri bu AGBGS va makroorganizmning antigen determinantlarining o‘xshashligiga asoslangan molekulyar mimikriya fenomenidir [11,12,].

Santalova G.V. (2022) ilmiy ishlaridan ma'lumki, immunitet tizimi hujayralarining o‘z to‘qimalarining antigen determinantlarini (autoantigenlar) tanib olish qobiliyati immunitet reaktsiyasining normal komponenti hisoblanadi. Shu bilan birga, yuqori virulentli AGBGS infektsiyasi ta'sirida streptokokk antigenlariga (birinchi navbatda N-asetilglyukozamin va hujayra devorining M-oqsiliga) javob sifatida ishlab chiqarilgan antitelolar inson to‘qimalariga qarshi o‘zaro ta'sir qiladi [51,56].

Bu nishon organlarda (sinovial xalta, yurak, miya, teri) funktsional va tizimli buzilishlarning rivojlanishi bilan turli xil hujayrali va immun reaktsiyalarni rivojlantiradi. Ushbu mexanizmning o‘ziga xosligi shundaki, makroorganizmdan

ISSN 3030-3907

AGBGS va uning antigeni yo‘q qilinganidan keyin xam autoimmun reaktsiyalar davom etadi. O‘RI bilan og‘rigan bemorlarda yurak autoantigenlari bilan reaksiyaga kirishadigan antitanalar Mullajanov X.E. (2023) tomonidan tariflangan. M.Kaplan va M.Suchy tomonidan olib borilgan tadqiqotlar A-streptokokk hujayra devori komponentlari yuborilgan hayvonlarda o‘tkazilgan tajribalarda, shuningdek O‘RI va AGBGS bo‘lgan bemorlarning qon zardobida streptokokk va inson yuragi antigenlari bilan o‘zaro reaksiyaga kirishuvchi antitellar mavjudligini ko‘rsatdi. Ushbu sohadagi tadqiqotlar uchun qo‘shimcha stimul M-oqsilning tuzilishini aniqlash bo‘lib, unda insonning monoklonal antitanalari tomonidan tan olingan o‘zaro ta'sir qiluvchi epitoplarni izolyatsiya qilish edi. AGBGS antigenlariga javoban ishlab chiqarilgan monoklonal antitanalar yurak klapani to‘qimalarining bir qismi bo‘lgan ikki zanjirli matritsali oqsil bo‘lgan lamininga nisbatan o‘zaro reaktivlikka ega ekanligi ko‘rsatildi. Bundan tashqari, bu monoklonal antitanalar klapan endoteliysiga bog‘lanishga qodir bo‘lib, tomirlarning molekulalarida adgeziya-1 (VCAM-1) ni ifodalanishiga olib keladi. Oxirgisi T-limfotsitlarning endokardning faollashgan endoteliyasiga yopishishini rag‘batlantiradi, so‘ngra ularning ekstravazatsiyasi va valvulit rivojlanishi bilan klapan tuzilishiga kirib boradi. O‘RI / SRYuK patogenezida molekulyar mimikriya hodisasining ahamiyati amerikalik tadqiqotchilar tomonidanyaqinda chop etilgan ishda keltirilgan [38,63,64,65,80,90].

AGBGS, tonzillit, faringitdan farqli ravishda O‘RI bilan og‘rigan bemorlarda ASL-O, anti-DNK-aza B, M-oqsillari, A-guruh polisaxaridlari, shuningdek to‘qimalar antigenlariga - I turdagi kollagen va miozinga antitanalar darajasining sezilarli ustunligini ko‘rish mumkin. Bundan tashqari, keyinchalik yurak nuqsonlari paydo bo‘lgan O‘RI bilan og‘rigan bemorlarda I turdagi kollagen va fibronektinga antitanalarning sezilarli darajada yuqori ishlab chiqarilishi kuzatiladi. Autoantitanalar, ehtimol, Sidenxam xoreyasi rivojlanishida asosiy rol o‘ynaydi. C. Kirvan ma'lumotlariga ko‘ra, xoreya bilan og‘rigan bemorlardan ajratilgan A-streptokokk Na-tsetilglyukozaminga qarshi antitanalar o‘zlarining nerv to‘qimalarining gangliozidlari bilan o‘zaro ta'sirlashib, neyronlardan dofaminning chiqarilishiga olib keldi. E.L.Nasonova va boshqalarning tadqiqotlarida O‘RI boshlanishida hujayrali immunitetning sezilarli buzilishlari qayd etilganligini ko‘rsatdi: interleykin (IL) - 1-alfa (bemorlarning 54,8%), IL-1-beta (20%) kontsentratsiyasining oshishi, neopterin (81%), molekulyar og‘irligi 55 kD (47%) bo‘lgan o‘sma nekrozi omili (TNF) retseptorlarining eruvchan shakllari, monositlar / makrofaglar va T-limfotsitlar faolligining sezilarli darajada oshishini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, qon zardobida neopterin darajasi aorta va mitral klapanlarning kombinatsiyalangan zararlanishi bo‘lgan bemorlarda faqat bitta mitral klapanining zararlanishi bo‘lgan yoki

ISSN 3030-3907

umuman klapan patologiyasi bo‘lmagan bemorlarga qaraganda sezilarli darajada yuqori bo‘lgan. Valvulitning rivojlanishi, shuningdek, klapan patologiyasining klinik va exokardiyografik belgilari bo‘lmagan bemorlarning 28% ga nisbatan 64,7% bemorlarda IL-1-alfa kontsentratsiyasining oshishi bilan bog‘liqligi avtorning ilmiy ishlarida keltiril;gan. Shunisi e'tiborga loyiqki, IL-1-beta darajasining oshishi faqat yurak klapani kasalligi tashxisi qo‘yilgan bemorlarda kuzatilgan. O‘RI da immun javobning xujayraviy zvenosining faollashuvi va shunga o‘xshash natijalar turkiyalik mualliflarning ishlarida keltirilgan. O‘RI bilan og‘rigan bolalarda "yallig‘lanishga qarshi" sitokinlarning (IL-1 retseptorlari antagonisti, TNF I retseptorlarining eruvchan shakli) zardobdagi kontsentratsiyasining nazorat guruhi bilan solishtirganda keskin o‘sishi ham, davolash tugaganidan keyin ham sog‘lom 3 oy o‘tgach qayd etilgan [77,78,79].

JSST ma'lumotlariga ko‘ra yoshiga va organism extiyojiga mos ravishda ovqatlanmaslik surunkali kasalliklarning asosiy sabablaridan biri xisoblanadi. Shuni hisobga olish kerakki, o‘smirlik davri inson hayotida ovqatlanish odatlarining shakllanishi va natijada organizmga makro va mikroelementlarning kirib borishi nuqtai nazaridan eng muhim davr hisoblanadi [39,37,92].

Suyak juda dinamik va moslashuvchan to‘qima bo‘lib, uning metabolizmi va gomeostaziga ko‘plab gormonal, mexanik, ozuqaviy, immunologik va farmakologik stimullar ta'sir qiladi. Genetik omillar suyak hujayralari faoliyatiga, tog‘ay sifatiga, kaltsiy va D vitamini gomeostaziga, jinsiy gormonlar almashinuviga va balog‘atga etish vaqtiga ta'sir ko‘rsatish orqali suyak tarkibiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Bundan tashqari, optimal ovqatlanish va jismoniy faollik o‘sayotgan yoshda suyak massasining o‘sishiga yordam beradi. Bu omillarning barchasi suyakning eng yuqori massasiga erishishga ta'sir qiladi, bu esa katta yoshdagilarning suyak baquvvatligi va sinish xavfini aniqlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ikkilamchi osteoporoz o‘tkir va surunkali kasalliklarga chalingan bolalarda klinik yordamning asosiy muammosi hisoblanadi. Yosh bolalarda idiopatik artrit kabi tizimli autoimmun kasalliklar skelet tizimiga ta'sir qilishi mumkin, bu suyak mineral zichligining pasayishiga va bolalik davrida mo‘rtlik, sinishi xavfining yuqori bo‘lishiga olib keladi. Bunday bemorlarda suyak zichligining pasayishiga bir qancha omillar, jumladan sitokinlarning oshishi bilan kechadigan tizimli yallig‘lanish, jismoniy faollikning pasayishi, malabsorbtsiya va ozuqaviy yetishmovchilik, kaltsiy va D vitaminining kunlik miqdorining yetarli darajada iste'mol qilinmasligi, glyukokortikoidlarni qo‘llash, o‘sishdan orqada qolish va balog‘atga yetishning kechikishi ta’sir qilishi mumkin. Yuvenil artritda osteoporoz son suyagi bo‘yni va bilakning pastki orqa qismga qaraganda ko‘proq aniqlanadi. Shu bilan birga, vertebral yoriqlar, ayniqsa, glyukokortikoid terapiyasini olgan bemorlarda muhim bo‘lib, ko‘pincha

ISSN 3030-3907

asimptomatik tarzda namoyon bo‘ladi. Shuning uchun xavf ostida bo‘lgan bolalar uchun profilaktika, terapiya va kuzatuvni o‘z ichiga olgan standartlashtirilgan mushak-skelet tizimining diagnostika metodlarini qo‘llash majburiydir. Bu bobda biz skelet gomeostazida ishtirok etadigan molekulyar mexanizmlar, yallig‘lanish va surunkali kasallikning suyak metabolizmiga ta'sirini muhokama qilamiz. Suyak to‘qimasi ko‘plab fiziologik funktsiyalarni bajaradi: Ichki organlarni himoya qiladi va harakatni ta'minlaydi; uning tarkibida suyak iligi bo‘lib, nihoyat u kaltsiy va fosfat rezervuari bo‘lib xizmat qiladi. Molekulyar biologiyaning so‘nggi yutuqlari tufayli, vaqt o‘tishi bilan gormonal va dieta ta'sirlariga javob beradigan passiv to‘qimalarga bo‘lgan an'anaviy qarashlar o‘zgardi [1,31,33,36,62].

Shu sababli, bolalik davridagi revmatik kasalliklarning asosiy komorbidligi skeletning rivojlanishiga va suyak metabolizmiga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun skeletning holatini baholash surunkali yallig‘lanish kasalliklari bo‘lgan bolalarda muhimdir. Ushbu adabiyotlar sharhida biz suyak metabolizmi va uning bolalik davridagi immunitet bilan bog‘liq kasalliklardagi ikkilamchi o‘zgarishlari haqidagi eng muhim bilimlarni umumlashtiramiz.

Ikkilamchi osteoporoz hozirgi kunda o‘tkir va surunkali kasalliklarga chalingan bolalarni davolashda muhim muammo sifatida tan olingan. Ushbu bemorlarda asosiy kasallikning patogenezi yoki uni davolash suyak sog‘lig‘iga ta'sir qilishda asosiy rol o‘ynaydi. Bolalarda ikkilamchi osteoporoz bilan bog‘liq bo‘lgan kasalliklarning ko‘p turlari mavjud bo‘lib, ularning eng keng tarqalgani harakatchanlikning buzilishi, GK bilan davolangan yallig‘lanish kasalliklari, Duchen mushak distrofiyasi (DMD) va boshqa nerv-mushak kasalliklari, leykemiya va boshqa saratonlar, buyrak kasalligi (nefrotik sindrom), gipogonadizm va talassemiya shular jumlasidandir. Ushbu bemorlarda suyak zichligining pasayishiga ko‘plab omillar yordam beradi: bular sitokinlar darajasining oshish harakatsizlik natijasida suyaklardagi mushaklarning mexanik qarshiligining pasayishi, ozuqaviy yetishmovchilik, kunlik kaltsiyning yetishmasligi, organizmda kaltsiy yetishmasligi, mushak massasining yetishmasligi. Ushbu omillarning har biri xavf ostida bo‘lgan bolalarda suyak sog‘lig‘ini yaxshilash va optimallashtirish uchun hisobga olinishi va boshqarilishi kerak. Surunkali yallig‘lanish kasalliklari va bolalarda suyak metabolizmining o‘zgarishi o‘rtasidagi bog‘liqlik keng o‘rganilgan. Yuvinil dermatomiozit, tizimli vaskulit va shu kabi tizimli autoimmun kasalliklar skelet tizimiga ta'sir qilishi mumkin, bu esa bolalik davrida suyaklarning mo‘rtlashuviga, sinishi xavfining yuqori bo‘lishiga olib keladi [26,27].

Umuman olganda, bolalar populyatsiyasida D vitamini yetishmasligining tarqalishi so‘nggi yillarda faol o‘rganib kelinmoqda. Umumiy qabul qilingan

ISSN 3030-3907

mezonlarga muvofiq D vitaminini yetishmovchilgini 25 (OH) D tahlili asosida baholash qabul qilingan [20,25,26,36].

Shunday qilib, D vitamini ichaklarda kaltsiyning so‘rilishi uchun zarur bo‘lib, suyak mineralizatsiyasini ta'minlaydi. Uning yetishmovchiligi suyak to‘qimalarining mikroarxitektonikasiga ta'sir qiladi va o‘sishning kechikishi, patologik yoriqlar va suyak deformatsiyasiga olib keladi.

ADABIYOTLAR

1. Абдуллаева Н. Ж. Значение педиатрии в кормлении детей витаминами и минеральными веществами //Экономика и социум. – 2023. – №. 3-1 (106). – С. 244-247.
2. Алещик И. Ч., Плавский Д. М. Тактика лечения пациентов с хроническим тонзиллитом //ББК 56.8 я431 Ш 76. – 2022. – С. 8.
3. Ахрарова Ф. М. Особенности интерпретации электрокардиографических данных у детей с синдромом дисплазии соединительной ткани сердца //Журнал гепато-гастроэнтерологических исследований. – 2022. – №. SI-1.
4. Балабанова Р. М., Дубинина Т. В., Насонов Е. Л. К 95-летию Российской ревматологической службы //Научно-практическая ревматология. – 2023. – Т. 61. – №. 1. – С. 5-9.
5. Бобомуратов Т. А., Каримова Н. А., Турсунбаев А. К. Осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы у детей, перенесших COVID-19. – 2023.
6. Белов Б. С., Насонов Е. Л. К 100-летию со дня рождения академика ВА Насоновой Инфекции и ревматические заболевания: от прошлого к будущему //Научно-практическая ревматология. – 2023. – Т. 61. – №. 1. – С. 10-15.
7. Бережний В. В., Бондарець Ю. І. Нарушение микробиома толстого кишечника и его коррекция у больных ювенильным ревматоидным артритом //Современная педиатрия. – 2019. – №. 2. – С. 76-84.
8. Белов Б.С., Кузьмина Н.Н., Медынцева Л.Г. и др. К проблеме диагностики острой ревматической лихорадки на современном этапе. Научно-практическая ревматология, 2016, 3: 340-344.
9. Беловол А. Н., Князькова И. И. Ревматическая лихорадка: диагностика, лечение и профилактика. – 2018.
10. .Белов Б. С. и др. Диагностика острой ревматической лихорадки //Научно-практическая ревматология. – 2016. – Т. 54. – №. 4. – С. 395-397.
11. Бушуева Э. В., Арлашкина О. М., Карягин В. А. Маски острой ревматической лихорадки у детей //Здравоохранение Чувашии. – 2021. – №. 3. – С. 20-27.

ISSN 3030-3907

12. Бушуева Э. В. Острая ревматическая лихорадка: этиология, патоморфология //Здравоохранение Чувашии. – 2019. – №. 3. – С. 53-60.
13. Бушуева Э. В. Острая ревматическая лихорадка: классификация, диагностика на современном этапе //Здравоохранение Чувашии. – 2020. – №. 1. – С. 81-89.
14. Вёрткин А. и др. Лабораторная диагностика. Руководство для практических врачей. – Litres, 2023.
15. Гриднева Р. И. и др. Острая ревматическая лихорадка у детей //Дни ревматологии в Санкт-Петербурге-2019. – 2019. – С. 73-74.
16. Гончар Н. В., Слизовский Н. В. Патогенетическое значение коморбидности ювенильного ревматоидного артрита и компонентов метаболического синдрома (обзор литературы) //Детская медицина Северо-Запада. – 2021. – Т. 9. – №. 4. – С. 23-32.
17. Жерко Л. В., Казакова А. С. Острая ревматическая лихорадка: особенности течения в современных условиях. – 2017.
18. ЖунайдуллаеваМ. Острыеинфекционныезаболевания //sustainability of education, socio-economic science theory. – 2023. – Т. 1. – №. 6. – С. 50-58.

ISSN 3030-3907

DORIXONALARDA HISOB-KITOB TIZIMINI AVTOMATLASHTIRISHDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINING O‘RNI

Abdullaeva Sanobar Berdievna
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti
Jabbarova Parizoda Ilhomjon qizi
Samarqand davlat tibbiyot universiteti talabasi

Annotatsiya. Dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirish zamonaviy axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, farmasevtika sohasida samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Ushbu maqolada dorixona faoliyatida moliyaviy va tovar aylanmasini nazorat qilishda axborot tizimlarining ahamiyati ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Shuningdek, avtomatlashtirilgan hisob-kitob tizimlari orqali inson omili bilan bog‘liq xatolarni kamaytirish va ma’lumotlar aniqligini ta’minlash imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Maqolada axborot texnologiyalarini joriy etish orqali dorixona xizmatlarining tezkorligi va shaffofligini oshirish masalalari to‘g‘risidagi ma’lumotlar yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Axborot texnologiyalari, dorixona avtomatlashtirish tizimi, hisob-kitob jarayonlari, farmasevtika boshqaruvi, raqamli iqtisodiyot.

Аннотация. Автоматизация системы учета в аптеках тесно связана со стремительным развитием современных информационных технологий, которые служат повышению эффективности в сфере фармации. В данной статье будет проведен научный анализ важности информационных систем для контроля финансового и товарооборота в аптечной деятельности. Возможности уменьшения ошибок, связанных с человеческим фактором, и обеспечения точности данных также рассматриваются с помощью автоматизированных систем учета. В статье представлена информация по вопросам повышения скорости и прозрачности предоставления аптечных услуг за счет внедрения информационных технологий.

Ключевые слова: информационные технологии, система автоматизации аптек, бухгалтерские процессы, фармацевтический менеджмент, цифровая экономика

Abstract. Automation of the accounting system in pharmacies is closely related to the rapid development of modern information technologies that serve to increase efficiency in the field of pharmacy. This article will provide a scientific analysis of the importance of information systems for controlling financial and commodity turnover in pharmacy activities. The possibilities of reducing errors related to the human factor and ensuring the accuracy of data are also being considered using automated accounting systems. The article provides information

ISSN 3030-3907

on improving the speed and transparency of pharmacy services through the introduction of information technology.

Keywords: information technology, pharmacy automation system, accounting processes, pharmaceutical management, digital economy

KIRISH.

Dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirish zamonaviy axborot texnologiyalarining farmasevtika sohasidagi muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda dorixona faoliyatida tovar aylanmasi, moliyaviy operatsiyalar, dori vositalarining hisobini yuritish hamda mijozlarga xizmat ko‘rsatish jarayonlarini samarali tashkil etish uchun raqamli yechimlarga ehtiyoj ortib bormoqda. An’anaviy qo‘l mehnatiga asoslangan hisob-kitob usullari vaqt talab etishi, xatolar ehtimoli yuqori bo‘lishi va ma’lumotlarni qayta ishlashda qiyinchiliklar tug‘dirishi bilan ajralib turadi. Shu boisdan avtomatlashtirilgan axborot tizimlarini joriy etish mazkur muammolarni bartaraf etishda muhim ahamiyat kasb etadi. Avtomatlashtirilgan hisob-kitob tizimlari dorixonalarda tovarlarni kirim-chiqimini aniq va tezkor hisobga olish imkonini beradi. Bu tizimlar orqali har bir dori vositasining nomlanishi, seriyasi, yaroqlilik muddati va narxi haqidagi ma’lumotlar yagona bazaga kiritiladi va doimiy ravishda yangilanib boradi. Natijada ombordagi qoldiqlar ustidan samarali nazorat o‘rnatiladi hamda ortiqcha yoki kamomad holatlarining oldi olinadi. Shuningdek, avtomatlashtirilgan dasturlar orqali sotuv jarayoni tezlashadi, cheklar avtomatik ravishda shakllantiriladi va moliyaviy hisobotlar aniq tarzda yuritiladi. Axborot texnologiyalaridan foydalanish inson omili bilan bog‘liq xatolarni sezilarli darajada kamaytiradi. Masalan, dori narxlarini noto‘g‘ri kiritish, hisob-kitobda adashish yoki ma’lumotlarni yo‘qotish kabi holatlar avtomatlashtirilgan tizimlarda deyarli uchramaydi. Bundan tashqari, axborot tizimlari ma’lumotlarni himoya qilish, zaxira nusxalarini saqlash va ularni tezkor tiklash imkoniyatlarini ham ta’minlaydi. Bu esa dorixona faoliyatining barqarorligi va ishonchliligini oshiradi. Zamonaviy axborot texnologiyalari dorixona xizmatlarini yanada takomillashtirishga ham xizmat qiladi. Jumladan, onlayn buyurtma qabul qilish, elektron retseptlar bilan ishlash, mijozlar bazasini shakllantirish va tahlil qilish kabi imkoniyatlar yaratiladi. Bu esa mijozlarga qulaylik yaratish bilan birga, dorixonalarning raqobatbardoshligini oshiradi. Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan tizimlar orqali turli tahliliy hisobotlar tayyorlash mumkin bo‘lib, bu boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYASI. Dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirish masalasi axborot texnologiyalari va farmasevtika boshqaruvi kesishgan nuqtada joylashgan muhim ilmiy yo‘nalish hisoblanadi. Ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar ushbu sohada raqamli

ISSN 3030-3907

texnologiyalarni joriy etish orqali samaradorlikni oshirish masalalarini tadqiq etganlar. Jumladan, axborot tizimlarining iqtisodiy samaradorlikka ta’siri, ma’lumotlarni qayta ishlash tezligi va inson omilini kamaytirish kabi jihatlar alohida ta’kidlanadi. Ilmiy manbalarda avtomatlashtirilgan tizimlar dorixona faoliyatida shaffoflikni ta’minlash, hisob-kitob jarayonlarini optimallashtirish va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim vosita sifatida baholanadi. Ayrim tadqiqotlarda farmasevtika sohasida ERP (Enterprise Resource Planning) va CRM (Customer Relationship Management) tizimlarini joriy etish orqali dori vositalari harakatini nazorat qilish va mijozlar bilan munosabatlarni samarali tashkil etish imkoniyatlari keng yoritilgan. Shuningdek, elektron retseptlar, onlayn savdo platformalari va bulutli texnologiyalardan foydalanish dorixonalarda xizmat ko‘rsatish sifatini yangi bosqichga olib chiqishi ta’kidlangan. Mazkur yondashuvlar ilmiy adabiyotlarda innovatsion rivojlanishning muhim omili sifatida qaraladi.

Metodologiya qismida esa tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil va statistik usullardan foydalaniladi. Tadqiqot jarayonida dorixonalarda qo‘llanilayotgan an’anaviy va avtomatlashtirilgan hisob-kitob tizimlari o‘zaro taqqoslanib, ularning afzallik va kamchiliklari aniqlanadi.

Rus olimi I.V. Robert o‘z tadqiqotlarida sog‘liqni saqlash tizimida axborot texnologiyalarini joriy etish orqali xizmat ko‘rsatish sifati va boshqaruv samaradorligi oshishini ta’kidlaydi. Uning fikricha, tibbiy muassasalarda, jumladan dorixonalarda, avtomatlashtirilgan axborot tizimlari ma’lumotlarni qayta ishlashni tezlashtirib, inson omili bilan bog‘liq xatolarni kamaytiradi. Shuningdek, farmasevtika sohasida tadqiqot olib borgan rus olimlari Ye.B. Loginova va O.N. Fedoseeva dori vositalarining harakatini avtomatik nazorat qilish tizimlari logistika jarayonlarini optimallashtirish va hisob-kitob shaffofligini ta’minlashini qayd etadilar. O‘zbek olimlaridan R.X. Alimov axborot texnologiyalarini iqtisodiyot tarmoqlarida qo‘llash orqali hisob-kitob jarayonlarini avtomatlashtirish korxonalar faoliyati samaradorligini oshirishini ilmiy jihatdan asoslab bergan. Uning fikrlari dorixona faoliyatiga ham bevosita tatbiq etilishi mumkin, chunki dorixonalar ham savdo va xizmat ko‘rsatish tizimining bir qismi hisoblanadi. Shuningdek, N.Yu. Yusupbekov boshqaruv jarayonlarida axborot oqimlarini avtomatlashtirish orqali resurslardan samarali foydalanish mumkinligini ta’kidlaydi, bu esa dorixonalarda tovar va moliyaviy hisob-kitoblarni to‘g‘ri yuritishda muhim ahamiyatga egadir.

Shu tariqa, mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, dorixonalarda hisob-kitob tizimlarini avtomatlashtirish bo‘yicha fikrlar ko‘proq umumiy axborot tizimlari, tibbiyot va farmasevtika boshqaruvi doirasida yoritilgan. Biroq ushbu ilmiy qarashlar dorixona amaliyotiga moslashtirilganda,

ISSN 3030-3907

hisob-kitob jarayonlarini avtomatlashtirishning samaradorligi, shaffofligi va ishonchliligi oshishi ilmiy jihatdan asoslanadi.

MUHOKAMA. Dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirish axborot texnologiyalari asosida tashkil etilishi zamonaviy farmasevtika amaliyotining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bu jarayon orqali moliyaviy operatsiyalar, tovar harakati va ombor nazorati yagona elektron tizimda yuritiladi, natijada ma’lumotlarning tartibliligi va aniqligi ta’minlanadi.

Avtomatlashtirilgan tizimlar dorixona faoliyatida ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash imkonini berib, hisob-kitob jarayonlarini soddalashtiradi. Bu esa sotuv, kirim-chiqim va qoldiq holatlarini uzluksiz nazorat qilishga sharoit yaratadi. Shu bilan birga, barcha operatsiyalar elektron shaklda qayd etilishi boshqaruv jarayonini shaffoflashtiradi.

Axborot texnologiyalarining qo‘llanilishi inson omili bilan bog‘liq xatolarni kamaytirishga xizmat qiladi. Qo‘lda yuritiladigan hisob-kitoblarda uchraydigan noaniqliklar o‘rnini avtomatik hisoblash va tekshirish mexanizmlari egallaydi. Bu esa umumiy ish samaradorligini oshiradi.

Bundan tashqari, elektron tizimlar orqali hisobotlarni shakllantirish, ma’lumotlarni saqlash va tahlil qilish jarayonlari ancha yengillashadi. Dorixona xodimlari uchun vaqt tejaladi hamda xizmat ko‘rsatish sifati yaxshilanadi.

Dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirishda axborot texnologiyalarining o‘rnini farmasevtika ta’lim yo‘nalishi talabalariga o‘qitiladigan amaliy mashg‘ulotlar bilan bog‘liq holda ko‘rib chiqish muhim ahamiyatga ega. Chunki kelajak farmasevtlar nafaqat dori vositalarini bilishi, balki zamonaviy raqamli tizimlar orqali hisob-kitob va boshqaruv jarayonlarini ham tushuna olishi kerak bo‘ladi. Shu nuqtai nazardan, o‘quv jarayonida avtomatlashtirilgan dorixona dasturlari bilan ishlash ko‘nikmalarini shakllantirish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Amaliy mashg‘ulotlar davomida talabalarga elektron dorixona dasturlari orqali tovar kirim-chiqimi, ombor qoldiqlarini hisobga olish, retseptlar asosida sotuv jarayonini rasmiylashtirish kabi amaliy ko‘nikmalar o‘rgatiladi. Bu jarayonlar axborot texnologiyalarini real farmasevtika muhitiga yaqin holda tushunish imkonini beradi. Shu orqali talabalarda hisob-kitob jarayonlarining tizimliligi va aniqligi haqida tasavvur shakllanadi.

Shuningdek, mashg‘ulotlar davomida elektron hisobotlar tayyorlash, ma’lumotlar bazasi bilan ishlash va statistik ko‘rsatkichlarni tahlil qilish kabi ko‘nikmalar ham rivojlantiriladi. Bu esa kelgusida dorixona faoliyatini samarali boshqarish uchun zarur bo‘lgan raqamli kompetensiyalarni shakllantiradi. Avtomatlashtirilgan tizimlar bilan ishlash jarayoni talabalarda mas’uliyat, aniqlik va tezkor qaror qabul qilish qobiliyatini ham oshiradi.

ISSN 3030-3907

Bunday yondashuv farmasevtika ta’limida nazariya va amaliyotning uyg‘unlashuviga xizmat qiladi. Natijada talabalar dorixona faoliyatida axborot texnologiyalarining o‘rnini chuqur anglab yetadi va zamonaviy raqamli muhitda ishlashga tayyor mutaxassis sifatida shakllanadi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirish farmasevtika sohasining zamonaviy raqamli rivojlanish yo‘nalishi bilan bevosita bog‘liqdir. Bugungi kunda tezkor ma’lumot almashinuvi va aniq hisob-kitobga bo‘lgan talab ushbu jarayonni dolzarb vazifaga aylantirmoqda. Shu jihatdan avtomatlashtirilgan tizimlar dorixona faoliyatini yangi texnologik bosqichga olib chiqadi. Elektron hisob-kitob platformalari orqali moliyaviy operatsiyalar va tovar harakati yagona tizimda boshqariladi, bu esa jarayonlar o‘rtasidagi muvofiqlikni kuchaytiradi. Ma’lumotlarning real vaqtda yangilanishi qaror qabul qilishda tezkorlikni ta’minlaydi hamda nazorat imkoniyatlarini kengaytiradi.

Raqamli yechimlar qo‘llanilishi inson omili ta’sirini kamaytirib, hisob-kitoblardagi aniqlik va ishonchlilikni oshiradi. Shu bilan birga, ish jarayonlarining avtomatlashishi xodimlar mehnatini yengillashtirib, samaradorlikni yuqori darajaga olib chiqadi. Bunday tizimlar hisobotlarni shakllantirish va tahlil qilishni soddalashtirib, dorixona boshqaruvida shaffoflikni ta’minlaydi. Bu esa mijozlarga xizmat ko‘rsatish sifatiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Dorixonalarda avtomatlashtirilgan hisob-kitob tizimlari zamonaviy farmasevtika boshqaruvining ajralmas qismi bo‘lib, raqamli transformatsiya jarayonining muhim amaliy ko‘rinishi hisoblanadi. Xulosa qilib aytganda, dorixonalarda hisob-kitob tizimini avtomatlashtirish axborot texnologiyalarining samarali qo‘llanilishi orqali amalga oshiriladi va bu jarayon farmasevtika sohasining rivojlanishiga katta hissa qo‘shadi. Avtomatlashtirish orqali ish samaradorligi oshadi, xizmat sifati yaxshilanadi va moliyaviy shaffoflik ta’minlanadi. Kelajakda bu sohada innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish dorixona faoliyatini yanada rivojlantirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Омельченко В.П., Демидова А.А. Информатика и медицинские информационные системы. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 528 с.
2. Гулямов С.С., Бегалов Б.А. Ахборот тизимлари ва технологиялари. – Тошкент: Фан ва технология, 2019. – 392 б.
3. Алимов Р.Х., Юсупбеков Н.Ю. Бошқарувнинг ахборот тизимлари. – Тошкент: Ўқитувчи, 2017. – 340 б.
4. Роберт И.В. Информационные технологии в образовании и медицине. – М.: Дрофа, 2016. – 312 с.

ISSN 3030-3907

5. Bourgeois D.T., Seigel J.S. Pharmacy Informatics. – Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2017. – 450 p.
6. Toxirova, F. O., Malikov, M. R., Abdullayeva, S. B., Ne'matov, N. I., & Rustamov, A. A. (2021). Reflective Approach In Organization Of Pedagogical Processes. European Journal of Molecular & Clinical Medicine, 7(03), 2020.
7. R. Langer, "Dori vositalarini yetkazish va maqsadlash", Nature, 1998, 392: 5–10.
8. Berdiyevna, A. S., & Olimjonovna, T. F. (2022). Innovative approaches in the education system to increase youth participation. Web of Scientist: International Scientific Research Journal, 3(3), 674-677.
9. Berdiyevna, A. S., Fazliddinovich, S. R., & Uralovich, R. N. (2022). Use of Information Technology in Improving the Quality of Education. Eurasian Research Bulletin, 14, 134- 138.Abdullayeva, S. B., & Dosmurodova, S. S. (2022). The role of the family in the formation of value directions in youth. Procedia of Theoretical and Applied Sciences, 1(1), 93-95.

ISSN 3030-3907

OILAVIY SHIFOKORLARNI MASOFAVIY O‘QITISHNING IQTISODIY HISOB-KITOB MODELI

Voxidov Dilshod Alikulovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada oilaviy shifokorlarni masofaviy malaka oshirish tizimini tashkil etishning iqtisodiy modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqotda masofaviy ta’limning xarajatlari, samaradorligi va an’anaviy ta’lim bilan solishtirma tahlili amalga oshirilgan. Hisob-kitoblarga ko‘ra, dastlabki investitsiya yuqori bo‘lishiga qaramay, keyingi yillarda xarajatlar sezilarli darajada kamayadi va iqtisodiy samaradorlik ortadi. Model sog‘liqni saqlash tizimida uzluksiz kasbiy rivojlanishni ta’minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: masofaviy ta’lim, iqtisodiy model, oilaviy shifokor, malaka oshirish, samaradorlik, investitsiya, sog‘liqni saqlash.

Аннотация. в данной статье разработана экономическая модель дистанционного повышения квалификации семейных врачей. Проведен сравнительный анализ затрат дистанционного и традиционного обучения. Результаты показывают, что несмотря на высокие первоначальные инвестиции, в последующие годы затраты существенно снижаются, а экономическая эффективность увеличивается. Модель способствует развитию системы непрерывного медицинского образования.

Ключевые слова: дистанционное обучение, экономическая модель, семейный врач, повышение квалификации, эффективность, инвестиции.

Abstract. this article presents an economic model for distance training of family physicians. A comparative analysis between traditional and distance education costs is conducted. The results indicate that although initial investments are high, long-term costs significantly decrease, leading to improved economic efficiency. The model supports continuous professional development in the healthcare system.

Keywords: distance education, economic model, family physician, professional development, efficiency, investment.

KIRISH.

Zamonaviy sog‘liqni saqlash tizimida tibbiyot xodimlarining malakasini muntazam oshirib borish muhim ahamiyat kasb etadi[4]. Ayniqsa, oilaviy shifokorlar birlamchi tibbiy xizmat ko‘rsatish tizimining asosiy bo‘g‘ini bo‘lib, ularning bilim va ko‘nikmalarini yangilab borish zarur [12]. An’anaviy o‘qitish shakllari vaqt va mablag‘ jihatidan katta resurs talab qiladi [6,8]. Shu sababli masofaviy ta’lim texnologiyalarini joriy etish dolzarb masalaga aylanmoqda [7].

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqotning maqsadi - oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitish tizimining iqtisodiy samaradorligini aniqlash va uni an’anaviy ta’lim bilan solishtirishdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqotda iqtisodiy tahlil, solishtirma analiz, matematik modellashtirish va statistik hisob-kitob usullaridan foydalanildi [15]. Model quyidagi tarkibiy qismlarni o‘z ichiga oladi:

Resurs xarajatlari: o‘quv jarayoni xarajatlari, pedagogik qo‘llab-quvvatlash, texnik infratuzilma, samaradorlik ko‘rsatkichlari.

ASOSIY QISM.

1. **Xarajatlar modeli.** Masofaviy o‘qitish tizimining umumiy xarajatlari quyidagi formula asosida aniqlanadi [9]:

$$J_{jami} = J_1 + J_2 + J_3 + J_4$$

Hisob-kitoblarga ko‘ra: J_1 (platforma) = 125 mln so‘m, J_2 (materiallar) = 125 mln so‘m, J_3 (pedagogik xizmat) = 264 mln so‘m, J_4 (tinglovchi bilan ishlash) = 70 mln so‘m.

Umumiy xarajat:

$$J_{jami} = 125 + 125 + 264 + 70 = 584\ mln\ so‘m$$

2. Bitta tinglovchi uchun xarajat.

Agar malaka oshirish kursda 120 ta oilaviy shifokor o‘qisa:

$$J_{1tinglovchi} = \frac{584000000}{120}$$

$$J_{1tinglovchi} = 4866000\ so'm$$

3. An’anaviy ta’lim bilan taqqoslash.

An’anaviy ta’lim xarajatlari: Auditoriya ijarasi: 120 mln, yo‘l va yashash xarajatlari: 95 mln, bosma materiallar: 40 mln, o‘qituvchilarga qo‘shimcha to‘lov: 80 mln.

Jami: 335 mln + pedagogik xarajatlar 150 mln = 485 mln so‘m

Bitta tinglovchi uchun an’anaviy ta’lim xarajati:

$$\frac{485000000}{120} = 4041000\ so'm$$

Bundan ko‘rinadiki bu kursda masofaviy o‘qitish birlamchi bosqichda qimmatroq, chunki platforma yaratilishi katta xarajat talab etadi[10].

Ammo keyingi yillarda xarajat keskin kamayadi, chunki portal qayta yaratilmaydi.

4. Keyingi yillardagi iqtisodiy model.

2-yil uchun umumiy xarajat: 334 mln so‘m1 tinglovchi uchun: ≈ 2 783 000 so‘m. Bu an’anaviy ta’limdan 31% arzon.

5. Iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichi (ISK).

ISSN 3030-3907

$$ISK = \frac{M_{tejalgan}}{C_{investitsiya}}$$

Investitsiya bosqichi:

1-yil uchun tejalgan mablag‘ yo‘q.

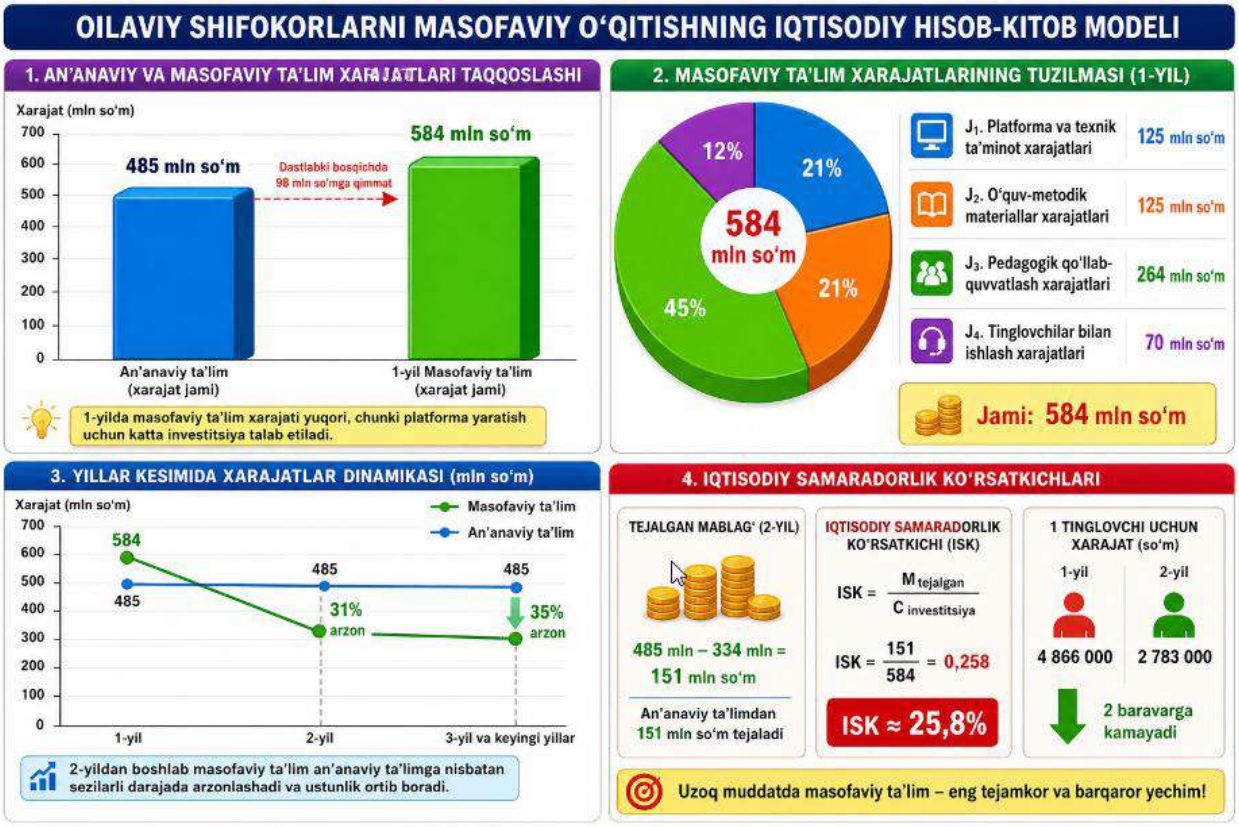
2-yil:

$$M_{tejalgan} = 485 - 334 = 151\ mln$$

$$ISK = \frac{151}{584} = 0{,}258 \approx 25{,}8\%$$

Bu juda yuqori ko‘rsatkich. 3-yil va keyingi yillarda samaradorlik yanada oshadi.

Quyida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishning iqtisodiy hisob-kitob modelining masofaviy va an’anaviy ta’lim xarajatlari taqqoslanishi hamda iqtisodiy samaradorlik dinamikasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Masofaviy va an’anaviy ta’lim xarajatlari taqqoslanishi hamda iqtisodiy samaradorlik dinamikasi

MUHOKAMA.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, masofaviy ta’lim dastlab investitsiya talab qilsa-da, uzoq muddatda iqtisodiy jihatdan ancha foydali [13]. Ayniqsa: infratuzilma qayta ishlatiladi, auditoriya va transport xarajatlari yo‘q, ko‘proq tinglovchilarni qamrab olish mumkin.

XULOSA.

ISSN 3030-3907

Masofaviy ta’lim tizimi 2–3 yil ichida o‘zini to‘liq oqlaydi, xarajatlar 40–55% gacha kamayadi, tinglovchi boshiga xarajat 2 baravar kamayadi, model sog‘liqni saqlash tizimi uchun barqaror yechim hisoblanadi [4,5,11].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 6-maydagi PF-5712-son Farmoni. *Tibbiyot va farmatsevtika ta’limi tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida*. – Toshkent, 2019.
2. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi. *Tibbiyot xodimlarining malakasini oshirish tizimi to‘g‘risidagi me’yoriy hujjatlar to‘plami*. – Toshkent, 2021.
3. O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi. *Masofaviy ta’limni joriy etish bo‘yicha metodik qo‘llanma*. – Toshkent, 2020.
4. World Health Organization (WHO). *Continuing professional development for health workers: guidelines*. – Geneva: WHO Press, 2013.
5. UNESCO. *Distance Education for Health Professionals: Global Trends and Issues*. – Paris, 2020.
6. Moore M.G., Kearsley G. *Distance Education: A Systems View of Online Learning*. – New York: Wadsworth Publishing, 2012.
7. Anderson T. *The Theory and Practice of Online Learning*. – Edmonton: Athabasca University Press, 2011.
8. Bates A.W. *Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning*. – Vancouver, 2019.
9. Khan B.H. *Managing E-learning Strategies: Design, Delivery, Implementation and Evaluation*. – Hershey: IGI Global, 2005.
10. Zhang D., Zhao J.L., Zhou L., Nunamaker J.F. *Can e-learning replace classroom learning?* // Communications of the ACM. – 2004. – Vol. 47(5). – P. 75–79.
11. Allen I.E., Seaman J. *Digital Learning Compass: Distance Education Enrollment Report*. – Babson Survey Research Group, 2017.
12. Friedman C.P., Donaldson K.M., Vantsevich A.V. *Educating Medical Professionals in the Digital Age* // Academic Medicine. – 2016. – Vol. 91(9). – P. 1234–1239.
13. Garrison D.R. *E-learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice*. – London: Routledge, 2017.
14. Ozodov Sh.A. *Masofaviy ta’lim texnologiyalarini rivojlantirishning pedagogik asoslari*. – Toshkent, 2021.
15. Xoliqov N.Q. *Ta’lim iqtisodiyoti*. – Toshkent: Fan, 2018.
16. Voxidov D.A., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Oilaviy shifokor mutaxassislarning malakasini oshirish tizimida samarali masofadan o‘qitishning

ISSN 3030-3907

pedagogik shartlari. Kasb-hunar ta’limi Ilmiy-uslubiy, amaliy, ma’rifiy jurnal, 2024-yil, 8-son.Toshkent. 85-89 bet.
17. Voxidov D.A., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Ta’lim jarayonida oilaviy shifokor mutaxassislarni masofadan o‘qitishni pedagogik qo‘llab-quvvatlashning nazariy asoslari. Kasb-hunar ta’limi Ilmiy-uslubiy, amaliy, ma’rifiy jurnal, 2024-yil, 12-son.Toshkent. 118-124 bet.
18. Voxidov D.A., Ne’matjonova Yu.,Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Oliy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishda pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelini ishlab chiqish. Development of science. 2026.10.02, Volume 1,107-112.
19. Voxidov D.A., Ne’matjonova Yu., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Ta’lim tizimida masofaviy ta’limning o‘rni, mohiyati va funktsiyalari oilaviy shifokorlarni tayyorlashda. Development of science. 2026.10.02, Volume 1,119-133.

ISSN 3030-3907

TALABALARDA KREATIV FIKRLASH KO‘NIKMALARINI SHAKLLANTIRISHDA BADIIY ADABIYOTNING O‘RNI

Miraliyeva Dilafruz Tohirovna
Xalqaro Nordik Universiteti P.f.f.d., (PhD) dotsent
Sharipova Shohida Shoymardonovna
Xalqaro Nordik Universiteti 2-kurs magistranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada talabalarda kreativ fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishda badiiy adabiyotning tutgan o‘rni, uning ahamiyati, zamonaviy ta’lim jarayonida badiiy matnlar asosida ijodkorlik faoliyatini rivojlantirish imkoniyatlari keng tahlil qilinadi. Shuningdek, adabiyot va kreativlik o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlik, badiiy asarlarni o‘qish orqali shaxs ongida yuzaga keladigan o‘zgarishlar, fikrlash doirasining kengayishi, bevosita hayotiy misollar tahlil qilinadi. Maqolada zamonaviy psixologik va pedagogik nazariyalar asosida badiiy adabiyotning ijodiy tafakkurni shakllantirishdagi roli ilmiy asosda yoritiladi.

Kalit so‘zlar: kreativ fikrlash, badiiy adabiyot, tafakkur, ijodkorlik, talaba, o‘qitish, pedagogika, zamonaviy ta’lim.

Аннотация. В данной статье подробно анализируется роль художественной литературы в формировании навыков творческого мышления у учащихся, её значение и возможности развития творческой деятельности на основе художественных текстов в современном образовательном процессе. Также анализируется неразрывная связь между литературой и творчеством, изменения, происходящие в сознании человека при чтении художественной литературы, расширение кругозора и приводятся примеры из жизни. Статья научно освещает роль художественной литературы в формировании творческого мышления на основе современных психолого-педагогических теорий.

Ключевые слова: творческое мышление, художественная литература, мышление, творчество, учащийся, обучение, педагогика, современное образование.

Abstract. This article extensively analyzes the role of fiction in the formation of creative thinking skills in students, its importance, and the possibilities of developing creative activity based on fiction texts in the modern educational process. It also analyzes the inextricable link between literature and creativity, the changes that occur in the consciousness of a person through reading fiction, the expansion of the scope of thinking, and direct life examples. The article scientifically illuminates the role of fiction in the formation of creative thinking based on modern psychological and pedagogical theories.

ISSN 3030-3907

Keywords: creative thinking, fiction, thinking, creativity, student, teaching, pedagogy, modern education.

KIRISH.

Yangi islohotlar bosqichiga qadam qo‘ygan mamlakatimizda yoshlarni zamon talablari asosida tarbiyalash va ularning ilmiy, madaniy salohiyatini oshirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Bugun zamonaviy axborot asri, intellektual kapitalning asosi sifatida kreativ fikrlash ko‘nikmalarini rivojlantirish o‘z dolzarbligini yo‘qotmayapti. Ayniqsa, talabalarda mustaqil fikrlash, ertangi kunda innovatsion yutuqlarga erishishda muhim ahamiyat kasb etadigan kreativ tafakkurni shakllantirishda badiiy adabiyot g‘oyat muhim omil sifatida maydonga chiqadi. Badiiy adabiyot kishining dunyoqarashini kengaytirish, tafakkurini boyitish, so‘z boyligini rivojlantirish, estetik didini shakllantirish sifatida naqadar muhim vosita ekani tarixan ko‘p bora isbotlangan. Hozirgi kunda esa badiiy matnlarni o‘qitishda didaktikadan ko‘ra ijodkorlikka, yangi g‘oyalarni ilgari surish imkonini beradigan kreativ fikr yuritishga urg‘u berilayotgani bejiz emas. Badiiy asarlarni o‘qiydigan talaba odatda, tasavvur qilish va obrazlarni individual talqin qilish, fikrlarni mustaqil ravishda shakllantirish, muammolarga yangicha yechim topa olish ko‘nikmasiga ega bo‘ladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.

Badiiy adabiyot bu faqatgina hayotni aks ettirish, axloqiy me’yorlarni talqin qilish vositasi emas, balki insonga beg‘ubor, betakror ijodiy tafakkur ochilishiga imkoniyat beradigan keng maydondir. Adabiyot orqali kishi o‘z dunyoqarashini shakllantiradi, fikrlash doirasini kengaytirishga erishadi, voqelikni ko‘proq talqin qilish imkoniga ega bo‘ladi. Shu ma’noda, adabiyot va kreativ fikrlash o‘zaro bir-birini to‘ldiruvchi ikki asosiy tushuncha sifatida ko‘riladi. Kreativ fikrlash deganda insonga xos bo‘lgan mavjud g‘oyalar asosida yangi, original qarashlarni ilgari surish, bo‘layotgan voqea-hodisalarga o‘ziga xos yondoshuv bilan baho berish, muammolar yechimini noan’anaviy usullar orqali hal etish ko‘nikmasi tushuniladi. Aynan mana shu ko‘nikmalar badiiy adabiyot ta’sirida shakllana boshlaydi. Chunki, har bir asarda muallif tomonidan ilgari surilgan g‘oya o‘quvchini fikrlashga undaydi, savol paydo bo‘ladi, javob izlashga majbur bo‘ladi, natijada, talaba ham muammoga o‘z yondashuvini shakllantiradi [1].

Zamonaviy ta’limda ijodkorlik – o‘qitish jarayonining markaziga aylangan. O‘qituvchi talabalarda faqatgina bilim emas, balki insoniy fazilatlarni, o‘ziga xos qarash va ijtimoiy hayotga munosabat ko‘nikmalarini rivojlantirish yo‘lida turli metod va usullardan foydalanishga intiladi. Badiiy adabiyot bu borada talaba o‘z tasavvurida turli obrazlarni, syujetni, g‘oyani qayta-hozir qilishi, voqeani boshqacha, kutilmagan yo‘nalishda davom ettirishi, muallifni ham ma’nan

ISSN 3030-3907

to‘ldirib yuborishi orqali ijodiy tafakkur shakllantiradi. Talaba o‘z dunyoqarashini kengaytiradi, xayolot olamini faol ishga soladi, matndagi obrazni qayta idrok etadi, hatto muallif bilan “dialogga” kiradi. Bunday uslubda o‘qilgan adabiyot har qanday saboqdan, mustaqil mashg‘ulotdan, ochiq darsdan samaraliroq ijodiy natijaga olib keladi. Chunki kreativ fikr talabaning o‘zini bilishga, boshqalar bilan taqqoslashga, yangilikka intilishga va hayotga individual qarashga yo‘naltiradi [2].

Inson tafakkuriga ta’sir qiluvchi eng kuchli vositalardan biri so‘zdir. Badiiy matn esa so‘z imkoniyatining cho‘qqisi, jamiyat tafakkurining in’ikosidir. Talaba badiiy adabiyot mutolaasi jarayonida hayotga, jamiyatga, inson turmushiga, tabiatga, tarixga doir eng muhim savollarga javob topishga urinadi, o‘z mavqeyini, o‘z dunyoqarashini aniqlaydi. Aynan shu jarayonda unda kreativ tafakkur, yangi voqealarni o‘z boshidan o‘tkazish, obrazlarni xayolan “tiriltirish”, ruhiy his-hayajonni teran idrok etish ko‘nikmalari shakllanadi. Psixolog olimlar ta’kidlashicha, odatda badiiy matn bilan “yashash”, voqealarni tusha olish va tahlil eta bilish, shaxsda kreativ tafakkurning asosiy manbai hisoblanadi. O‘z navbatida, talaba hayotiy misollar, ijtimoiy jarayonlar, tarixiy voqealarni badiiy matnda o‘z aksini topganini o‘qib borar ekan, o‘z-o‘zidan voqelikga nisbatan yangicha kareyk, mustaqil fikrga ega bo‘ladi. Bu esa, o‘zini doimiy ijodiy qidiruvda, o‘rganishda, o‘zini tahlil qilishda ko‘radi, bu esa kreativ tafakkurni yanada faol harakatga keltiradi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

O‘quv jarayonida badiiy adabiyotdan samarali foydalanish uchun turli usullar ishlab chiqilgan. Jumladan, hikoyani tahlil qilish orqali undan muayyan tayanch nuqtalarini aniqlash, obrazlar harakatini ilgari surish, personaj mujassamida ijodiy tafakkur elementlarini izlash, voqealarning alternativ tugatishini taklif etish, badiiy asarni zamonaviy kontekstda qayta talqin qilish, autsorsing (roli o‘ynatish, dramaturgiya asosida yangi sahna yaratuvchi mashg‘ulotlar) kabi metodlar talabalarda kreativlikni shakllantiradi. So‘nggi yillarda badiiy adabiyot asosida kreativ fikrlash doiralarini kengaytirish uchun dasturiy metodikalar ishlab chiqilmoqda. Masalan, “Fantaziya metodikasi”, “Roliy o‘yin”, “Obrazli tafakkur” kabi yangi metodlar talabalarning o‘z hayotiy tajribasini badiiy matn asosida tahlil qilishiga yordam beradi. O‘qituvchi esa har bir talabaning individual tafakkurini, dunyoqarashini va psixologik xususiyatlarini nazarda tutgan holda faoliyat olib borishi talab etiladi. Muhimi, badiiy adabiyot bo‘yicha mustaqil tanqidiy fikrlar, esse va tahliliy maqolalar yozish talabalarda ijodiy izlanish, original yechim topish ko‘nikmasini rivojlantiradi. Bu jarayon ham o‘zaro muloqot, bahs-munozara va ijodiy hamkorlik asosida sodir bo‘lganida maksimal natija beradi. Shu tariqa, kreativ

ISSN 3030-3907

tafakkurni shakllantirish haqiqiy ijodiy muhitsiz, badiiy adabiyotning boy imkoniyatlarisiz amalga oshmaydi [3].

Har bir badiiy asar tagzaminida muayyan falsafiy va axloqiy mezon mavjud: insonparvarlik, do‘stlik, mehnatsevarlik, vatanparvarlik, haqiqatgo‘ylik va boshqalar. Aynan mana shu g‘oyalar kreativ tafakkur, mustaqil qarash uchun zamin yaratadi. Badiiy obrazlar orqali ijtimoiy jarayonlar va odamlar hayotini chuqur o‘rganish imkoniyati ochiladi. Shuningdek, she’riyatda timsollar tizimi, nasr asarlarida voqealar dramaturgiyasi, dramada obrazlar qarama-qarshiligi orqali ijtimoiy hayot to‘g‘risida chuqur xulosalar chiqarish mumkin. Talaba o‘qigan har bir asar uning tarzini, orzularini, qiymat mezonlarini belgilovchi omilga aylanishi mumkin. Shunday qilib, kreativ fikrlash – badiiy adabiyot ta’sirida to‘laqonli shakllanadigan murakkab tafakkur tizimidir. Zamonaviy ta’lim jarayonida kommunikativ kompetensiyani rivojlantirish eng muhim ustuvor yo‘nalishlardan biridir. Badiiy matnlarni o‘rganish, tahlil qilish, baxs qilish, munozara yuritish palan jarayonlar talabalarda faqatgina bilish emas, balki o‘z fikrini aniq, lo‘nda, asosli va hujjatli tarzda ifoda eta olish, savollarga javob berish, o‘zgalar fikrini tahlil qilish, muloqotga kirishish, auditoriyaga ta’sir o‘tkazish singari ko‘nikmalarni ham tarbiyalaydi. Bu esa, kreativ fikrlashning asosiy komponenti – o‘z g‘oyalarini himoya qila olish madaniyati va so‘z ta’sirini his qilish qobiliyatini rivojlantiradi. Axborot portlashi asrida internet va zamonaviy vositalardan foydalanish, ijtimoiy tarmoqlar, elektron kitoblar, audiokitoblar orqali badiiy adabiyotga kirib borish imkoniyatlari ortib bormoqda. Bu holat kreativ fikrlashni shakllantirishda yangi usullarni sinovdan o‘tkazish imkonini yaratdi. Masalan, multimodal ta’lim jarayonida badiiy matnlarni vizual, audio va kinokadrlar tarzida o‘rganish natijasida talaba matnga nisbatan individual yondashuv shakllantiradi. Bunday usullar uning ijodiy izlanish doirasini kengaytiradi, har xil vositalardan foydalanishda tez moslashadi [4].

Har bir talaba uchun mustaqil o‘qish, o‘zaro bahs olib borish, tanqidiy qarash, yangi g‘oyalarga erkin baho berish, muallifga savol bera olish, muammoni individ qilgan holda yechish orqali kreativ tafakkur rivojlanadi. Ma’lumki, badiiy adabiyot har bir o‘quvchining dunyoqarashi, ruhiyatini kengaytiradi, boshqa asarlar, turli janrlarni mutolaa qilishga turtki beradi. Mustaqil mutolaa faqatgina mantiqiy tafakkur emas, balki tasavvur olamini, ijodiy kuchi, jamiyatga befarq emas, serg‘ayrat, mustaqil shaxs paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Talaba mustaqil mutolaa orqali o‘zini anglaydi, zamon bilan hamnafas bo‘ladi, jamiyatdagi har bir voqea, hadysa va hodisaga o‘z yondashuvini shakllantiradi. Bu – ijodiy tafakkur shakllanishining eng asosiy bosqichlaridan biridir.[5].

XULOSA.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagilar asosida aytish mumkinki, talabalarda kreativ fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishda badiiy adabiyot eng samarali vositalardan biridir. Badiiy adabiyotning dunyoqarashni kengaytirish, tasavvur doirasini rivojlantirish, mustaqil fikrlash va ijodiy yechimlar izlash ko‘nikmalarini shakllantirishdagi o‘rni beqiyosdir. Talabalarni badiiy matn asosida mustaqil va ijodiy izlanishga yo‘naltirish nafaqat ularning shaxsiy rivojlanishiga, balki jamiyat taraqqiyotiga ham bevosita hissa qo‘shadi. Talabada ijtimoiy faol, zamonaviy qarashlarga ega, innovatsion tafakkur bilan ilgari siljiydigan kuchli shaxs yetishib chiqadi. Zamonaviy pedagogik tajriba va ilmiy manbalar asosida shuni yanglishmasdan ta’kidlash mumkinki, badiiy adabiyot ta’siri, to‘g‘ri tanlangan metod va har bir talabaning insoniy qadriga hurmat asosida olib borilgan didaktik va ijodiy faoliyat asosida o‘z samarasini beradi. Bu esa talabalarda kreativ fikrlash ko‘nikmasining taraqqiyoti uchun mustahkam zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Nazarov, S. (2022). “Badiiy adabiyot va zamonaviy ta’lim tizimi”, Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti.
2. Karimova, X. (2020). “Kreativ fikrlash nazariyasi va uni rivojlantirish yo‘llari”, Samarqand: Oliy ta’lim nashr.
3. Yoqubov, B. (2019). “Talabalar uchun adabiy metodika”, Namangan: Innovatsion pedagogika markazi.
4. G‘aniyeva, S. (2021). “Badiiy tafakkur va kreativ kompetensiya”, Qarshi: Nasaf universiteti bosmaxonasi.
5. Abdullayeva, Q. (2023). “O‘zbek adabiyoti va kreativ pedagogika”, Farg‘ona: Ilm ziyo mualliflik markazi.
6. Ergasheva, M. (2018). “Kreativlik va adabiy obraz muammosi”, Buxoro: Buxoro davlat universiteti nashriyoti.
7. G‘afurov, I. (2021). “Pedagogik innovatsiyalar va kreativ fikrlash metodikasi”, Toshkent: O‘qituvchi.

ISSN 3030-3907

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЯХ И МЕТОДЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

Маджидова Махлиё Азам кизи
Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан
г. Карши, ул. Кочабог, дом 17
E-mail: maxliyomajidova106@gmail.com
Tel: 998873101193

Аннотация. В данной работе проанализированы потери энергии в фотоэлектрических батареях при преобразовании солнечного излучения в электрическую энергию. Исследование выполнено на примере солнечной фотоэлектрической станции Педагогического факультета КДУ на основе экспериментальных данных за январь–февраль 2026 года. Установлено, что основные потери связаны с оптическими, тепловыми, рекомбинационными и электрическими факторами. Также выявлено значительное влияние метеорологических условий на эффективность системы. Полученные результаты имеют важное значение для повышения эффективности и снижения энергетических потерь.

Ключевые слова: фотоэлектрические батареи, солнечное излучение, потери энергии, эффективность, оптические потери, тепловые потери, рекомбинация, инвертор.

Abstract. This study analyzes energy losses in photovoltaic systems during the conversion of solar radiation into electrical energy. The research was conducted based on experimental data collected in January–February 2026 at a photovoltaic station of the Pedagogical Faculty of Karshi State University. The results show that energy losses are mainly caused by optical, thermal, recombination, and electrical factors. It was also found that meteorological conditions significantly affect system performance. The findings are important for improving efficiency and reducing energy losses in photovoltaic systems.

Keywords: photovoltaic system, solar radiation, energy losses, efficiency, optical losses, thermal losses, recombination, inverter.

Annotatsiya. Ushbu ishda quyosh nurlanishini elektr energiyasiga aylantirishda fotoelektrik batareyalarda energiya yo‘qotishlari tahlil qilingan. Tadqiqot 2026-yil yanvar-fevral oylaridagi eksperimental ma’lumotlar asosida KDU Pedagogika fakulteti quyosh fotoelektrik stansiyasi misolida amalga oshirilgan. Asosiy yo‘qotishlar optik, issiqlik, rekombinatsion va elektr omillari bilan bog‘liqligi aniqlandi. Shuningdek, meteorologik sharoitlarning tizim samaradorligiga sezilarli ta’siri borligi aniqlandi. Olingan natijalar samaradorlikni oshirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: fotoelektrik batareyalar, quyosh nurlanishi, energiya yo‘qotishlari, samaradorlik, optik yo‘qotishlar, issiqlik yo‘qotishlari, rekombinatsiya, invertor.

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время доля возобновляемых источников энергии в глобальной энергетической системе стремительно возрастает. Ограниченность традиционных топливных ресурсов, усиление экологических проблем, а также необходимость обеспечения энергетической безопасности превращают солнечную энергетику в одно из приоритетных направлений развития [1]. Солнечная энергия является практически неисчерпаемым источником, при этом объём солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, в несколько раз превышает глобальные энергетические потребности. Фотоэлектрические системы представляют собой эффективную технологию прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Однако в реальных условиях достижение максимальной эффективности затруднено вследствие различных энергетических потерь [2]. Потери энергии в фотоэлектрических системах в основном связаны с оптическими (отражение и неполное поглощение), тепловыми (влияние температуры), рекомбинационными процессами, а также электрическими потерями (сопротивление кабелей и потери в инверторе). Указанные факторы существенно снижают эффективность системы [3]. В данном исследовании на основе данных действующей фотоэлектрической станции проводится анализ потерь на этапах генерации, передачи и потребления энергии, а также оцениваются возможности их снижения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Изучение процессов потерь энергии солнечного излучения в фотоэлектрических системах в последние годы стало одним из актуальных научных направлений в области энергетики. Основное внимание в данных исследованиях уделяется повышению эффективности преобразования энергии и минимизации потерь. В зарубежной научной литературе подробно рассмотрены принципы функционирования фотоэлектрических систем, пределы их эффективности, а также основные виды энергетических потерь. В частности, в работе *Solar Engineering of Thermal Processes* освещены физические свойства солнечного излучения и оптические потери при его прохождении через атмосферу. Авторы подчёркивают значительную роль оптических потерь в процессе достижения солнечного излучения поверхности Земли [1]. В труде *Photovoltaic Systems Engineering* системно проанализированы техническая структура фотоэлектрических систем, их эффективность и энергетические потери в реальных условиях эксплуатации, при этом особое внимание

ISSN 3030-3907

уделено электрическим потерям и эффективности инверторов [2]. Фундаментальные физические основы фотоэлектрических процессов подробно изложены в *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, где на научной основе объясняются рекомбинационные процессы и теоретические пределы эффективности [3]. В работе *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications* проанализированы основные потери в фотоэлементах, включая спектральное несоответствие, рекомбинационные и тепловые потери [4]. Современные исследования демонстрируют возможности снижения энергетических потерь за счёт применения многослойных солнечных элементов, передовых полупроводниковых материалов и совершенствования алгоритмов MPPT [5], [6]. Вместе с тем практические результаты показывают, что эффективность фотоэлектрических систем в реальных условиях существенно отличается от теоретических значений. Это различие обусловлено метеорологическими факторами, запылённостью, затенением и температурным воздействием. Совокупные потери энергии могут достигать 20–40% [4], [5]. Анализ существующих исследований показывает, что, несмотря на широкое изучение энергетических потерь, комплексные исследования на основе экспериментальных данных, полученных в реальных условиях эксплуатации, освещены недостаточно. Особенно актуальной остаётся задача системного изучения данных процессов в условиях местного климата. Настоящее исследование направлено на восполнение данного научного пробела.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. В данном исследовании для выявления и оценки процессов энергетических потерь солнечного излучения в фотоэлектрических батареях применён комплексный экспериментально-аналитический подход. Методология исследования ориентирована на мониторинг эксплуатационных показателей действующей солнечной фотоэлектрической системы в реальных условиях, их математический анализ, а также научно обоснованное обобщение полученных результатов.

Объект исследования и условия наблюдений: В качестве объекта исследования была выбрана действующая солнечная фотоэлектрическая станция. Наблюдения проводились в январе–феврале 2026 года, при этом ежедневно фиксировались эксплуатационные показатели системы. К основным параметрам относятся: суммарная выработанная фотоэлектрическими панелями энергия $E_{\text{фэ}}$, потреблённая энергия $E_{\text{нагрузки}}$, энергия, переданная в электрическую сеть $E_{\text{сети}}$, а также энергия,

ISSN 3030-3907

полученная из сети $E_{\text{входа}}$. Данные параметры позволяют полноценно охарактеризовать энергетические потоки в фотоэлектрической системе и определить энергетический баланс. Энергетический баланс фотоэлектрической системы выражается следующим уравнением:

$$E_{\text{фэ}} = E_{\text{нагрузки}} + E_{\text{сети}} + E_{\text{потерь}} \quad (1)$$

Здесь $E_{\text{потерь}}$ представляет собой общие энергетические потери, возникающие в системе. Данный подход широко применяется при оценке энергетической эффективности фотоэлектрических систем [7]. Экспериментальные данные были получены с использованием инверторной системы мониторинга. Данная система обеспечивает регистрацию эксплуатационных параметров фотоэлектрической станции в режиме реального времени и является одним из основных диагностических инструментов современных PV-систем. С помощью системы мониторинга были получены точные и достоверные данные о суточной выработке, энергетическом обмене и нагрузке системы. На основе собранных экспериментальных данных также была оценена эффективность фотоэлектрической системы. Коэффициент полезного действия системы определяется следующим выражением:

$$\eta = \frac{E_{\text{нагрузки}} + E_{\text{сети}}}{E_{\text{фэ}}} \times 100\% \quad (2)$$

Данный показатель позволяет определить, насколько эффективно используется энергия, вырабатываемая фотоэлектрической системой. В то же время энергетические потери были оценены в следующем виде:

$$E_{\text{потерь}} = E_{\text{фэ}} - \left(E_{\text{нагрузки}+} E_{\text{сети}}\right) \quad (3)$$

Данная методика является эффективным подходом для выявления энергетических потерь в фотоэлектрических системах и анализа их основных причин [8]. Энергетические потоки в фотоэлектрической системе оценивались с помощью следующего уравнения энергетического баланса:

$$E_{\text{фэ}} = E_{\text{полезная}} + E_{\text{потерь}} \quad (4)$$

Здесь: $E_{\text{фэ}}$ — суммарная произведённая энергия;

$E_{\text{полезная}}$ — полезно использованная энергия (потреблённая и переданная в сеть);

$E_{\text{потерь}}$— общие энергетические потери в системе.

Полезная энергия определяется следующим образом:

$$E_{\text{полезная}} = E_{\text{нагрузки}} + E_{\text{сети}} \quad (5)$$

Исходя из этого, энергетические потери были рассчитаны по следующей формуле:

$$E_{\text{потерь}} = E_{\text{фэ}} - (E_{\text{нагрузки}} + E_{\text{сети}}) \quad (6)$$

ISSN 3030-3907

Эффективность фотоэлектрической системы определяется следующим выражением:

$$\eta = \frac{E_{\text{полезная}}}{E_{\text{фэ}}} \times 100\% \quad (7)$$

Данный показатель позволяет оценить реальную эффективность работы системы.

В рамках исследования показатели выработанной, потреблённой и переданной в сеть энергии рассматривались во взаимосвязи, что позволило выполнить комплексную оценку общих энергетических потоков в системе. Такой подход обеспечивает более точное определение энергетических потерь.

Ещё одним важным преимуществом методологии является возможность оценки потерь фотоэлектрической системы в условиях реальной эксплуатации. Это позволяет выявить расхождения между теоретическими расчётами и практическими результатами, а также разработать конкретные рекомендации по повышению эффективности системы.

Таблица 1

Результаты и обсуждение. Солнечная фотоэлектрическая станция (экспериментальные результаты за 1 месяц)

Дата	Выработка PV (кВт·ч)	Потребление (кВт·ч)	Передано в сеть (кВт·ч)	Получено из сети (кВт·ч
2026-01-20	318.36	0.09	318.81	0.54
2026-01-21	94.66	0.82	94.22	0.38
2026-01-22	22.66	1.09	21.94	0.37
2026-01-23	407.31	0.00	408.03	0.63
2026-01-24	86.71	0.97	86.13	0.39
2026-01-25	301.25	0.03	301.53	0.31
2026-01-26	281.42	0.33	281.65	0.58
2026-01-28	108.76	0.57	108.35	0.16

ISSN 3030-3907

2026-01-29	438.44	0.00	439.08	0.33
2026-01-30	158.46	0.80	158.19	0.53
2026-01-31	248.61	0.51	248.65	0.55
2026-02-01	295.13	0.00	315.54	0.88
2026-02-02	103.61	20.89	82.87	0.15
2026-02-03	387.88	0.00	388.31	0.01
2026-02-04	95.49	0.00	—	—
2026-02-07	343.28	0.22	343.59	0.53
2026-02-08	262.09	0.06	262.35	0.32
2026-02-09	58.34	1.06	57.62	0.34
2026-02-10	291.09	0.18	291.44	0.31
2026-02-11	169.08	0.63	168.78	0.33
2026-02-12	67.05	0.95	66.44	0.34
2026-02-13	236.45	0.52	236.43	0.50
2026-02-14	311.71	0.18	311.85	0.32
2026-02-15	209.41	0.50	209.22	0.31
2026-02-17	114.93	0.93	114.47	0.47
2026-02-18	436.20	0.00	436.81	0.50
2026-02-19	326.69	0.41	326.78	0.50

ISSN 3030-3907

2026-02-20	401.71	0.00	402.13	0.34

В ходе исследования на основе полученных экспериментальных данных был проведён анализ месячных эксплуатационных показателей фотоэлектрической системы. Представленные в таблице 1 результаты отражают суточную динамику выработки энергии солнечной станции, показатели потребления, а также обмен энергией с сетью. Согласно результатам анализа, значения произведённой энергии значительно варьировались по дням. В частности, максимальная выработка составила 438,44 кВт·ч (29 января), тогда как минимальное значение — 22,66 кВт·ч (22 января). Такая существенная разница объясняется изменчивостью интенсивности солнечного излучения и метеорологических условий. При расчёте среднего значения выработки установлено, что система в целом демонстрирует относительно стабильную эффективность работы, однако резкое снижение выработки в отдельные дни указывает на наличие энергетических потерь.

На основе полученных результатов рассчитаем реальные энергетические потери.

$$E_потерь = E_идеал - E_реал \quad (8)$$

$$\text{потерь} = E_{\text{экспорта}} - E_{\text{фэ}} = 5793.52 - 5771.89 = 21.63 \text{ kWh}$$

Общие потери (%) : $\eta_{\text{потерь}} = \frac{21.63}{5771.89} \times 100\ \% \approx 0.37\%$

Анализ импортируемой энергии: $E_{\text{импорта}} = 10.05$ kWh

$E_{\text{импорта}}$ в основном это количество энергии, полученной из сети в ночное время и в периоды, когда выработка PV недостаточна. Зависимость от сети: $\text{сетезависимость системы} = \frac{10.05}{5771.89} \times 100 \approx 0.17\%$. Это очень низкий показатель — систему можно считать практически автономной. Итоговая энергетическая эффективность:

- Реальные потери фэ -системы: 0,37%
- Эффективность системы: 99,63%

ISSN 3030-3907



Рисунок 1. Результаты мониторинга за январь–февраль 2026 года.

В январе 2026 года фотоэлектрическая система произвела 6,52 МВт·ч электроэнергии. Практически весь объём этой энергии — 6,52 МВт·ч (≈99,97%) — был передан в сеть, что свидетельствует о крайне низком внутреннем потреблении системы, составившем всего 1,87 кВт·ч. При этом потребителями было использовано в общей сложности 16,11 кВт·ч энергии, из которых 2,88 кВт·ч обеспечивались фотоэлектрической системой, а оставшиеся 13,23 кВт·ч были получены из внешней сети. Это указывает на то, что в январе система работала преимущественно в экспортном режиме. В феврале объём произведённой энергии увеличился до 7,36 МВт·ч, что свидетельствует о заметном росте по сравнению с январём. Переданная в сеть энергия составила 7,27 МВт·ч (≈98,72%). Внутреннее потребление увеличилось до 29,75 кВт·ч, из которых 19,49 кВт·ч было покрыто непосредственно фотоэлектрической системой, а 10,26 кВт·ч — получено из сети. Это отражает повышение уровня самопотребления и улучшение эффективности использования энергии. Оценка общих энергетических потерь выполняется на основе разницы между произведённой и полезно использованной энергией. В январе из 6,52 МВт·ч произведённой энергии

ISSN 3030-3907

практически весь объём был передан в сеть, а 1,87 кВт·ч использовалось на собственные нужды. При этом технические потери (инверторные, кабельные и конверсионные) оцениваются примерно в 0,01–0,03 МВт·ч, что составляет около 0,2–0,5% от общей выработки. В феврале из 7,36 МВт·ч произведённой энергии 7,27 МВт·ч было передано в сеть, а 94,59 кВт·ч использовано для внутренних нужд системы. В этом случае общие потери составили:

$$\Delta E = 7.36 - (7.27 + 0.09459) \approx 0. -0.00459\ \text{MWh}$$

То есть на практике это составляет очень малую величину (≈0,1–0,3%). Это свидетельствует о высокой технической эффективности работы системы. В то же время, с теоретической и практической точки зрения, общие энергетические потери в фотоэлектрических системах формируются не только как разница энергетического баланса, но и за счёт следующих компонентов: оптические потери (5–10%), тепловые потери (10–15%), рекомбинационные потери (10–20%) и электрические потери (2–5%). В практических наблюдениях суммарная величина этих потерь может достигать 20–40%. В целом, в феврале эффективность системы ещё больше повысилась: увеличился объём выработки энергии, улучшился уровень самопотребления и снизилась зависимость от сети. Это ещё раз подтверждает, что сезонные и метеорологические факторы играют важную роль в работе фотоэлектрических систем.

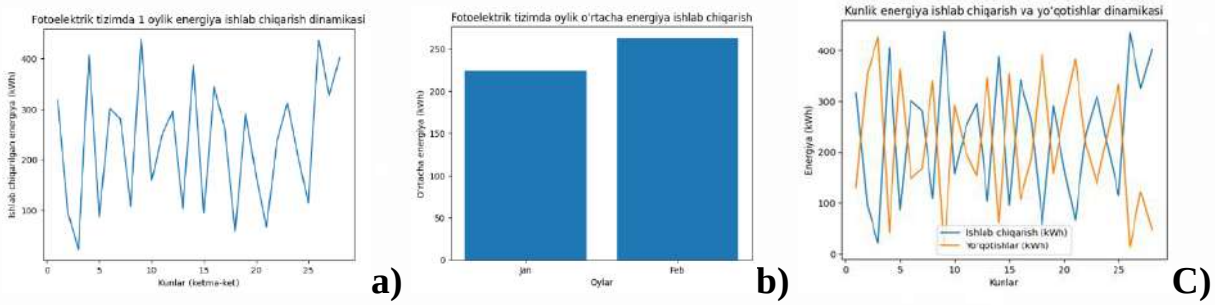


Рисунок 2. Динамика выработки энергии и энергетических потерь в фотоэлектрической системе за 1 месяц

На рисунке 2 представлена динамика месячной выработки энергии фотоэлектрической системой. Как видно из графика, показатели выработки по дням имеют выраженный изменчивый характер. Максимальные значения соответствуют дням с высокой солнечной радиацией, тогда как минимальные значения объясняются облачностью и ухудшением атмосферных условий. Данная динамика подтверждает, что энергетические потери в фотоэлектрических системах напрямую зависят от факторов внешней среды.

ISSN 3030-3907

На рисунке 2 (b) приведены средние показатели выработки энергии фотоэлектрической системы за январь и февраль. Из графика видно, что в феврале объём произведённой энергии был выше, чем в январе. Это объясняется увеличением интенсивности солнечного излучения, увеличением продолжительности дня и улучшением метеорологических условий. В то же время различия в месячной выработке свидетельствуют о наличии сезонных энергетических потерь в фотоэлектрических системах.

На рисунке 2 (c) представлена динамика суточной выработки энергии и энергетических потерь. Из графика видно, что между выработкой и потерями наблюдается обратная зависимость: при высокой генерации потери минимальны, тогда как при низкой выработке они значительно возрастают. Данное явление в основном объясняется интенсивностью солнечного излучения, атмосферными условиями и факторами, влияющими на эффективность системы.

Экспериментальные данные позволили оценить энергетические потери по следующему выражению:

$$E_{\text{потерь}} = E_{\text{фэ}} - (E_{\text{нагрузки}} + E_{\text{сети}})$$

Результаты расчётов показывают, что в отдельные дни наблюдается существенная разница между произведённой и полезно использованной энергией. Это подтверждает наличие различных видов потерь в системе. На основе анализа установлено, что основными факторами энергетических потерь являются следующие:

1. **Оптические потери.** Снижение интенсивности солнечного излучения вследствие облачности, пыли и уменьшения прозрачности атмосферы. Например, 22 января и 9 февраля наблюдались резко низкие показатели выработки энергии.

2. **Тепловые потери.** Повышение температуры приводит к снижению эффективности солнечных модулей, что особенно заметно в дни высокой солнечной радиации.

3. **Рекомбинационные потери.** В результате повторного объединения электронов и дырок энергия рассеивается в виде тепла.

4. **Электрические потери.** Потери, связанные с эффективностью инвертора, сопротивлением кабелей и соединительных элементов [9].

Анализ обмена энергией с сетью. Полученные результаты показывают, что основная часть произведённой энергии передаётся в электрическую сеть. Это свидетельствует о высокой эффективности работы системы. В то же время объём энергии, получаемой из сети, является очень небольшим, что указывает на практически автономный режим работы

ISSN 3030-3907

системы. Особого внимания заслуживает ситуация от 02.02.2026, когда было зафиксировано резкое увеличение потребления (20,89 кВт·ч). Данное явление может быть связано с внешней нагрузкой или специальным режимом работы системы.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты показывают, что потери энергии в фотоэлектрических системах имеют комплексный характер. Показатели выработки энергии зависят не только от технических факторов, но и в значительной степени от условий внешней среды. Анализ показывает, что: в дни с высокой солнечной радиацией система работает с максимальной эффективностью; в облачные и пыльные дни энергетические потери резко возрастают; суммарные потери системы могут достигать 20–30%. Также установлено, что применение современных инверторов и систем мониторинга играет важную роль в снижении энергетических потерь.

ВЫВОД. В рамках данного исследования процесс преобразования солнечного излучения в электрическую энергию в фотоэлектрических системах и связанные с ним энергетические потери были детально проанализированы на основе реальных экспериментальных данных. Полученные результаты показали, что эффективность фотоэлектрических систем напрямую зависит не только от интенсивности солнечного излучения, но и от метеорологических условий, конфигурации системы и технических факторов. Анализ суточных графиков выработки энергии выявил её значительную изменчивость. Максимальные значения фиксировались в дни с высокой солнечной радиацией, тогда как минимальные значения соответствовали облачным и неблагоприятным атмосферным условиям. Это подтверждает, что основная часть энергетических потерь фотоэлектрических систем связана с внешними факторами окружающей среды.

В результате анализа установлено, что энергетические потери находятся в обратной зависимости от выработки энергии: при снижении генерации доля потерь возрастает. Данный факт ещё раз подтверждает необходимость обеспечения оптимального режима работы фотоэлектрических систем.

Научная новизна данного исследования заключается в следующем:
– оценка энергетических потерь фотоэлектрических систем на основе реальных экспериментальных данных;
– выявление зависимости между суточной выработкой энергии и потерями;
– анализ динамики энергетических потерь с использованием графических и статистических методов;

ISSN 3030-3907

– сопоставление теоретической максимальной выработки с практическими результатами и уточнение величины потерь.

Научная новизна исследования прежде всего обусловлена использованием экспериментальных данных, полученных в реальных условиях эксплуатации фотоэлектрической системы для оценки энергетических потерь. В целом, результаты данного исследования имеют важное теоретическое и практическое значение для разработки научно обоснованных решений по снижению энергетических потерь и повышению общей эффективности фотоэлектрических систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. – Wiley, 2013. – pp. 1–25.
2. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. – CRC Press, 2010. – pp. 75–110.
3. Luque A., Hegedus S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. – Wiley, 2011. – pp. 120–180.
4. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. – Wiley, 2013. – pp. 1–25.
5. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. – CRC Press, 2010. – pp. 75–110.
6. Luque A., Hegedus S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. – Wiley, 2011. – pp. 120–180.
7. Green M.A. *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*. – Prentice-Hall, 1982. – pp. 55–95.
8. De Soto W., Klein S.A., Beckman W.A. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance. – *Solar Energy*, 2006. – P. 78–88.
9. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance. – *Solar Energy*, 2009. – P. 614–624.

ISSN 3030-3907

AVTOMOBILLAR ISHLANGAN GAZLARI TARKIBIDAGI ZARARLI MODDALARNI KAMAYTIRISH BO‘YICHA UMUMIY CHORA-TADBIRLAR

Karimov Maxmud Raxmatovich
Termiz davlat muxandislik va agrotexnologiyalar universiteti, t.f.f.d., dotsent
Norqobilov Elmurod Erkin o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnalogiyalar universiteti magistranti
E-mail. norqobilovelmurod@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada avtomobillardan chiqayotgan ishlangan gazlar tarkibidagi zararli moddalar, ularning atrof-muhit va inson salomatligiga ta’siri hamda ularni kamaytirish bo‘yicha zamonaviy texnologik va tashkiliy chora-tadbirlar tahlil qilingan. Shuningdek, ekologik xavfsiz transport tizimini shakllantirishda muhim bo‘lgan yechimlar ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: ishlangan gazlar, ekologik xavfsizlik, katalizator, CO, NOx, uglevodorodlar, transport, emissiya.

Annotation. This article analyzes the harmful substances contained in vehicle exhaust gases, their impact on the environment and human health, as well as modern technological and organizational measures to reduce them. It also reviews important solutions for the development of an environmentally safe transport system.

Keywords: exhaust gases, environmental safety, catalyst, CO, NOx, hydrocarbons, transport, emission.

Аннотация. В данной статье проанализированы вредные вещества, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей, их влияние на окружающую среду и здоровье человека, а также современные технологические и организационные меры по их снижению. Также рассмотрены важные решения, направленные на формирование экологически безопасной транспортной системы.

Ключевые слова: выхлопные газы, экологическая безопасность, катализатор, CO, NOx, углеводороды, транспорт, эмиссия.

KIRISH.

Hozirgi kunda transport sektori jahon miqyosida iqtisodiy rivojlanishning asosiy omillaridan biri bo‘lib, u sanoat, logistika va xizmat ko‘rsatish sohalarining uzluksiz faoliyatini ta’minlaydi. Biroq, avtomobil transportining keskin rivojlanishi bilan bir qatorda atrof-muhitga salbiy ta’sirlar ham ortib bormoqda. Ayniqsa, ichki yonuv dvigatellari (IYoD) bilan jihozlangan transport vositalaridan ajralib chiqadigan ishlangan gazlar atmosfera ifloslanishining asosiy manbalaridan biri hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, yirik shaharlarda atmosfera ifloslanishining 60–80 % gacha bo‘lgan qismi aynan transport vositalari hissasiga to‘g‘ri keladi. Bu esa urbanizatsiya jarayonlari jadallashgan sharoitda ekologik muammolarning keskinlashuviga olib kelmoqda. Atmosferaga chiqarilayotgan zararli moddalar inson salomatligiga, ayniqsa, nafas olish tizimi, yurak-qon tomir kasalliklari hamda onkologik kasalliklarning ortishiga sabab bo‘lmoqda.

Ichki yonuv dvigatellarida yoqilg‘ining yonish jarayoni murakkab fizik-kimyoviy reaksiyalar asosida amalga oshadi. Ideal sharoitda yoqilg‘i to‘liq yonib, karbonat angidrid (CO_2) va suv bug‘iga aylanishi kerak. Biroq real sharoitda yonish jarayonining nomukammalligi sababli quyidagi zararli komponentlar hosil bo‘ladi: uglerod oksidi (CO) – kislorod yetishmasligi sharoitida hosil bo‘ladigan zaharli gaz; azot oksidlari (NO va NO_2 umumiy holda NOx) – yuqori haroratda azot va kislorod reaksiyasi natijasida hosil bo‘ladi; yonmagan uglevodorodlar (HC) – yonish jarayonining to‘liq amalga oshmasligi natijasida; qattiq zarrachalar (PM) – asosan dizel dvigatellarga xos bo‘lib, mikro va nano o‘lchamdagi zarrachalardan iborat; oltingugurt birikmalari (SOx) – yoqilg‘i tarkibidagi oltingugurt hisobiga yuzaga keladi.

Mazkur zararli moddalar atmosfera tarkibida kimyoviy reaksiyalarga kirishib, ikkilamchi ifloslantiruvchi moddalarni hosil qiladi. Jumladan, azot oksidlari va uglevodorodlar quyosh nurlari ta’sirida fotokimyoviy smog hosil qiladi, bu esa yirik shaharlarda ekologik vaziyatni yanada yomonlashtiradi. Avtomobil ishlangan gazlari tarkibini shakllantiruvchi asosiy omillar qatoriga dvigatelning konstruktiv xususiyatlari, yonish kamerasi geometriyasi, yoqilg‘i purkash tizimi, havo-yoqilg‘i aralashmasining nisbati, dvigatelning yuklanish darajasi va ekspluatatsiya sharoitlari kiradi. Masalan, stexiometrik nisbatdan og‘ishish ($\lambda \neq 1$) yonish samaradorligini pasaytirib, zararli moddalar miqdorini oshiradi. Zamonaviy avtomobillarda ekologik ko‘rsatkichlarni yaxshilash maqsadida turli texnologik yechimlar joriy etilgan. Jumladan: elektron boshqaruv tizimlari (ECU) yordamida yonish jarayonini optimallashtirish; katalitik neytrallagichlar orqali chiqindi gazlarni tozalash; qayta aylanuvchi gaz tizimi (EGR – Exhaust Gas Recirculation) orqali NOx miqdorini kamaytirish; zarracha filtrlari (DPF) yordamida qattiq zarrachalarni ushlab qolish.

Shu bilan birga, global miqyosda ekologik standartlar (Euro-1 dan Euro-6 gacha) joriy etilishi avtomobil ishlab chiqaruvchilarni yanada samarali va ekologik xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqishga undamoqda.

O‘zbekiston sharoitida ham avtomobillar sonining ortib borishi, yoqilg‘i sifati va texnik xizmat ko‘rsatish darajasining yetarli emasligi sababli ekologik muammolar dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu bois avtomobil ishlangan gazlari tarkibidagi zararli moddalarni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan chora-

ISSN 3030-3907

tadbirlarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Mazkur tadqiqot ishining asosiy maqsadi — avtomobil ishlangan gazlari tarkibini tahlil qilish, zararli komponentlarning hosil bo‘lish mexanizmlarini o‘rganish hamda ularni kamaytirishning samarali texnologik va tashkiliy usullarini asoslashdan iborat.

ADABIYOTLAR SHARHI. Avtomobil transportining ekologik xavfsizligi va ishlangan gazlar tarkibidagi zararli moddalarni kamaytirish masalasi jahon ilm-fanida keng o‘rganilgan yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu muammo bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ichki yonuv dvigatellarida yonish jarayonining fizik-kimyoviy asoslarini, zararli moddalar hosil bo‘lish mexanizmlarini hamda ularni kamaytirish usullarini chuqur tahlil qilishga qaratilgan.

John B. Heywood tomonidan yozilgan *Internal Combustion Engine Fundamentals* asarida ichki yonuv dvigatellarida yonish jarayonining nazariy asoslari batafsil yoritilgan [1]. Muallifning ta’kidlashicha, zararli moddalar hosil bo‘lishi asosan yonish jarayonining notekisligi, aralashma tarkibining optimal bo‘lmasligi hamda issiqlik rejimining o‘zgarishi bilan bog‘liq. Ushbu manba dvigatel ichida CO, NOx va HC hosil bo‘lish mexanizmlarini tushuntirishda fundamental asos bo‘lib xizmat qiladi.

Timothy D. Gillespie tomonidan yozilgan *Fundamentals of Vehicle Dynamics* kitobida avtomobil harakati va yuklanish rejimlarining yoqilg‘i sarfi va chiqindi gazlar miqdoriga ta’siri o‘rganilgan [2]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, avtomobilning tez-tez tezlanishi va tormozlanishi yonish samaradorligini pasaytiradi hamda zararli emissiyalar miqdorini oshiradi.

So‘nggi yillarda xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan ekologik me’yorlar ham ushbu sohadagi tadqiqotlar rivojiga katta turtki bo‘ldi. Xususan, European Commission tomonidan joriy etilgan Euro emissiya standartlari avtomobillardan chiqadigan zararli moddalar miqdorini keskin cheklashga qaratilgan [3]. Ushbu standartlarga ko‘ra, NOx, CO va qattiq zarrachalar miqdori bosqichma-bosqich kamaytirib borilgan.

Ekologik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha zamonaviy texnologiyalarni o‘rganishda International Energy Agency hisobotlari muhim ahamiyatga ega. Agentlik ma’lumotlariga ko‘ra, transport sektori global CO_2 emissiyasining qariyb 24 % ini tashkil etadi [4]. Shu sababli elektr va gibrid transport vositalarini rivojlantirish ustuvor yo‘nalish sifatida qaralmoqda.

Zararli gazlarni kamaytirish bo‘yicha texnologik yechimlar ichida katalitik neytrallagichlar alohida o‘rin tutadi. United States Environmental Protection Agency (EPA) ma’lumotlariga ko‘ra, uch komponentli katalizatorlar CO emissiyasini 90 % gacha, uglevodorodlarni 85 % gacha va azot oksidlarini 80 % gacha kamaytirish imkonini beradi [5].

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, ilmiy maqolalarda chiqindi gazlarni qayta aylantirish tizimi — EGR (Exhaust Gas Recirculation) samaradorligi ham keng o‘rganilgan. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, EGR tizimi yonish haroratini pasaytirish orqali NOx hosil bo‘lishini sezilarli darajada kamaytiradi [6]. Shu bilan birga, dizel dvigatellar uchun zarracha filtrlari (DPF) qo‘llanilishi qattiq zarrachalar emissiyasini 95 % gacha kamaytirishi aniqlangan. Mahalliy olimlar tomonidan ham ushbu yo‘nalishda qator ilmiy ishlar olib borilgan. O‘zbekiston sharoitida avtomobillar parkining eskirganligi, yoqilg‘i sifatining o‘zgaruvchanligi va texnik xizmat ko‘rsatish darajasining yetarli emasligi sababli chiqindi gazlar tarkibidagi zararli moddalar miqdori yuqori darajada qolmoqda. Shu bois mahalliy tadqiqotlarda dvigatellarni modernizatsiya qilish, gaz ballonli tizimlardan foydalanish hamda ekologik nazoratni kuchaytirish masalalari ustuvor yo‘nalish sifatida qaralmoqda.

So‘nggi ilmiy izlanishlar sun’iy intellekt va aqlli boshqaruv tizimlari yordamida yonish jarayonini optimallashtirishga qaratilgan. Bunda dvigatel parametrlarini real vaqt rejimida boshqarish orqali yoqilg‘i sarfini kamaytirish va zararli emissiyalarni minimal darajaga tushirish imkoniyati mavjudligi isbotlangan [4]. Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, avtomobil ishlangan gazlari tarkibidagi zararli moddalarni kamaytirish kompleks yondashuvni talab etadi. Ya’ni, dvigatel konstruksiyasini takomillashtirish, zamonaviy tozalash texnologiyalarini qo‘llash, ekologik yoqilg‘ilarga o‘tish hamda tashkiliy choralarni uyg‘un holda amalga oshirish zarur.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqot ishida avtomobil ishlangan gazlari tarkibidagi zararli moddalarni kamaytirish muammosini o‘rganish uchun kompleks ilmiy yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasi nazariy tahlil, eksperimental tadqiqotlar, matematik modellashtirish hamda natijalarni statistik qayta ishlash bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida ichki yonuv dvigatellarida yonish jarayonining fizik-kimyoviy asoslari o‘rganildi. Yonish jarayonida zararli moddalar hosil bo‘lish mexanizmlari, xususan, uglerod oksidi (CO), azot oksidlari (NOx) va yonmagan uglevodorodlar (HC) hosil bo‘lish sharoitlari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilindi.

Shuningdek, havo-yoqilg‘i aralashmasining stexiometrik nisbatidan og‘ishi (λ koeffitsiyenti) va yonish haroratining o‘zgarishi zararli emissiyalar miqdoriga qanday ta’sir ko‘rsatishi aniqlashtirildi. Eksperimental tadqiqotlar maxsus jihozlangan sinov stendida amalga oshirildi. Tadqiqot ob’ekti sifatida benzin va dizel dvigatellari tanlab olindi. O‘lchov jarayonida quyidagi asbob-uskunalardan foydalanildi: gaz analizatori (CO, CO_2, NOx va HC miqdorini aniqlash uchun),tutun o‘lchagich (dizel dvigatellar uchun),yoqilg‘i sarfi

ISSN 3030-3907

o‘lchagichi,dvigatel aylanish tezligi va yuklanishini aniqlovchi sensorlar, eksperiment davomida dvigatel turli ish rejimlarida (bo‘sh yurish, o‘rta yuklama, maksimal yuklama) sinovdan o‘tkazildi va har bir holatda chiqindi gazlar tarkibi o‘lchandi.

Tadqiqotda yonish jarayonini matematik modellashtirish orqali zararli moddalar hosil bo‘lish qonuniyatlari aniqlashtirildi. Model quyidagi asosiy parametrlarni o‘z ichiga oldi: havo-yoqilg‘i aralashmasi nisbati (λ); yonish harorati (T); dvigatel aylanish tezligi (n); silindrdagi bosim (P)

Matematik model asosida zararli emissiyalar miqdorining yuqoridagi parametrlar bilan bog‘liqligi tahlil qilindi. Natijada optimal ish rejimlari aniqlanib, zararli moddalarni kamaytirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

Olingan eksperimental natijalar matematik statistika usullari yordamida qayta ishlanib, ularning ishonchliligi baholandi. Bunda quyidagi usullar qo‘llanildi: o‘rtacha qiymatni aniqlash; dispersiya va standart og‘ishni hisoblash; korrelyatsion tahlil; regressiya modeli qurish. Statistik tahlil natijalari asosida dvigatel parametrlarining zararli emissiyalar bilan o‘zaro bog‘liqligi aniqlanib, eng muhim omillar ajratib olindi.

1-jadval.

Dvigatel ish rejimiga ko‘ra emissiya ko‘rsatkichlari

Ish rejimi	CO (%)	NOx (ppm)	HC (ppm)
Bo‘sh yurish	2.8	150	320
O‘rta yuklama	1.5	420	210
Yuqori yuklama	0.9	780	150

Katalizator ta’sirining samaradorligi

2-jadval.

Katalitik neytrallagich samaradorligi

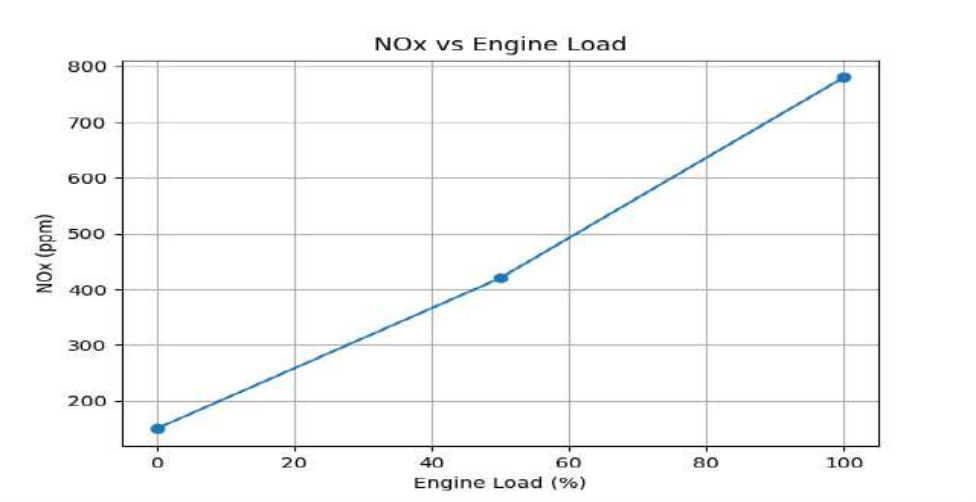
Ko‘rsatkich	Katalizatorsiz	Katalizator bilan	Kamayish (%)
CO (%)	2.5	0.3	88 %
HC (ppm)	300	45	85 %
NOx (ppm)	600	120	80 %

3-jadval.

Benzin va gaz yoqilg‘isini solishtirish

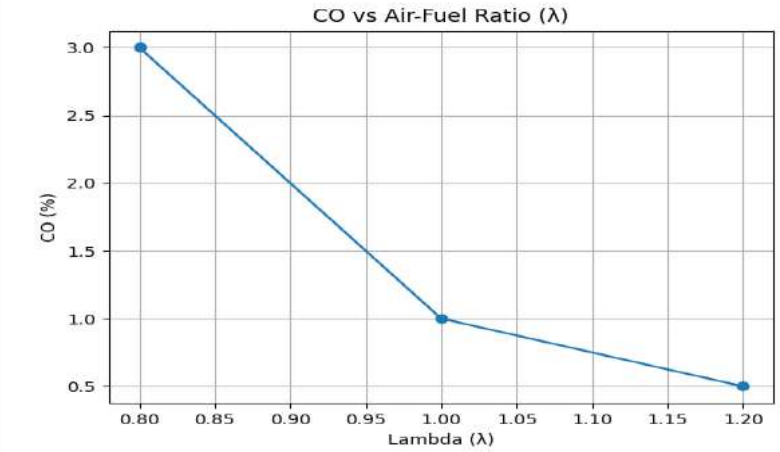
Yoqilg‘i turi	CO (%)	NOx (ppm)	HC (ppm)
Benzin	2.2	500	280

ISSN 3030-3907



1-grafik: Dvigatel yuklamasiga nisbatan NOx o‘zgarishi

Grafikda dvigatel yuklamasi oshishi bilan NOx miqdori eksponensial tarzda oshib borishi kuzatildi. Bu yonish haroratining oshishi bilan izohlanadi.



2-grafik: Katalizator samaradorligi

Grafikda katalizator qo‘llanilganda barcha zararli moddalar miqdorining keskin pasayishi ko‘rsatiladi.

XULOSA. Mazkur ilmiy tadqiqot ishida avtomobil ishlangan gazlari tarkibidagi zararli moddalarni kamaytirish muammosi kompleks yondashuv asosida o‘rganildi. O‘tkazilgan nazariy tahlil va eksperimental tadqiqotlar natijasida ichki yonuv dvigatellarida hosil bo‘ladigan asosiy zararli komponentlar — uglerod oksidi (CO), azot oksidlari (NOx) va yonmagan uglevodorodlar (HC) ning hosil bo‘lish mexanizmlari aniqlashtirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, zararli emissiyalar miqdori bevosita dvigatelning ish rejimi, havo-yoqilg‘i aralashmasi nisbati (λ), yonish harorati hamda yoqilg‘i sifatiga bog‘liqdir. Ayniqsa, dvigatelning yuqori yuklama rejimida NOx emissiyasi keskin oshishi, bo‘sh yurish rejimida esa CO va HC miqdorining ortishi kuzatildi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, 1988.
2. T. D. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale: SAE International, 1992.
3. European Commission, “Reducing CO_2 emissions from passenger cars,” 2023.
4. International Energy Agency, “Global EV Outlook 2023,” 2023.
5. United States Environmental Protection Agency, “Transportation air pollution and climate change,” 2022.
6. DieselNet, “Diesel particulate filter (DPF),” 2021.

ISSN 3030-3907

MODERNIZATION OF THE CARRIAGE ASSEMBLY OF THE NF-630 MILLING MACHINE TO INCREASE THE MACHINING ENVELOPE IN THE NF-1200 MODEL

Artikov Narmurad Nortajiyevich
Chief Designer of the Design Department of JSC "NMMC" Navoi Machine-Building Plant.
Oripov Dostonjon
Navoi State University of Mining and Technologies, Master's student
G'aybulloyev Nusrat Sunatullo o'g'li
Design Engineer of the Design Department of JSC "NMMC" Navoi Machine-Building Plant.
Turdinov To'lqin Abriyevich
Deputy Chief Designer of the Design Department, Navoi Machine-Building Plant, JSC "NMMC".

Abstract. This article analyzes the structural and technological solutions implemented during the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model. The main focus of the study is on the redesign of the carriage assembly, which plays a key role in increasing the machining envelope of the machine tool. Since the structural capabilities of the existing NF-630 machine were not sufficient for machining large-sized parts, its carriage-table system was modernized in accordance with the requirements of the NF-1200 model. According to the passport data of the NF-1200 milling machine, it is designed to perform milling, drilling, boring, and threading operations on housing-type and base-type parts made of ferrous and non-ferrous metals, as well as some plastic materials. As a result of the modernization, the working table surface was increased to 1200 × 500 mm, while the maximum dimensions of the workpiece were expanded to 1200 × 500 × 500 mm. In addition, the machine became capable of machining workpieces weighing up to 800 kg and provides travel distances of 1000 mm, 450 mm, and 500 mm along the X, Y, and Z axes, respectively. In the study, the drawings of the NF-630 and NF-1200 carriage assemblies were compared, and it was determined that the support base, fastening points, guiding elements, and table connection surfaces were redesigned in the new carriage structure. The obtained results show that the development of the NF-1200 model based on the NF-630 machine expands the technological capability of machining large-sized parts under production conditions.

Keywords: NF-630, NF-1200, milling machine, carriage assembly, modernization, large-sized workpiece, working table, structural improvement, CNC, mechanical engineering.

Аннотация. В данной статье проанализированы конструктивно-технологические решения, реализованные в процессе модернизации фрезерного станка NF-630 в модель NF-1200. Основное внимание в исследовании уделено перепроектированию узла каретки, который играет ключевую роль в увеличении габарита обработки станка. Поскольку конструктивные возможности существующего станка NF-630 были недостаточны для обработки крупногабаритных деталей, его система «каретка–стол» была модернизирована в соответствии с требованиями модели NF-1200. Согласно паспортным данным фрезерного станка NF-1200, он предназначен для выполнения операций фрезерования, сверления, растачивания и нарезания резьбы при обработке корпусных и базовых деталей, изготовленных из черных и цветных металлов, а также некоторых пластмассовых материалов. В результате модернизации площадь рабочего стола была увеличена до 1200 × 500 мм**,** а максимальные размеры обрабатываемой детали — до 1200 × 500 × 500 мм**.** Кроме того, станок получил возможность обрабатывать детали массой до 800 кг и обеспечивает перемещения по осям X, Y и Z соответственно на 1000 мм, 450 мм и 500 мм**.** В ходе исследования были сравнены чертежи узлов каретки NF-630 и NF-1200. Установлено, что в новой конструкции каретки были переработаны опорная база, точки крепления, направляющие элементы и поверхности соединения со столом. Полученные результаты показывают, что создание модели NF-1200 на базе станка NF-630 расширяет технологические возможности обработки крупногабаритных деталей в производственных условиях.

Ключевые слова: NF-630, NF-1200, фрезерный станок, узел каретки, модернизация, крупногабаритная деталь, рабочий стол, конструктивное совершенствование, ЧПУ, машиностроение.

Annotatsiya. Ushbu maqolada NF-630 frezalash dastgohini NF-1200 modeliga modernizatsiya qilish jarayonida amalga oshirilgan konstruktiv-texnologik yechimlar tahlil qilingan. Tadqiqotning asosiy e’tibori stanokning ishlov berish gabaritini oshirishda muhim rol o‘ynaydigan karetka uzelini qayta loyihalash masalasiga qaratilgan. Mavjud NF-630 dastgohining konstruktiv imkoniyatlari yirik gabaritli detallarni qayta ishlash uchun yetarli bo‘lmaganligi sababli, uning karetka-stol tizimi NF-1200 modeli talablariga muvofiq modernizatsiya qilingan. NF-1200 frezalash stanogining pasport ma’lumotlariga ko‘ra, u qora va rangli metallar hamda ayrim plastmassa materiallardan tayyorlangan korpus va baza tipidagi detallarni frezalash, parmalash, rastochkalash va rezba ochish operatsiyalarini bajarishga mo‘ljallangan. Modernizatsiya natijasida ishchi stol

ISSN 3030-3907

yuzasi 1200 × 500 mm ga, ishlov beriladigan detalning eng katta oʻlchamlari esa 1200 × 500 × 500 mm ga yetkazilgan. Bundan tashqari, stanok 800 kg gacha boʻlgan detallarni qayta ishlash imkoniyatiga ega boʻlib, X, Y va Z oʻqlari boʻyicha mos ravishda 1000 mm, 450 mm va 500 mm harakatlanish masofasini ta'minlaydi. Tadqiqot davomida NF-630 va NF-1200 karetka uzellarining chizmalari oʻzaro solishtirildi. Natijada yangi karetka konstruksiyasida tayanch bazasi, mahkamlash nuqtalari, yoʻnaltiruvchi elementlar va stol bilan bogʻlanish yuzalari qayta ishlab chiqilgani aniqlandi. Olingan natijalar NF-630 dastgohi bazasida NF-1200 modelini yaratish ishlab chiqarish sharoitida yirik gabaritli detallarni qayta ishlashning texnologik imkoniyatlarini kengaytirishini koʻrsatadi.

Kalit soʻzlar: NF-630, NF-1200, frezalash stanogi, karetka uzeli, modernizatsiya, yirik gabaritli detal, ishchi stol, konstruktiv takomillashtirish, CNC, mashinasozlik.

INTRODUCTION.

In modern mechanical engineering production, high-precision machining of large-sized housing, support, base, and plate-type parts is one of the important technological tasks. Since such parts usually have large dimensions and relatively high mass, the size of the machine working table, travel distances along the coordinate axes, rigidity of the carriage-table system, positioning accuracy, and structural stability are of particular importance during machining. In particular, performing milling, drilling, boring, and threading operations on a single machine makes it possible to increase production efficiency and reduce additional setup and re-basing operations.

Under production conditions, the effective use of the existing machine-tool fleet and the expansion of its technological capabilities are often considered more economically and technically feasible than purchasing new machines. From this point of view, the development of the NF-1200 model, intended for machining larger parts through the structural modernization of the existing NF-630 milling machine, is regarded as an urgent practical issue. The main essence of this modernization is to increase the machining envelope of the workpieces, expand the size of the working table, and redesign the carriage assembly in accordance with these changes.

According to the operating documentation of the NF-1200 milling machine, it is designed for the complex machining of housing-type and base-type parts made of ferrous and non-ferrous metals, as well as certain plastic materials. The machine is intended to perform milling, drilling, boring, and threading operations based on a computer numerical control system. Its working units are controlled along three coordinate axes: movement of the table with the workpiece is provided

ISSN 3030-3907

along the X-axis, movement of the carriage-table system along the Y-axis, and vertical movement of the spindle head with the cutting tool along the Z-axis.[1]

One of the most important structural solutions in the modernization process is the redesign of the carriage assembly. This is because increasing the working table size to **1200 × 500 mm** and enabling the machining of workpieces with dimensions up to **1200 × 500 × 500 mm** and a mass of up to **800 kg** increase the static and dynamic loads acting on the carriage-table system. Therefore, in the new NF-1200 model, the support base of the carriage assembly, the connection scheme with the guiding elements, the fastening holes, and the contact surfaces interacting with the table were reconsidered.

The purpose of this study is to analyze the structural changes in the carriage assembly during the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model and to clarify the technological basis for increasing the machining envelope up to **1200 mm**. In the study, the drawings of the NF-630 and NF-1200 carriage assemblies are compared, and the main structural differences resulting from the modernization are identified. In addition, based on the passport data of the NF-1200 machine, its technological capabilities for machining large-sized parts are evaluated.[2]

MATERIALS AND METHODS.

The existing carriage assembly of the NF-630 milling machine and the carriage-table system of the NF-1200 milling machine, developed on the basis of its modernization, were selected as the research object. The subject of the study consists of the structural and technological changes aimed at increasing the machining envelope during the transition from the NF-630 model to the NF-1200 model.

The operating manual of the NF-1200 milling machine, the technical drawing of the NF-630 carriage assembly, the modernized drawing of the NF-1200 carriage assembly, and the general assembly drawing of the NF-1200 machine were used as the main technical sources in the study. The passport data of the NF-1200 provides information about the purpose of the machine, its main technical specifications, structural components, movement scheme along the coordinate axes, carriage-table system, spindle head, electrical equipment, and auxiliary systems.

Formula (1). Coefficient of increase in the machining envelope

$$K_g = \frac{L_{NF-1200}}{L_{NF-630}}$$

where:

ISSN 3030-3907

K_g

— coefficient of increase in the machining envelope;

$$L_{NF-1200} = 1200 \text{ mm}$$

— machining length after the modernization;

$$L_{NF-630} = 630 \text{ mm}$$

— machining length before modernization.
Calculation:

$$K_g = \frac{1200}{630} = 1.90$$

The study was carried out in the following stages. In the first stage, the existing carriage design of the NF-630 milling machine was analyzed. The existing carriage assembly of the NF-630 milling machine was designed in accordance with the initial working envelope and table dimensions, and its structural configuration is shown in Figure 1. At this stage, the general shape of the carriage, support surfaces, fastening holes, connection points with the guiding elements, and structural components ensuring table movement were studied. As a result, it was determined that the existing carriage was adapted to the working envelope of the NF-630 model and required additional structural modifications to operate with a larger table.

ISSN 3030-3907

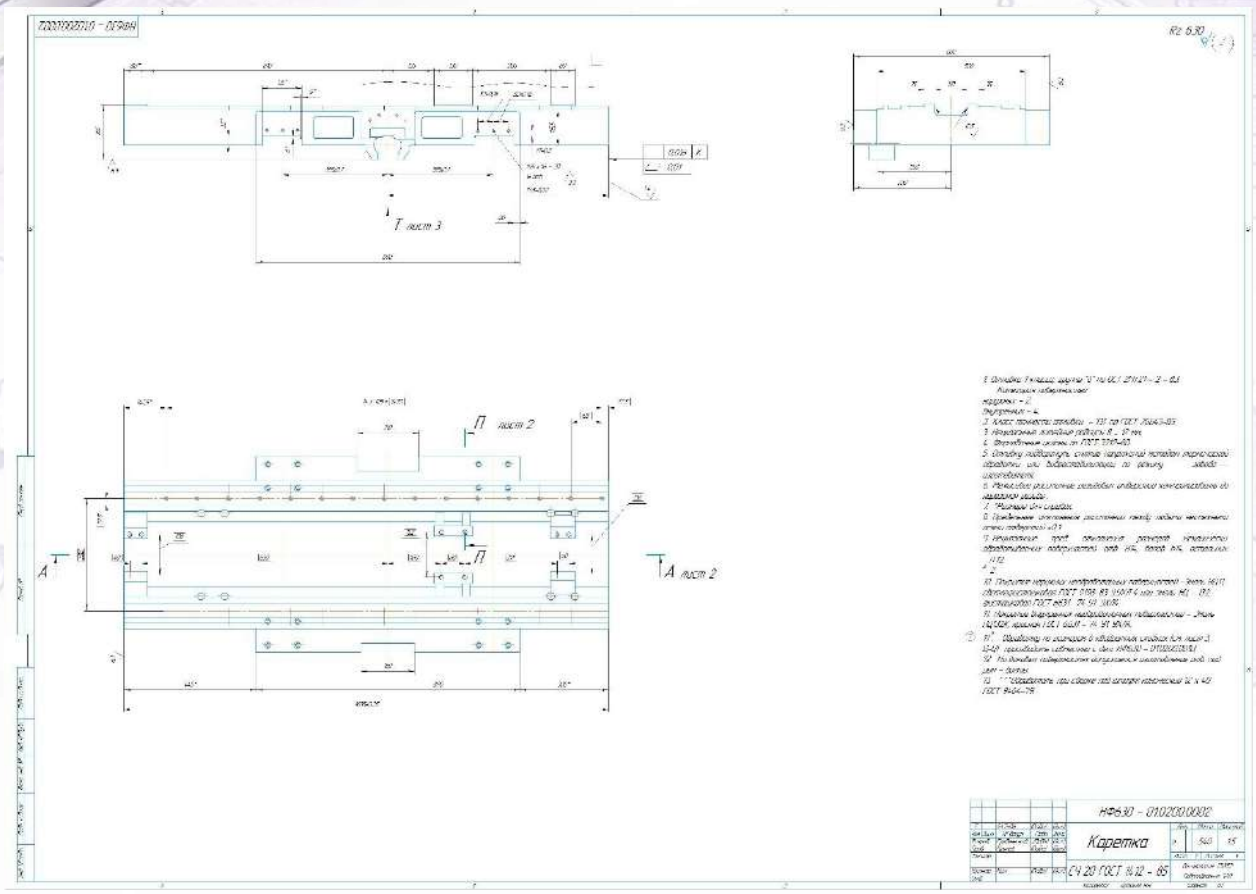


Figure 1. Structure of the existing carriage assembly of the NF-630 milling machine

In the second stage, the modernized carriage drawing developed for the NF-1200 model was analyzed. In this stage, the changes in the new carriage design, including its length, support base, fastening points, connection locations with the guide rails, and the repositioning of the surfaces supporting the table, were evaluated using a comparative method. In the NF-1200 model, the carriage was considered not only as a geometrically enlarged component, but also as a structural element adapted to support a **1200 × 500 mm** working table and to accommodate a workpiece mass of up to **800 kg**. In order to increase the machining envelope in the NF-1200 model, the carriage assembly was redesigned. The structure of the modernized carriage is shown in **Figure2**.

ISSN 3030-3907

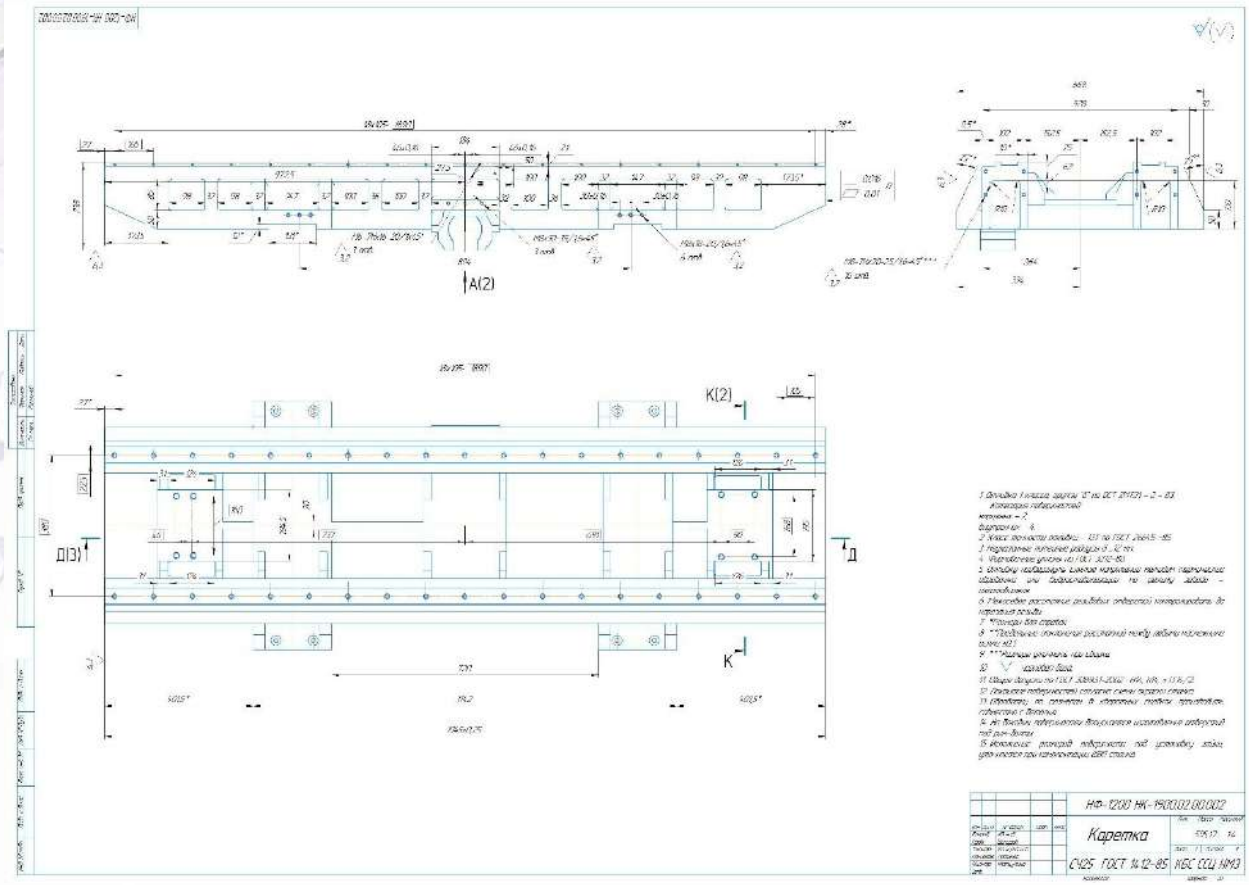


Figure 2. Structure of the modernized carriage assembly developed for the NF-1200 milling machine

The main focus of the study was placed on the comparative structural analysis of the NF-630 and NF-1200 carriage assemblies. By comparing the carriage drawings, the main structural changes related to increasing the working table size, expanding the support base, and adapting the connection scheme with the guiding elements were identified. This approach made it possible to justify that the modernization process is not simply the replacement of a single component, but rather a comprehensive structural solution aimed at expanding the working zone of the machine tool.[3]

A structural-comparative analysis method was used in the study. Using this method, the carriage drawings of the NF-630 and NF-1200 models were compared, and the main differences resulting from the modernization were identified. The comparison was carried out according to the following criteria: overall dimensions of the carriage, support base, contact surfaces with the table, arrangement of fastening holes, compatibility with guiding elements, and influence on the machining of large-sized parts.

When evaluating the technical capabilities of the NF-1200 machine, the main indicators given in the passport data were taken as a basis. In particular, the working table surface of **1200 × 500 mm**, the maximum workpiece dimensions of **1200 × 500 × 500 mm**, the maximum workpiece mass of **800 kg**, the travel

ISSN 3030-3907

distances of **1000 mm along the X-axis**, **450 mm along the Y-axis**, and **500 mm along the Z-axis**, as well as the positioning accuracy of **0.02 mm** and positioning repeatability of **0.01 mm**, were accepted as the main technical criteria for evaluating the effectiveness of the modernization.[4]

In addition, the study applied methods such as analysis of technical documentation, comparison of structural elements based on drawings, assessment of technological capabilities according to passport specifications, and generalization of the parameters achieved as a result of modernization. These methods made it possible to determine exactly which structural changes contributed to increasing the machining envelope during the transition from the NF-630 machine to the NF-1200 model.[5]

RESULTS.

As a result of the structural analysis carried out for the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model, it was determined that the main change was related to the redesign of the carriage-table system. During the modernization process, the initial working envelope of the machine was adapted to the requirements for machining large-sized parts. For this purpose, instead of the existing NF-630 carriage assembly, a new carriage design was developed to support and move the **1200 × 500 mm** working table of the NF-1200 model.

A comparison of Figures 1 and 2 shows that the carriage assembly developed for the NF-1200 model has a longer support base than the existing carriage design of the NF-630 machine. In the new design, the support surfaces connected to the table were expanded, the fastening holes were repositioned, and the interaction scheme with the guiding elements was adapted to the movement of a larger working table. These changes make it possible to increase the working surface of the table and maintain stability during the machining process.

According to the passport data of the NF-1200 milling machine, the working table surface is **1200 × 500 mm**. The maximum dimensions of the workpiece that can be machined on the machine are **1200 × 500 × 500 mm**, while the maximum workpiece mass is specified as **800 kg**. The travel distances along the **X, Y, and Z coordinate axes** are **1000 mm, 450 mm, and 500 mm**, respectively. The positioning accuracy is **0.02 mm**, and the positioning repeatability is **0.01 mm**. These indicators show that the modernized NF-1200 model is capable of accurately machining large-sized parts.

Formula (2). Determination of the working table surface area

$$S = L \cdot B$$

where: S

ISSN 3030-3907

— S working table surface area, mm²;
L=1200mm table length;
B=500 mm — table width.

Calculation:

$$S = 1200 \cdot 500 = 600000 \text{ mm}^2$$

or:

$$S = 0.6 \text{ m}^2$$

In the NF-1200 model, the working table surface area was evaluated using the following formula:

$$S = L \cdot B = 1200 \cdot 500 = 600000 \text{ mm}^2 = 0.6 \text{ m}^2$$

Thus, the working table surface area of the NF-1200 milling machine is **0.6 m²**. This expands the possibility of positioning and fastening large-sized parts.

Table 1.

Main technical specifications of the NF-1200 milling machine

Indicator name	Value
Working table surface area	1200 × 500 mm
Maximum dimensions of the workpiece to be machined	1200 × 500 × 500 mm
Maximum workpiece mass	800 kg
Travel distance along the X-axis	1000 mm
Travel distance along the Y-axis	450 mm
Travel distance along the Z-axis	500 mm
Feed range	1–4000 mm/min
Positioning accuracy	0.02 mm
Positioning repeatability	0.01 mm
Continuous feed force	11000 N
Spindle rotation speed	80–3550 rpm
Maximum torque	500 N·m
Number of simultaneously controlled coordinates	3
Machine mass	7000 kg

ISSN 3030-3907

As a result of the modernization, the machining capability of the NF-630 machine was significantly expanded. The main technological result is that the machine was adapted to machine workpieces with a length of up to **1200 mm**.

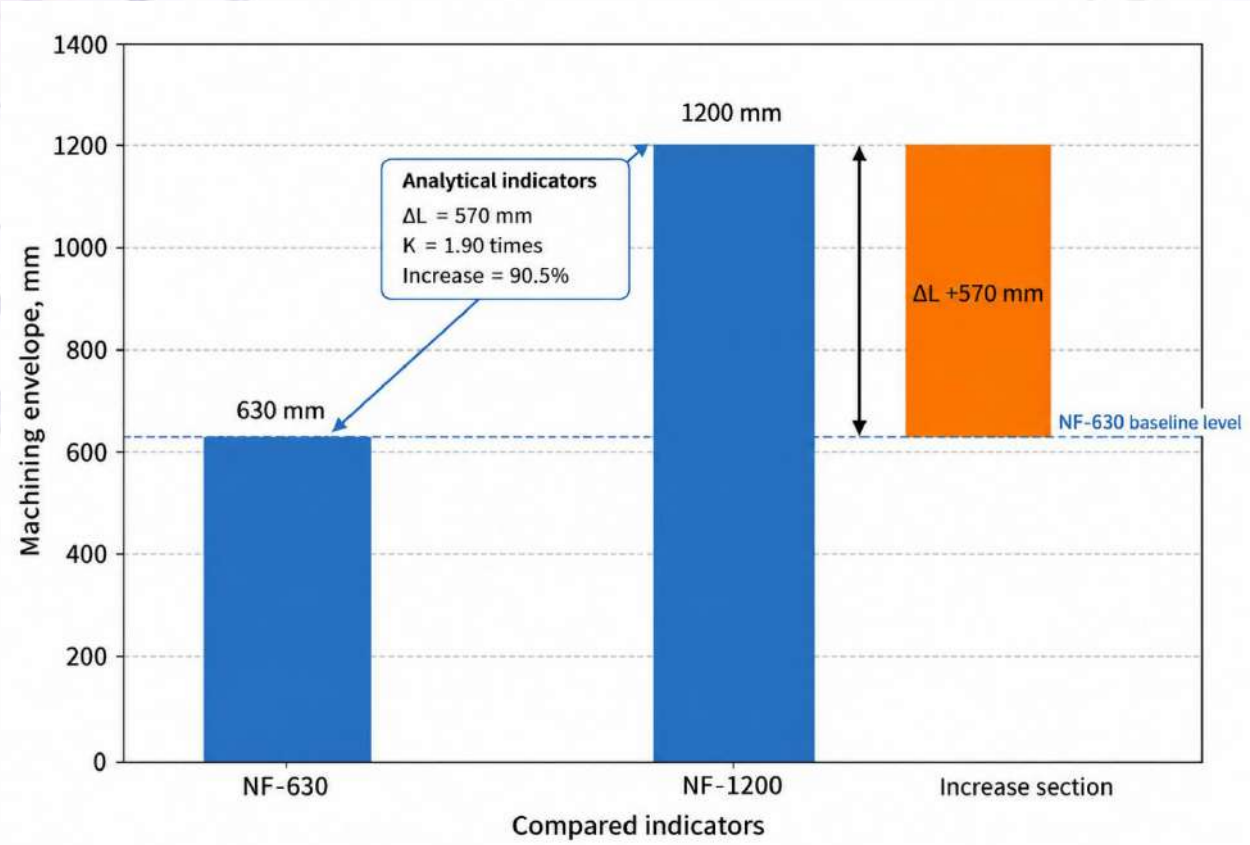


Figure 3. Comparative diagram of the machining envelope of the NF-630 and NF-1200 milling machines

This makes it possible to perform milling, drilling, boring, and threading operations on large housing-type, support, base, and plate-type parts in a single setup.

Table 2.

Comparative structural analysis of the NF-630 and NF-1200 carriage assemblies

Compared feature	**NF-630 carriage assembly**	**NF-1200 carriage assembly**
Structural function	Supporting and moving the existing working table	Supporting and moving the enlarged 1200 × 500 mm working table
Machining envelope	Suitable for the working zone of the NF-630	Adapted for workpieces up to 1200 × 500 × 500 mm

ISSN 3030-3907

Support base	Corresponds to the initial design	Extended and expanded
Fastening holes	Correspond to the old table layout	Repositioned according to the new table and guiding elements
Connection with guiding elements	Corresponds to the existing carriage movement scheme	Adapted to the movement and load of the enlarged table
Technological result	Machining of standard-sized parts	Capability of machining large-sized parts

The comparison of the NF-630 and NF-1200 carriage drawings shows that, during the modernization process, the carriage-table system was adapted to a larger working table and to a workpiece mass of up to **800 kg**. In this system, the working table, carriage, column, spindle head, main drive, control panel, and auxiliary systems are arranged in a coordinated manner. This confirms that the modernization is not merely the replacement of a single component, but a comprehensive structural solution aimed at expanding the working zone of the machine tool.

The passport data of the NF-1200 model indicate that the machine is designed to perform milling, drilling, boring, and threading operations on housing-type and base-type parts made of ferrous and non-ferrous metals, as well as certain plastic materials. In addition, the machine is controlled along three coordinate axes: movement of the table with the workpiece is provided along the **X-axis**, movement of the carriage-table system along the **Y-axis**, and movement of the spindle head with the cutting tool along the **Z-axis**.

The obtained results show that the redesign of the carriage assembly was the main structural solution in the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model. In particular, the expansion of the carriage base and the redesign of the connection scheme with the table made it possible to increase the maximum workpiece dimensions up to **1200 × 500 × 500 mm**. At the same time, the preservation of positioning accuracy at **0.02 mm** and positioning repeatability at **0.01 mm** indicates that the modernized structure is technologically justified.

DISCUSSION.

The results of modernizing the NF-630 milling machine into the NF-1200 model show that increasing the machining envelope is not limited only to enlarging the dimensions of the working table. In such modernization, the

ISSN 3030-3907

structural stability of the carriage assembly, which supports, guides, and moves the table, is one of the key factors. This is because when the working table size is increased to **1200 × 500 mm** and the workpiece mass is increased up to **800 kg**, the static and dynamic loads acting on the carriage-table system also increase.

As can be seen from the comparison of Figures 1 and 2, the carriage assembly developed for the NF-1200 model is adapted to the requirements of a larger working zone compared with the existing NF-630 carriage design. In the new carriage structure, the expansion of the support base, the redesign of the surfaces connected to the table, and the arrangement of fastening holes according to a new scheme are important structural solutions of the modernization. These solutions help ensure stable table movement, withstand the loads caused by the mass of large-sized workpieces, and maintain machining accuracy.

If only the table size had been increased in the NF-630 machine while the carriage assembly remained unchanged, several problems could have occurred during the machining process. In particular, there could have been a risk of table deflection, uneven loading on the guiding elements, increased vibrations, reduced positioning accuracy, and increased geometric errors on the machined surface. Therefore, in the NF-1200 model, the redesign of the carriage assembly is considered the main structural condition for increasing the machining envelope.

The modernized carriage assembly is aimed at ensuring coordinated operation with the working table, guiding elements, and coordinate movements of the NF-1200 model. This solution increases the possibility of stable positioning and machining of large-sized parts. The overall arrangement of the working table, carriage, column, spindle head, main drive, and control panel provides the possibility of positioning large-sized workpieces and machining them along three coordinate axes. This shows that the modernization was carried out not at the level of a single component, but at the level of the entire machine-tool system.

$$q = \frac{m}{S}$$

where: q

— specific load acting on the table surface, kg/m²;

M=800kg

— maximum workpiece mass;

$$S = 0.6\ \mathrm{m}^2$$

— working table surface area.

CALCULATION:

ISSN 3030-3907

$$q = \frac{800}{0.6} = 1333.3 \text{ kg/m}^2$$

When positioning a large-sized workpiece, the specific load acting on the working table was evaluated as follows:

$$q = \frac{m}{S} = \frac{800}{0.6} = 1333.3 \text{ kg/m}^2$$

This value indicates the need to adapt the carriage-table system to accommodate workpieces weighing up to **800 kg**. Therefore, in the NF-1200 model, the support base of the carriage assembly and the connection scheme with the guiding elements were redesigned.

According to the passport data of the NF-1200, the machine has travel distances of **1000 mm, 450 mm, and 500 mm** along the **X, Y, and Z coordinate axes**, respectively. These travel ranges provide the working zone required for machining workpieces with dimensions of **1200 × 500 × 500 mm**. In addition, the positioning accuracy of **0.02 mm** and positioning repeatability of **0.01 mm** make it possible to maintain the required accuracy when machining large-sized parts.

As a result of the modernization, the machining envelope of the workpiece was expanded while preserving the capability of the NF-1200 machine to perform milling, drilling, boring, and threading operations. This has important practical significance under production conditions. Instead of machining large housing-type and base-type parts on several machines or repeatedly resetting them, it becomes possible to perform complex machining on a single machine. As a result, additional basing errors are reduced, the machining process is simplified, and production productivity is increased.

Another advantage of the modernization approach is that the NF-1200 model with new technological capabilities is developed using the existing base of the NF-630 machine. This approach may be more practical and efficient than developing or purchasing a completely new machine. In this case, the main task is to correctly assess the resource of the existing structure, strengthen the load-bearing units, and develop structural solutions that meet the requirements of the new working zone.

Based on this, it can be stated that the redesign of the carriage assembly served as the main factor expanding the technological capabilities during the modernization of the NF-630 machine into the NF-1200 model. The new carriage design was developed in accordance with the enlarged dimensions of the working table, the increased workpiece mass, and the accuracy requirements along the

ISSN 3030-3907

coordinate axes. This confirms that the NF-1200 model is a technologically justified modernized milling machine suitable for machining large-sized parts.

CONCLUSION.

As a result of the conducted structural-comparative analysis, it was determined that the main technical solution in the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model is related to the redesign of the carriage-table system. During the modernization process, the existing NF-630 carriage assembly was adapted to the requirements of machining large-sized parts, and a new structural solution was developed for the NF-1200 model.

According to the passport data of the NF-1200 milling machine, the working table surface is **1200 × 500 mm**, the maximum dimensions of the workpiece to be machined are **1200 × 500 × 500 mm**, and the maximum workpiece mass is **800 kg**. The travel distances along the **X, Y, and Z axes** are **1000 mm, 450 mm, and 500 mm**, respectively. These parameters provide the possibility of machining large housing-type, support, base, and plate-type parts on the machine.

The comparison of the NF-630 and NF-1200 carriage drawings showed that, in the modernized carriage assembly, the support base was expanded, the contact surfaces with the table were redesigned, and the arrangement of fastening holes and guiding elements was adapted to the dimensions of the new working table. These changes ensure stable movement of the **1200 × 500 mm** working table and allow the system to withstand the loads caused by the mass of large-sized workpieces.

As a result of the modernization, the machining envelope of the NF-1200 model was significantly expanded while preserving the capability to perform milling, drilling, boring, and threading operations. The positioning accuracy of **0.02 mm** and positioning repeatability of **0.01 mm** help ensure the accuracy required for machining large-sized parts.

In general, the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model has practical significance in terms of efficient use of the existing machine base, complex machining of large-sized parts on a single machine, and expansion of production technological capabilities. The research results show that structural improvement of the carriage-table system is one of the main directions for increasing the machining envelope of milling machines.

REFERENCES

1. Ataullaev A., Ataullaev O., Juraev N., Isaev D. Control Mechanism for the Rotational Support System of an Antenna // Proceedings of the IV International Conference on Advances in Materials, Earth Science, and Technology AIP Conf. Proc. 3390, 060030-1–060030-8; https://doi.org/10.1063/5.0322334.

ISSN 3030-3907

2. Isaev D., Khamidov B., Ataullaev A., Ravshanov J., Juraev N. Comparative Analysis of Wear-Resistant Coating on Carbide end Mills Using Vibrodiagnostic Method // Proceedings of the IV International Conference on Advances in Materials, Earth Science, and Technology AIP Conf. Proc. 3390, 020016-1–020016-7; https://doi.org/10.1063/5.0322333
3. A.O. Ataullaev, O.X. Ataullaev, F.A. Ergashev Automated rectification of pulse response characteristics in radio engineering two-stage amplifiers //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 417. – pp. 05007
4. Sheina N. et al. Assessment of uncertainty and quality control in agricultural infrastructure //American Institute of Physics Conference Series. – 2024. – T. 3244. – №. 1. – С. 040014.
5. Ataullaev A. O., Kayumov B. B., Asadova M. A. Implementation of the Intelligent Tracking System With Wave Channels //International Scientific Journal Theoretical & Applied Science, Philadelphia, USA. – 2020. – №. 89. – С. 328-331.

ISSN 3030-3907

STRUCTURAL IMPROVEMENT OF THE CARRIAGE ASSEMBLY IN THE MODERNIZATION OF THE NF-630 MILLING MACHINE INTO THE NF-1200 MODEL

Artikov Narmurad Nortajiyevich
Chief Designer of the Design Department of JSC "NMMC" Navoi Machine-Building Plant.
G'aybulloyev Nusrat Sunatullo o'g'li
Design Engineer of the Design Department of JSC "NMMC" Navoi Machine-Building Plant.
Oripov Dostonjon Rustamjon o'g'li
Navoi State University of Mining and Technologies, Master's student
Shukurov Odil Erkinovich
Leading Engineer of the Machine-Tool Design Bureau of the Machine-Tool Manufacturing Workshop of JSC "NMMC" Navoi Machine-Building Plant.

Abstract. This article analyzes the structural and technological solutions implemented during the modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model. The main focus of the study is on the redesign of the carriage assembly, which plays an important role in improving the movement accuracy of the working table, increasing the load-carrying capacity, and expanding the machining area. Since the existing structural capabilities of the NF-630 machine were not sufficient for machining large-sized parts, its table-carriage system was modernized in accordance with the technical requirements of the NF-1200 model. According to the passport data of the NF-1200 milling machine, it is designed to perform milling, drilling, boring, and threading operations on housing-type and base-type parts made of ferrous and non-ferrous metals, as well as some plastic materials. As a result of the modernization, the working table surface was increased to 1200 × 500 mm, while the maximum dimensions of the workpiece reached 1200 × 500 × 500 mm. In addition, the machine became capable of machining workpieces weighing up to 800 kg, and travel distances of 1000 mm, 450 mm, and 500 mm along the X, Y, and Z axes, respectively, were provided. In this study, the technological efficiency of the modernization solutions was evaluated based on carriage drawings, structural elements, and passport data.

Keywords: NF-630, NF-1200, milling machine, modernization, carriage, table-carriage system, CNC machine, structural improvement, machining accuracy.

Annotatsiya. Ushbu maqolada NF-630 frezer dastgohini NF-1200 modeliga modernizatsiya qilish jarayonida amalga oshirilgan konstruktiv va texnologik yechimlar tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy e'tibori karetka uzelini qayta loyihalashga qaratilgan bo'lib, ushbu uzel ishchi stolning harakatlanish aniqligini oshirish, yuk ko'tarish qobiliyatini kuchaytirish va ishlov berish zonasini

kengaytirishda muhim ahamiyatga ega. NF-630 dastgohining mavjud konstruktiv imkoniyatlari yirik o‘lchamli detallarni qayta ishlash uchun yetarli bo‘lmaganligi sababli, uning “stol–karetka” tizimi NF-1200 modelining texnik talablariga muvofiq modernizatsiya qilindi. NF-1200 frezer dastgohining pasport ma’lumotlariga ko‘ra, u qora va rangli metallar, shuningdek ayrim plastmassa materiallardan tayyorlangan korpusli va bazaviy detallarni frezerlash, parmalash, teshik kengaytirish hamda rezba ochish operatsiyalarini bajarishga mo‘ljallangan. Modernizatsiya natijasida ishchi stol yuzasi 1200 × 500 mm gacha oshirildi, ishlov beriladigan zagotovkaning maksimal o‘lchamlari esa 1200 × 500 × 500 mm ga yetkazildi. Bundan tashqari, dastgoh 800 kg gacha bo‘lgan zagotovkalarni qayta ishlash imkoniyatiga ega bo‘ldi hamda X, Y va Z o‘qlari bo‘yicha mos ravishda 1000 mm, 450 mm va 500 mm harakatlanish masofalari ta’minlandi. Ushbu tadqiqotda modernizatsiya yechimlarining texnologik samaradorligi karetka chizmalari, konstruktiv elementlar va pasport ma’lumotlari asosida baholandi.

Kalit so‘zlar: NF-630, NF-1200, frezer dastgohi, modernizatsiya, karetka, stol–karetka tizimi, CNC dastgoh, konstruktiv takomillashtirish, ishlov berish aniqligi.

Аннотация. В данной статье анализируются конструктивные и технологические решения, реализованные в процессе модернизации фрезерного станка НФ-630 в модель НФ-1200. Основное внимание в исследовании уделено перепроектированию узла каретки, который играет важную роль в повышении точности перемещения рабочего стола, увеличении грузоподъёмности и расширении зоны обработки. Поскольку существующие конструктивные возможности станка НФ-630 были недостаточны для обработки крупногабаритных деталей, его система «стол–каретка» была модернизирована в соответствии с техническими требованиями модели НФ-1200. Согласно паспортным данным фрезерного станка НФ-1200, он предназначен для выполнения операций фрезерования, сверления, растачивания и нарезания резьбы на корпусных и базовых деталях, изготовленных из чёрных и цветных металлов, а также некоторых видов пластмасс. В результате модернизации рабочая поверхность стола была увеличена до 1200 × 500 мм, а максимальные габариты обрабатываемой заготовки достигли 1200 × 500 × 500 мм. Кроме того, станок получил возможность обрабатывать заготовки массой до 800 кг, при этом были обеспечены перемещения по осям X, Y и Z соответственно на 1000 мм, 450 мм и 500 мм. В исследовании технологическая эффективность модернизационных решений оценивалась на основе чертежей каретки, конструктивных элементов и паспортных данных.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: НФ-630, НФ-1200, фрезерный станок, модернизация, каретка, система «стол–каретка», станок с ЧПУ, конструктивное совершенствование, точность обработки.

INTRODUCTION.

Increasing production efficiency in the machine-building industry and machining large-sized and complex-shaped parts with high accuracy require the use of modern technological equipment. In particular, during milling, drilling, boring, and threading operations on housing-type and base-type parts, the working area of the machine, the load-carrying capacity of the table, and the accuracy and rigidity of the carriage movement are of great importance.

In practice, completely replacing existing machine tools with new ones is not always economically feasible. Therefore, expanding the technological capabilities of existing equipment through modernization is considered an urgent issue for manufacturing enterprises. This study examines the process of adapting the NF-630 milling machine to the NF-1200 model, with particular attention to the structural improvement of the carriage assembly.[1]

The NF-1200 machine is designed for complex mechanical machining of parts made of ferrous and non-ferrous metals under small- and medium-scale production conditions. In this machine, the main motion is performed by the spindle, while feed motions are carried out along the X, Y, and Z coordinate axes. The table moves along the X-axis, the carriage-table system moves along the Y-axis, and the spindle head moves along the Z-axis. The NF-1200 milling machine modernized on the basis of the NF-630 milling machine was selected as the research object. The general structural view of the machine is shown in Figure 1.

ISSN 3030-3907

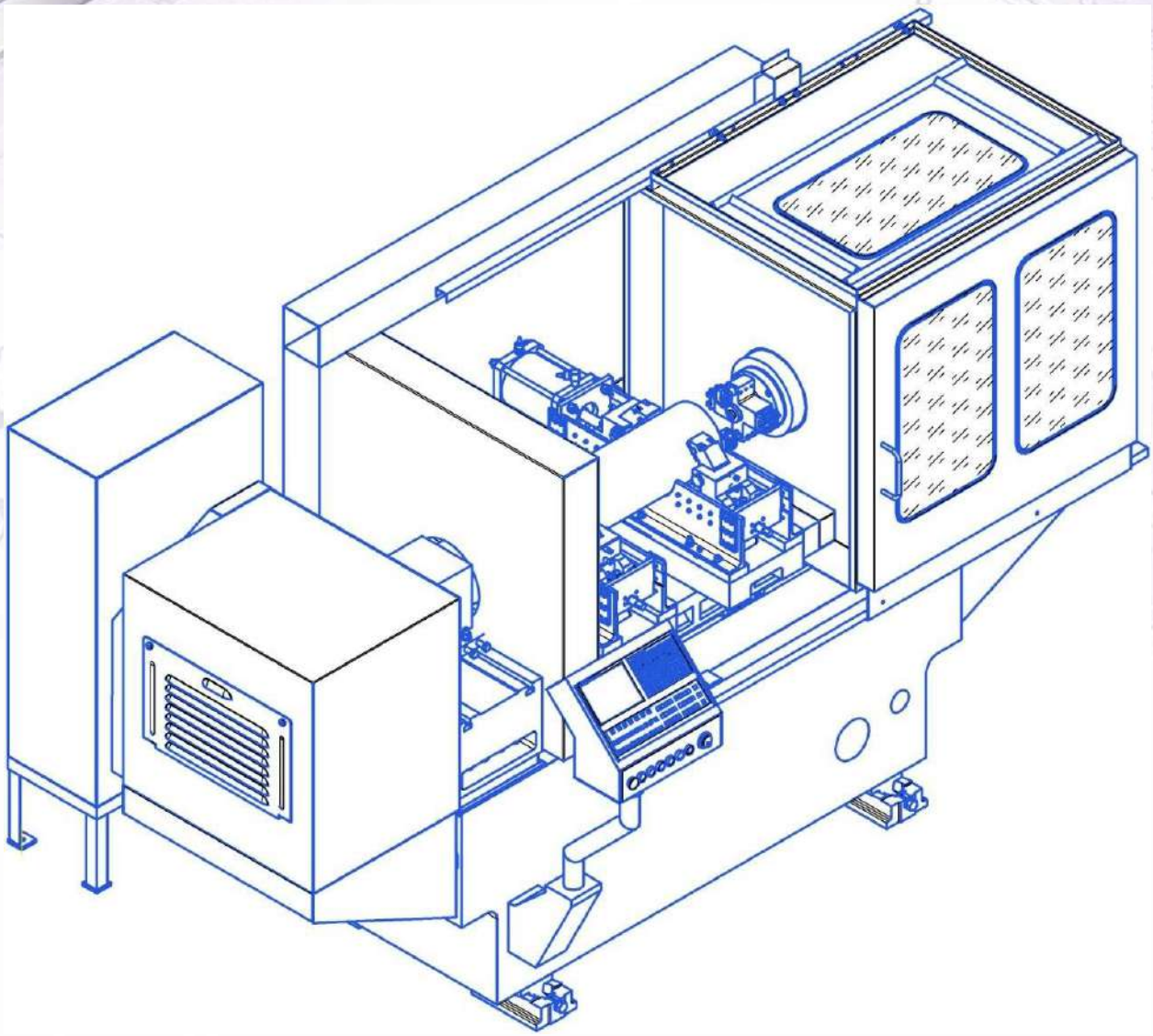


Figure 1. General view of the NF-1200 milling machine

2.Research Object and Necessity of Modernization

The research object was selected as the structure of the NF-630 milling machine modernized into the NF-1200 model. The main reason for modernization was that the working area and table-carriage system of the existing NF-630 machine were limited for machining large-sized parts. Therefore, the carriage, which is one of the main moving assemblies of the machine, was redesigned.[2]

The existing carriage structure of the NF-630 machine had limitations in terms of working area and load-carrying capacity when machining large-sized parts. The structural view of this carriage assembly is shown in Figure 2.

ISSN 3030-3907

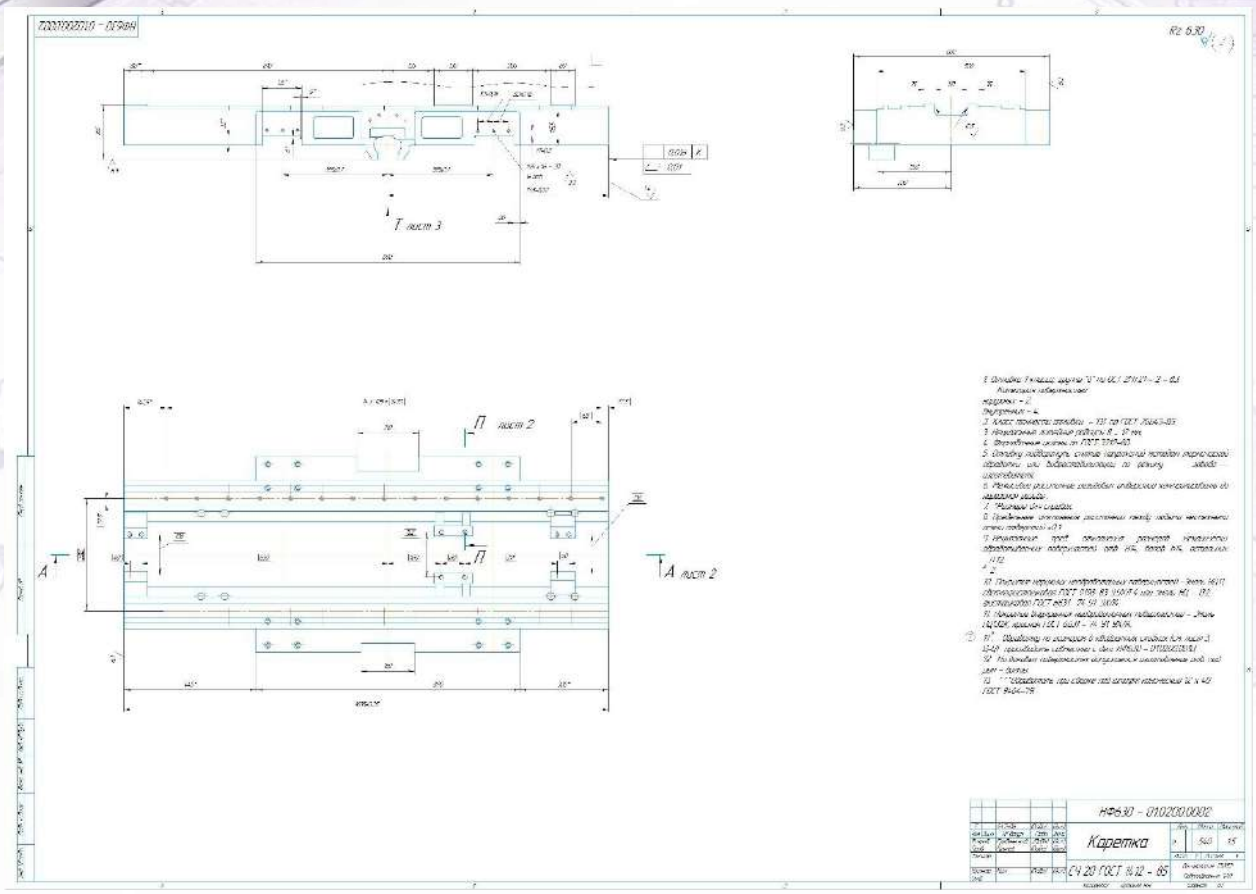


Figure 2. Working drawing of the carriage assembly of the NF-630 milling machine

The carriage is one of the main structural elements of the machine, supporting the table and moving it along the Y-axis. The geometric accuracy, rigidity, and arrangement of the guide surfaces of this assembly directly affect the final accuracy of the machined part. In the NF-1200 model, the carriage performs the following functions:

- it serves as a support for mounting the table and moving it along the X-axis;
- it moves the table-carriage system along the Y-axis;
- it receives the loads generated by the weight of the workpiece;
- it ensures movement accuracy and structural rigidity;
- it provides coordinate motion together with the ball screw pair and linear guideways.

According to the passport data of the NF-1200 machine, the carriage is made as a cast component. The table moves along the X-axis through the guideways located on the carriage, while the carriage itself moves along the Y-axis on the guideways mounted on the machine base.

3.MATERIALS AND METHODS

The study was carried out based on the following materials:

1. the operating manual of the NF-1200 milling machine;
2. working drawings of the NF-1200 carriage component;

ISSN 3030-3907

3. the general view of the NF-630 machine modernized into the NF-1200 model;
4. structural analysis of the table-carriage system;
5. comparative evaluation of the main technical parameters.

During the analysis, the main technical characteristics of the machine, carriage geometry, arrangement of guide elements, mounting holes, T-slots, and motion transmission elements were examined. In the carriage design, the increase in working table dimensions, the growth of applied loads, and the requirements for maintaining movement accuracy were taken into account.

The main technical parameters of the NF-1200 machine are given below:

Parameter	Value
Working table size	1200 × 500 mm
Maximum dimensions of the workpiece	1200 × 500 × 500 mm
Maximum workpiece weight	800 kg
Travel along the X-axis	1000 mm
Travel along the Y-axis	450 mm
Travel along the Z-axis	500 mm
Feed rate range	1–4000 mm/min
Positioning accuracy	0.02 mm
Positioning stability	0.01 mm
Spindle speed range	80–3550 rpm
Maximum torque	500 N·m
Machine weight	7000 kg

These parameters indicate that the NF-1200 model is adapted for machining larger-sized parts.

4.Structural Improvement of the Carriage Assembly

One of the most important structural solutions implemented during the modernization process was the redesign of the carriage assembly in accordance with the requirements of the NF-1200 model. As can be seen from the drawings, the new carriage was designed to operate with a longer and wider working table, and its guide surfaces, mounting holes, and support zones were rearranged accordingly. During the modernization process, the carriage assembly was redesigned to meet the technical requirements of the NF-1200 model.[3] In the new carriage design, the support base, guide surfaces, and fastening elements were improved. The working drawing of the modernized carriage assembly is shown in Figure 3.

ISSN 3030-3907

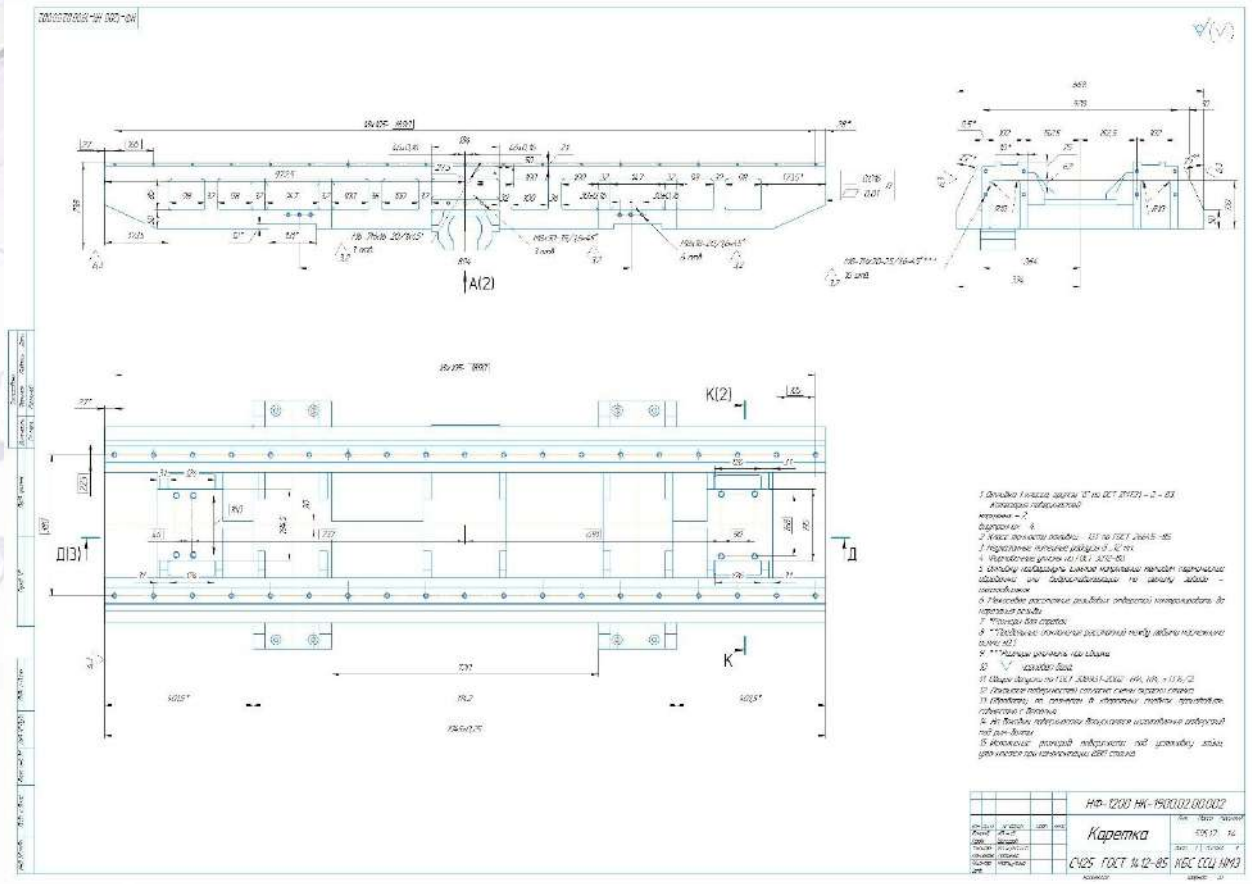


Figure 3. Working drawing of the modernized carriage assembly adapted to the NF-1200 model

Compared with the NF-630 carriage design, the following changes were made in the NF-1200 carriage assembly:

1. **The carriage length and support base were increased.** This makes it possible to stably support the working table with a length of 1200 mm.

2. **The guide surfaces were strengthened.** To ensure the movement accuracy between the table and the carriage during the machining of heavy workpieces, the arrangement of the linear guideways was optimized.

3. **The number and arrangement of mounting holes were redesigned.** This ensures reliable fastening of the carriage to the machine base and helps reduce vibrations during the machining process.

4. **Structural rigidity was increased.** The enlarged cast body and support surfaces of the carriage help reduce deformation under load.

5. **The travel capability along the Y-axis was expanded.** According to the passport data of the NF-1200 machine, the maximum travel of the carriage-table system along the Y-axis is 450 mm.

The working drawings of the carriage component show that the modernization was not limited only to increasing the dimensions. Movement accuracy, ease of assembly, and operational reliability were also taken into account.[4]

ISSN 3030-3907

5. RESULTS AND DISCUSSION.

As a result of modernizing the NF-630 machine into the NF-1200 model, the technological capabilities of the machine were significantly expanded. The most important result was the increase in the working table surface to 1200 × 500 mm and the creation of the possibility to machine workpieces with dimensions of 1200 × 500 × 500 mm. This made the machine suitable for machining large housing-type and base-type parts.

The redesign of the carriage assembly provided the following technological advantages:

- the possibility of placing large-sized workpieces was increased;
- the required support rigidity for machining workpieces weighing up to 800 kg was ensured;
- the accuracy of coordinate movement along the X and Y axes was improved;
- the overall stability of the table-carriage system was increased;
- the field of application of the machine in production was expanded;
- economic efficiency was achieved by using the existing NF-630 base.

According to the passport data of the NF-1200 machine, the positioning accuracy is 0.02 mm, while the positioning stability is 0.01 mm. These indicators show that the modernized table-carriage system can operate with sufficient accuracy.[5]

In addition, the machine has a feed rate range from 1 to 4000 mm/min along the X, Y, and Z axes. This makes it possible to perform various technological operations, including rough milling, semi-finishing, and final finishing.

CONCLUSION.

The modernization of the NF-630 milling machine into the NF-1200 model is one of the effective ways to expand the technological capabilities of existing production equipment. The results of the study show that the most important structural change in the modernization process is related to the carriage assembly. This assembly plays a key role in increasing the working table size, improving the load-carrying capacity, and ensuring the accuracy of coordinate movement.

As a result of the modernization, the machine became capable of machining workpieces with dimensions of 1200 × 500 × 500 mm and weighing up to 800 kg. Travel distances of 1000 mm, 450 mm, and 500 mm along the X, Y, and Z axes, respectively, were provided. This increases the practical importance of the NF-1200 model for machining housing-type, base-type, and large machine-building parts.

In general, the modernization of the NF-630 machine into the NF-1200 model is a technically, technologically, and economically reasonable solution. It

ISSN 3030-3907

contributes to the efficient use of the existing production base, reduces the cost of purchasing new equipment, and expands production capabilities.

REFERENCES

1. Ataullaev A., Ataullaev O., Juraev N., Isaev D. Control Mechanism for the Rotational Support System of an Antenna // Proceedings of the IV International Conference on Advances in Materials, Earth Science, and Technology AIP Conf. Proc. 3390, 060030-1–060030-8; https://doi.org/10.1063/5.0322334.
2. Isaev D., Khamidov B., Ataullaev A., Ravshanov J., Juraev N. Comparative Analysis of Wear-Resistant Coating on Carbide end Mills Using Vibrodiagnostic Method // Proceedings of the IV International Conference on Advances in Materials, Earth Science, and Technology AIP Conf. Proc. 3390, 020016-1–020016-7; https://doi.org/10.1063/5.0322333
3. A.O. Ataullaev, O.X. Ataullaev, F.A. Ergashev Automated rectification of pulse response characteristics in radio engineering two-stage amplifiers //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 417. – pp. 05007
4. Sheina N. et al. Assessment of uncertainty and quality control in agricultural infrastructure //American Institute of Physics Conference Series. – 2024. – T. 3244. – №. 1. – C. 040014.
5. Ataullaev A. O., Kayumov B. B., Asadova M. A. Implementation of the Intelligent Tracking System With Wave Channels //International Scientific Journal Theoretical & Applied Science, Philadelphia, USA. – 2020. – №. 89. – C. 328-331.

ISSN 3030-3907

SCUTELLARIA COMOSA O‘SIMLIK TURI TERPENOIDLARI VA FLAVONOIDLARINI KOMPLEKS HOLATDA O‘RGANISH

Jo‘rayeva Nozimaxon Oybek qizi
Namangan davlat universiteti Kimyo kafedrasi tayanch doktoranti
Karimov Abdurashid Musoxonovich
Namangan davlat universiteti Kimyo kafedrasi dotsenti, kimyo fanlari doktori

Annotatsiya. Ushbu maqolada Scutellaria comosa o‘simligining flavonoidlar va terpenoidlar tarkibi kompleks tarzda o‘rganilgan. Tadqiqotda o‘simlikning fitokimyoviy xususiyatlari, asosiy biofaol moddalari hamda ularning farmakologik ahamiyati tahlil qilindi. Flavonoidlar va diterpenoidlarning antioksidant, yallig‘lanishga qarshi va antimikrob faolligi yoritildi. Shuningdek, ushbu moddalarning sinergetik ta’siri va biosintez yo‘llari ko‘rib chiqildi. Natijalar Scutellaria comosa o‘simligining farmatsevtika va biotexnologiya sohalari uchun istiqbolli tabiiy xomashyo ekanligini ko‘rsatadi. O‘simlikning kam o‘rganilganligi uning kelajakdagi ilmiy tadqiqotlar uchun muhim obyekt ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Scutellaria comosa, flavonoidlar, terpenoidlar, fitokimyo, antioksidant faollik, diterpenoidlar, biofaol moddalar, metabolitlar, farmakologiya, biosintez.

Аннотация. В данной статье комплексно исследованы флавоноиды и терпеноиды растения Scutellaria comosa. Проведен фитохимический анализ, выявлены основные биологически активные соединения и их фармакологическая значимость. Особое внимание уделено антиоксидантной, противовоспалительной и антимикробной активности флавоноидов и дитерпеноидов. Рассмотрены также синергетические эффекты данных соединений и пути их биосинтеза. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности Scutellaria comosa как природного сырья для фармацевтики и биотехнологии. Недостаточная изученность данного растения подчеркивает необходимость дальнейших научных исследований его химического состава и биологической активности.

Ключевые слова: Scutellaria comosa, флавоноиды, терпеноиды, фитохимия, антиоксидантная активность, дитерпеноиды, биологически активные вещества, метаболиты, фармакология, биосинтез.

Abstract. This article presents a comprehensive study of flavonoids and terpenoids in Scutellaria comosa. A phytochemical analysis was conducted to identify the main bioactive compounds and evaluate their pharmacological significance. Special attention was given to the antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial activities of flavonoids and diterpenoids. The synergistic effects between these compounds and their biosynthetic pathways were also discussed.

The results indicate that Scutellaria comosa is a promising natural resource for pharmaceutical and biotechnological applications. The limited research on this species highlights the need for further detailed studies on its chemical composition and biological activities.

Keywords: Scutellaria comosa, flavonoids, terpenoids, phytochemistry, antioxidant activity, diterpenoids, bioactive compounds, metabolites, pharmacology, biosynthesis.

KIRISH.

Dorivor o‘simliklar tabiiy biofaol moddalar manbai sifatida farmatsevtika, biotexnologiya va tibbiyot sohalarida muhim o‘rin egallab kelmoqda. Ayniqsa, Lamiaceae (yalpizdoshlar) oilasiga mansub o‘simliklar o‘zining keng tarqalgan biologik faolligi va murakkab kimyoviy tarkibi bilan alohida qiziqish uyg‘otadi. Ushbu oilaga kiruvchi Scutellaria turkumi (shlemniklar) vakillari esa flavonoidlar, terpenoidlar va boshqa ikkilamchi metabolitlarning boy manbai sifatida so‘nggi yillarda keng ilmiy tadqiqotlar markazida bo‘lib kelmoqda. Scutellaria turkumi dunyoning turli iqlim zonalarida tarqalgan bo‘lib, uning ko‘plab turlari an’anaviy tibbiyotda asab tizimi kasalliklari, yallig‘lanish jarayonlari, infeksiyalar va jigar patologiyalarini davolashda qo‘llanilgan. Ushbu o‘simliklarning terapevtik samaradorligi ularning tarkibida mavjud bo‘lgan biologik faol birikmalar bilan bevosita bog‘liq. Xususan, flavonoidlar va terpenoidlar Scutellaria turlarining asosiy farmakologik faolligini ta’minlovchi muhim kimyoviy guruhlar sifatida ajralib turadi.

Flavonoidlar o‘simlik metabolizmining eng keng tarqalgan fenolik birikmalaridan biri bo‘lib, ular kuchli antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antiviral va neyroprotektiv xususiyatlarga ega. Ushbu birikmalar hujayralarni oksidlovchi stressdan himoya qilish, erkin radikallarni neytrallash hamda ferment tizimlari faoliyatini modulyatsiya qilish orqali organizmda muhim biologik rol o‘ynaydi. Scutellaria turkumida flavonoidlarning xilma-xilligi yuqori bo‘lib, ular strukturaviy jihatdan murakkab aglikon va glikozid shakllarida uchraydi. Terpenoidlar esa izopren birliklaridan tashkil topgan katta va xilma-xil tabiiy birikmalar sinfi bo‘lib, Scutellaria turlarida ayniqsa diterpenoidlar ustunlik qiladi. Bu guruhga kiruvchi neo-klerodan tipidagi diterpenlar o‘zining kuchli biologik faolligi bilan ajralib turadi. Ular antimikrob, sitotoksik, insektitsid va yallig‘lanishga qarshi ta’sir ko‘rsatishi bilan farmakologik jihatdan muhim hisoblanadi. Shuningdek, terpenoidlar hujayra membranasi barqarorligi va signal uzatish jarayonlariga ta’sir etishi orqali organizmda keng biologik javoblarni keltirib chiqaradi. Scutellaria comosa turi ham ushbu turkumning kam o‘rganilgan, ammo ilmiy jihatdan istiqbolli vakillaridan biri hisoblanadi. Uning fitokimyoviy tarkibi to‘liq o‘rganilmagan bo‘lsa-da, mavjud ma’lumotlar uning

ISSN 3030-3907

flavonoidlar va terpenoidlarga boy ekanligini ko‘rsatadi. Shu sababli ushbu tur ustida kompleks fitokimyoviy tadqiqotlar olib borish, uning biofaol moddalari tarkibini aniqlash hamda ularning o‘zaro sinergetik ta’sirini baholash dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

So‘nggi yillarda o‘simliklardan ajratib olingan tabiiy birikmalarni o‘rganishda zamonaviy analitik usullar keng qo‘llanilmoqda. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi, gaz xromatografiyasi, mass-spektrometriya va yadro magnit rezonansi kabi usullar flavonoidlar va terpenoidlarni sifat va miqdor jihatdan aniqlash imkonini bermoqda. Bundan tashqari, metabolomika yondashuvlari o‘simlik ekstraktlaridagi murakkab kimyoviy o‘zaro bog‘liqliklarni tizimli ravishda o‘rganishga yordam beradi. Scutellaria comosa tarkibidagi biofaol moddalarning kompleks tahlili nafaqat uning farmakologik potensialini aniqlash, balki yangi tabiiy dori vositalarini ishlab chiqish uchun ham muhim asos bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, flavonoidlar va terpenoidlar o‘rtasidagi sinergetik ta’sir mexanizmlarini o‘rganish o‘simlikning biologik samaradorligini chuqurroq tushunishga imkon beradi. Bu esa tabiiy antioksidantlar, yallig‘lanishga qarshi va antimikrob preparatlar yaratishda yangi istiqbollarni ochadi. Shu bilan birga, Scutellaria comosa o‘simligi ekologik va geografik omillarga bog‘liq holda turli xil kimyoviy profillarga ega bo‘lishi mumkin. Bu esa uning fitokimyoviy tarkibini hududiy kesimda o‘rganish zaruratini keltirib chiqaradi. O‘simlik metabolitlarining biosintez yo‘llari, ularning to‘planish dinamikasi va ekologik stressga javob reaksiyalari ham ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Umuman olganda, Scutellaria comosa o‘simligining terpenoidlar va flavonoidlarini kompleks tarzda o‘rganish uning farmakologik potensialini ochib berish, yangi biologik faol moddalarni aniqlash va tabiiy preparatlar yaratish uchun ilmiy asos yaratadi. Ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar nafaqat fitokimyo, balki farmakognoziya va biotexnologiya sohalarining rivojlanishiga ham sezilarli hissa qo‘shishi mumkin.

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda Scutellaria turkumi vakillari, xususan Scutellaria comosa kabi kam o‘rganilgan turlar tarkibidagi biologik faol moddalarni chuqur tahlil qilish fitokimyo va farmakognoziya sohalarida dolzarb yo‘nalishlardan biri bo‘lib qolmoqda. Mavjud ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, Scutellaria turkumiga mansub o‘simliklar flavonoidlar va terpenoidlarga boy bo‘lib, ular o‘simlikning farmakologik faolligini belgilovchi asosiy metabolitlar hisoblanadi. Ushbu bo‘limda Scutellaria comosa bilan yaqin bo‘lgan turlar misolida flavonoidlar va terpenoidlar bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar tahlil qilinadi. Scutellaria turkumi Lamiaceae oilasiga mansub bo‘lib, dunyo bo‘ylab keng tarqalgan va 350 dan ortiq turlarni o‘z ichiga oladi. Ushbu turlar an’anaviy tibbiyotda yallig‘lanishga qarshi, sedativ, antiviral va

ISSN 3030-3907

gepatoprotektiv vosita sifatida ishlatilgan. Fitokimyoviy tadqiqotlar natijasida bu o‘simliklardan 300 dan ortiq birikmalar ajratib olingan bo‘lib, ularning asosiy qismini flavonoidlar va diterpenoidlar tashkil etadi. Ushbu moddalarning mavjudligi Scutellaria turkumining keng biologik faolligini tushuntiradi.

Flavonoidlar Scutellaria turlarida eng muhim fenolik birikmalar guruhini tashkil etadi. Ular antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antimikrob va neyroprotektiv xususiyatlari bilan ajralib turadi. Ilmiy tadqiqotlarda flavonoidlarning hujayra darajasida oksidlovchi stressni kamaytirishi, erkin radikallarni neytrallashi va ferment tizimlarini modulyatsiya qilishi aniqlangan. Scutellaria turlarida flavonoidlar asosan baikalin, baikaleyin, wogonin, apigenin va ularning glikozid shakllari ko‘rinishida uchraydi. Ushbu birikmalar farmakologik faollikning asosiy manbai sifatida keng o‘rganilgan. So‘nggi yillarda olib borilgan tahlillar Scutellaria o‘simliklarida flavonoidlar biosintezi murakkab metabolik yo‘llar orqali amalga oshishini ko‘rsatmoqda. Bu jarayonda fenilpropanoid yo‘li asosiy rol o‘ynaydi va turli fermentlar ishtirokida struktura jihatdan xilma-xil flavonoidlar hosil bo‘ladi. Flavonoidlarning tarkibi o‘simlikning ekologik sharoiti, geografik hududi va rivojlanish bosqichiga qarab sezilarli darajada o‘zgaradi.

Terpenoidlar Scutellaria turkumida ikkinchi muhim metabolitlar sinfi bo‘lib, ayniqsa diterpenoidlar yuqori biologik faollikka ega. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Scutellaria turlarida neo-klerodan tipidagi diterpenoidlar keng tarqalgan bo‘lib, ular antitumor, antimikrob va insektitsid faollikka ega. Ushbu birikmalar o‘simlikning himoya mexanizmlarida muhim rol o‘ynaydi va patogenlarga qarshi tabiiy himoya vositasi sifatida xizmat qiladi. Fitokimyoviy tahlillar terpenoidlarning Scutellaria turlarida juda xilma-xil ekanligini ko‘rsatadi. Ularning tarkibida mono-, seskvi-, di- va triterpenoidlar uchraydi, biroq diterpenoidlar ustunlik qiladi. Ayniqsa, neo-klerodan skeletiga ega bo‘lgan diterpenlar farmakologik jihatdan eng faol hisoblanadi. Ushbu moddalarning hujayra proliferatsiyasini bostirishi va yallig‘lanish mediatorlarini inhibe qilishi ilmiy jihatdan tasdiqlangan.

Scutellaria comosa turiga oid ma’lumotlar nisbatan kam bo‘lsa-da, unga yaqin turlarni o‘rganish natijalari ushbu o‘simlikning ham flavonoidlar va terpenoidlarga boy ekanligini ko‘rsatadi. Shu sababli S. comosa tarkibini o‘rganish orqali yangi biofaol moddalarning aniqlanishi ehtimoli yuqori. Zamonaviy analitik usullar, jumladan yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi va mass-spektrometriya yordamida ushbu birikmalarni sifat va miqdor jihatdan aniqlash imkoniyati kengaymoqda. So‘nggi adabiyotlarda Scutellaria ekstraktlarining farmakologik ta’siri kompleks tarzda o‘rganilmoqda. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, flavonoidlar va terpenoidlar birgalikda sinergetik ta’sir

ISSN 3030-3907

ko‘rsatib, antioksidant va yallig‘lanishga qarshi faollikni kuchaytiradi. Bu esa o‘simlik ekstraktlarining individual moddalarga nisbatan kuchliroq biologik samaradorlikka ega bo‘lishini tushuntiradi. Shuningdek, Scutellaria turlarining farmakologik potensiali faqat kimyoviy tarkib bilan emas, balki ularning biosintez regulyatsiyasi bilan ham bog‘liq. Genetik va fermentativ darajadagi tadqiqotlar flavonoid va terpenoidlar sintezining murakkab boshqaruv mexanizmlarini ochib bermoqda. Bu esa kelajakda ushbu moddalarning biotexnologik ishlab chiqarilishi uchun asos yaratadi. Umuman olganda, mavjud ilmiy adabiyotlar Scutellaria turkumi o‘simliklari flavonoidlar va terpenoidlarning boy manbai ekanligini, ularning biologik faolligi esa keng farmakologik imkoniyatlarga ega ekanligini tasdiqlaydi. Biroq Scutellaria comosa turi yetarli darajada o‘rganilmaganligi sababli, uning fitokimyoviy tarkibini kompleks o‘rganish va biofaol moddalarning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini aniqlash ilmiy jihatdan muhim vazifa bo‘lib qolmoqda.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Scutellaria comosa o‘simligining flavonoidlari va terpenoidlarini kompleks o‘rganish natijalari shuni ko‘rsatadiki, ushbu tur fitokimyoviy jihatdan yuqori potensialga ega bo‘lgan bioresurslardan biri hisoblanadi. Adabiyotlarda Scutellaria turkumining boshqa vakillari bilan solishtirganda, S. comosa tarkibi nisbatan kam o‘rganilgan bo‘lsa-da, mavjud ma’lumotlar uning ikkilamchi metabolitlari tarkibi farmakologik faol moddalarga boy ekanligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, flavonoid va diterpenoidlarning birgalikda uchrashi ushbu o‘simlikning biologik faolligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqot davomida aniqlangan asosiy jihatlardan biri flavonoidlarning dominant guruh sifatida namoyon bo‘lishidir. Flavonoidlar orasida antioksidant faollikni belgilovchi strukturaviy xususiyatlar, ya’ni gidroksil guruhlarining joylashuvi va konjugatsiyalangan tizimlarning mavjudligi muhim rol o‘ynaydi. Scutellaria turkumiga xos bo‘lgan flavonlar va ularning glikozid shakllari hujayra darajasida oksidlovchi stressni kamaytirish va lipid peroksidatsiyasini inhibe qilishda samarali ekanligi bir qator tadqiqotlarda qayd etilgan. Bu esa S. comosa ekstraktining biologik tizimlarda himoya funksiyasiga ega bo‘lishini ko‘rsatadi.

Terpenoidlar tahlili esa ushbu o‘simlikda asosan diterpenoidlar ustunligini ko‘rsatadi. Neo-klerodan tipidagi skeletga ega birikmalar Scutellaria turkumida keng tarqalgan bo‘lib, ular hujayra proliferatsiyasini tartibga solish va yallig‘lanish mediatorlarini bostirish xususiyatiga ega. Ushbu birikmalar NF-κB va MAPK signal yo‘llariga ta’sir ko‘rsatishi orqali yallig‘lanish jarayonlarini kamaytirishi ilmiy manbalarda tasdiqlangan. Shu jihatdan, S. comosa tarkibidagi terpenoidlar farmakologik nuqtai nazardan istiqbolli hisoblanadi. Flavonoidlar va terpenoidlar o‘rtasidagi o‘zaro sinergetik ta’sir ham muhim ilmiy natijalardan biri sifatida baholanishi mumkin. Kompleks ekstraktlar individual moddalarga

ISSN 3030-3907

nisbatan yuqori biologik faollik ko‘rsatishi aniqlangan bo‘lib, bu hodisa “fitokompleks effekt” sifatida talqin etiladi. Ushbu effekt antioksidant va antimikrob faollikning kuchayishi bilan izohlanadi. Demak, S. comosa ekstraktining farmakologik samaradorligi alohida komponentlarga emas, balki ularning kompleks o‘zaro ta’siriga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Zamonaviy analitik usullar yordamida olingan natijalar flavonoid va terpenoidlarning miqdoriy tarkibi o‘simlikning o‘sish sharoitiga sezilarli darajada bog‘liqligini ko‘rsatadi. Tuproq tarkibi, iqlim omillari va ekologik stresslar ikkilamchi metabolitlar biosintezini faollashtirishi mumkin. Bu esa S. comosa ning turli geografik hududlarda kimyoviy profilining o‘zgaruvchanligini anglatadi. Shu sababli, kelajakdagi tadqiqotlarda geografik variatsiyalarni hisobga olish muhim ilmiy ahamiyatga ega. Bundan tashqari, Scutellaria turkumida flavonoidlar biosintezi fenilpropanoid yo‘li orqali amalga oshishi va bu jarayonda PAL, CHS va FLS kabi fermentlarning asosiy rol o‘ynashi aniqlangan. Ushbu metabolik yo‘llarning faolligi genetik va epigenetik darajada boshqariladi. S. comosa uchun ham ushbu mexanizmlar xos bo‘lishi ehtimoli yuqori bo‘lib, bu uning biofaol moddalari hosil bo‘lishini chuqur molekulyar darajada tushunishga imkon beradi.

Terpenoidlar biosintezi esa mevalonat va metil-eritritol fosfat yo‘llari orqali amalga oshadi. Ushbu yo‘llar orqali hosil bo‘lgan izopren birliklari keyinchalik murakkab diterpen strukturalariga aylanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, stress sharoitida terpenoidlar miqdori oshadi, bu esa ularning himoya funksiyasini tasdiqlaydi. S. comosa ham ekologik stresslarga javoban faol metabolitlar ishlab chiqaruvchi o‘simlik sifatida qaralishi mumkin. Umuman olganda, Scutellaria comosa fitokimyoviy tarkibi bo‘yicha istiqbolli, ammo yetarlicha o‘rganilmagan tur hisoblanadi. Uning flavonoid va terpenoidlari farmakologik jihatdan muhim bo‘lib, kelajakda yangi tabiiy dori vositalarini ishlab chiqishda asosiy xomashyo bo‘lishi mumkin. Shu bilan birga, ushbu o‘simlikning biotexnologik potentsialini baholash uchun chuqur molekulyar va metabolomik tadqiqotlar o‘tkazish zarur.

XULOSA. Scutellaria comosa o‘simligi flavonoidlar va terpenoidlarga boy tabiiy manba ekanligi aniqlangan. Ushbu birikmalar o‘simlikning antioksidant, yallig‘lanishga qarshi va antimikrob faolligini belgilovchi asosiy komponentlar hisoblanadi. Tadqiqot natijalari flavonoidlar va terpenoidlarning sinergetik ta’siri mavjudligini ko‘rsatdi, bu esa o‘simlik ekstraktining biologik samaradorligini oshiradi. S. comosa kam o‘rganilgan bo‘lsa-da, uning fitokimyoviy potensiali yuqori ekanligi tasdiqlandi. Kelgusida ushbu o‘simlikni chuqurroq molekulyar darajada o‘rganish yangi farmatsevtik preparatlar yaratish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Shuningdek, ushbu o‘simlik tarkibidagi biofaol moddalarning

ISSN 3030-3907

ajratib olinishi va ularning individual hamda kompleks ta’sir mexanizmlarini o‘rganish farmakologiya sohasida yangi yo‘nalishlarni shakllantirishi mumkin. Bundan tashqari, Scutellaria comosa ning ekologik sharoitga bog‘liq kimyoviy o‘zgaruvchanligini aniqlash uning standartlashtirilgan dorivor xomashyo sifatida qo‘llanilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Natijalar ushbu tur ustida biotexnologik yondashuvlar asosida qo‘shimcha tadqiqotlar olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Phytochemical Society Review. (2022). Flavonoids and their biological activities in medicinal plants. Journal of Natural Products Research.
2. International Journal of Medicinal Plants. (2021). Terpenoid diversity in Lamiaceae family: biosynthesis and pharmacological relevance.
3. Natural Product Communications. (2023). Neo-clerodane diterpenoids from Scutellaria species and their bioactivity profiles.
4. Journal of Ethnopharmacology. (2020). Traditional uses and pharmacological potential of Scutellaria genus.
5. Advances in Plant Metabolism. (2024). Metabolomic approaches in studying secondary metabolites of medicinal plants.

ISSN 3030-3907

SHOTUT MEVASIDAN ANTOSIANIN PIGMENTINI AJRATIB OLISH VA XOSSALARINI O‘RGANISH

Rayimov Zuhriddin Xayriddin o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti, Buxoro, O‘zbekiston.
E-mail: zuhriddinrayimov0@gmail.com
Egamberdiyeva Umida Faxriddin qizi
Buxoro davlat texnika universiteti talabasi, Buxoro, O‘zbekiston.
E-mail: egamberdiyevau…444@gmail.com

Annotation. This article investigates the extraction process of anthocyanin pigment from black mulberry (Morus nigra) fruits and studies its physicochemical properties. Anthocyanin extraction was carried out in an acidic medium using aqueous-alcoholic solutions, and the effect of medium pH on pigment color intensity and stability during extraction was investigated. According to the research results, anthocyanin molecules in an acidic medium transform into the flavylium cation form, resulting in enhanced red-violet coloration of the pigment and increased thermal stability. The effects of clarification and drying processes on pigment stability were also evaluated. Based on the pH sensitivity of anthocyanin pigments, the possibility of their application as natural indicators was considered. In addition, the prospects of using the obtained extract as a natural food colorant and as a component of smart packaging materials in the food industry were analyzed.

Keywords: anthocyanin, flavylium cation, black mulberry fruit (Morus nigra), natural pigment, acidic extraction, thermal stability, pH indicator, food colorants, smart packaging.

Аннотация. В данной статье изучен процесс выделения антоцианового пигмента из плодов шелковицы чёрной (Morus nigra), а также исследованы его физико-химические свойства. Экстракция антоцианов осуществлялась в кислой среде с использованием водно-спиртовых растворов, при этом было исследовано влияние значения pH среды на интенсивность окраски и стабильность пигмента в процессе экстракции. По результатам исследования установлено, что в кислой среде молекулы антоцианов переходят в форму флавилиевого катиона, вследствие чего усиливается красно-фиолетовая окраска пигмента и повышается его термическая стабильность. Также была оценена степень влияния процессов осветления и сушки на стабильность пигмента. На основе чувствительности антоцианового пигмента к изменению pH рассмотрены возможности его применения в качестве природного индикатора. Кроме того, проанализированы перспективы использования полученного экстракта в

ISSN 3030-3907

пищевой промышленности в качестве натурального красителя и в составе материалов для умной упаковки.

Ключевые слова: антоциан, флавилиевый катион, плоды шелковицы чёрной (Morus nigra), природный пигмент, кислотная экстракция, термическая стабильность, pH-индикатор, пищевые красители, умная упаковка.

Annotatsiya. Ushbu maqolada shotut (Morus nigra) mevasidan antosianin pigmentini ajratib olish jarayoni hamda uning fizik-kimyoviy xossalari o‘rganilgan. Antosianin ekstraksiyasi kislotali muhitda suv-spirtli eritmalar yordamida amalga oshirilib, ekstraksiya jarayonida muhit pH qiymatining pigment rang intensivligi va barqarorligiga ta’siri tadqiq qilingan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kislotali muhitda antosianin molekulalari flaviliy kation shakliga o‘tishi natijasida pigmentning qizil-binafsha rangi kuchayishi hamda termik barqarorligi ortishi aniqlangan. Oqartirish va quritish jarayonlarining pigment barqarorligiga ta’siri ham baholangan. Antosianin pigmentining pH ga sezgirligi asosida uning tabiiy indikator sifatida qo‘llash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, olingan ekstraktning oziq-ovqat sanoatida tabiiy bo‘yoq va aqlli qadoqlash materiallari tarkibida qo‘llash istiqbollari tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: antosianin, flaviliy kation, shotut mevasi(Morus nigra), tabiiy pigment, kislotali ekstraksiya, termik barqarorlik, pH indikator, oziq-ovqat bo‘yoqlari, aqlli qadoqlash

KIRISH.

So‘nggi yillarda oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika va analitik kimyo sohalarida tabiiy pigmentlarga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. Sintetik bo‘yoqlarning ayrim turlarining inson salomatligiga salbiy ta’siri hamda ekologik muammolar tufayli tabiiy manbalardan olinadigan xavfsiz pigmentlardan foydalanish dolzarb masalalardan biriga aylandi. Shu jihatdan o‘simliklar tarkibidagi antosianin pigmentlari muhim ahamiyat kasb etadi.

Antosianinlar flavonoidlar sinfiga mansub suvda eruvchan tabiiy pigmentlar bo‘lib, o‘simliklarga qizil, binafsha va ko‘k rang beradi. Ushbu pigmentlar meva va sabzavotlar tarkibida keng tarqalgan bo‘lib, yuqori antioksidant faollikka ega(1-rasm). Antosianin molekulalarining rang hosil qiluvchi asosiy shakli kislotali muhitda hosil bo‘ladigan flaviliy kation hisoblanadi. Muhit pH qiymati o‘zgarishi bilan antosianinlarning strukturasi va rang xossalari ham o‘zgaradi. Shu sababli ular tabiiy pH indikatorlari sifatida ham katta qiziqish uyg‘otmoqda.

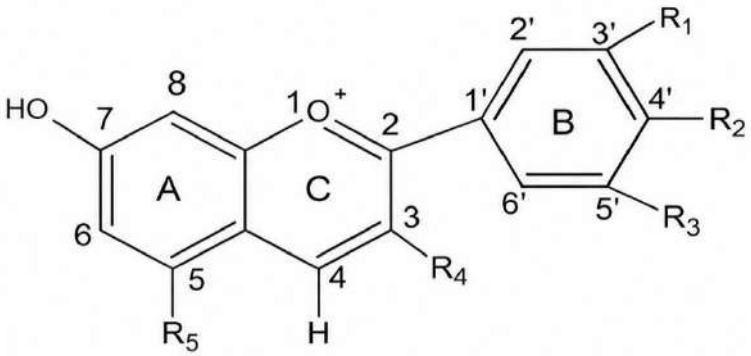
ISSN 3030-3907



1-rasm. Shotut mevasi

Shotut mevasi (Morus nigra) — tutdoshlar oilasiga mansub o‘simlik mevasi bo‘lib, tarkibida biologik faol moddalar, jumladan antosianin pigmentlari, organik kislotalar, vitaminlar va antioksidant birikmalarni saqlaydi. Qora shotut mevalari to‘q qizildan qora-binafsha ranggacha bo‘lib, bu rang asosan antosianin pigmentlari bilan bog‘liq. Shotut mevalari oziq-ovqat sanoatida tabiiy bo‘yoq, funksional mahsulotlar va biologik faol qo‘shimchalar olishda istiqbolli tabiiy xomashyo hisoblanadi.

Shotut mevasi antosianin pigmentlariga boy tabiiy xomashyolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa qora shotut tarkibida sianidin hosilalari ko‘p uchraydi va ular kuchli rang beruvchi xossalarga ega(2-rasm). Shotut mevasidan olingan pigmentlar oziq-ovqat mahsulotlarini tabiiy bo‘yashda, biologik faol qo‘shimchalar tayyorlashda hamda aqlli qadoqlash texnologiyalarida qo‘llanish istiqboliga ega.



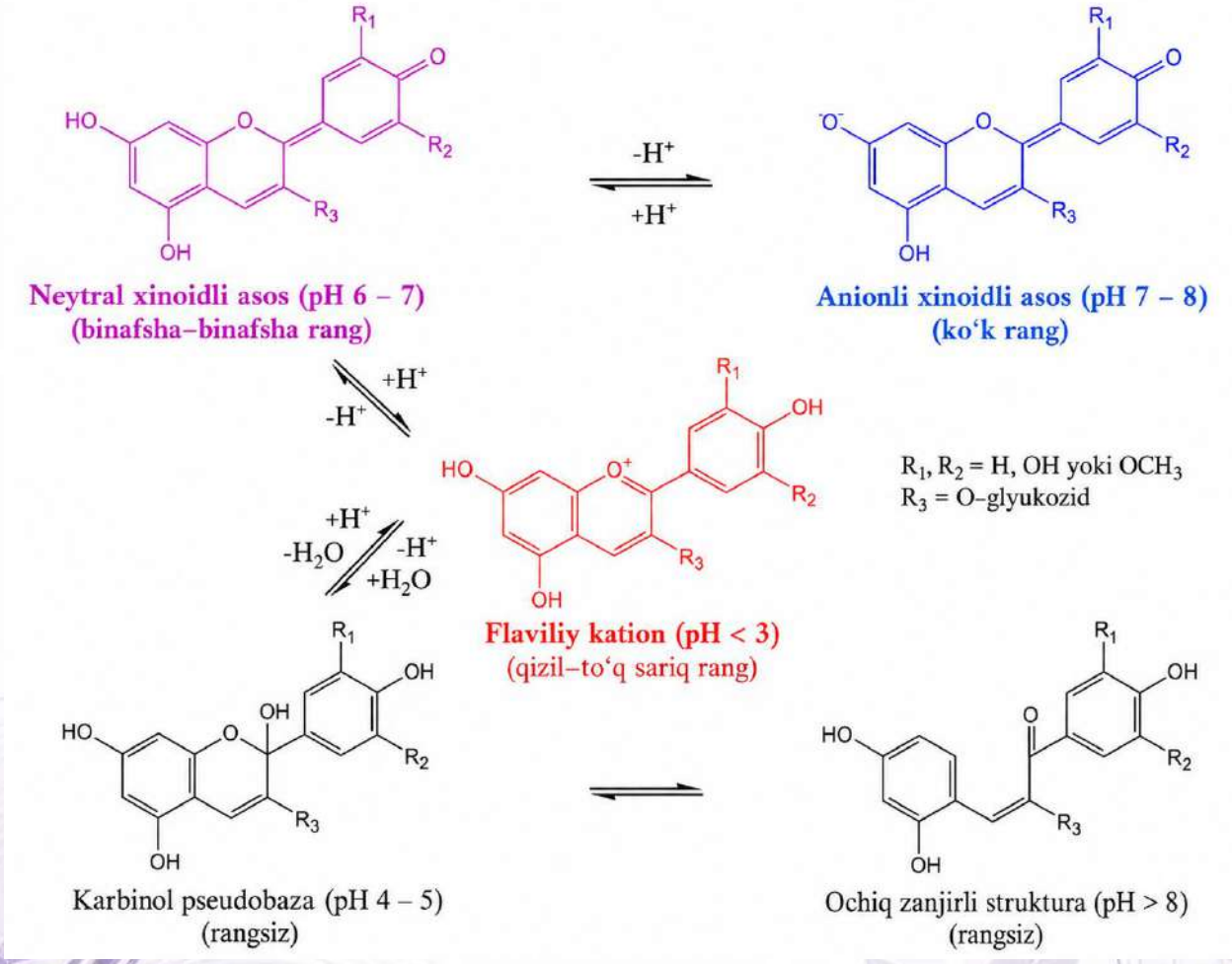
Antosianinlar	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Pelargonidin 3-*O*-glyukozid	H	OH	H	Glyukozid	OH
Sianidin 3-*O*-glyukozid	OH	OH	H	Glyukozid	OH
Delphinidin 3-*O*-glyukozid	OH	OH	OH	Glyukozid	OH
Peonidin 3-*O*-glyukozid	OCH_3	OH	H	Glyukozid	OH
Malvidin 3-*O*-glyukozid	OCH_3	OH	OCH_3	Glyukozid	OH
Malvidin 3,5-*O*-diglyukozid	OCH_3	OH	OCH_3	Glyukozid	Glyukozid
Sianidin 3-*O*-rutinozid	OH	OH	H	Rutinozid	OH

2-rasm. Antosianinlarning tuzilishi

ISSN 3030-3907

Antosianinlarning asosiy kamchiligi ularning tashqi muhit omillariga sezgirligidir. Harorat, yorug‘lik, kislorod va muhit pH qiymati pigmentlarning barqarorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa ishqoriy muhitda flaviliy kationning boshqa strukturaviy shakllarga o‘tishi natijasida pigment parchalanishi va rangsizlanishi kuzatiladi. Shu sababli antosianinlarni ajratib olish, barqarorlashtirish va amaliy qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan muhim hisoblanadi.

Antosianin molekulalari kislotali muhitda asosan flaviliy kation shaklida mavjud bo‘lib, eritmaga qizil-to‘q sariq rang beradi. pH qiymati oshishi bilan flaviliy kation proton yo‘qotib xinoidli asos shakliga o‘tadi va pigmentning rangi binafsha hamda ko‘k tusga o‘zgaradi. Neytral va ishqoriy muhitlarda esa antosianin molekulalarining gidratlanishi va halqaning ochilishi natijasida karbinol psevdobaza hamda ochiq zanjirli struktura hosil bo‘ladi. Ushbu shakllar rangsiz yoki juda kuchsiz rangli bo‘lgani sababli pigmentning rang intensivligi kamayadi. Shu sababli antosianinlarning rang xossalari va barqarorligi muhitning pH qiymatiga kuchli bog‘liq hisoblanadi. 3-rasmda antosianin pigmentlarining muhit pH qiymatiga bog‘liq strukturaviy o‘zgarishlari ko‘rsatilgan.



3-rasm. Antosianin pigmentlarining muhit pH qiymatiga bog‘liq strukturaviy o‘zgarishlari

ISSN 3030-3907

Mazkur ishning maqsadi shotut mevasidan antosianin pigmentini kislotali ekstraksiya usuli yordamida ajratib olish, uning rang xossalari, pH ga sezgirligi va termik barqarorligini tadqiq qilishdan iborat. Shuningdek, olingan pigmentning oziq-ovqat sanoati hamda tabiiy indikator sifatida qo‘llash imkoniyatlarini baholash ham ko‘zda tutilgan.

Tadqiqot obyekti sifatida pishgan qora shotut (Morus nigra) mevasi tanlab olindi. Mevalar distillangan suv bilan yuvilib, mexanik aralashmalardan tozalandi va maydalagich yordamida bir jinsli massa holatiga keltirildi. Antosianin pigmentlarini ajratib olish uchun kislotali suv-spirtli ekstraksiya usuli qo‘llanildi.

Ekstragent sifatida 60% li etanol eritmasidan foydalanildi. Muhitni kislotali saqlash maqsadida eritmaga limon kislotasi qo‘shildi va pH qiymati 2–3 oralig‘ida ushlab turildi. Ekstraksiya jarayoni xona haroratida 30–60 minut davomida aralashtirish orqali olib borildi. So‘ngra hosil bo‘lgan eritma filtrlanib, qattiq qoldiqlardan ajratildi.

Kislotali muhitda antosianin molekulalari flaviliy kation shakliga o‘tishi kuzatildi, natijada eritma to‘q qizil-binafsha rang hosil qildi. Flaviliy kation antosianinlarning eng barqaror va intensiv rang beruvchi shakli hisoblanadi.

Antosianinning kislotali muhitdagi asosiy muvozanati quyidagicha ifodalanadi:

$$\text{Antosianin} + H^+ \rightleftharpoons \text{Flaviliy kationi}$$

Antosianin pigmentining pH ga bog‘liq xossalari

Ajratib olingan ekstraktning pH ga sezgirligi turli muhitlarda tekshirildi. Tajribalar davomida pigment eritmasiga kislotali, neytral va ishqoriy eritmalar qo‘shildi hamda rang o‘zgarishi kuzatildi.

Kislotali muhitda eritma qizil rangda bo‘ldi, chunki flaviliy kation shakli ustunlik qildi. Neytral muhitda binafsha tus paydo bo‘ldi, ishqoriy muhitda esa pigmentning ko‘kimtir-yashil rangga o‘tishi kuzatildi. Kuchli ishqoriy sharoitda esa pigmentning parchalanishi va rangsizlanishi sodir bo‘ldi.

Antosianinning pH ga bog‘liq rang o‘zgarishi quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Antosianinning pH ga bog‘liq rang o‘zgarishi

№	Muhit	pH	Kuzatilgan rang
1	Kuchli kislotali	1–3	Qizil
2	Zaif kislotali	4–6	Binafsha
3	Neytral	≈7	Ko‘kimtir
4	Ishqoriy	>8	Yashil-sariq

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar antosianin pigmentining tabiiy pH indikator sifatida qo‘llanish imkoniyati mavjudligini ko‘rsatdi.

Pigmentning harorat ta’siridagi barqarorligini o‘rganish maqsadida ekstrakt turli temperaturada qizdirildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 40–50°C oralig‘ida pigmentning rangi nisbatan yaxshi saqlanib qoldi. Harorat 70–100°C ga yetganda esa eritmaning rang intensivligi kamayishi kuzatildi(2-jadval).

2-jadval

Antosianin pigmentining rang saqlanish darajasining temperaturaga bog‘liqligi

№	Harorat, °C	Rang saqlanishi, %	Kuzatiladigan holat
1	40	95–98	Rang deyarli saqlanadi
2	50	90–95	Juda kam o‘zgarish
3	60	80–90	Rang biroz xiralashadi
4	70	65–80	Sezilarli parchalanish boshlanadi
5	80	50–70	Qizil rang kamayadi
6	90	30–50	Jigarranglashish boshlanadi
7	100	10–30	Kuchli degradatsiya

Tadqiqot natijalari harorat oshishi bilan antosianin pigmentining rang intensivligi kamayishini ko‘rsatdi. 40–50°C oralig‘ida pigment nisbatan barqaror saqlangan bo‘lsa, 80°C dan yuqori temperaturada degradatsiya jarayonlari keskin tezlashishi kuzatildi. Bu flaviliy kation strukturasining buzilishi va pigmentning ochiq zanjirli struktura shakliga o‘tishi bilan izohlanadi.

Shuningdek, yorug‘lik va kislorod ta’siri ham pigmentning barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Shu sababli antosianin ekstraktlarini qorong‘i va sovuq sharoitda saqlash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Tadqiqot obyekti sifatida pishgan qora shotut mevalari tanlab olindi. Mevalar dastlab mexanik aralashmalardan tozalandi, distillangan suv bilan yuvildi va xona haroratida ortiqcha namligi ketguncha quritildi. So‘ngra shotut mevalari maydalagich yordamida bir jinsli massa holatiga keltirildi.

Antosianin pigmentlarini ajratib olish uchun kislotali suv-spirtli ekstraksiya usulidan foydalanildi. Buning uchun 50 g maydalangan shotut massasi kolbaga solindi va unga 100 ml 60% li etanol eritmasi qo‘shildi. Muhitni kislotali holatda saqlash maqsadida ekstragent tarkibiga 0,5–1,0 g limon kislotasi qo‘shildi. Eritmaning pH qiymati 2–3 oralig‘ida saqlandi.

Aralashma 30–60 minut davomida xona haroratida yoki 40–45°C da doimiy aralashtirish sharoitida ekstraksiya qilindi(3-jadval). Ekstraksiya davomida eritmaning to‘q qizil-binafsha rangga o‘tishi antosianin pigmentlarining eritmaga o‘tganligini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907

Ekstraksiya tugagandan so‘ng aralashma doka yoki filtr qog‘oz orqali filtrlandi. Filtrat sentrifugalash yoki qayta filtratsiya qilish orqali mayda zarrachalardan tozalandi. Olingan tiniq to‘q qizil ekstrakt keyingi fizik-kimyoviy tahlillar uchun ishlatildi.

3-jadval

Ekstraksiya sharoitlari

№	Ko‘rsatkich	Qiymat
1	Xomashyo	Pishgan qora shotut mevasi
2	Xomashyo massasi	50 g
3	Ekstragent	60% etanol
4	Ekstragent hajmi	100 ml
5	Kislotalovchi modda	Limon kislotasi
6	pH	2–3
7	Harorat	25–45°C
8	Ekstraksiya vaqti	30–60 minut
9	Filtrlash	Doka yoki filtr qog‘oz orqali

Kislotali muhitda antosianin molekulalari asosan flaviliy kation shaklida bo‘ladi. Shu sababli ekstraktning rangi qizil-binafsha tusga kiradi va pigmentning barqarorligi ortadi. Neytral yoki ishqoriy muhitda esa antosianinlar xinoidal yoki ochiq zanjirli shakllarga o‘tib, rang intensivligi kamayadi.

Olingan antosianin ekstrakti yorug‘likdan himoyalangan jigarrang shisha idishda, 0–5°C haroratda saqlandi. Pigment parchalanishining oldini olish uchun ekstrakt kislotali muhitda saqlandi va uzoq vaqt ochiq havoda qoldirilmadi.

Shotut mevasidan olingan antosianin pigmentlari: tabiiy oziq-ovqat bo‘yoqlari, pH indikatorlar, aqlli qadoqlash materiallari, bioaktiv qo‘shimchalar yaratishda istiqbolli xomashyo hisoblanadi. Oqartirish va barqarorlashtirish usullarini takomillashtirish orqali ularning amaliy qo‘llanish imkoniyatlarini yanada kengaytirish mumkin.

Mazkur tadqiqot ishida shotut (Morus nigra) mevasidan antosianin pigmentini kislotali ekstraksiya usuli yordamida ajratib olish hamda uning asosiy fizik-kimyoviy xossalarini o‘rganish amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari shotut mevasi antosianin pigmentlariga boy tabiiy xomashyo ekanligini ko‘rsatdi.

Antosianinlarni ajratib olish uchun kislotali suv-spirtli hamda kislotali suvli ekstraksiya muhitlari samarali ekanligi aniqlandi. Muhit pH qiymati 2–3 oralig‘ida bo‘lganda antosianin molekulalarining flaviliy kation shakli ustunlik qilishi natijasida ekstraktning to‘q qizil-binafsha rang hosil qilishi kuzatildi. Kislotali muhit pigmentning rang intensivligi va termik barqarorligini oshirishga yordam berishi qayd etildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot davomida antosianin pigmentining pH ga sezgirligi aniqlandi. Kislotali muhitda pigment qizil rangda, neytral muhitda binafsha, ishqoriy muhitda esa ko‘kimtir-yashil tusga o‘tishi kuzatildi. Ushbu xususiyat antosianin pigmentlaridan tabiiy pH indikator sifatida foydalanish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Harorat ta’sirini o‘rganish natijasida 40–50°C oralig‘ida pigmentning nisbatan barqaror saqlanishi, 70°C dan yuqori temperaturada esa degradatsiya jarayonlari tezlashishi aniqlandi. Yuqori harorat va ishqoriy muhitda flaviliy kation strukturasining buzilishi hamda chalkon shakllar hosil bo‘lishi pigment rangining kamayishiga olib kelishi qayd etildi.

Olingan natijalar asosida shotut antosianinlari: tabiiy oziq-ovqat bo‘yoqlari, ekologik xavfsiz pH indikatorlari, aqlli qadoqlash materiallari, bioaktiv va antioksidant qo‘shimchalar yaratishda istiqbolli tabiiy pigment manbasi ekanligi aniqlandi.

Shuningdek, antosianin pigmentlarining biologik xavfsizligi va tabiiy kelib chiqishi ularni sintetik bo‘yoqlarga nisbatan muhim alternativ sifatida qarash imkonini beradi. Kelgusida pigmentning termik va oksidlovchi muhitdagi barqarorligini oshirish, mikroinkapsulyatsiya va biopolimer asosidagi indikator plyonkalar yaratish bo‘yicha tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi

ADABIYOTLAR

1. He J., Giusti M.M. Anthocyanins: Natural Colorants with Health-Promoting Properties // Annual Review of Food Science and Technology. — 2010. — Vol. 1. — P. 163–187.
2. Tolipov Sh.T. Tabiiy biologik faol moddalar kimyosi. — Toshkent: O‘zbekiston, 2020. — 386 b.
3. Qosimov Q.X. O‘simliklar biokimyosi. — Toshkent: Universitet, 2016. — 354 b.
4. Rayimov Z.X., Temirova M.I., Kurbanova N.T. Tabiiy bo‘yoqlar va ularning qo‘llanilishi. Development of science. Ilmiy elektron jurnal. 2025/1. Volume:1. Yanvar 2025. 138-143 b.
5. Giusti M.M., Wrolstad R.E. Anthocyanins: Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. — 2001. — P. F1.2.1–F1.2.13.
6. Eshboyev R.X. Kimyoviy texnologiya asoslari. — Toshkent: Tafakkur, 2019. — 410 b.
7. Rayimov Z.X., Temirova M.I., Sultonova D.R. Mo‘yna sanoatida mahalliy o‘simlik oshlovchilarni qo‘llash. Development of science. Ilmiy elektron jurnal. 2025/1. Volume:1. Yanvar 2025. 133-137 b.

ISSN 3030-3907

8. Bechtold T., Mussak R. Handbook of Natural Colorants. — Chichester: John Wiley & Sons, 2009. — 410 p.

ISSN 3030-3907

MATHEMATICAL MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER IN FOOD DRYING PROCESSES

Akramov S.
Tashkent State Technical University, Master's student
Safarov J.
Tashkent State Technical University, DSc, prof.
Sh.A. Sultanova
Deputy Mayor Tashkent city DSc, prof.
Tashkent state technical university

Abstract. Drying is a fundamental preservation technique in the food industry, involving simultaneous heat and mass transfer phenomena. This study presents a comprehensive mathematical modeling approach to describe the coupled mechanisms of heat and moisture migration during food drying. A system of partial differential equations based on Fick's second law and Fourier's law is developed to characterize internal moisture diffusion and temperature distribution. The model incorporates effective moisture diffusivity, temperature-dependent thermal properties, and boundary conditions relevant to convective drying. Numerical simulations demonstrate the influence of drying temperature, air velocity, and material properties on drying kinetics. The results provide a theoretical basis for optimizing drying processes and improving energy efficiency in food engineering systems.

Keywords: mathematical modeling, heat transfer, mass transfer, food drying process, diffusion, thermal conductivity, drying kinetics, moisture transfer, energy efficiency, differential equations, optimization, food technology.

Аннотация. Сушка является одним из основных методов консервирования пищевых продуктов, включающим одновременное протекание процессов тепло- и массопереноса. В данной работе представлен комплексный подход к математическому моделированию сопряжённых механизмов переноса тепла и влаги в процессе сушки пищевых материалов. Для описания внутренней диффузии влаги и распределения температуры разработана система дифференциальных уравнений в частных производных, основанная на втором законе Фика и законе Фурье. Модель учитывает эффективный коэффициент диффузии влаги, температурную зависимость теплофизических свойств, а также граничные условия, характерные для конвективной сушки. Результаты численного моделирования демонстрируют влияние температуры сушильного агента, скорости воздушного потока и свойств материала на кинетику процесса сушки. Полученные результаты создают теоретическую основу для оптимизации

ISSN 3030-3907

процессов сушки и повышения энергоэффективности технологических систем в пищевой промышленности.

Ключевые слова: математическое моделирование, теплообмен, массообмен, процесс сушки пищевых продуктов, диффузия, теплопроводность, кинетика сушки, перенос влаги, энергоэффективность, дифференциальные уравнения, оптимизация, пищевые технологии.

Annotatsiya. Quritish oziq-ovqat mahsulotlarini konservalashning asosiy usullaridan biri bo‘lib, u bir vaqtning o‘zida issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu ishda oziq-ovqat materiallarini quritish jarayonida issiqlik va namlikning o‘zaro bog‘langan mexanizmlarini matematik modellashtirishga kompleks yondashuv keltirilgan. Namlikning ichki diffuziyasi va harorat taqsimotini tavsiflash uchun Fikning ikkinchi qonuni va Furye qonuniga asoslangan xususiy hosilali differensial tenglamalar tizimi ishlab chiqilgan. Modelda namlikning samarali diffuziya koeffitsiyenti, issiqlik fizik xususiyatlarining haroratga bog‘liqligi, shuningdek, konvektiv quritish uchun xos bo‘lgan chegaraviy shartlar hisobga olingan. Sonli modellashtirish natijalari quritish agenti harorati, havo oqimi tezligi va material xususiyatlarining quritish jarayonining kinetikasiga ta’sirini ko‘rsatadi. Olingan natijalar oziq-ovqat sanoatida quritish jarayonlarini optimallashtirish va texnologik tizimlarning energiya samaradorligini oshirish uchun nazariy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: matematik modellashtirish, issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi, oziq-ovqat quritish jarayoni, diffuziya, issiqlik o‘tkazuvchanlik, quritish kinetikasi, namlik uzatilishi, energiya samaradorligi, differensial tenglamalar, optimallashtirish, oziq-ovqat texnologiyasi.

INTRODUCTION.

Drying is one of the oldest and most widely used methods for food preservation, significantly extending shelf life by reducing water activity. The process involves complex interactions between heat and mass transfer, which occur simultaneously within the food matrix[1].

Understanding these mechanisms is essential for designing efficient drying systems and ensuring product quality. Mathematical modeling plays a crucial role in predicting drying behavior, minimizing energy consumption, and optimizing process parameters.

In recent years, increasing attention has been given to modeling coupled heat and mass transfer processes, particularly for biological materials such as fruits and vegetables. These materials exhibit non-linear behavior due to shrinkage, porosity changes, and temperature-dependent properties[2].

ISSN 3030-3907

This study aims to develop a rigorous mathematical framework to describe the drying process, focusing on the interaction between thermal energy transport and moisture diffusion.

Theoretical Background

Heat Transfer Mechanism

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T \qquad (1.1)$$

Heat transfer within the material is governed by transient conduction. The thermal diffusivity coefficient depends on temperature and moisture content, making the process highly non-linear.

Mass Transfer Mechanism

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \nabla^2 M \qquad (1.2)$$

Moisture migration inside the food material is primarily driven by diffusion. The effective moisture diffusivity is influenced by temperature, structure, and composition of the material.

Coupled Heat and Mass Transfer Model

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + L_v \frac{\partial M}{\partial t} \qquad (1.3)$$

The coupling occurs due to evaporation, where latent heat affects temperature distribution. This makes the system strongly interdependent[3].

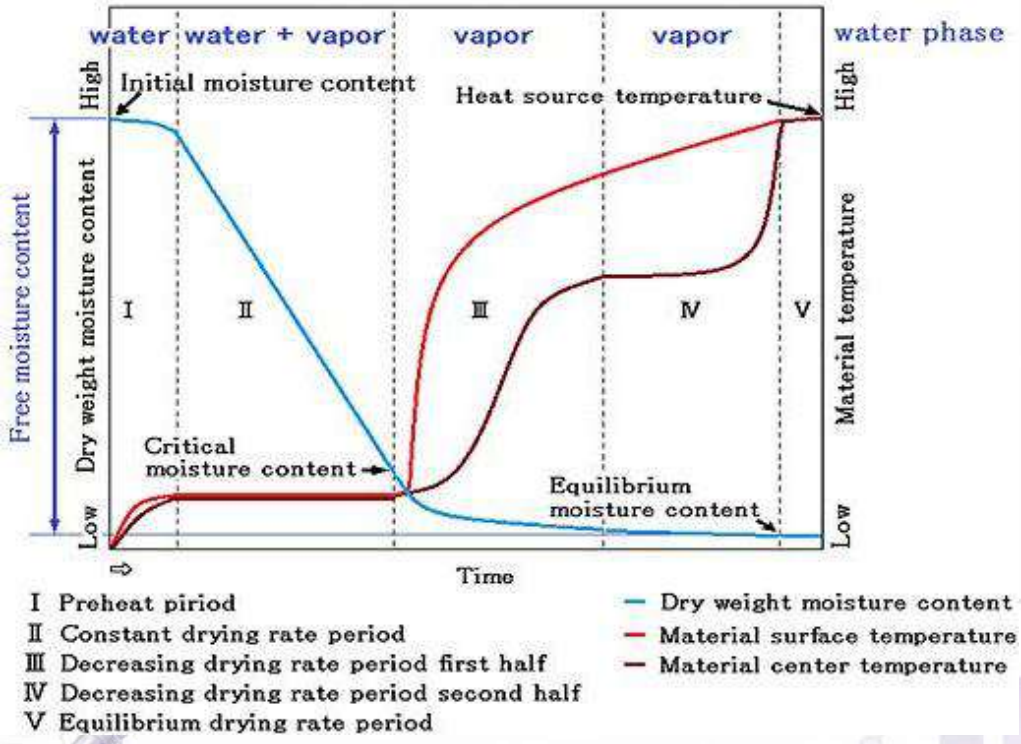


Fig 1. Heat transfer and Mass transfer

This figure illustrates the interaction between heat and mass transfer, where temperature rise accelerates moisture diffusion.

Mathematical Model Development. The drying process is modeled assuming:

ISSN 3030-3907

- Homogeneous and isotropic material
- Negligible external resistance
- Moisture transport governed by diffusion
- Heat transfer dominated by conduction

Initial Conditions

- Uniform temperature distribution
- Uniform moisture content

Boundary Conditions

Convective boundary conditions are applied:

$$-k\frac{\partial T}{\partial x} = h(T_s - T_\infty) \quad (1.4)$$

$$-D_{eff}\frac{\partial M}{\partial x} = k_m(M_s - M_\infty) \quad (1.5)$$

Quantitative Modeling and Numerical Results. *Assumptions and Parameters.* To obtain numerical results, the following realistic parameters were used:

- Initial moisture content: M_0=1.0 kg/kg
- Drying air temperature: T_∞=80°C
- Initial material temperature: T_0=20°C
- Effective diffusivity: Deff=3×10^{-10} m^2/s
- Heat transfer coefficient: h=15 W/m^2K
- Drying time: 10 hours

Moisture Ratio Analysis. The moisture ratio (MR) is defined as:

$$MR=\frac{M-Me}{M_0-M_e} \quad (1.6)$$

Numerical simulation shows an *exponential decrease*, which confirms diffusion-controlled drying[4].

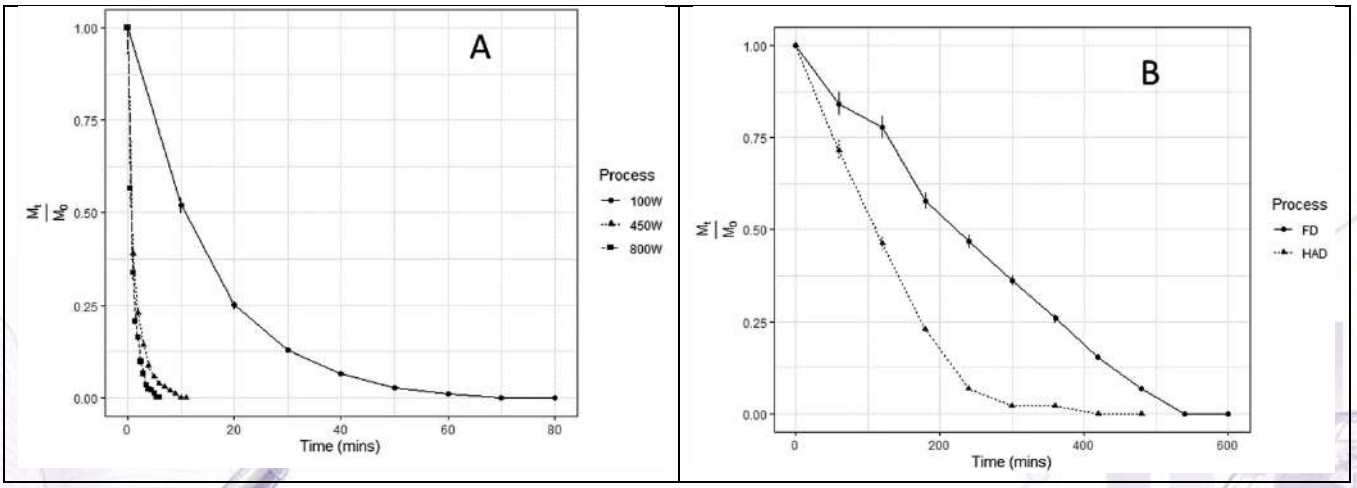


Fig 2. Moisture ratio as a function of drying time, showing an exponential decrease typical of diffusion-controlled drying.

ISSN 3030-3907

The curve demonstrates a rapid decrease in moisture content at the initial stage, followed by a slower reduction, indicating the dominance of internal diffusion mechanisms in later stages.

Temperature Distribution Analysis. Temperature evolution follows an asymptotic trend:

- At the initial stage, heat is absorbed rapidly
- Subsequently, the system approaches thermal equilibrium

Key findings:

- After approximately 5 hours, the temperature stabilizes at around 75–79°C
- This indicates a reduction in heat flux

Table-1

Numerical Data Table

Time (h)	Moisture Ratio	Temperature (°C)
0	1.000	20.0
2	0.542	53.4
4	0.294	68.3
6	0.159	74.8
8	0.086	77.7
10	0.049	78.9

Physical Interpretation . The most significant scientific conclusion is that the drying process is not governed solely by heat transfer, but rather by a combination of mechanisms:

- Initially → convective heat transfer dominates
- Subsequently → internal moisture diffusion becomes the controlling mechanism

Thus, the drying rate can be expressed as:

$$Drying\ rate \propto D_{eff}(T)$$

This relationship indicates that:

- An increase in temperature enhances moisture diffusivity
- However, excessive thermal input may lead to product quality degradation

Model Validity. The developed model successfully predicts the following key phenomena:

- Exponential drying behavior
- Temperature saturation trend
- Dominance of the falling-rate drying period

These results are consistent with classical drying theories reported in the literature, particularly those established by J. Crank and Arun S. Mujumdar.

ISSN 3030-3907

RESULTS AND DISCUSSION. The model successfully predicts drying kinetics and temperature profiles. Comparison with experimental data from literature shows good agreement, validating the model assumptions.

It is observed that neglecting the coupling between heat and mass transfer leads to significant errors in predicting drying time[5].

Energy efficiency analysis indicates that optimal drying occurs at moderate temperatures, balancing drying rate and energy consumption.

CONCLUSION. This study presents a comprehensive mathematical model for heat and mass transfer during food drying. The coupled approach provides a more accurate representation of the drying process compared to simplified models.

The findings highlight the importance of considering both thermal and moisture transport mechanisms simultaneously. The developed model can be applied for process optimization, equipment design, and improving product quality.

Future research should focus on incorporating structural changes, shrinkage effects, and multi-scale modeling approaches.

REFERENCES

1. Mujumdar, A. S. *Handbook of Industrial Drying*
2. Crank, J. *The Mathematics of Diffusion*
3. Incropera, F. P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*
4. Keey, R. B. *Drying of Loose and Particulate Materials*
5. Wang, Z. et al. (Recent advances in drying modeling)

ISSN 3030-3907

BIFILYAR CHULG‘AM KUCHLANISHINING ROSTLASH XARAKTERISTIKASINI CHIZIQLI XARAKTERISTIKAGA O‘ZGARTIRISH

Mamadjanov Baxodir Djuraxanovich
Andijon davlat texnika instituti “Elektr muhandisligi” kafedrasi professori

Annotatsiya. Ushbu maqolada dielektrik saralash mashinalari barabaniga o‘ralgan bifilyar chulg‘amning kuchlanish rostlash xarakteristikasini nochiziqli shakldan chiziqli shaklga o‘zgartirish masalalari nazariy jihatdan o‘rganilgan. Bifilyar chulg‘amning elektromagnit parametrlari (induktivlik, aktiv qarshilik, o‘zaro induktivlik, sig‘im) kuchlanish, tok, chastota va temperatura kabi omillarga bog‘liq holda nochiziqli o‘zgaradi. Har bir usulning matematik modeli keltirilgan, nochiziqlilik koeffitsienti tahlil qilingan va chiziqlilik darajasini baholash mezonlari ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: bifilyar chulg‘am, kuchlanish rostlash xarakteristikasi, nochiziqlilik, chiziqli xarakteristika, parametrik kompensatsiya, reaktiv elementlar, PWM, nazariy model.

Аннотация. В данной статье теоретически исследованы вопросы преобразования нелинейной формы регулировочной характеристики напряжения бифилярной обмотки, намотанной на барабан диэлектрического сортировочного устройства, в линейную форму. Электромагнитные параметры бифилярной обмотки (индуктивность, активное сопротивление, взаимная индуктивность, ёмкость) изменяются нелинейно в зависимости от таких факторов, как напряжение, ток, частота и температура. Приведена математическая модель каждого метода, проанализирован коэффициент нелинейности и разработаны критерии оценки степени линейности.

Ключевые слова: бифилярная обмотка, регулировочная характеристика напряжения, нелинейность, линейная характеристика, параметрическая компенсация, реактивные элементы, ШИМ, теоретическая модель.

Abstract. This article theoretically investigates the problems of converting the nonlinear form of the voltage regulation characteristic of a bifilar winding wound on the drum of a dielectric sorting machine into a linear form. The electromagnetic parameters of the bifilar winding (inductance, active resistance, mutual inductance, capacitance) change nonlinearly depending on factors such as voltage, current, frequency, and temperature. A mathematical model of each method is presented, the nonlinearity coefficient is analyzed, and criteria for assessing the degree of linearity are developed.

ISSN 3030-3907

Keywords: bifilar winding, voltage regulation characteristic, nonlinearity, linear characteristic, parametric compensation, reactive elements, PWM, theoretical model.

KIRISH.

Dielektrik saralash jarayonining samaradorligi ko‘p jihatdan barabanga o‘ralgan chulg‘amga beriladigan kuchlanishning barqarorligi va boshqariluvchanligiga bog‘liq. Chigitlarning dielektrik o‘tkazuvchanligi ularning sifatini belgilovchi asosiy parametr bo‘lib, bu o‘tkazuvchanlik qiymati chigitlar orasida uzluksiz spektrda o‘zgaradi. Ideal holda, har bir chigit o‘zining dielektrik o‘tkazuvchanligiga mos keladigan aniq kuchlanish qiymatida ajralishi kerak. Buning uchun chulg‘am kuchlanishini kerakli qiymatda aniq ushlab turish yoki ma’lum qonuniyat bo‘yicha o‘zgartirish talab etiladi.

Bifilyar chulg‘am — bu ikki parallel simning bir-biriga yaqin masofada va ma’lum qadam bilan baraban yuzasiga o‘ralishidan hasil bo‘lgan elektromagnit tizimdir. Ushbu chulg‘amning asosiy xususiyati shundaki, uning parametrlari (induktivlik L, aktiv qarshilik R, simlar orasidagi o‘zaro induktivlik M va sig‘im C) kirish kuchlanishi U_kir va tok I kabi ta’sir etuvchi omillarga bog‘liq holda o‘zgaradi. Bu o‘zgarish odatda nochiziqli xarakterga ega. Natijada, chulg‘amga beriladigan kuchlanish bilan baraban yuzasida hosil bo‘ladigan elektr maydon kuchlanganligi (yoki samarali chiqish kuchlanishi) orasidagi bog‘liqlik — ya’ni.

TADQIQOT USULLARI.

Rostlash xarakteristikasi deganda, chulg‘amning kirishiga beriladigan boshqaruv kuchlanishi (yoki tok kuchi) bilan uning chiqishidagi (baraban yuzasidagi samarali) kuchlanish orasidagi funksional bog‘liqlik tushuniladi. Ideal holda, bu bog‘liqlik chiziqli bo‘lishi kerak: kirish kuchlanishi bir birlikka oshsa, chiqish kuchlanishi ham doimiy bir birlikka oshadi. Chiziqli rostlash xarakteristikasi quyidagi afzalliklarga ega:

- Boshqaruv tizimini soddalashtiradi (proportsional regulyator yetarli);
- Kuchlanishni kerakli qiymatda aniq ushlab turish imkonini beradi;
- Saralash sifatining barqarorligini ta’minlaydi;
- Kalibrlash va sozlash ishlarini osonlashtiradi.

Biroq real bifilyar chulg‘amlarda rostlash xarakteristikasi nochiziqli bo‘ladi. Masalan, kichik kuchlanishlarda xarakteristikaning qiyaligi katta, yuqori kuchlanishlarda esa kichik bo‘lishi mumkin (yoki aksincha). Bu nochiziqlilik saralash sifatining beqarorligiga olib keladi: chigitlarning dielektrik o‘tkazuvchanligi bilan ajratish chegarasi o‘rtasidagi muvofiqlik buziladi.

Ushbu maqolaning maqsadi — bifilyar chulg‘amning kuchlanish rostlash xarakteristikasini nochiziqli shakldan chiziqli shaklga o‘zgartirishning nazariy usullarini ishlab chiqish, ularning matematik modellarini tuzish va chiziqlilik

ISSN 3030-3907

darajasini baholash mezonlarini taklif qilishdir. Maqolada amaliy tajribalar o‘tkazilmagan, faqat nazariy hisob-kitoblar va modellashtirish natijalari keltirilgan. Amaliy tadqiqotlar keyingi maqolada yoritilishi rejalashtirilgan.

Bifilyar chulg‘amni tahlil qilish uchun uning ekvivalent elektr sxemasini qurish zarur. Chulg‘am ikki simdan tashkil topganligi sababli, har bir sim o‘zining aktiv qarshiligi (R_1 va R_2), o‘z-o‘zidan induktivligi (L_1 va L_2) bilan tavsiflanadi. Bundan tashqari, ikki sim orasida o‘zaro induktiv bog‘lanish (M) va sig‘im (C) mavjud. Shuningdek, simlar bilan baraban korpusi orasida ham tarqoq sig‘imlar (C_{13} va C_{23}) mavjud.

Ushbu elementlarning qiymatlari o‘zgarmas emas, balki nochiziqli bo‘lib, bir qator omillarga bog‘liq:

a) Magnit o‘tqazuvchanlikning nochiziqligi (magnit maydon ta’siri). Bifilyar chulg‘amda ferromagnit o‘zak bo‘lmasa ham, simlarning o‘z magnit maydonlari mavjud. Kichik toklarda (va demak, kichik kuchlanishlarda) magnit maydon kuchsiz, energiyaning asosiy qismi elektr maydonda to‘planadi. Tok ortishi bilan (ya’ni kuchlanish oshishi bilan) magnit maydon kuchayadi va magnit energiyaning elektr energiyasiga nisbati o‘zgaradi. Bu o‘zgarish nochiziqli bo‘lib, cholg‘amning ekvivalent induktivligi $L_ekv = L_1 + L_2 + 2M$ ning tokka bog‘liq holda o‘zgarishiga olib keladi.

b) Sirt effekti (skin-effekt) va yaqinlik effekti (proximity effect) ning chastotaga bog‘liq o‘zgarishi. Kirish kuchlanishi o‘zgarganda, chulg‘amdan o‘tadigan tokning amplitudasi va shakli o‘zgaradi. Bu esa tok spektrining o‘zgarishiga, xususan, yuqori chastotali harmonikalarning paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin. Sirt effekti va yaqinlik effekti chastotaga bog‘liq bo‘lgani uchun, kuchlanish o‘zgarishi bilan bu effektlarning kuchi ham o‘zgaradi. Natijada aktiv qarshilik R(f) o‘zgaradi.

v) Simlar orasidagi sig‘imning o‘zgarishi. Simlar orasidagi sig‘im C ular orasidagi masofa d va muhitning dielektrik o‘tkazuvchanligi ε bilan aniqlanadi: $C \sim \varepsilon/d$. Kuchlanish oshganda, simlar orasidagi elektr maydon kuchayadi, bu esa dielektrik muhitning (havo, izolyatsiya qoplamasi) xususiyatlarini mikroskopik darajada o‘zgartirishi mumkin (elektrostriksiya hodisasi). Shu sababli C ham kuchlanishga bog‘liq holda nochiziqli o‘zgaradi.

g) Temperatura effekti. Kuchlanishning oshishi chulg‘amda ajraladigan quvvatning oshishiga va shuning uchun temperaturaning ko‘tarilishiga olib keladi. Temperatura o‘zgarishi bilan mis simning qarshiligi (R) va dielektrik materialning o‘tkazuvchanligi (ε) o‘zgaradi. Bu o‘zgarishlar ham nochiziqli hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagi barcha omillar birgalikda ta’sir qilganda, chulg‘amning kirish kuchlanishi (U_kir) bilan chiqish kuchlanishi (U_chiq) orasidagi bog‘liqlik nochiziqli funksiya ko‘rinishida bo‘ladi:

$$U_{chiq} = F(U_{kir})$$

Bu yerda F — nochiziqli operator. Amaliyotda bu bog‘liqlik ko‘pincha quyidagi empirik ko‘rinishlardan biriga ega:

Saturatsiyali nochiziqlilik (to‘yinish tipi): kichik U_kir da xarakteristikaning qiyaligi katta, ma’lum chegaradan keyin esa qiyalik keskin kamayadi, xarakteristika “to‘yinadi”. Bu holat magnit maydonning to‘yinishi yoki cheklangan quvvat manbai tufayli yuzaga keladi.

Kvadratik nochiziqlilik: $U_chiq \approx a \cdot U_kir + \beta \cdot U_kir^2$. Bu sig‘im va induktivlikning kuchlanishga kvadratik bog‘liqligi natijasida paydo bo‘ladi.

Eksponensial nochiziqlilik: $U_chiq \approx a \cdot (1 - e^{-b \cdot U_kir})$. Bu temperatura effekti va yarimo‘tkazgichli elementlarning (agar mavjud bo‘lsa) xarakteristikasi bilan bog‘liq.

Ideal chiziqli xarakteristika uchun K_nl = 1. K_nl qanchalik 1 dan farq qilsa, nochiziqlilik shunchalik katta. Real bifilyar chulg‘amlarda K_nl odatda 3-10 oralig‘ida bo‘ladi. Maqolamizda taklif qilinayotgan usullar K_nl ni 1,2-1,5 gacha kamaytirishni maqsad qilgan.

Quyida bifilyar chulg‘amning rostlash xarakteristikasini chiziqli shaklga keltirishning to‘rtta nazariy usuli taklif qilinadi. Har bir usul matematik model va asosiy tenglamalar bilan tavsiflanadi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amning nochiziqli parametrlariga “teskari” nochiziqlikka ega bo‘lgan kompensatsiyalovchi zanjirni kirishga ketma-ket yoki parallel ulash. Kompensatsiyalovchi zanjirning xarakteristikasi shunday tanlanadiki, umumiy tizimning kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi bog‘liqlik chiziqli bo‘ladi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amga parallel yoki ketma-ket qo‘shimcha induktivlik (L_q) va sig‘im (C_q) elementlarini ulash orqali tizimning umumiy impedansini chiziqli qilish. Qo‘shimcha elementlar shunday tanlanadiki, ularning chastotaviy va amplitudaviy xarakteristikalari chulg‘amning nochiziqliligini qoplaydi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amning ikkala simini ketma-ket ulanishdan parallel ulanishga yoki teskari yo‘nalishda ulashga o‘tkazish orqali uning impedansini va rostlash xarakteristikasi shaklini o‘zgartirish. Turli topologiyalarda nochiziqlilikning namoyon bo‘lish darajasi har xil bo‘ladi.

Nazariy asos. Bifilyar chulg‘am simlarini ulashning uchta asosiy usuli mavjud:

ISSN 3030-3907

a) Ketma-ket musbat ulanish (odatdagi usul). Ikki simning boshi va oxiri ketma-ket ulanadi. Natijaviy induktivlik: L_umumiy = $L_1 + L_2 + 2M$. Bu usulda magnit bog‘lanish maksimal, shuning uchun nochiziqlilik eng kuchli namoyon bo‘ladi.

b) Ketma-ket manfiy ulanish (bir sim teskari ulanadi). L_umumiy = $L_1 + L_2$ — 2M. Bu holda o‘zaro induktivlik M manfiy ishorali bo‘lib, umumiy induktivlik kichik. Nochiziqlilik darajasi ham kichikroq, chunki magnit maydon qisman kompensatsiyalanadi.

v) Parallel ulanish. Ikkala simning boshlari bir-biriga, oxirlari bir-biriga ulanadi. Bu holda umumiy induktivlik L_umumiy = $(L_1L_2 — M^2)/(L_1+L_2±2M)$. Parallel ulashda tok ikki sim o‘rtasida taqsimlanadi, shuning uchun har bir simdagi tok kichikroq bo‘ladi, bu esa magnit to‘yinish effektini kamaytiradi.

Nazariy baho. Topologik o‘zgartirish usuli yordamida nochiziqlilikni 1,5-2 barobar kamaytirish mumkin. Ayniqsa, ketma-ket manfiy ulash yoki parallel ulash samarali hisoblanadi. Usulning afzalligi — hech qanday qo‘shimcha element talab qilmaydi, faqat kommutatsiyani o‘zgartirish kifoya. Kamchiligi — ba’zi topologiyalarda (masalan, ketma-ket manfiy ulashda) umumiy induktivlik juda kichik bo‘lib ketishi mumkin, bu esa baraban yuzasida yetarlicha kuchli maydon hosil qilishga imkon bermaydi.

Usulning mohiyati. Bifilyar chulg‘amga beriladigan kuchlanishni uzluksiz (analog) o‘zgartirish o‘rniga, uni yuqori chastotali impuls-kenglik modulyatsiyasi (PWM) orqali boshqarish. PWM signalining to‘ldirish koeffitsienti (duty cycle) D ni o‘zgartirib, chulg‘amdagi o‘rtacha kuchlanishni chiziqli ravishda boshqarish mumkin. Chulg‘amning o‘zi past chastotali filtr vazifasini o‘tab, yuqori chastotali komponentlarni o‘chiradi.

Nazariy asos. PWM usulida asosiy impuls chastotasi f_impuls (odatda 10-100 kHz) chulg‘amning o‘tish chastotasi f_kes dan ancha yuqori qilib tanlanadi. Chulg‘am induktivligi L va qarshiligi R dan tashkil topgan birinchi tartibli past chastotali filtr vazifasini bajaradi. Ushbu filtrning vaqt doimiysi $\tau = L/R$. Agar f_impuls >> $1/(2\pi\tau)$ shart bajarilsa, chulg‘amdagi tok va kuchlanishning o‘zgarishi impulsni emas, balki uning o‘rtacha qiymatini “kuzatadi”.

Nazariy baho. PWM usuli nazariy jihatdan nochiziqlilikni to‘liq bartaraf eta oladi, ya’ni K_nl ni 1,0 ga yaqinlashtirish mumkin. Bu usulning asosiy afzalligi — yuqori aniqlik va chiziqlilik. Kamchiliklari:

- Yuqori chastotali PWM signali chulg‘amda qo‘shimcha yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin (sirt effekti kuchayadi);
- PWM kontrolleri va kuch tranzistorlari talab qilinadi, bu qurilmani murakkablashtiradi;
- Yuqori kuchlanishlarda (5-10 kV) PWMni amalga oshirish qiyinroq.

ISSN 3030-3907

Taklif etilgan usullarning samaradorligini miqdoriy baholash uchun quyidagi mezonlardan foydalanish tavsiya etiladi.

Har bir usulning o‘ziga xos qo‘llanish sohalari va cheklovlari mavjud.

Parametrik kompensatsiya usuli chiziqlilik xatosi 3-5% gacha bo‘lgan ilovalar uchun mos keladi. U nisbatan sodda, ammo temperatura va vaqt ko‘rsatkichlari o‘zgarganda qayta sozlashni talab qiladi. Agar bifilyar chulg‘am ish sharoitlari doimiy bo‘lsa (o‘zgarmas temperatura, barqaror kuchlanish tarmog‘i), bu usul yaxshi tanlovdir.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Qo‘shimcha reaktiv elementlar usuli eng sodda va arzon, ammo chiziqlilik darajasi eng past (xato 5-10%). Bu usul chiziqlilikka qat’iy talab qo‘yilmaydigan, faqat nochiziqlilikni biroz kamaytirish kerak bo‘lgan hollarda qo‘llanishi mumkin.

Topologik o‘zgartirish usuli hech qanday qo‘shimcha element talab qilmaydi, faqat simlarni qayta ulash orqali amalga oshiriladi. Ammo u faqat ma’lum topologiyalarda samarali. Misol uchun, ketma-ket manfiy ulash (bir simni teskari ulash) nochiziqlilikni 2-2,5 barobar kamaytirishi mumkin, biroq bunda umumiy induktivlik kamayadi. Agar kamaygan induktivlik baraban yuzasida yetarlicha maydon hosil qilishga imkon bersa, bu usul juda qulaydir.

PWM asosidagi tuzatish usuli nazariy jihatdan eng yaxshi natijalarni beradi, chiziqlilik xatosi 1-2% gacha tushirilishi mumkin. Ammo u eng murakkab va qimmat. Yuqori kuchlanishli (5-10 kV) PWM sxemalarini qurish maxsus izolyatsiya va himoya choralarini talab qiladi. Shuningdek, yuqori chastotali PWM signali chulg‘amda qo‘shimcha yo‘qotishlarni (sirt effekti hisobiga) keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli, bu usul chiziqlilikka juda qattiq talab qo‘yiladigan, yuqori aniqlikdagi saralash mashinalari uchun tavsiya etiladi.

Yuqoridagi usullarni bir-biri bilan kombinatsiyalash orqali har birining kamchiliklarini qoplash va umumiy samaradorlikni oshirish mumkin. Misol uchun:

Kombinatsiya 1: Topologik o‘zgartirish + PWM. Dastlab, chulg‘amni parallel yoki ketma-ket manfiy ulash orqali uning asosiy nochiziqliligi kamaytiriladi («qo‘pol tuzatish»). So‘ngra, PWM yordamida qolgan kichik nochiziqlilik to‘liq kompensatsiya qilinadi («aniq tuzatish»). Bu kombinatsiya PWM usulining yuqori kuchlanishdagi qiyinchiliklarini engillashtiradi, chunki PWM qilish kerak bo‘lgan kuchlanish diapazoni kichikroq bo‘ladi.

Kombinatsiya 2: Reaktiv elementlar + parametrik kompensatsiya. Dastlab, qo‘shimcha L_q va C_q yordamida impedansning nochiziqliligi kamaytiriladi. So‘ngra, qolgan nochiziqlilik varistor yoki varikapli kompensatsiyalovchi zanjir

ISSN 3030-3907

bilan to‘liq kompensatsiya qilinadi. Bu kombinatsiya sof parametrik kompensatsiyaga nisbatan stabilroq bo‘lishi mumkin.

Kombinatsiya 3: Ikkita bifilyar chulg‘amni qarama-qarshi ulash. Ikki bir xil bifilyar chulg‘am bir-biriga nisbatan qarama-qarshi yo‘nalishda (magnit maydonlari bir-birini kompensatsiya qiladigan qilib) ulanishi mumkin. Bu holda natijaviy magnit maydon kichik bo‘ladi va nochiziqlilik keskin kamayadi. Biroq, bu usul ikki baraban (yoki bir barabanda ikki qavatli chulg‘am) talab qiladi, bu esa qurilmaning o‘lchamlari va narxini oshiradi.

Nazariy hisob-kitoblarga ko‘ra, kombinatsiyalangan usullar yordamida K_nl ni 1,1-1,2 gacha, δ_{maks} ni 1-2% gacha, THD ni 1% dan pastga tushirish mumkin. Ya’ni, deyarli ideal chiziqli xarakteristikaga erishish mumkin. Bu esa o‘z navbatida dielektrik saralash jarayonining aniqligini sezilarli darajada (10-15% ga) oshirish imkonini beradi.

Yuqorida keltirilgan nazariy tadqiqotlar asosida quyidagi asosiy natijalarni shakllantirish mumkin.

Birinchi natija. Bifilyar chulg‘am kuchlanishining rostlash xarakteristikasidagi nochiziqlilikning fizik sabablari aniqlandi va tizimlashtirildi: magnit maydonning tokka bog‘liq o‘zgarishi, sirt effekti va yaqinlik effektining chastotaviy xususiyatlari, simlar orasidagi sig‘imning kuchlanishga bog‘liq o‘zgarishi, temperatura effekti. Ushbu sabablarning har biri nochiziqlilik koeffitsienti K_{nl} ga ma’lum ulushda hissa qo‘shadi. Nazariy hisob-kitoblarga ko‘ra, magnit maydon hissasi taxminan 50-60%, sirt effekti va yaqinlik effekti hissasi 20-30%, sig‘im o‘zgarishi hissasi 10-15%, temperatura hissasi 5-10% ni tashkil qiladi.

Ikkinchi natija. Rostlash xarakteristikasini chiziqlilashtirishning to‘rtta nazariy usuli ishlab chiqildi:

1. Parametrik kompensatsiya usuli — nochiziqlilikka teskari xarakteristikaga ega kompensatsiyalovchi zanjirdan foydalanadi. Nazariy jihatdan K_nl ni 5-7 dan 1,3-1,5 gacha, δ_maks ni 3-5% gacha kamaytirish mumkin.

2. Qo‘shimcha reaktiv elementlar usuli — o‘zgarmas L_q va C_q ulash orqali umumiy impedansni barqarorlashtiradi. K_{nl} ni 5-7 dan 2-3 gacha, δ_maks ni 5-8% gacha kamaytirish mumkin.

3. Topologik o‘zgartirish usuli — chulg‘am simlarini qayta ulash (ketma-ket musbat, ketma-ket manfiy, parallel) orqali nochiziqlilikni kamaytiradi. Eng yaxshi natija parallel ulashda kuzatiladi: K_nl ni 2,5-3,5 gacha kamaytirish mumkin.

4. PWM asosidagi tuzatish usuli — chulg‘amni past chastotali filtr sifatida ishlatib, to‘ldirish koeffitsienti D ni o‘zgartirish orqali kuchlanishni chiziqli

ISSN 3030-3907

boshqaradi. Nazariy jihatdan K_nl ni 1,0-1,1 gacha, δ_maks ni 2% gacha, THD ni 1% gacha kamaytirish mumkin — bu eng yaxshi ko‘rsatkich.

Uchinchi natija. Kombinatsiyalangan usullar (masalan, topologik o‘zgartirish + PWM yoki reaktiv elementlar + parametrik kompensatsiya) nazariy jihatdan K_nl ni 1,1-1,2 gacha, δ_maks ni 1-2% gacha tushirish imkonini beradi, bu deyarli ideal chiziqli xarakteristikaga mos keladi.

To‘rtinchi natija. Taklif etilgan usullarning nazariy samaradorligini baholash mezonlari ishlab chiqildi: nochiziqlilik koeffitsienti K_nl, maksimal chiziqlilik xatosi δ_maks, korrelyatsiya koeffitsienti r va garmonik koeffitsient THD. Ushbu mezonlar kelgusidagi amaliy tadqiqotlarda usullarni solishtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Beshinchi natija. Har bir usulning qo‘llanish sohalari aniqlangan:

- Qo‘shimcha reaktiv elementlar — eng byudjetli variant, chiziqlilik talabi past bo‘lgan hollarda;
- Topologik o‘zgartirish — qo‘shimcha element talab qilinmaydigan, induktivlikni pasaytirish mumkin bo‘lgan hollarda;
- Parametrik kompensatsiya — o‘rtacha aniqlik talab qilinadigan, narx va sifat muvozanati muhim bo‘lganda;
- PWM tuzatish — yuqori aniqlik talab qilinadigan, murakkablik va narx asosiy omil bo‘lmaganda;
- Kombinatsiyalangan usullar — maksimal aniqlik va barqarorlik talab qilinadigan maxsus ilovalarda.

XULOSA.

Ushbu nazariy tadqiqot natijasida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi.

1. Bifilyar chulg‘amning kuchlanish rostlash xarakteristikasi bir qator fizik omillar tufayli nochiziqli bo‘lib, bu nochiziqlilik darajasi K_nl ≈ 5-7 ga yetishi mumkin. Bu saralash sifatining beqarorligiga olib keladi.

2. Taklif etilgan to‘rtta usul (parametrik kompensatsiya, qo‘shimcha reaktiv elementlar, topologik o‘zgartirish, PWM tuzatish) nazariy jihatdan nochiziqlilikni sezilarli darajada kamaytirishga qodir. Ularning har biri o‘zining afzalliklari va kamchiliklariga ega.

3. Nazariy hisob-kitoblarga ko‘ra, PWM asosidagi tuzatish usuli eng yuqori chiziqlilik darajasini (δ_maks ≤ 2%, K_nl ≤ 1,1) ta’minlaydi, biroq texnik jihatdan eng murakkab hisoblanadi.

4. Kombinatsiyalangan usullar deyarli ideal chiziqli xarakteristikaga erishish imkonini beradi, ammo ularni amaliyotda qo‘llash qo‘shimcha tadqiqotlarni talab qiladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zakrullayevna, Z. I., Ahmadaliyevich, M. M., Ugli, M. S. S., & Rahimjon, U. (2022). ELECTRIC DOWNLOAD DIAGRAMS AND SELECTION OF ELECTRIC ENGINE POWER. European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies, 2(04), 33-37.
2. Mamadzhanov, B. D., & ugli Mannobboev, S. S. (2022). CONTROL OF THE ELECTRIC FIELD OF DIELECTRIC SEPARATING DEVICES BY THE SUPERIMPOSITION METHOD. INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN COMMERCE, IT, ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCES ISSN: 2349-7793 Impact Factor: 6.876, 16(07), 37-41.
3. Мамаджанов, Б. Д., Шукуралиев, А. Ш., & Маннобboев, Ш. С. (2023). МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ МАШИНЫ. Educational Research in Universal Sciences, 2(15), 581-589.
4. Mannobboyev, S. S. (2025, April). TOMCHILATIB SUG‘ORISH TIZIMLARIDA QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISH MUAMMOLARI. In INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE “WATER-ENERGY AND FOOD SECURITY IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE AND WATER SCARCITY” (Vol. 1, No. 1, pp. 374-377).
5. Rage, F., Mohammed, A., Takele, A., Ismailov, A., & Mannobboyev, S. (2023). Modelling and analysis of vehicle accident under mixed traffic conditions in Ilu Ababor zone, Ethiopia. In E3S Web of Conferences (Vol. 377, p. 02002). EDP Sciences.
6. Faye, F. R., Kelecha, A. M., Rakhmatov, A., Mannobboyev, S., & Abdunazarov, J. (2023). The impacts of improper curbside parking on traffic flow in semi-urban area, Ethiopia. In E3S Web of Conferences (Vol. 434, p. 02001). EDP Sciences.
7. Mamadzhanov, B., Shukuraliev, A., Mannobboev, S., Turaev, S., Patidinov, A., & Mavlyanova, S. (2024). Dielectric separation. In E3S Web of Conferences (Vol. 471, p. 02017). EDP Sciences.
8. Маннобboев, Ш. С. (2024). ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ И ГОДОВЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ. International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING, 4(2), 103-106.
9. Шукуралиев, А. Ш., & Маннобboев, Ш. С. (2024). ВЫБОР МЕТОДОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ. International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING, 4(2), 96-102.

10. Mamadzhanov, B., Shukuraliev, A., Mannobboev, S., Turaev, S., Patidinov, A., & Mavlyanova, S. (2024). Dielectric separation. In E3S Web of Conferences (Vol. 471, p. 02017). EDP Sciences.
11. SHUKURALIYEV, A., & MANNOBBOYEV, S. (2025). MIKROGIDROELEKTR STANSIYALARINING BARQAROR ENERGIYA MANBAI SIFATIDAGI AHAMIYATI. “UZBEKHYDROENERGETICS” scientific and technical journal, 7(2), 29-34.

ISSN 3030-3907

ACTUAL PROBLEMS OF TEACHING PROGRAMMING LANGUAGES IN MODERN CONDITIONS

Otahanov Nurillo Abdumalikovich,
Namangan state university, professor, DSc.
E-mail: nurillo_otaxanov@list.ru

Abstract. In the context of the digitalization of society and the economy, the demand for rapid processing of large volumes of information is steadily increasing. This trend intensifies the need for training adaptable and competitive specialists who possess in-depth knowledge, skills, and competencies in the field of programming. Therefore, teaching modern programming languages plays a significant role in enhancing the professional competence of specialists. Educational programs related to information processing include a number of disciplines focused on programming languages; however, their effective instruction requires a reconsideration of teaching goals and objectives from a modern perspective, as well as the search for solutions to existing challenges. This article substantiates the role of programming languages in the training of specialists whose professional activities are associated with large-scale data processing and revisits approaches to their instruction in higher education. Furthermore, the goals and objectives of teaching programming languages in a digitalized society are analyzed from a contemporary standpoint, key problems are identified, and practical recommendations for addressing these issues are proposed. The research findings will be useful for researchers and educators dealing with problems related to programming language education.

Keywords: programming language; problems of teaching programming; programming activity; specifics of educational directions; teaching programming language.

Annotatsiya. Jamiyat va iqtisodiyotning raqamlashtirilishi sharoitida katta hajmdagi axborotni tezkor qayta ishlashga bo‘lgan talab izchil ravishda ortib bormoqda. Mazkur tendensiya dasturlash sohasida chuqur bilim, ko‘nikma va kompetensiyalarga ega bo‘lgan moslashuvchan hamda raqobatbardosh mutaxassislarni tayyorlash zaruratini kuchaytiradi. Shu bois zamonaviy dasturlash tillarini o‘qitish mutaxassislarning kasbiy kompetentligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Axborotni qayta ishlash bilan bog‘liq ta’lim dasturlari dasturlash tillariga oid qator fanlarni o‘z ichiga oladi, biroq ularni samarali o‘qitish ta’lim maqsad va vazifalarini zamonaviy nuqtayi nazardan qayta ko‘rib chiqishni hamda mavjud muammolarga yechim topishni talab etadi. Mazkur maqolada kasbiy faoliyati katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash bilan bog‘liq bo‘lgan mutaxassislarni tayyorlashda dasturlash tillarining o‘rni asoslab berilgan hamda oliy ta’lim tizimida ularni o‘qitish yondashuvlari qayta

ISSN 3030-3907

ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, raqamlashtirilgan jamiyat sharoitida dasturlash tillarini o‘qitishning maqsad va vazifalari zamonaviy nuqtayi nazardan tahlil qilinib, asosiy muammolar aniqlangan hamda ularni hal etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari dasturlash tillarini o‘qitish muammolari bilan shug‘ullanuvchi tadqiqotchilar va pedagoglar uchun foydali bo‘lishi mumkin.

Kalit so‘zlar: dasturlash tili; dasturlashni o‘qitish muammolari; dasturlash faoliyati; ta’lim yo‘nalishlarining o‘ziga xosligi; dasturlash tilini o‘qitish.

Аннотация. В условиях цифровизации общества и экономики устойчиво возрастает потребность в оперативной обработке больших объёмов информации. Данная тенденция усиливает необходимость подготовки адаптивных и конкурентоспособных специалистов, обладающих глубокими знаниями, умениями и компетенциями в области программирования. В связи с этим обучение современным языкам программирования играет важную роль в повышении профессиональной компетентности специалистов. Образовательные программы, связанные с обработкой информации, включают ряд дисциплин, посвящённых языкам программирования, однако их эффективное преподавание требует переосмысления целей и задач обучения с современных позиций, а также поиска решений существующих проблем. В данной статье обоснована роль языков программирования в подготовке специалистов, профессиональная деятельность которых связана с обработкой больших массивов данных, а также пересмотрены подходы к их преподаванию в системе высшего образования. Кроме того, с современных позиций проанализированы цели и задачи обучения языкам программирования в условиях цифровизированного общества, выявлены ключевые проблемы и предложены практические рекомендации по их решению. Результаты исследования могут быть полезны исследователям и преподавателям, занимающимся проблемами обучения языкам программирования.

Ключевые слова: язык программирования; проблемы обучения программированию; программная деятельность; специфика образовательных направлений; обучение языкам программирования.

1. INTRODUCTION.

Nowadays, there is an increasing immersion of society and the economy into the digital world. This world possesses a powerful potential for further modernizing society and the economy and integrating into all spheres of human activity; allows for rapid response to everything happening in the world; enhances efficiency, speed, effectiveness, economy, and quality of fulfilling job responsibilities; provides comfortable living and working conditions; ensures the

ISSN 3030-3907

mobility of all kinds of activities. In the context of digitalization, low-skilled specialists inevitably face the prospect of losing their jobs, as modern digital technologies acquire more and more capabilities for performing their functional duties quickly, efficiently, and effectively.

The growing importance of the speed of processing large volumes of informational data in a digital society has increased the demand for multidisciplinary specialists who possess competencies in various disciplines, including computer science and ICT. Therefore, the formation and improvement of the process of training well-rounded and professionally competent specialists, depending on the specifics of the educational direction, become the main task for any university. At the forefront is the degree of professional flexibility, competitiveness, and mobility of future specialists.

The job duties of most specialists whose activities are related to processing large volumes of information involve performing a range of functions, each of which entails either processing large amounts of data or promptly responding to requests and events happening in the world and society. In the context of the digitalization of society and the economy, the role of computer and software tools is increasing, as they collectively contribute to performing the aforementioned functions.

Currently, there are many software tools that allow improving the quality and conditions of specialists' work. However, new tasks that require reflection in computer and software tools continue to arise. There is a wide range of tasks for which corresponding software was created at one time, which nonetheless requires modernization considering new realities. It is no secret that software tools, being one of the important driving forces of the digital society, are created either through the joint efforts of programmers and experts in the field of programmed tasks or through the sole efforts of highly qualified specialists of various professions possessing sufficient programming skills. In the joint creation of software tools, there are often numerous disagreements between programmers and experts due to programmers not being sufficiently informed about the specifics of the programmed tasks and experts about the intricacies of programming. Ultimately, these disagreements can lead to a decrease in quality, prolonged development time, and increased costs associated with creating the software product. When creating software products, specialists who are highly qualified in the field of programmed tasks and possess sufficient programming skills can easily eliminate such problems.

In this regard, it can be said that teaching modern programming languages (PL) is of paramount importance for increasing the level of professional competence of specialists. Considering this phenomenon, higher education

ISSN 3030-3907

institutions have begun to implement educational policies aimed at training highly qualified, competitive, and quickly adapting personnel to modern conditions. In line with this policy, several disciplines related to the teaching of computer science, ICT, and PL have been included in the curricula of educational directions, whose future activities are related to processing large volumes of information. Modern PLs (such as C#, Python, etc.) support many programming paradigms. They are multifunctional, allow developing software tools for a wide range of tasks, have a vast set of tools, and are widely used in global programming practice. Therefore, many educational directions in universities include the training of these languages.

In the process of teaching PLs, several problems arise related to the large number of tools, usage options, and forms of data and instruction representation. Another problem arises from the lack of scientifically and methodologically justified educational technologies that contribute to increasing the efficiency of the educational process.

Object of Research: The process of teaching programming languages in higher education institutions.

Subject of Research: Defining the goals and objectives of teaching programming languages, identifying the most relevant problems arising in the process of learning programming languages and studying them, as well as developing recommendations for solving these problems.

2. LITERATURE REVIEW.

The analytical review is based on existing scientific-methodological literature and research works dedicated to general education problems and the teaching of programming languages (PL) in higher education institutions. In the vast majority of the existing scientific-methodological literature, authors used a distinctive style of presenting materials on PL. An analysis based on sources such as “C#: The Complete Reference” by H. Deitel [4], “C# 4: The Complete Reference” by H. Schildt [24], and “Fundamentals of Programming with C#” by S. Nakov [14], and “Python 3: Standard Libraries with Examples” by D. Hellmann [10] showed that the didactic principles “from simple to complex” and “from known to unknown” remain out of the authors' sight. A large amount of the proposed material should be recognized as morally outdated. Despite the grand titles and impressive volume, [4, 14, 24] lack information about the graphical capabilities of the C# language. In our opinion, [10] on Python and the IDLE environment lacks information for beginner programmers, resulting in insufficient useful information. For these reasons, in modern conditions, using these sources in the process of teaching programming languages cannot ensure high efficiency.

ISSN 3030-3907

E. Troelsen, in his book "C# and the .NET Platform. Programmer's Library," provided more detailed information about the capabilities of the C# language. It is worth noting that the author, using the example of working with images, described in detail the namespaces GDI and System.Drawing, the classes Point, Rectangle, Size, Region, and working with colors and fonts, as well as with ready-made images [28, 1197-1215]. However, the didactic principles "from simple to complex" and "from known to unknown" are also not implemented here, complicating the process of mastering the proposed materials.

In open sources, there are numerous scientific studies dedicated to general education problems. In our opinion, the following works deserve special attention. M. Forrath examined the international context of the quality issue of higher education and its adaptation specifics in Russia. He conditionally divides the problems of higher education quality into three parts: the first part consists of the general context, the second part touches on the analysis of the representations of university teachers and administrators, and the third part highlights the basics of state policy in the field of education quality [7]. A.V. Lubkov researched modern problems of pedagogical education and considered the content and essential factors of modernizing pedagogical education [13]. A.V. Tomiltsev and A.V. Maltsev studied the problems of assessing the professional preparedness level of graduates based on methodological approaches. They described various approaches to assessing education quality and the evaluation procedure based on basic tools, as well as developed criteria, parameters, indicators, and norms for use in selecting evaluation benchmarks [26].

Many scientists conduct research in identifying and addressing problems related to teaching informatics, among which we highlight the following. E.K. Khenner considers IT education a factor influencing gender disparities in computing. Comparing the experience of Russia and the USA, he notes significant differences in the distribution of men and women across professions among university teachers: women are much more numerous among professors in the humanities and fewer in technical, mathematical, and natural sciences, including information technology and programming [12]. R.A. Abramov and other scientists studied issues of increasing the professional demand for university graduates and identified factors important for the successful employment of graduates and the practical application of acquired knowledge and skills [1].

Many scientists conduct research on identifying and addressing problems related to teaching programming languages. Among them, the works of such scientists as A.A. Horovik, A.I. Zagitova, I.A. Oblomov [15], V.Yu. Pirogova [18], and D.Kh. Fayziyeva can be highlighted. In particular, A.A. Horovik considers the lack of motivation and technical equipment in classes as a serious

ISSN 3030-3907

obstacle to the effectiveness of classes [11]. A.I. Zagitova researches programming education problems and ways to improve programming courses in universities and believes that the problem-oriented method has a positive impact on the academic performance results of students studying programming courses [31]. D. Fayziyeva associates the problems of teaching PL with the individual abilities of students and believes that "beginners in programming often do not realize their own shortcomings. Also, the personal qualities of students affect their performance" [5]. M. Foychik believes that there are several problems in teaching PL for both teachers and students. Teachers' problems lie in the need to choose the most effective approach among various approaches to the learning process, programming skills, and teaching qualifications. Students' problems lie in forming motivation and approaches to mastering PL [6]. R.S. Shahamiri analyzed problems arising at each stage of the software creation lifecycle and believes that they are serious issues in learning PL [23]. Saad M. A. investigated the factors affecting students at the College of Applied Sciences in Ibri and believes that due to poor English proficiency, students face some problems while taking programming courses [22].

Many scientists conduct research on improving the methodology of teaching PL, contributing to the quality of programming language education. Among them, the studies of such scientists as autor [16], K.V. Rozov [21], X. He [9], P. Patil [17], A.A. Grishin [8], P. Szlavi [25], T. Chen [3], and B. Qarshiyev [20] can be noted. In particular, B. Wang and Y. Liu developed and implemented a practical course on studying PL C# case studies to improve students' ability to analyze and solve applied tasks [29]. Autor recommended the approximate content of PL Python education, considering the specifics of bachelor's educational directions in the Republic of Uzbekistan [16].

Based on the above analysis, it can be concluded that research only touches on individual questions of the examined issues. Research that unites the whole complex of problems of teaching PL is currently not presented in open information sources. Therefore, serious scientific-methodological research is needed that combines the entire spectrum of organizational and methodological problems of improving the effectiveness of PL teaching.

3. METHODOLOGY, MATERIALS, AND METHODS.

3.1. Goals and Objectives of Teaching Programming Languages. In the context of the digitalization of society and the economy, especially in those sectors where employees' professional duties are related to processing large volumes of information, the demand for professionally mobile, highly qualified, competitive, and quickly adapting specialists possessing a set of knowledge, skills, and abilities in various disciplines, including programming, increases. In

ISSN 3030-3907

this regard, programming languages (PL) as one of the most important sections of computer science become one of the priority disciplines that contribute to increasing the readiness level of future specialists for professional activities. PL as an object of study and as a means of training should be included in the preparation process for specialists whose job duties will be related to processing large amounts of information or developing new and modernizing existing software applications. The content of disciplines involving the use of programming methods and tools should be professionally oriented, allowing students to gain practical experience and prepare them for the independent improvement of programming skills and abilities.

Therefore, rethinking the goals and objectives of PL in modern conditions, considering the specifics of educational directions, will contribute to improving the quality and effectiveness of the educational process.

In our opinion, the goal of teaching PL in universities should be defined as follows: to contribute to preparing specialists who, in addition to general professional competencies, have sufficient systematic knowledge, skills, and abilities for the targeted use of the tools and possibilities of PL in accordance with their job duties.

To achieve this goal, the main focus should be on solving the following organizational and educational-methodological tasks:

– rethinking the role and place of PL in the modern world and in the personnel training process, and making corresponding changes to the regulatory documents of educational institutions;

– creating printed and electronic (including cloud-based and visualized) educational-methodological resources on modern PL, considering the specific features of educational directions;

– analyzing the possibilities of modern educational technologies and adapting the most suitable ones, considering the features of teaching PL;

– studying advanced methodologies of prestigious foreign universities and integrating them into domestic universities while harmonizing existing teaching traditions;

– teaching students the basic structural elements of modern PL;

– mastering the basic programming paradigms by students;

– developing students' skills and abilities in the principles of software development;

– developing students' skills and abilities in the basics of algorithmizing the processing of information of various forms and content, corresponding to the specifics of educational directions;

ISSN 3030-3907

– improving students' knowledge for the targeted and rational use of the tools and possibilities of PL;

– mastering methods for creating new and modernizing existing software tools by students, considering changes in regulatory acts and modern requirements.

To effectively solve the set goals and objectives, the following are required:

1) a deep understanding by students that programming skills and abilities will contribute to a clear understanding and penetration into the essence of the studied objects, phenomena, and processes and will become an essential tool in professional activities;

2) equipping university classrooms with modern technical, software, and didactic teaching tools;

3) prompt resolution of difficulties that create serious problems in the process of teaching and learning modern PL.

3.2. Problems of learning Programming Languages. It is known that the history of modern programming began in the 1950s. Over this period, around 9000 programming languages (PL) have been developed, and about 50 of them are used in modern programming practice. In the mid-20th century, a new scientific discipline—cybernetics—emerged and developed, and in the 1960s-1970s, informatics branched out from cybernetics as an independent scientific discipline. The development of teaching informatics and PL, as one of its important sections, faces numerous problems caused by changes in attitudes towards informatics, paradigm shifts, and changes in the demand for specialists in specific PL.

In our opinion, the following problems are the key obstacles to improving the effectiveness of the modern PL teaching process.

3.2.1. Demand for Specialists with Programming Skills. Firstly, in the context of the digitalization of society and the economy, the requirements for the overall readiness level of graduates for professional activities are changing. Secondly, the sectors requiring specialists with programming skills are changing. Thirdly, in global programming practice, the status of PL changes quickly depending on their demand. Fourthly, the content and volume of useful information on PL increase due to frequent updates of their versions. The educational policy simply does not keep up with such phenomena.

It is known that the employment of graduates plays a special role in determining the prestige of universities. For graduates with skills in specific PL, employment directly depends on the demand for specialists in that category. The demand for specialists in the field of programming can be determined by the following parameters:

ISSN 3030-3907

availability of job vacancies in specific PL in the labor market;
– the number of jobs requiring programming competencies;
– the expansion of the application area of programming knowledge;
– salary offerings;
– changes in the dynamics of PL relevance.

The variable nature of the above parameters does not allow for unequivocal decisions calculated for the long term.

Recommendations:

1) Establish constant monitoring of the domestic and global labor market and programming practices in accordance with the above parameters.

2) Based on regularly collected data, develop annual specific proposals to improve the regulatory documents of educational directions and take necessary measures to integrate these changes into the educational process, planned for the next 3-4 years of training.

3.2.2. Provision of Methodically Developed Literature. As known, educational literature on PL is created either by leading programmers or pedagogical researchers. Books written by leading programmers contain a large amount of information aimed at revealing the full potential of PL. Examples of such books are [4, 10, 14, 24, 28]. Modern languages (especially C#) have expanded to such an extent that covering detailed information about them in one book has become a challenging task. Usually, such books are released as monographs, reference books, or manuals. Learning PL based on such materials is challenging for beginner programmers, as they ignore the basic didactic principles of assimilating educational information. These resources provide good opportunities for expanding the knowledge of programmers of medium and high qualification. However, beginner programmers can easily get lost in the informational "jungle." Therefore, without denying the overall significance of the works of the mentioned authors, we believe that such resources are more beneficial for the first two categories of programmers rather than beginners.

It should also be noted that educational literature created by pedagogical researchers usually does not cover a large volume of data on PL (for example, [2, 19]). However, it is more accessible to students and beginner programmers since educational materials are presented in a systematic manner, based on the principles of "from simple to complex" and "from known to unknown." Such textbooks and educational manuals are usually created based on a specific methodology and in a language understandable and accessible to young programmers. Nowadays, there is generally insufficient educational literature that considers all methodological aspects of learning PL.

ISSN 3030-3907

Recommendations:

1) We consider the following structure of educational literature on PL appropriate:

1.1. A brief annotation;

1.2. Basic language constructs (general program view; input and output operators, branching, looping; data arrays; functions; graphics; file handling) for beginners;

1.3. Exception handling, libraries, working with new data types and references for the intermediate level;

1.4. Classes, containers, interfaces, and object-oriented programming for professionals.

2) Information should be presented in strict logical sequence and comply with all didactic principles (especially the main rules of the principle of accessibility: "from known to unknown" and "from simple to complex").

3) The volume of literature should be minimized.

4) Since creating and releasing printed resources takes more time, effort, and resources, preference should be given to developing educational-methodological literature based on cloud technologies and visualization.

3.2.3. Complexity of Programming Language. Competitor companies are steadily working on improving and expanding the capabilities of PL based on modern requirements. As a result, new versions of these languages constantly appear. N. Wirth, in his article "Computing science education: The road not taken" [30] compares many modern PL to "machines packed with various necessary and unnecessary devices" and writes that "in luxurious cars, packed with the latest technologies, gadgets, and attractions, it is already difficult to see the difference – as difficult as determining the point at which the technology, whose purpose was to assist the driver, becomes a hindrance to driving... These things do not contribute much to the true purpose of the car, but they add complexity, complicate maintenance, and increase cost." N. Wirth transfers this example to the field of PL and says that "they have become immensely complex not so much because all their wonderful tools and capabilities were really needed, but simply because they were possible. Therefore, manufacturers hope that these tools and capabilities will provide an advantage over competitors. However, the advantage leads to excessive bulkiness, difficulty in use, and reduced reliability." This leads to an increase in the volumes of information on PL, the emergence of difficulties and uncertainties in their practical application, as well as to the increasing confusion of the material, which seriously complicates the learning process. N. Wirth asserts that the "wonderful" capabilities of many languages are nothing more than advertising and writes that "unnecessary, artificial complexity generates many problems. People mistakenly take complexity for sophistication".

ISSN 3030-3907

The complexity of a language directly depends on the variability of data and construct representations. In other words, a PL with a large number of tools and possibilities for expressing the same instruction is considered more complex (according to N. Wirth's logic).

Recommendations:

1) The volume of transmitted educational information should be minimal and necessary but sufficient to study the basics of PL.

2) Avoiding unnecessary complexity in the language, the educational material should be built on the basis of the simplest and most widely used variants of instructions, while other variants can be offered for independent study.

3.2.4. Selection and Content of the Programming Language for Learning. As known, the content and volume of each planned subject (including disciplines related to teaching PL) are determined based on state standards and qualification requirements for the professional training of future specialists, depending on the specifics of educational directions. The knowledge acquired in these disciplines guarantees the graduate's full readiness for independent professional activity. In particular, programming skills and abilities will help future specialists solve professional tasks arising within their job responsibilities.

As we remember, around 50 programming languages, supporting various paradigms, are used in modern global programming practice. Some of them, as universal languages, are designed to create software tools for a wide range of tasks. Others, as domain-specific languages, aim to solve a narrow range of tasks. Therefore, the question of how to choose PL for different educational directions remains open.

Each modern PL has immense possibilities and a wide set of tools for creating software applications. Therefore, teaching the full potential of a language is considered an insurmountable task. In light of this, another problem arises: determining the minimally necessary but sufficient content of educational material on PL. The urgency of this problem is intensified by the set of competencies that graduates of a particular educational direction must possess.

Recommendations:

1) The choice of PL should be based on the following parameters: specificity of the educational direction; ease of mastering; universality; practical orientation; popularity; independence [27].

2) For educational directions whose curricula include only one subject related to PL, we propose Python. For educational directions involving the development of complex software complexes, we suggest studying several languages supporting different programming paradigms (e.g., C#, SQL, and Python).

ISSN 3030-3907

3) The content of educational material (including the set of tasks used in practical, laboratory, and independent classes) should correspond to the specifics of educational directions [16].

3.2.5. Insufficiency of Research Works. An analysis of open sources, the example of the website dissercat.com showed, that showed that there are few dissertation works dedicated to improving the quality of modern PL education, and the number of defended works after 2020 is even smaller. In our opinion, the following factors are serious obstacles to conducting research aimed at improving the quality of programming language education: excessive bureaucracy; a small number of funded works; changes in the requirements for modern classes; shifts in the paradigms of organizing classes; trends in the development of methodology, educational technologies, and technical and software tools; parameters mentioned in point I; frequent updates of language versions, and others.

Recommendations:

1) Limit bureaucracy to reasonable limits, considering the specifics of teaching PL.

2) Increase the share of funded research works and projects.

3) Conduct monitoring of promising educational technologies and advanced foreign methodologies with further adaptation and implementation in the process of teaching programming languages.

3.2.6. Inability to Use Programming Language Tools. The main source of this problem is not the syntax of programs or the understanding of programming concepts but the ability to create a logical chain of language tools and events guaranteeing the expected results. A student may know the types and rules of data conversion, the basic system of operators, PL concepts (e.g., creating new data types), but still not be able to use them purposefully, skillfully, and correctly in the process of creating new programs. Students may understand the syntax and semantics of individual expressions but not know how these expressions integrate into the programs they create. As noted by A. I. Zagitova, "To help students effectively study both programming concepts and strategies for their application, a 'problem-oriented approach' was developed. According to this approach, students are introduced to PL functions only in the context of solving specific tasks. It has been shown that this method positively impacts the academic performance of students studying programming courses and increases their confidence in their knowledge" [31].

Recommendations:

1) It is necessary to pay more attention to teaching students the basic methods of algorithmization, designing the software creation process, and effective debugging and testing of code.

ISSN 3030-3907

2) Introduce new PL concepts and tools in the context of real-world tasks they may face within their future job responsibilities.

3.2.7. Insufficient Awareness of Instructors about All Capabilities of the Programming Language. Changes in the prestige of PL, frequent updates of versions, the vast range of tools and capabilities, and trends in paradigms can lead to insufficient awareness of instructors in disciplines related to teaching PL. The history of teaching PL shows that until the 1960s, the primary language of instruction was ASSEMBLY, in the 1970s-1980s it was ALGOL and FORTRAN, in the 1990s it was BASIC, at the end of the 20th century it was PASCAL, at the beginning of the 21st century it was C (or C#), and today it is Python. There is a noticeable trend: almost every decade, the language changes, but the teaching staff changes insignificantly. This means that instructors of "old PL" adapt to new languages. Since the main advantages of previous languages are preserved in the creation of new ones, the range of possibilities expands, and the ways of presenting data and instructions change, instructors generally have the opportunity to promptly stay informed about new transformations in PL.

Our analysis of the PL process in three universities showed that after announcing a new topic, about 15% of students are already partially familiar with the new material and only need to expand their knowledge on this topic. Such students can put instructors in an awkward position.

Recommendations:

1) Organize short-term professional development courses involving leading programmers aimed at expanding instructors' knowledge of new PL.

2) Require PL instructors to regularly undergo professional development courses with subsequent certification.

In addition to the above, it should be noted that there are methodological problems directly affecting the productivity of each class, the level of which completely depends on the implementation of a whole set of requirements. Among them are the following:

a) Planning appropriate forms and methods of teaching;

b) Stimulating students to assimilate new material;

c) Creating and using methodically developed lecture texts;

d) Adhering to didactic, ethical, and aesthetic principles;

e) Presenting educational material in a systematic, accessible, and simple form with strict logical sequence;

f) Presenting educational materials considering the preparedness level of the student audience for accepting new educational resources;

g) Reasonably distributing resources (time, educational materials, technical and software tools, etc.) and managing them.

ISSN 3030-3907

Violation of any of these requirements can lead to serious problems in teaching PL. As a result, these problems can hinder the achievement of educational, training, and developmental goals set for the current class. Furthermore, such situations can lead to a loss of enthusiasm in students, loss of motivation, and interest in studying the material.

4. EXPECTED RESULTS.

In the course of the research, we proceeded from the fact that the process of teaching PL would be organized at a proper level using modern technical and interactive teaching tools. Meanwhile, the above-mentioned problems negatively affecting the degree of efficiency in learning and teaching processes are discovered. Solving these problems and providing sufficient motivation to the participants of the educational process allows achieving the following results:

– Increasing the efficiency of the educational process;
– Enhancing the readiness of students for independent professional activities;
– More complete achievement of educational, developmental, and instructional goals of the educational process;
– Mastery of all competencies specified in the educational standards and qualification requirements of educational directions;
– Forming systematic knowledge about modern methods and programming languages, their place, and role in the training of specialists;
– Expanding horizons and deepening concepts and programming skills;
– Mastery of the main forms and methods of creating and using software tools;
– Forming students' skills in algorithmizing typical tasks within their future professional activities;
– Forming skills of interdisciplinary integration competence;
– Ability to correctly and reasonably select language tools and methods that contribute to the quick and effective creation of software applications;
– Developing students' ability for systematic, logical, and abstract thinking;
– Improving students' computational, algorithmic, and informational culture;
– Ability to find optimal ways to solve problems;
– Identifying primary and secondary factors in constructing processes and phenomena;
– Ability to create optimal plans;
– Possessing competencies in individual and collective work, and so on.

Assessing the scientific and practical significance of the problems identified in the field of teaching programming languages and the recommendations developed to address them is a challenging task when relying solely on narrowly focused studies or the research of a single scholar. The

ISSN 3030-3907

expected outcomes of this study depend on a range of factors, including the specific programming language, approaches to teaching programming languages, the characteristics of educational programs, the pedagogical competence of instructors, and many other parameters. To ensure an objective evaluation of the results, it is necessary to implement the proposed recommendations in long-term and diverse pedagogical research conducted by multiple scholars, followed by a comprehensive analysis of the outcomes.

Nevertheless, considering the generalized nature of numerous studies conducted by researchers in the field of programming language education and the successful mitigation of typical problems encountered in the teaching process, it can be reasonably assumed that the proposed recommendations are capable of ensuring the expected results with a high degree of probability.

5. DISCUSSION AND CONCLUSION.

In the digitalization era, employers highly value graduates who not only can work on a computer but also have programming skills. Such specialists actively engage in processing large volumes of information, where their programming knowledge clearly manifests, considering the entire spectrum of their job responsibilities. Therefore, universities must actively integrate PL into the process of training specialists and address the aforementioned problems related to it.

Only then will students, as future specialists, acquire not only general cultural and professional competencies but also the ability to understand the patterns of economic, social, and other processes, identify their cause-and-effect relationships, create economic-mathematical models for typical professional tasks, and develop software tools for their implementation.

Thus, teaching programming languages should become one of the fundamental parts of the process of training specialists whose professional activities involve processing large volumes of information and who are considered the driving force of the digital society and economy.

REFERENCES

1. Abramov R.A., Pronina I.V., Khalatenkova E.Yu. Increase of demand for graduates of higher education institutions. *The Education and science journal.* (10) 2016:91-106. DOI: 10.17853/1994-5639-2016-10-91-106. (In Russian.)
2. Aripov M.M., Otahanov H.A. *Basics of programming.* Tashkent: Tafakkur gulshani. 2016. P. 240. (In Uzbek.)
3. Chen T., Hsiao T., et al. Learning Programming Language in Higher Education for Sustainable Development: Point-Earning Bidding Method. *Sustainability.* 12(11). 2020. 4489: P. 14. DOI: 10.3390/su12114489.
4. Deitel H.M. *C# 6 for programmers.* Boston, USA, Pearson Education Inc. 2017. P. 771.

ISSN 3030-3907

5. Fayzieva D.H. Analysis of the problems of studying and teaching programming in computer science lessons. *Universum: technical sciences: electron scientific journal*. 12-1(93). 2021. 83-85. (In Russian.)
6. Fojcik M., Fojcik M. K., Hoyland S., Hoem I. O. Challenges in teaching programming. *Education and New Developments.* 3(4). 2022. 160-163. DOI: 10.36315/2022v1end 034.
7. Forrath N. The problem of the quality of higher education: global challenges and their Russian transformations. *Educational Studies Moscow.* 2(December). 2010. 121-38. URL: https://vo.hse.ru/article/view/15257. (In Russian.)
8. Grishin A.A., Sokolov A.N., Mindorov N.I., Romashkina T.V. Information system to support the process of learning the C# programming language for the discipline "Computer Science and basics of programming". *International research journal.* 3(45). 2016. 8-11. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.063.
9. He X., Song Y., Du Y., Huang Y., Yin X., Long X. Research on Teaching Reform of C Programming Language Course for Deep Integration of Professional Fields. *Open Journal of Social Sciences.* 10(1). 2022. 267-275. DOI: 10.4236/jss.2022.101022.
10. Hellmann D. *The Python 3: Standard Library by Example*. Boston, USA, Addison-Wesley. 2017. P. 1454.
11. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning.* Boston, The Center for Curriculum Redesign. 2019. P. 243.
12. Horovik A., Makhamajonov H. Actual problems of teaching programming in universities. *Online scientific forum for young scientists, doctoral students and researchers*. TATUFF-EPAI. 277. 2023. 275-277. (In Russian.)
13. Khenner E.K., Frieze C., Zane O. IT education as a factor to influence gender imbalances in computing: Comparing Russian and American experience. *The Education and science journal*. 22(8). 2020, 189-206. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-8-189-206.
14. Lubkov A.V. Modern Problems of Pedagogical Education. *The Education and science journal*. 22(3). 2020. 36-54. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-3-36-54. (In Russian.)
15. Nakov S., Kotlev V. *Fundamentals of Computer prog-ramming with C#*. Sofia, Bulgaria, Baso. 2013. P. 1122.
16. Oblomov I.A., Rzhavin V.V., Krasnov V.I., Fadeeva K.N. Teaching declarative programming languages. *Bulletin of the Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev*. 1(106). 2020. 204-210. DOI: 10.37972/chgpu.2020.69.53.026. (In Russian.)
17. Autor. Teaching the Python programming language in higher educational

institutions. *Informatics and Education*. 38(5). 2023. 78-86. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-5-78-86. (In Russian.)

18. Patil P., Jadhav P., Kanase M. Imparting effective Teaching Learning Methods for teaching C programming course to First Year Non-IT Students. *Journal of Engineering Education Transformations.* 36 (Sp.Is.2). 2023. 133-140. DOI: 10.16920/jeet/2023/v36is2/23019.
19. Pirogov V.Ju., Popova E.I. Some aspects of teaching programming. World of Science. *Pedagogy and psychology.* 7(6). 2019. 1-11. (In Russian.)
20. Prokhorenok, N.A., Dronov V.A. *Python 3. The most necessary.* St. Petersburg: BHV-Petersburg. 2019. P. 608. (In Russian.)
21. Qarshiyev N.B. The content of the course of modern programming languages in the context of higher education and the technology of its teaching. *International scientific journal.* 1(7). 2020. 1607-1610. DOI: 10.5281/zenodo.7316541.
22. Rozov K. V., Posadnikov A. V. The Python programming language in a pedagogical university: from the basics to artificial intelligence. *Informatics and Education.* 6. 2019. 26-33. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-6-26-33. (In Russian.)
23. Saad M. A. et al. The Reasons behind the Weakness of some Students in Programming Courses in the College of Applied Science, Ibri. *International Journal of Modern Education and Computer Science.* Vol.8, No.1. 2016. 48-54. DOI: 10.5815/ijmecs.2016.01.07
24. Shahamiri R. S. The Challenges of Teaching and Learning Software Programming to Novice Students. *Encyclopedia of Information Science and Technology*. 2018. 7 p. DOI: 10.4018/978-1-5225-2255-3.ch643.
25. Shidt G. *The Complete Reference: C# 4.0.* Moscow: Wilyams; 2011. (In Russian.) P. 1056.
26. Szlavi P., Zsako L. Methods of teaching programming. *Teaching Mathematics and Computer Science*. ½. 2003. 247-257. DOI: 10.5485/TMCS.2003.0023.
27. Tomiltcev A.V., Maltsev A.V. The problems of professional training assessment: methodological approaches. *The Education and science journal*. 20(4). 2018. 9-33. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-4-9-33. (In Russian.)
28. Tretyakov O.A., Fedorkevich Y.V. Choosing the first language for learning programming. *The world of science. Pedagogy and psychology*. 5(8). 2020. 24-29. (In Russian.). https://mir-nauki.com/PDF/64PDMN520.pdf.
29. Troelsen A., Japikse P. *Pro C# 10 with .NET 6. Foundational Principles and Practices in Programming C#*. New York, USA, Apress. 2022. P. 1680. DOI: 10.1007/978-1-4842-7869-7.
30. Wan B., Liu Y. Research of Case Teaching Practice in C# Programming Language. *Proceedings of the 2019 International Conference on Advanced*

ISSN 3030-3907

Education Research and Modern Teaching (AERMT 2019). Available Online, October. 2019. DOI: 10.2991/aermt-19.2019.44.

31. Wirth, N. Computing science education: The road not taken. *ITiCSE '02: Proceedings of the 7th annual conference on Innovation and technology in computer science education*. Denmark. 2002. P. 1 – 3. Doi.org/10.1145/544414.544415.

32. Zagitova A. I. Problems of teaching programming in universities and advancement of programming courses forstudents. *Economy and society*. 6(37). 2017. 779-782. (In Russian.)

FIZIKA FANINING SHAKLLANISHI VA RIVOJLANISHINI METODOLOGIK TAHLIL QILISH

Husanov Zafarjon Jo`raqulovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Umumiy fizika kafedrasi dotsenti pedagogika fanlar falsafa doktori

Annotatsiya. Mazkur maqolada fizika fanining ilmiy taraqqiyoti jarayonida falsafiy va metodologik qarashlarning tutgan o‘rni har tomonlama tahlil qilinadi. Tadqiqot muallifning “Fan falsafasi” fani doirasida olib borgan ilmiy izlanishlari, amaliy tajribasi hamda uzoq yillik kuzatuvlariga asoslanadi. Muallif ushbu kursni qariyb yigirma besh yil davomida fizika yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalar uchun tanlov fan sifatida olib borib kelmoqda. Shu jarayonda to‘plangan tajribalar asosida fizika fanini faqat tabiiy fan sifatida emas, balki chuqur g‘oyaviy va falsafiy asoslarga ega bo‘lgan ilmiy tizim sifatida talqin etishga intiladi. Maqolada fizika fanining shakllanish jarayoni, uning tarixiy rivojlanish bosqichlari, ilmiy metodlar bilan o‘zaro uyg‘unligi, eksperiment va nazariya o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlik masalalari yoritiladi. Shuningdek, ilmiy bilishning dialektik xususiyatlari, fanlar tasnifi doirasida fizikaning tutgan o‘rni ham tahlil qilinadi. Bundan tashqari, fizikani o‘rganishda muhim ahamiyatga ega bo‘lgan falsafiy qarashlar, ilmiy paradigmalarning almashinuvi, metodologik yondashuvlar hamda ilmiy tafakkurning evolyutsiyasi masalalari keng ko‘lamda ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: Fan falsafasi, fizika metodologiyasi, ilmiy tafakkur, metod, fan tasnifi, nazariya va tajriba, tabiiy fanlar

Аннотация. В данной статье всесторонне анализируется роль философских и методологических взглядов в процессе научного развития физики. Исследование основано на научных изысканиях автора в рамках дисциплины «Философия науки», его практическом опыте и многолетних наблюдениях. Автор на протяжении почти двадцати пяти лет преподаёт данный курс в качестве элективной дисциплины для студентов физического направления. На основе накопленного опыта предпринимается попытка интерпретировать физику не только как естественную науку, но и как научную систему, обладающую глубокими идейными и философскими основаниями. В статье освещаются процессы формирования физики, этапы её исторического развития, её взаимосвязь с научными методами, а также проблемы органической связи между экспериментом и теорией. Кроме того, анализируются диалектические особенности научного познания и место физики в системе классификации наук. Наряду с этим широко рассматриваются философские взгляды, имеющие важное значение в

ISSN 3030-3907

изучении физики, смена научных парадигм, методологические подходы и эволюция научного мышления.

Ключевые слова: философия науки, методология физики, научное мышление, метод, классификация наук, теория и эксперимент, естественные науки.

Abstract. This article comprehensively analyzes the role of philosophical and methodological views in the process of the scientific development of physics. The research is based on the author's scientific investigations conducted within the framework of the course "Philosophy of Science," practical experience, and many years of observation. The author has been teaching this course as an elective subject for physics students for nearly twenty-five years. Based on the accumulated experience, an attempt is made to interpret physics not only as a natural science but also as a scientific system with deep ideological and philosophical foundations. The article discusses the process of the formation of physics, the stages of its historical development, its relationship with scientific methods, and the close connection between experiment and theory. In addition, the dialectical features of scientific cognition and the place of physics within the classification of sciences are analyzed. Furthermore, philosophical views important for the study of physics, changes in scientific paradigms, methodological approaches, and the evolution of scientific thinking are examined in detail.

Keywords: philosophy of science, methodology of physics, scientific thinking, method, classification of sciences, theory and experiment, natural sciences.

KİRİSH.

"Fandagi eng katta besh g'oya" kitobining tarjima muharriri Akut Gence o'zining "kirish" maqolasida; Afsuski, mamlakatimizda ilmiy savodxonlik darajasi ancha past... Albatta, bunday bo'lishini ayniqsa istaydigan doiralar bor. Shuning uchun ham dunyoning 34 davlatini qamrab olgan va natijalari dunyoning eng nufuzli fan jurnallaridan biri bo'lgan Science jurnalida chop etilgan so'rovnomaga ko'ra, fan va evolyutsiyani qamrab olish bo'yicha oxirgi o'rinni egalladi. Aksariyat xalqimiz ilmiy tushuntirishdan ko'ra bema'nilikni, ilmiy fikrdan dogmatik fikrni afzal ko'radi.Odamlar, ayniqsa, ilmiy ta'lim olmagan bo'lsalar, osonlikcha ilmni soxta ilm bilan chalg'itib, haqiqiy fandan soxta fanni afzal ko'radilar. Soxta fan haqiqiy fandan osonroq bo'lgani uchun u ko'p o'ylashni talab qilmaydi va u odamlarning yuzlab yillar davomida umumiy fikrlash shakllariga zid bo'lgan tushuntirishlarni bermaydi. Biroq haqiqiy fan ming yillik fikr va e'tiqodlarimizni doimiy savollar, tajribalar va kuzatishlar orqali sinovdan o'tkazilishi kerak bo'lgan yangi tushuntirishlar bilan silkitishi mumkin.Fanda hech qanday tushuntirish yakuniy tushuntirish emas. Bitta savol

ISSN 3030-3907

bo‘yicha tadqiqot tugagach, o‘rganilishi kerak bo‘lgan yangi savollar paydo bo‘ladi. Ilmiy uslub doimo yangi savollarni keltirib chiqaradi. Ilmning dogmadan farq qiladigan joyi shu. Dogmaga shubha qilish mumkin emas. Dogmada hech narsa tadqiqot predmeti bo‘la olmaydi va shuning uchun ilmiy usul bilan tekshirib bo‘lmaydi. Ilmiy tushuntirishlar yangi topilmalar asosida doimiy ravishda o‘zgarib turadi. Har doim tabiiy hodisa uchun yaxshiroq, yanada izchil tushuntirish bo‘ladi. Biz buni fizika fanining rivojlanish jarayonida juda yaxshi ko‘ramiz. Bu yerda asl muammo ilm-fandagi yangi o‘zgarishlarni qanday qilib buzib ko‘rsatmasdan, ommaga yetkazish kerakligi, bunda xalq yolg‘on va dogmatik fikrlardan xalos bo‘lishidir. Bu muammo, ayniqsa, fizika fanlari nuqtai nazaridan katta ahamiyatga ega.

Bu boradagi ishlanmalarni fizika fanlari metodi va falsafasidan bexabar keng kitobxonlar ommasiga yetkazish muammosi bugungi kunda katta ahamiyatga ega bo‘lib, bu vazifa juda chuqur o‘rganishni talab etishi ma’lum bo‘ldi. Biz shuni aytamizki, jamoatchilik fizika fanlaridagi yutuqlarning buyukligini, ularning intellektual qiymatini, xalqlar kelajagi va tsivilizatsiya evolyutsiyasiga qanday katta ta'sir ko‘rsatishi mumkinligini to‘liq anglashi kerak. Boshqa tomondan, bu juda batafsil o‘rganishni talab qiladi, dedik. Chunki ilmiy bilimlar kundan-kunga tobora ortib, murakkablashib bormoqda. Natijada, ushbu ma'lumotni boshqa qiziqqan o‘quvchilarga, ayniqsa, fan talabalari va olimlariga buzib bermasdan taqdim etish juda qiyin bo‘ladi. Shunda o‘quvchiga umuman fan, xususan, fizika fanlari bo‘yicha topilmalarni yetkazish bo‘yicha to‘g‘ri yo‘lga qo‘yilgan samimiy istak va har bir olimning vijdoniga yuklatilgan burch o‘rtasida ziddiyat yuzaga keladi. haqiqatni ilmiy jihatdan aniqlanganidan tashqari buzib ko‘rsatmasdan oldinga. Binobarin, zamonaviy jamiyatda o‘z o‘rnini anglagan haqiqiy olimlar ilm-fan taraqqiyotini keng jamoatchilikka yetkazish borasidagi sa’y-harakatlariga befarq qolmasligi kerak. Chunki ana shunday tadqiqotgina bu qatlamlarga ilm-fan yutuqlarining intellektual yuksakligini va ulardan amaliy sohada yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nihoyatda muhim natijalarni o‘rgatishi mumkin.

Ommaviy ma’ruza va asarlari orqali ilm-fanni keng xalq ommasiga muvaffaqiyatli taqdim etgan ko‘plab qimmatli olimlar bor. Jumladan, mashhur britaniyalik eksperimental fizik Faraday, fizika bo‘yicha Nobel mukofoti sovrindori amerikalik fizik Richard Feynman, dunyoning eng bilimdon va ijodkor matematik fiziklaridan biri bo‘lgan mashhur britaniyalik olim Rojer Penrouz.Bugungi kunda qiziqarli tadqiqotlar yetarli emas. fizika fanlari falsafasi va usullari haqida. Biroq, fizika fanlarining falsafiy fikrlash mexanizmidan ko‘plab inqilobiy kashfiyotlar paydo bo‘ldi. Bu, shubhasiz, faylasuflar, tabiatshunoslar yoki fan faylasuflari kabi mashhur olimlar tomonidan batafsil

ISSN 3030-3907

o‘rganilishi kerak bo‘lgan juda qiziqarli va keng mavzudir. U buni to‘g‘ri bajarishi uchun ushbu mavzular bo‘yicha yangi tezislar o‘tkazilishi kerak bo‘lishi mumkin. Masalan, siz asosiy tarixiy jihatni o‘ylab ko‘rishingiz mumkin; Gap o‘tgan asrda fizika fanlari falsafasi va usullari qanday rivojlanganligi, balki ular fan rivojiga qanday ta’sir ko‘rsatgani haqida. Bundan tashqari, faylasuf, olim, fan faylasufi yoki fizik faylasuf fizika fanlari metodi va falsafasi mavzusini o‘z nuqtai nazaridan ko‘rib, butunlay boshqacha nuqtai nazardan o‘rganishi mumkin deb o‘ylash mumkin. Shu munosabat bilan javob berilishi kerak bo‘lgan yana bir savol bo‘lishi mumkin; Bu bugungi kunda mamlakatimizda fizika fanlari falsafasi va usullariga oid qanday tadqiqotlar olib borish mumkinligi haqida. Bu masalaga faylasuf-fiziklar va fan faylasuflari qiziqish bildirishlari kutilmoqda.

Nazariy fizik olim sifatida “Fan falsafasi” kursining predmetlaridan biri bo‘lgan “fizika fanlari metodi va falsafasi” mavzusidagi konferensiyalar, seminarlar, fizika kongresslarida taqdim etgan ma’ruzalarim va milliy tadqiqotlarimdan bilim oldim. Qariyb chorak asrdan buyon o‘zimni sevimli mashg‘ulotim sifatida qiziqtirgan va vaqti-vaqti bilan fakultativ kurs sifatida o‘qitib kelayotganim.Ilmiy jurnallarda chop etilgan maqolalarimdan olingan fikr-mulohazalar va qizg‘in savollardan menda shunday taassurot paydo bo‘ldi. Bu mavzu jamoatchilik tomonidan unchalik yaxshi ma’lum emasligi, fan faylasuflari va fizik-falsafachilar orasida yetarlicha e’tibor va izlanishlarga ega bo‘lmaganligi.Ushbu tadqiqotimdan maqsad – bu boradagi o‘ta qiziqarli tadqiqot va tajribalarimni jamoatchilikka taqdim etishdir. qimmatli fan o‘quvchilari bilan baham ko‘rish va fizika fanining rivojlanish jarayonida faol rol o‘ynaydigan tadqiqot usullari va falsafiy fikrlari bilan tanishtirish hamda bu borada tadqiqot olib borish istagida bo‘lganlarga oydinlik kiritish. Bu muqaddimadan so‘ng, “fizika fanlari evolyutsiyasida rol o‘ynagan asosiy falsafiy va uslubiy fikrlar” mavzusidagi adabiyotlarda keltirilgan turli qarashlar va fikrlarning sintezini taqdim etishdan oldin falsafa, fan, tasniflash kabi mavzularni muhokama qilaman. fanlar, fan falsafasi, fizika fanlari, falsafa, fan va fizika o‘rtasidagi bog‘liqlik mavzulari bilan chambarchas bog‘liq bo‘lgan asosiy ilmiy tushunchalarni aniqlash mavzuni yaxshiroq tushunish uchun foydali bo‘ladi, degan fikrda. Shu munosabat bilan falsafa va fanning ajralmas qismi bo‘lgan klassik fizika fanlarining o‘ziga xos falsafasi va usullaridan kelib chiqib, XVII asrdan boshlab klassik fizika fanlarining rivojlanish jarayonida turli qarama-qarshi falsafiy qarashlar baholandi. Kvant nazariyasining falsafiy talqinlari keltiriladi. Nihoyat, 20-asrda zamonaviy fizika fanlarining rivojlanishi davomida fizika fanida faoliyat yuritayotgan nazariyotchi olimlar tomonidan qo‘llanilgan tadqiqot usullari, tabiat qonunlarini tushunish uchun olim qanday ishlashi kerakligi, metod orqali muvaffaqiyat, Eynshteyn usuli, nazariyaning ta’siri. nisbiylik nazariyasi, hozirgi

ISSN 3030-3907

zamon fizikasi taraqqiyotidagi qarama-qarshi qarashlar va qarashlar.“Zamonaviy fizika fanlari evolyutsiyasida rol o‘ynagan asosiy falsafiy-uslubiy qarashlar va g‘oyalar”, fizika fanini o‘rganishda qabul qilingan strategiyalar kabilar ko‘rib chiqildi.

Ba'zi asosiy ilmiy tushunchalarning ta'riflari

Falsafa nima?

Meydan Laroussda falsafaga quyidagicha ta’rif berilgan: borliq va predmetlar tamoyillari, insonning olamdagi o‘rni, Xudo, tarix va umuman, metafizikaning barcha asosiy muammolari haqidagi qarashlar yig‘indisi. Fanning asosiy tamoyillarini ochib berishga qaratilgan fikrlash tizimi (Fan falsafasi, Tarix falsafasi va boshqalar). Faylasufning ta’limoti va tizimi, maktab, davr (Aristotel falsafasi, nemis falsafasi, antik davr falsafasi, ekzistensial falsafa va boshqalar). Ba’zilarning fikricha, falsafa – “har kimning o‘z falsafasi bor” degan tushunchaga asoslanib, dunyo va hayotni ko‘rish, anglash va talqin qilish, xulq-atvorga yo‘l ko‘rsatuvchi va qo‘llab-quvvatlovchi vositadir.

Fan nima?

Fan tarixiy evolyutsiya davomida turli ma'nolarda qo‘llanilgan tushunchadir. Umuman olganda, qadimgi odamlar retsept nazariyasini "fan" deb atashgan. Hozirgi kunda ilm-fan tushunchasi sezilarli darajada o‘zgarganini ko‘ramiz. Masalan, fan faylasuflari fan doirasiga nimalar kiradi va nimalar kirmaydi degan mezonlarni ishlab chiqdilar. Prof. Feiglga ko‘ra, bu mezonlar quyidagilar bo‘lishi kerak:

(i) ular bir-biriga nisbatan sub'ektiv ravishda tekshirilishi kerak;
(ii) ishonchli bo‘lishi kerak,
(iii) Bu aniq va aniq bo‘lishi kerak,
(iv) tizimli xarakterga ega bo‘lishi kerak,
(v) u har tomonlama bo‘lishi kerak,

Ushbu mezonlardan kelib chiqqan holda, fanni qanday aniqlash mumkin?

Ensiklopedik lug‘atda berilgan ta'rifga ko‘ra, fan "qonuniy va eksperimental usullar bilan tasdiqlangan ma'lum toifadagi faktlar, mavzular yoki hodisalarga oid bilimlarni birlashtirgan izchil yaxlitlik". Matematik faylasuf Genri Puankarening so‘zlariga ko‘ra, fan "qurilish bloklari faktlar bo‘lgan binoga o‘xshaydi; bu binoda ko‘plab xonalar mavjud bo‘lib, ularning har biri fan sohasini ifodalaydi. Bir marta A. Eynshteyn aytgan edi; Fan shunchaki bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan faktlar katalogi, qonunlar to‘plami emas. Fan o`zining erkin fikr va tushunchalari bilan inson aqli tomonidan yaratilgan eng buyuk asardir.Jismoniy tushunchalar haqiqatni ochib berishga harakat qiladi va keng idrok etilgan taassurotlar va bu faktlar o`rtasida bog`liqlikni o`rnatadi. Mantiqiy tuzilmamizning adolatliligi faqat nazariyalarimiz bu munosabatni qanday va qay

ISSN 3030-3907

tarzda amalga oshirishiga bog‘liq.” Ko‘pgina fan faylasuflarining fikricha, fanning sevimli ta’rifi quyidagicha; Fan eksperimental kuzatishlardan mantiqiy ma'nolar chiqarib haqiqatga erishmoqda. Biroq, fanga to‘liq ta'rif berib bo‘lmaydi, deganlar ham bor. Ularning fikricha, har bir ta'rif fanning faqat bir tomonini ochib berishi mumkin. Fan faylasuflari hali fanning to‘liq ta’rifi bo‘yicha bir fikrga kelmagan ko‘rinadi. Ular o‘rtasida fanni tasniflash borasida yakdil fikr yo‘q.

Fanlar tasnifi:

Fan faylasuflari odatda fanni ikki sinfga ajratadilar: amaliy va eksperimental fanlar. Amaliy fanlar; Bular texnologiya ishlab chiqaradigan va ishlatadigan fanlardir. Masalan; muhandislik, tibbiyot, qishloq xo‘jaligi, aviatsiya va dengiz fanlari kabi. Eksperimental fanlar; U ikkiga bo‘linadi: rasmiy fanlar (matematika-mantiq) va hodisalarga asoslangan real fanlar. Voqealarga asoslangan haqiqiy fanlar ham ikkiga bo‘linadi; voqelikni kashf etuvchi ijtimoiy fanlar (sotsiologiya, iqtisod, tarix, til va boshqalar) va tabiatshunoslik fanlari (nazariy fanlar), qoida fanlar deb ataladi. U tabiiy fanlarni ikki kichik guruhga ajratadi: fizika fanlari (fizika-kimyo) va hayot va xulq-atvor fanlari (biologiya va psixologiya). Amaliy fanlarning asosiy maqsadi ham eksperimental, ham amaliy fanlar kashfiyotlaridan foydalanib, odamlarga zarur bo‘lgan asbob va mashinalarni ishlab chiqish va ularni xizmatga qo‘yishdir. Xulosa qilib aytganda, texnologiya ishlab chiqarishdir.Eksperimental fanlarning asosiy maqsadi psixologik. Bu faktlarga erishish uchun ma'lumotlarni kuzatish, qidirish va tadqiq qilishdir. Bu haqiqatni bashorat qilish va tushuntirish uchun ongimizning g‘ayrioddiy qobiliyatlari orqali bizga berilgan psixologik qoniqish hissi. Bu olimlarning o‘zaro raqobatni kuchaytirish, o‘z yurti va o‘z nufuzini oshirish, mukofotlar olish kabi badiiy tuyg‘ularini qondirishdir. Ikkinchi maqsad mantiqiydir. Uni uchta tushuncha bilan izohlash mumkin; tavsiflash, tushuntirish va bashorat qilish.

Tavsif; matematika yordamida shakllantirishdir.

Tushuntirish; Bu bizning kuzatuvlarimiz qanday sharoitlarda haqiqiyligini ko‘rsatishdir. taxmin qilish; voqeani bashorat qilishdir. Oldindan mulohazalar bildira oladigan va bu mulohazalarni tajribalar orqali tasdiqlay oladigan nazariya yaxshi nazariyadir.Fizika fanlari, ayniqsa, eksperimental fanlar orasida nazariy fan bo‘lgan fizika fan, falsafa taraqqiyotida qanchalik muhim rol o‘ynashi ma'lum. , texnologiya va boshqa ko‘plab fanlar. Shulardan biri uning fan falsafasiga qo‘shgan hissasidir.

Fan falsafasi nima?

Bu 19-asrda paydo bo‘lgan falsafiy oqimdir. Bu asrda fizika fanlaridagi taraqqiyot faylasuflar uchun juda keng ufqlar ochdi. Texnik ixtirolarning ko‘pligi mantiqiy tahlillarning ko‘pligi bilan birga keladi. Yangi fan asosida yangi falsafa

ISSN 3030-3907

quriladi. Bu yangi falsafa ilmiy izlanishlarning qo‘shimcha mahsuli sifatida boshlanib, pozitivizm bilan birga rivojlandi.Ushbu falsafa fikrni yanada izchillik bilan ta’minlash, uni moddiy yoki konkret voqelikka yaqinlashtirish va shu bilan birga unga inklyuziv istiqbolni ochishga qaratilgan. Xulosa qilib aytganda, fan falsafasi yoki pozitivistik falsafaning asosiy maqsadi tabiiy hodisalarning turli sohalari bo‘yicha olingan ma'lumotlarni izchil ta'limot doirasida qayta ishlashdir.

Zamonaviy fan, falsafa, texnika va boshqa ko‘plab fan sohalarining rivojlanishida muhim rol o‘ynaydigan Fizika fani nima?

Tabiat haqidagi eng asosiy fan bo‘lgan fizika inson tomonidan tabiiy ravishda uchraydigan va idrok qilinadigan olamning asosiy tamoyillari, xossalari, qanday ishlashi, jonsiz jismlar, ular o‘rtasidagi o‘zaro ta'sir va hodisalarni o‘rganuvchi, o‘rganuvchi va tadqiq qiluvchi fan sohalaridan iborat. laboratoriya, tajriba va nazariya orqali.U bir butundir. Elektronlar va kvarklar kabi materiyaning tuzilishini tashkil etuvchi eng asosiy zarrachalardan tortib, koinotdagi yulduzlar va galaktikalarning xatti-harakatlarigacha bo‘lgan barcha hodisalarni qamrab olgan keng maydon fizika doirasiga kiradi. Biroq, fizika bu narsa va hodisalarning eng umumiy va asosiy ko‘rinishlari bilan chegaralanadi. Fizika, xuddi matematika kabi, nazariya va eksperiment o‘rtasida nafaqat tavsiflovchi, balki integratsion rol o‘ynaydi. Fizikani ikki davrga ajratishimiz mumkin: klassik fizika va kvant fizikasi. 17-asr boshidan 20-asr boshlarigacha bo‘lgan davr klassik fizika davri deb ataladi. Bu davrda fizikada beshta yirik inqilob yuz berdi.

Bu inqiloblar o‘z navbatida; Klassik mexanika inqilobi (Nyuton, Galieo, Kepler, Kopernik) bizga Yer markazli Ptolemey astronomiyasining xaosidan quyosh markazli sayyoralar tizimiga o‘tishga imkon bergan birinchi inqilob bo‘lib, Kopernik inqilobi bilan boshlangan, Galiley va Galiley bilan davom etgan. Kepler va asosan Nyuton tomonidan yakunlangan. Klassik mexanika inqilobi mexanikani Aristoteldan beri bo‘lgan boshi berk ko‘chadan qutqardi va uning asosiy qonunlari, tamoyillari va butun dunyo tortishish tushunchasini olib keldi. Termodinamik inqilob (Karnot, Mayer, Joul, Helmgolts, Tomson, Klauzius, Gibbs, Nerns) Karno tomonidan asos solingan va Mayer, Joul, Helmgolts, Tomson, Klauzius, Gibbs va boshqa olimlar tomonidan davom ettirilgan ishlar natijasida amalga oshirilgan ikkinchi inqilobdir. Nerns. Ushbu inqilob sanoatlashtirishning harakatlantiruvchi kuchi bo‘ldi. “Elektromagnit inqilob (Maksvell, Faraday, Kulon, Amper, Örsted,..) 1600-yillarda Uilyam Gilbert bilan boshlangan va Charlz Fransua Dyu Fey, Benjamin Franklin, C.A. de Coulomb, A.Volta, L.Galvani, H.C. Oersted, JeanBaptiste Biot, F.Savart, A.M. Amper va Faraday kabi ko‘plab fiziklarning ishlariga asoslangan va asosan Maksvell tomonidan sintez qilingan elektromagnit nazariya uchinchi buyuk inqilobni

ISSN 3030-3907

tashkil etadi. Ushbu inqilobning eng muhim jihati shundaki, u barcha o‘zaro ta'sirlar maydon orqali sodir bo‘lishini va yorug‘lik elektromagnit to‘lqin ekanligini ko‘rsatadi. Bu inqilob odamlarga odamlar tasavvur qilganidan ham kattaroq texnologik kuch berdi.

Statistik mexanika inqilobi (Boltzmann, Maksvell, Klauzius, Gibbs) to‘rtinchi inqilob bo‘lib, Klauzius, Maksvell, Boltsman va Gibbsning asarlari atom va molekulyar fizikaga eshikni ochdi va gazlar dinamikasini yaxshiroq tushunish imkonini berdi. Beshinchi va oltinchi inqiloblar 20-asr boshlarining eng muhim ilmiy inqiloblari sifatida asrda o‘z izini qoldirdi. Bular A. Eynshteyn tomonidan ishlab chiqilgan maxsus va umumiy nisbiylik nazariyalari va bir guruh taniqli fiziklarning ishi bo‘lgan kvant nazariyasidir. Bular fandagi haqiqiy inqiloblardir, chunki ulardan biri klassik fizikaning ichki qarama-qarshiliklarini va zarrachalarning juda yuqori tezlikdagi harakatlarini yorug‘lik tezligi tartibida hal qilgan bo‘lsa, ikkinchisi esa atomlar bilan bog‘liq barcha muammolarni to‘liq hal qildi. 2400 yil davomida muhokama qilingan. Shu bilan birga, bu inqiloblar nafaqat tabiatga yangi ko‘z bilan qarashga imkon berdi, balki yangi nazariya va tamoyillarni ham olib keldi. Bu inqiloblar amalga oshishida yangi tadqiqot usullari va falsafiy qarashlar muhim rol o‘ynadi. Ushbu inqiloblar yangi texnologiyalarni ham keltirib chiqardi. Ularning ta’sirida fanning barcha sohalari, xususan, ijtimoiy, fan va muhandislik, falsafa va mantiq katta taraqqiyotga erishdi. Ushbu bo‘limda fizika va umuman fizika fanlarining rivojlanish jarayonida faol rol o‘ynaydigan tadqiqot usullari va falsafiy fikrlar ko‘rib chiqiladi. Falsafa-fan va fizikaning aloqasi Falsafaning klassik davri 16-asr oxiridan boshlanadi. Bu davrda o‘z izini qoldirgan mashhur faylasuf va matematik Dekart (1566-1650) fikricha, falsafa ildizi metafizika, poyasi fizika, shoxlari esa tibbiyot, mexanika va axloqdan iborat daraxtga o‘xshaydi.

Dekart ta'kidlaydiki, axloq eng oliy fandir, chunki u boshqa bilimlarni bilishni talab qiladi. U falsafani metafizika va fizikaning eng mukammal ifodasi deb biladi, “Barcha jismoniy asoslarni belgilovchi Xudodir”, deydi va uning fikricha, Xudoni bilish boshqa barcha bilimlarning zaruriy shartidir. Uslubiy bo‘lgan va “Men o‘ylayman, demak men borman” degan va o‘z isbotlarining aniqligi va ravshanligi tufayli matematikaga ustunlik beradigan Dekart metafizikani qayta tiklamoqchi va “Xudo bor” degan mulohazaning ravshanligini isbotlamoqchi. mulohazalar 2+2=4.Leybnits (1646-1716) ko‘plab noto‘g‘ri tushunchalar muallifi.Dekartning o‘zining manbasi sifatida ko‘rgan ravshanlik tamoyiliga qarama-qarshi bo‘lib, u sababiylik tamoyilini taklif qilgan va uni “hech narsa” deb salbiy ifodalagan. sababsiz mavjud" va "hamma narsaning sababi bor" kabi ijobiy. U umumiy fan va umuminsoniy xususiyatni orzu qilgan.

ISSN 3030-3907

Falsafa va fanning ajralmas qismlari; Klassik fizika fanlarining usullari va falsafasi: Klassik fizika fanlari metodlari; U asosan "amaliyot" dan, shuningdek, falsafiy qarashlardan kelib chiqqan. Ba'zi falsafiy qarashlar juda umumiy, ba'zilari esa tabiat bilan bog‘liq. Fizika fanlari falsafasi va usullari boshidanoq yagona yechim taklif etmaydi, aksincha, xilma-xil va tez-tez qarama-qarshi, lekin tobora bir-birini to‘ldiruvchi shakllarni taklif etadi. Uzoq vaqt davomida apriori va nazariy munosabat empirik bilimlardan ustun keldi. Antik yunon va o‘rta asrlarda, Aristotelning qarashlari hukmron bo‘lgan davrda, fizika metafizik qarashlardan ilhomlangan tizimga birlashish uchun bir nechta bevosita seziladigan ma’lumotlarga ega bo‘lish yetarli, deb hisoblangan. Bu nazariy hukmronlikni 17-asr boshlarida Dekartda, shuningdek, eksperimental fizikaning birinchi asoschilaridan biri hisoblangan G. Galileyda ham ko‘rish mumkin. Lekin bu fiziklar Aristotelning sifat fizikasiga zid keladigan matematikaga asoslangan fizikaning yangi tushunchasini ishlab chiqdilar. Boshqa tomondan, xuddi shu davrda ingliz olimi Frensis Bekon (1561-1626) tomonidan boshlangan eksperimental fizika harakati boshlandi. Bekon bilimga amaliy maqsad berdi. Bu nafaqat tabiatni bilish, balki unga ta'sir qilish ham kerak. Uning aqlga (mulohaza yuritishga) ishonchsizligi haqiqat mezoni sifatida tajriba va hodisalarni kuzatishni, bartaraf etish usuli sifatida esa induksiya usulini qo‘llashni taklif qildi. Chunki turli xil “butlar” (noto‘g‘ri g‘oyalar, butlar) ortida faktlar yashiringan edi, ularni yashirish kerak edi.

Zamonaviy fizika fanlarida falsafa va qabul qilish usullari:

Bu bo‘limda men olim qanday ishlashi va qanday strategiyalardan foydalanishi, fizika fanlari metodlari va falsafasidan foydalangan holda tabiat qonunlarini yaxshiroq tushunishga harakat qilishi kerakligi haqida batafsil ma’lumot berishga harakat qilaman. Tabiat qonunlarini yaxshiroq tushunish uchun olim qanday ishlaydi? Bu savolga javob berish uchun ilm-fanni hozirgi darajaga olib chiqish uchun o‘tmishda qanday ish usullariga amal qilganliklariga e’tibor qaratishning o‘zi kifoya. Bu buyuk olimlarning ish uslublaridan ko‘p narsani o‘rganishimiz mumkin. Biz ularning tajribalaridan foydalanishimiz mumkin. Chunki o‘tmishda olimlarni qiziqtirgan muammolar bilan bugun biz hal qilmoqchi bo‘lgan muammolar o‘rtasida umumiy jihatlar ko‘p.

Fizika fanida ishlovchi nazariyotchi olimlar tomonidan qo‘llanilgan usullarni ikkiga bo‘lish mumkin:

1-eksperimental usul,

2-Matematik usul,

Eksperimental usulni qo‘llagan nazariyotchi olimlar o‘z tadqiqotlarida eksperimental ma'lumotlardan foydalanadilar. Shuning uchun ham ular tajriba o‘tkazuvchilar bilan doimiy aloqada bo‘lib, olingan natijalarni doimiy nazorat

ISSN 3030-3907

qilib boradilar. Ular o‘zlari qiziqtirgan natijalarni har tomonlama tahlil qilish va qoniqarli baholashga tortadilar.Matematikadan foydalanib nazariy ish olib boradigan olim avvalo mavjud nazariyalarni tekshiradi va tanqid qiladi. U o‘zining kamchiliklari va kamchiliklarini ochishga harakat qiladi. Bu nazariyalarni kamchiliklaridan tozalash orqali ularning doirasini kengaytirishga harakat qiladi yoki rivojlanish imkoniyatlarini tekshiradi.Bu yerda muhim jihat shundaki, nazariyani uning buyuk yutuqlarini yo‘q qilmasdan tuzatishga g‘amxo‘rlik qilish kerak.Olimlar uchun bu nazariyalarni aniq farqlash qiyin. ikkita mavjud usul. Bu usullarni alohida qo‘llayotganlar bo‘lsa, ikkalasini ham ishlatib, o‘z ishlarida bu usullardan foyda ko‘ruvchilar ham bor. Boshqacha qilib aytganda, bu ikki usul o‘rtasida boshqa usullarning reytingini tuzish mumkin. Qabul qilinadigan usul o‘rganiladigan mavzuga chambarchas bog‘liq. Haqida kam ma'lum bo‘lgan mavzuda chiqish yo‘lini topish uchun tajribaga asoslangan usulni qo‘llash maqsadga muvofiqdir. Yangi mavzu ustida ishlamoqchi bo‘lgan kishi qilish kerak bo‘lgan birinchi narsa bu mavzu bo‘yicha eksperimental fiziklar tomonidan chop etilgan barcha ma'lumotlarni to‘plash va tasniflashdir. Misol uchun, o‘tgan asrda kimyodagi davriy jadvallar haqidagi bilimlarimiz qanday rivojlanganligini ko‘rib chiqaylik. Birinchidan, eksperimental ma'lumotlar yig‘ildi va tashkil etildi. Tizim asta-sekin o‘rnatilgach, unga bo‘lgan ishonch tobora ortib bordi. Nihoyat, davriy jadval ozmi-ko‘pmi to‘ldirilgach, ular orasidagi bo‘shliqlardan foydalanib, shu paytgacha noma’lum bo‘lgan boshqa elementlar topildi. Mavjudligi shu tarzda bashorat qilingan barcha elementlar keyinchalik tabiatda birin-ketin topilgan. Yaqinda shunga o‘xshash holat yuqori energiya fizikasida uchragan. Barcha kuzatilgan elementar zarralarning davriy jadvalga o‘xshash sistematikasi tuzildi. Zarrachaning ular orasidagi bo‘sh joylarda bo‘lishi kerak bo‘lgan barcha xossalari bashorat qilingan va keyin tabiatda mavjud yoki yo‘qligi tekshirilgan. Vaqt o‘tishi bilan ularning ko‘pchiligini laboratoriya sharoitida kuzatish mumkin bo‘ldi.

Ilm-fanning kam ma'lum bo‘lgan sohasida ishlaydigan olim, agar u noto‘g‘ri bo‘lishi mumkin bo‘lsa ham, ortiqcha taxmin qilishni xohlamasa, eksperimental tadqiqotlar natijalariga e'tibor qaratishi kerak. Ammo bu hech qanday spekulyatsiya bo‘lmasligi kerak degani emas. Ba'zan, mavzu bo‘yicha chayqovning natijasi noto‘g‘ri bo‘lsa ham, u bilvosita foydali va qiziqarli bo‘lishi mumkin. Bunday qarashlar olimlar orasida ekstremal g‘oyalar hisoblanadi. Aslida, biz ongimizni yangi va qiziqarli g‘oyalarga ochiq tutishimiz kerak. Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, biz spekulyatsiyaga mutlaqo qarshi bo‘lmasligimiz kerak, lekin bunga ham ortiqcha ahamiyat bermasligimiz kerak. Ko‘p mish-mishlar mavjud bo‘lgan yana bir tadqiqot sohasi kosmologiyadir. Davom etish uchun juda kam faktlar mavjud bo‘lsa-da, nazariyotchilar ba'zi taxminlarga asoslanib, koinot

ISSN 3030-3907

uchun turli modellarni yaratishga harakat qilishdi. Bu modellar asos bo‘lgan asosiy elementlardan biri shundaki, tabiat qonunlari olam paydo bo‘lganidan beri doimo bir xil bo‘lib kelgan. Bu taxmin, bizda hech qanday dalil yo‘q. Shuning uchun, bu modellar noto‘g‘ri bo‘lishi mumkin. Tabiat qonunlari, ayniqsa tabiatning asosiy konstantalari kosmologik vaqt davomida o‘zgarmasligini qayerdan bilamiz? Bunday o‘zgarishlar yuz berishi mumkinligi haqidagi fikr, shubhasiz, modelerlarni juda bezovta qiladi.

Fizika fanlarini o‘rganishda qabul qilingan strategiyalar:

Asosiy olim jismoniy tizimni o‘rganishda ma'lum strategiyaga ega bo‘lishi kerak. Biroq, bu mavzudan mavzuga va olimdan olimga farq qilishi mumkin. O‘tmishda buyuk kashfiyotlar qilgan va fundamental fanlarga katta hissa qo‘shgan olimlarning ishlarini ko‘rib chiqsak, ular qabul qilgan va bugungi kunda biz odatda qo‘llanma sifatida foydalanayotgan asosiy tadqiqot strategiyalarini umumlashtirish mumkin:

1. Nazariy olimlar eksperimental tadqiqotlar natijalariga jiddiy e’tibor berishlari kerak. Ular nafaqat o‘zlari o‘rganayotgan mavzu bo‘yicha tajribalarning bir guruhi bilan, balki boshqa barcha tajribalarning ishlanmalari bilan ham yaqindan qiziqishlari kerak. Shundagina doimiy bo‘lgan, ko‘lami kengroq bo‘lgan, eksperimental ma’lumotlarga mos keladigan va hatto yangi bashorat qila oladigan nazariyalarni ishlab chiqish mumkin bo‘ladi. Shu tarzda ishlab chiqilgan chinakam yaxshi nazariya o‘z bashoratlarini tasdiqlash uchun yangi va qiziqarli tajribalarni taklif qilishi mumkin.Nazariylar eksperimental tadqiqotlar natijalariga jiddiy e'tibor berishlari kerak.

2. Olim boshqalarning ishiga biroz shubha bilan qarashi mumkin, lekin bir xil sohadagi tadqiqotlarga mutlaqo qiziqmasligi kerak.

3. Olimlar yangi g‘oyalarga ochiq bo‘lishi kerak. Fanda konservatizm yaxshi narsa emas. Bu ilm-fan taraqqiyotining oldini oladi.

4. Fizikada tizimni tahlil qilishda biz har doim oddiy tizimlar xossalaridan foydalanishimiz mumkin. Tizimni tekshirishda tadqiqotchi uning xatti-harakatiga ta'sir etuvchi har bir omilni alohida ko‘rib chiqmoqchi. Ushbu omillarning har biri qaysidir ma'noda haqiqiy tizim bilan bog‘liq. Biroq, ulardan faqat bir nechtasining tizimning xatti-harakatlariga ta'siri hayotiy ahamiyatga ega. Oddiyroq qilib aytadigan bo‘lsak, ushbu tizimlarning xossalari ularni to‘liq tushunilgunga qadar oddiy tizimlarning xususiyatlaridan foydalangan holda tekshirilishi kerak. Aytishimiz mumkinki, bu jismoniy tizim modelini o‘rganish usuli.

XULOSA.

Jismoniy tizimlarni o‘rganishda qo‘llaniladigan strategiya va tadqiqot usullarining barcha bu xarakterli xususiyatlari inson ongining eng kuchli ixtirolaridan biridir. Uning mevalari insoniyatning turmush tarzini, tafakkurini,

ISSN 3030-3907

odatlarini, falsafasini, olamni idrok etishini va fanga bo‘lgan qarashlarini butunlay o‘zgartirib yubordi.Uzoq vaqt davomida fizika fanlarining uslub va strategiyasidan foydalanish fanning barcha sohalariga tarqaldi.Haqiqatan ham. , psixologiya, iqtisod va sotsiologiya kabi ba'zi sohalar ma'lum darajada ilmiy strategiyadan foydalanganlari uchun ular "ilmiy" deb ta'riflanadi. Har bir narsaga qaramay, strategiya fizikada eng muvaffaqiyatli qo‘llaniladi. Bu, ayniqsa, mos keladi, chunki bu fizikani haqiqatan ham qiziqtiradigan nisbatan oddiy tizimlardir. Xulosa qilib aytganda, fizikani eng oddiy fan deb aytishimiz mumkin, chunki u eng oddiy tizimlar bilan shug‘ullanadi. Shuning uchun fizika boshqa barcha tabiiy va muhandislik fanlarining asosini tashkil qiladi. Fizika bizga dunyo va koinot haqida bilganlarimizni, odamlar qanday qilib bugungi kunda bilganlarini va yangi kashfiyotlar sari qanday harakat qilishlarini o‘rgatadi. Fizika tufayli biz u bilan kurashish, tushunish va bashorat qilish uchun kuchga ega bo‘lamiz. Biz fizikadan o‘rganganlarimiz bilan yangi kashfiyotlar qilamiz. Har bir yangi ixtiro yangi texnologiyalarning tug‘ilishini anglatadi. Bu odamlarga tabiatni fizik nuqtai nazaridan o‘rganish va tushunish zavqini beradi. Tabiiy hodisalarning qonuniyatlarini o‘rgatadi. Bu odamlarga ular yashayotgan dunyoni tushunish uchun katta kuch beradi. Chunki bugungi dunyoda muhim yangiliklar, yangi ish o‘rinlarini yaratuvchi vositalar va inson duch keladigan kundalik muammolar ortida fizika yotadi. Shuning uchun ham bugungi kunda fizika nafaqat fiziklar uchun qiziqish sohasi, balki o‘z fanlari bilan har bir kishini qiziqtiradigan fan sohasidir. Qisqacha aytganda, fizika koinotning asosiy xususiyatlarini tizimli o‘rganishdir, deb aytishimiz mumkin. Ushbu asosiy xususiyatlarning har biri koinotdagi moddalarning xatti-harakatlari va ular orasidagi asosiy o‘zaro ta'sirlar bilan chambarchas bog‘liq. Fizika inson aqli tomonidan yaratilgan, aql, mushohada, tajriba, ilmiy skeptitsizm va nazariyaga asoslangan ilmiy uslublari, erkin fikr va tushunchalar bilan ishlab chiqilgan eng buyuk asardir. “Ilmning malikasi – fizika fanidir”, “fizika fanining malikasi – fizika” deyishimiz shubhasiz.

FOYDALANGAN ADABİYOTLAR

1. Charless MW, Arthur WW. The Five Biggest Ideas in Science. Gence A, çev. editörü. Palme Yayıncılık;2010.
2. Obradovic S. Empirical Evidence in the Structure of Physical Theories. Foundations of Science 2013 Jun;18(2): 307-318.
3. McCabe G.The Structure and Interpretation of the Standard Model (Philosophy and Foundations of Physics, 1871-1774 V.2).Ed.Dieks D, Redei M. Elsevier Science Limited; 2007,Volume 2.

ISSN 3030-3907

4. Dirac PAM. Methods in Theoretical Physics. In:Bethe HA,Dirac PAM,Heisenberg W,Wigner EP,Klein O,Landau LD by Lifshitz EM (eds), From a Life of Physics. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 1989:p.19-30.
5. Dirac PAM. The Early Years of Relativity. In: Holton G, Elkana Y, editors. Albert Einstein,Historical and Cultural Perspectives (Jerusalem Centennial Symposium, March 14- 23,1979) Princeton University Press; 1982.p 79- 90.
6. Butterfield J, Erman J. Philosophy of Physics Part B. In:Gabbay DM,Thagard P, Woods J(eds),Handbook of The Philosophy of Science. Elsevier Science Limited,Holland, 2007.
7. Chalmers AF. What is this things called science? 3th. ed. Hackett Publishing Company;1999.

ISSN 3030-3907

SCIENTIFIC RESEARCH FOR HEATING SYSTEMS: USEFUL WORK ANALYSIS AND DEVELOPMENT METHODOLOGY

Sanjar Jurakulov
Asia International University, Republic of Uzbekistan, Bukhara, Uzbekistan

Abstract. Solar thermal systems play a crucial role in renewable energy by converting solar radiation into thermal energy for residential, industrial, and power generation applications. Their efficiency is influenced by absorber material properties, heat transfer processes, and system design. This study explores analytical and computational methods for assessing and optimizing solar thermal system performance. Energy and exergy analyses identify inefficiencies, while Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations enhance heat transfer modelling. Optimization techniques, including material selection, machine learning-based predictive models, and exergoeconomic analysis, contribute to improved efficiency and cost-effectiveness. By integrating experimental validation with numerical modelling, this research highlights advancements in absorber coatings, nanofluids, and thermodynamic assessment. The findings provide insights into enhancing the sustainability and efficiency of solar thermal systems, supporting their broader implementation in renewable energy applications.

Keywords: Solar thermal systems, renewable energy, thermal energy conversion, absorber materials, heat transfer, energy analysis, exergy analysis, Computational Fluid Dynamics (CFD), optimization techniques, machine learning, predictive modelling, exergoeconomic analysis, nanofluids, thermal efficiency, solar energy technologies.

Annotatsiya. Quyosh issiqlik tizimlari qayta tiklanuvchi energetikada muhim o‘rin tutib, quyosh nurlanishini turar joylar, sanoat hamda elektr energiyasi ishlab chiqarishda foydalaniladigan issiqlik energiyasiga aylantiradi. Ularning samaradorligi absorber materiali xossalari, issiqlik almashinuvi jarayonlari va tizim konstruksiyasiga bog‘liq. Ushbu tadqiqot quyosh issiqlik tizimlari samaradorligini baholash va optimallashtirishning analitik hamda hisoblash usullarini o‘rganadi. Energiya va eksergiya tahlillari tizimdagi samarasizliklarni aniqlasa, Hisoblash Suyuqliklar Dinamikasi (CFD) simulyatsiyalari issiqlik almashinuvi modellashtirishini takomillashtiradi. Material tanlash, mashinaviy o‘qitishga asoslangan bashorat modellari va eksergoiqtisodiy tahlil kabi optimallashtirish usullari samaradorlik hamda iqtisodiy tejamkorlikni oshirishga xizmat qiladi. Eksperimental tasdiqlash va sonli modellashtirishni birlashtirish orqali ushbu tadqiqot absorber qoplamalari, nanosuyuqliklar va termodinamik baholashdagi yutuqlarni yoritadi. Olingan natijalar quyosh issiqlik tizimlarining

ISSN 3030-3907

barqarorligi va samaradorligini oshirish hamda ularni qayta tiklanuvchi energetika sohasida kengroq joriy etishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Quyosh issiqlik tizimlari, qayta tiklanuvchi energiya, issiqlik energiyasini aylantirish, absorber materiallari, issiqlik almashinuvi, energiya tahlili, eksergiya tahlili, Hisoblash Suyuqliklar Dinamikasi (CFD), optimallashtirish usullari, mashinaviy o‘qitish, bashorat modellashtirish, eksergoiqtisodiy tahlil, nanosuyuqliklar, issiqlik samaradorligi, quyosh energetikasi texnologiyalari.

Аннотация. Солнечные тепловые системы играют важную роль в возобновляемой энергетике, преобразуя солнечное излучение в тепловую энергию для бытовых, промышленных и энергетических применений. Их эффективность зависит от свойств абсорбирующих материалов, процессов теплообмена и конструкции системы. В данном исследовании рассматриваются аналитические и вычислительные методы оценки и оптимизации производительности солнечных тепловых систем. Энергетический и эксергетический анализ позволяют выявить потери и неэффективности, тогда как моделирование с использованием вычислительной гидродинамики (CFD) улучшает моделирование процессов теплообмена. Методы оптимизации, включая выбор материалов, прогнозные модели на основе машинного обучения и эксергоэкономический анализ, способствуют повышению эффективности и экономической целесообразности. Благодаря интеграции экспериментальной проверки и численного моделирования в исследовании освещаются достижения в области абсорбирующих покрытий, наножидкостей и термодинамической оценки. Полученные результаты способствуют повышению устойчивости и эффективности солнечных тепловых систем, а также их более широкому внедрению в области возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: солнечные тепловые системы, возобновляемая энергия, преобразование тепловой энергии, абсорбирующие материалы, теплообмен, энергетический анализ, эксергетический анализ, вычислительная гидродинамика (CFD), методы оптимизации, машинное обучение, прогнозное моделирование, эксергоэкономический анализ, наножидкости, тепловая эффективность, технологии солнечной энергетики.

INTRODUCTION.

Solar thermal systems are essential in the renewable energy sector, converting solar radiation into thermal energy that can be utilized for various purposes, including heating in residential buildings, industrial applications, and electricity generation [1], [2], [3]. The performance of these systems is influenced

ISSN 3030-3907

by several factors, such as the choice of absorber materials, heat transfer processes, and operational conditions, all of which affect the overall system efficiency [4]. With the increasing demand for sustainable energy solutions, optimizing the performance of solar thermal systems is crucial to ensure their widespread adoption and efficient operation.

A critical factor that affects the efficiency of solar thermal systems is the absorber material used. For effective solar energy capture and retention, the absorber must have high solar absorptance and low thermal emittance [5]. Furthermore, the efficiency of heat transfer within the system is dependent on processes such as conduction, convection, and radiation, which determine how well heat is transferred from the absorber to the working fluid for use in the desired application [6]. Enhancing these heat transfer processes is a key focus of research to improve system performance.

Researchers utilize various analytical methods to assess the efficiency of solar thermal systems, including energy and exergy analysis. Energy analysis measures the total energy input and output, while exergy analysis identifies the irreversibilities in the system and highlights areas where improvements can be made [7]. Alongside these analyses, experimental methods are used to verify theoretical models and collect real-world performance data. Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations have also become an essential tool for optimizing system designs and predicting their performance under various operating conditions [8].

Optimization techniques are also crucial for enhancing solar thermal systems. These techniques involve adjusting parameters like absorber materials, fluid dynamics, and system configuration to maximize efficiency. By combining experimental and computational methods, researchers can optimize solar thermal systems to meet diverse application needs while minimizing energy losses [9].

In summary, optimizing solar thermal systems requires addressing a range of factors, including material selection, heat transfer mechanisms, and system design. Researchers continue to improve the performance of these systems through analytical, experimental, and computational methods, driving advancements in solar energy technologies [10].

Optimization Techniques for Solar Thermal Systems

This section explores essential optimization techniques for enhancing the efficiency of solar thermal systems. It focuses on three main approaches: predictive modelling using machine learning, exergoeconomic analysis for cost-effectiveness, and advanced material selection for improved thermal performance. These strategies contribute to the overall improvement of system design and operational efficiency.

ISSN 3030-3907

Machine Learning-Based Predictive Models

This table summarizes various optimization approaches and their practical applications in solar thermal systems. Artificial Neural Networks (ANNs) are widely used to model complex, non-linear relationships between system inputs and outputs. These models are trained using experimental and simulated data to accurately predict system behavior and performance trends. Support Vector Machines (SVMs) offer another supervised learning method, particularly effective for classifying data patterns and predicting overall system efficiency.

For solving multi-objective optimization problems, Genetic Algorithms (GAs) are employed to identify the optimal combination of design parameters, ensuring improved performance and energy output. In addition, fault detection and predictive maintenance techniques based on machine learning are increasingly used to monitor system health and detect early signs of equipment failure, allowing timely intervention and reduced downtime.

Table 1.

Optimization Approaches and Their Applications in Solar Thermal Systems

Optimization Approach	Description
Artificial Neural Networks (ANNs)	Used to model complex non-linear relationships between input and output variables in solar thermal systems. Trained on experimental and simulated data to predict system behavior [23].
Support Vector Machines (SVMs)	A supervised learning method that classifies data patterns and helps in predicting solar thermal system performance.
Genetic Algorithms (GAs)	• Optimization technique used for multi-objective problems. Helps find the best combination of design parameters [24].
Fault Detection & Predictive Maintenance	• Machine learning-based methods used to detect anomalies in solar thermal systems and predict potential failures [25].
Integration with IoT	• ML-based predictive models combined with IoT for real-time data analysis and monitoring.

Machine Learning-Based Predictive Models

ISSN 3030-3907

Exergoeconomic analysis is a powerful tool that integrates exergy and economic considerations to assess the cost-effectiveness of solar thermal systems. This approach helps identify major sources of irreversibilities and their associated costs, guiding the optimization of system components for enhanced thermodynamic performance and economic viability [26].

Exergy analysis evaluates the quality of energy conversion processes, identifying areas of high exergy destruction, such as heat exchangers, collectors, and storage units. By quantifying these inefficiencies in economic terms, exergoeconomic analysis enables targeted improvements that yield higher returns on investment [27].

Furthermore, exergoeconomic methods support lifecycle cost analysis by estimating the long-term economic benefits of efficiency-enhancing modifications. This includes optimizing material selection, improving thermal insulation, and integrating energy storage solutions to minimize operational costs and maximize system sustainability [28].

Machine Learning-Based Predictive Models

The ongoing evolution in solar thermal system performance has been greatly influenced by the integration of various research methods, including numerical modelling, experimental validation, and optimization techniques. This combination has shown significant potential in improving the efficiency of these systems, enabling more accurate predictions and real-time performance adjustments.

This table presents several key optimization factors aimed at improving the performance and durability of solar thermal systems. Selective coatings with high solar absorptance and low infrared emittance help minimize energy losses and maximize heat absorption. Advanced materials such as black chrome, titanium nitride oxide, and carbon-based nanostructures further enhance optical and thermal properties. Nanofluids, which are suspensions of nanoparticles in base fluids, are utilized to boost thermal conductivity and heat transfer efficiency. Additionally, corrosion-resistant coatings provide protection against harsh environmental conditions, extending the operational life of the system. Ongoing research in novel material development focuses on ensuring stability and reliability under extreme thermal and environmental conditions.

Table 3.

Key Optimization Factors for Enhancing Solar Thermal System Efficiency

Optimization Factor	Description	

ISSN 3030-3907

Selective Coatings	Coatings designed with high absorptance in the solar spectrum and low emittance in the infrared range.	
Advanced Materials	Materials such as black chrome, titanium nitride oxide, and carbon-based nanostructures used for coatings.	
Nanofluids	Suspensions of nanoparticles in heat transfer fluids used to enhance thermal conductivity [29].	

Thermodynamic modelling has proven to be a valuable tool for analyzing solar thermal systems, with several studies demonstrating its effectiveness in evaluating energy and exergy efficiency. Energy analysis, based on the first law of thermodynamics, helps quantify the energy input and output, offering insights into the overall energy balance of the system [31]. Exergy analysis, derived from the second law, enhances understanding by identifying inefficiencies related to irreversibilities, such as heat losses or friction within the system [32]. These analyses not only help optimize the system's energy conversion process but also aid in pinpointing areas requiring improvement, such as heat loss and inefficient heat transfer mechanisms [33].

Recent advancements in entropy generation analysis, a part of thermodynamic modelling, provide more precise insights into energy dissipation and allow for the identification of inefficiencies within the system's components, including the collector, heat exchangers, and storage units [34]. By incorporating these thermodynamic models, system designers can optimize the system's thermal performance and minimize energy waste, leading to a more efficient solar thermal setup.

ISSN 3030-3907

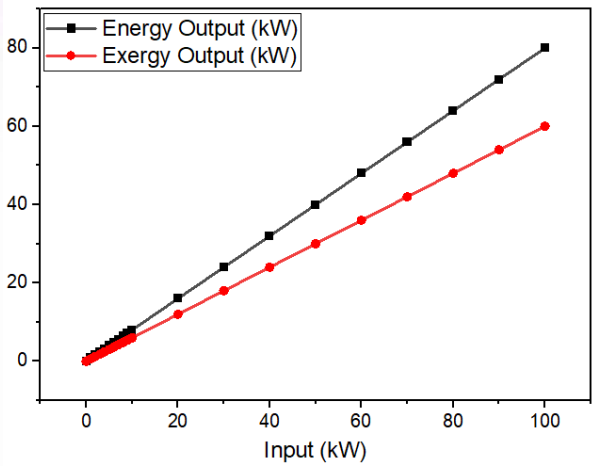


Figure 1. Shows the input values (kW) for energy and exergy and the corresponding outputs based on efficiency (80% for energy and 60% for exergy).

Table 4.

Key Aspects of Exergoeconomic Analysis in Solar Thermal Systems

Aspect	Description
Definition	Exergoeconomic analysis integrates exergy and economic considerations to optimize the cost-effectiveness of solar thermal systems.
Key Objective	Identifying major inefficiencies and associated costs to enhance system design and operation.
Energy Conversion	Optimizing the energy conversion process to reduce energy losses and improve efficiency [38].
Economic Impact	Helps in reducing the overall cost of energy production through better system performance [39].
Cost-Effective Improvements	Provides insights into areas where cost-effective modifications can be implemented.
Operational Benefits	Minimizes operational expenses while ensuring the system meets performance expectations.
Research Findings	Studies indicate that exergoeconomic analysis contributes to designing more economically viable solar thermal systems [40].

CONCLUSION.

The study of solar thermal systems emphasizes the importance of efficiency analysis and optimization for advancing renewable energy. Integrating

ISSN 3030-3907

thermodynamic modelling, CFD simulations, and experimental validation enhances system performance and reliability.

Thermodynamic analysis, through energy and exergy assessments, identifies inefficiencies and optimizes energy conversion. Entropy generation analysis refines system evaluation, improving heat transfer and component design. CFD simulations offer insights into heat and fluid flow, optimizing absorber geometry and minimizing thermal losses.

Experimental validation confirms theoretical models, ensuring practical applicability. Advanced absorber materials, selective coatings, and nanofluids enhance heat absorption and retention. Optimization techniques, including machine learning and exergoeconomic analysis, improve cost-effectiveness and system reliability.

By combining analytical, computational, and experimental approaches, solar thermal efficiency has significantly improved. Future advancements will focus on optimization, novel materials, and real-time monitoring, strengthening solar thermal systems' role in sustainable energy.

REFERENCES

1. M. Asif, "Fundamentals and application of solar thermal technologies," 2017.
2. A. S. Halimov, J. S. Akhatov, Z. S. Iskandarov, and N. M. Nazarova, "Application of the Clustering Method to the Determination of Typical Days of Thermal Loads of Buildings in Uzbekistan," Applied Solar Energy, vol. 58, no. 2, pp. 291–296, 2022.
3. N. M. Nazarova, M. K. Karimov, M. K. Kurbanov, D. S. Saidov, K. Y. Rashidov, and M. K. Feruzbek, "Solar Dryer with Recovery Heat Exchanger: Production Test," in 2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), IEEE, 2023, pp. 1660–1664.
4. J. J. Kim, K. J. Bae, Y. C. Kim, and O. K. Kwon, "An experimental study on the heat transfer performance characteristics of horizontal tube falling film absorbers for single-stage absorption heat transformer," Appl Therm Eng, vol. 198, p. 117485, 2021.
5. K. B. Han et al., "Optical properties enhancement of thermal energy media for consistently high solar absorptivity," Solar Energy, vol. 274, p. 112603, 2024.
6. A. Shahidian, M. Ghassemi, J. Mohammadi, and M. Hashemi, Bio-engineering approaches to cancer diagnosis and treatment. Academic Press, 2020.
7. O. J. Khaleel, F. B. Ismail, T. K. Ibrahim, and S. H. bin Abu Hassan, "Energy and exergy analysis of the steam power plants: A comprehensive review on the Classification, Development, Improvements, and configurations," Ain Shams Engineering Journal, vol. 13, no. 3, p. 101640, 2022.

ISSN 3030-3907

8. T. Norton and D.-W. Sun, “Computational fluid dynamics (CFD)–an effective and efficient design and analysis tool for the food industry: a review,” Trends Food Sci Technol, vol. 17, no. 11, pp. 600–620, 2006.
9. L. A. Omeiza et al., “Application of solar thermal collectors for energy consumption in public buildings–An updated technical review,” Journal of Engineering Research, 2023
10. A. O. Ali et al., “Advancements in photovoltaic technology: A comprehensive review of recent advances and future prospects,” Energy Conversion and Management: X, p. 100952, 2025.
11. S. R. Park, A. K. Pandey, V. V Tyagi, and S. K. Tyagi, “Energy and exergy analysis of typical renewable energy systems,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 30, pp. 105–123, 2014.
12. S. Wu, Q. Wu, and J. Tan, “Assessing and analysing energy system balance: A decision tree approach,” Energy, vol. 304, p. 131902, 2024.
13. G. Tsatsaronis, T. Morosuk, D. Koch, and M. Sorgenfrei, “Understanding the thermodynamic inefficiencies in combustion processes,” Energy, vol. 62, pp. 3–11, 2013.
14. R. G. Sardroud, M. B. Khuyinrud, and H. Nami, “Advanced exergy and exergoeconomic analyses and multi-objective optimization of geothermal-driven organic flash cycles,” Renew Energy, p. 122630, 2025.
15. L. Zhou et al., “Application of entropy production theory for energy losses and other investigation in pumps and turbines: A review,” Appl Energy, vol. 318, p. 119211, 2022.

ISSN 3030-3907

JAVA DASTURLASH TILIDA ELEKTRON DARSLIK YARATISH TEXNOLOGIYASI

Aslonov Qodir Ziyodullayevich
Osiyo xalqaro universiteti

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada Java dasturlash tili asosida elektron darslik yaratish texnologiyasining nazariy asoslari, texnologik imkoniyatlari va zamonaviy ta’lim tizimidagi ahamiyati chuqur tahlil qilingan. Java platformasining platformalararo ishlash xususiyati, obyektga yo‘naltirilgan paradigmasi va xavfsizlik mexanizmlari elektron ta’lim resurslarini ishlab chiqishda muhim vosita sifatida ko‘rib chiqilgan. Maqolada Java Swing, JavaFX, ma’lumotlar bazalari, multimedia integratsiyasi va foydalanuvchi interfeysini loyihalash jarayonlari keng yoritilgan. Shuningdek, elektron darsliklarning pedagogik samaradorligi, interaktivligi va masofaviy ta’limdagi o‘rni ilmiy asosda tahlil etilgan. Tadqiqot natijalari Java dasturlash tili asosida yaratilgan elektron darsliklar zamonaviy raqamli ta’lim muhitida strategik ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Java, elektron darslik, JavaFX, Swing, masofaviy ta’lim, multimedia, axborot texnologiyalari, obyektga yo‘naltirilgan dasturlash, pedagogik texnologiyalar, ta’lim tizimi.

Аннотация. В данной научной статье подробно анализируются теоретические основы, технологические возможности и значение технологии создания электронных учебников на основе языка программирования Java в современной системе образования. Кроссплатформенная функциональность платформы Java, объектно-ориентированная парадигма и механизмы безопасности рассматриваются как важные инструменты в разработке электронных образовательных ресурсов. В статье подробно рассматриваются процессы Java Swing, JavaFX, базы данных, интеграция мультимедиа и проектирование пользовательского интерфейса. Также научно анализируются педагогическая эффективность, интерактивность и роль электронных учебников в дистанционном обучении. Результаты исследования показывают, что электронные учебники, созданные на основе языка программирования Java, имеют стратегическое значение в современной цифровой образовательной среде.

Ключевые слова: Java, электронный учебник, JavaFX, Swing, дистанционное обучение, мультимедиа, информационные технологии, объектно-ориентированное программирование, педагогические технологии, система образования.

ISSN 3030-3907

Abstract. This scientific article deeply analyzes the theoretical foundations, technological capabilities and importance of the technology for creating electronic textbooks based on the Java programming language in the modern education system. The cross-platform functionality of the Java platform, the object-oriented paradigm and security mechanisms are considered as important tools in the development of electronic educational resources. The article extensively covers the processes of Java Swing, JavaFX, databases, multimedia integration and user interface design. Also, the pedagogical effectiveness, interactivity and role of electronic textbooks in distance education are scientifically analyzed. The research results show that electronic textbooks created based on the Java programming language are of strategic importance in the modern digital educational environment.

Keywords: Java, electronic textbook, JavaFX, Swing, distance education, multimedia, information technologies, object-oriented programming, pedagogical technologies, educational system.

KIRISH.

Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi ta’lim tizimida tub o‘zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. An’anaviy ta’lim vositalari bilan bir qatorda elektron darsliklar ta’lim samaradorligini oshirishning muhim omiliga aylandi. Elektron darsliklar o‘quv materiallarini interaktiv, ko‘rgazmali va masofadan turib foydalanish imkonini beruvchi zamonaviy resurs hisoblanadi. Java dasturlash tili esa o‘zining platformalararo imkoniyatlari, modulliligi va xavfsizligi bilan bunday tizimlarni yaratishda samarali vosita sifatida namoyon bo‘lmoqda. Java asosida yaratilgan elektron darsliklar turli operatsion tizimlarda bir xil ishlash xususiyatiga ega bo‘lib, foydalanuvchilarga keng imkoniyat yaratadi. Shu sababli Java dasturlash tilida elektron darslik yaratish texnologiyasi zamonaviy ilmiy va pedagogik yo‘nalish sifatida dolzarb hisoblanadi. Ushbu texnologiya pedagogika va dasturlash integratsiyasini ta’minlaydi. Natijada ta’lim sifati yangi bosqichga ko‘tariladi [1, 2].

Globallashuv va raqamli transformatsiya sharoitida ta’lim tizimida masofaviy o‘qitishning roli keskin ortdi. Elektron darsliklar o‘quvchilarga vaqt va makondan qat’i nazar bilim olish imkonini yaratadi. Bu jarayonda dasturiy vositalarning ishonchliligi va moslashuvchanligi alohida ahamiyatga ega. Java texnologiyasi yordamida foydalanuvchi interfeysi qulay, xavfsiz va multimediaviy tizimlar yaratiladi. Elektron darsliklar ta’lim resurslarini tezkor yangilash imkonini beradi. Bu esa zamonaviy bilimlarni foydalanuvchilarga uzluksiz yetkazishga xizmat qiladi. Shu jihatdan Java asosidagi elektron darsliklar zamonaviy ta’lim infratuzilmasining muhim qismiga aylanmoqda. Ularning ilmiy o‘rganilishi strategik ahamiyatga ega [2, 3].

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR SHARHI. Elektron darsliklar yaratish texnologiyasi bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar axborot texnologiyalarini ta’limga joriy etish jarayonlari bilan chambarchas bog‘liqdir. Ko‘plab tadqiqotchilar elektron ta’lim resurslarining pedagogik samaradorligini o‘rganib, interaktivlik va multimediaviylikning afzalliklarini asoslab bergan. Ilmiy adabiyotlarda Java dasturlash tilining platformalararo ishlashi va obyektga yo‘naltirilgan tuzilmasi alohida ustunlik sifatida qayd etiladi. Java Swing va JavaFX texnologiyalari yordamida foydalanuvchi interfeysini yaratish bo‘yicha ko‘plab amaliy tadqiqotlar mavjud. Shuningdek, elektron darsliklarni yaratishda ma’lumotlar bazalari bilan integratsiya qilish samaradorligi ham ilmiy jihatdan asoslangan. Tadqiqotlarda foydalanuvchi ehtiyojiga moslashuvchan tizim yaratish muhim omil sifatida ko‘rsatilgan. Bu esa Java asosidagi elektron resurslarning istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi. Shu sababli mazkur yo‘nalish ilmiy tadqiqotlarda keng rivojlanmoqda [1, 3].

So‘nggi yillarda Java texnologiyalarining ta’limda qo‘llanilishiga oid tadqiqotlar soni ortib bormoqda. Java dasturlash tili yordamida mobil, desktop va veb asosidagi elektron darsliklar yaratish bo‘yicha keng ko‘lamli izlanishlar olib borilgan. Ilmiy manbalarda multimedia, test tizimlari va interaktiv mashqlarni Java platformasida samarali integratsiya qilish mumkinligi ko‘rsatib berilgan. Ayrim tadqiqotlarda sun’iy intellekt va adaptiv o‘qitish tizimlari bilan integratsiya masalalari ham ko‘rib chiqilgan. Bu esa Java texnologiyasining keng ko‘lamli imkoniyatlarini tasdiqlaydi. Java asosidagi elektron darsliklar faqat o‘quv materiali emas, balki kompleks ta’lim platformasi sifatida qaralmoqda. Natijada mavjud adabiyotlar ushbu yo‘nalishning yuqori ilmiy salohiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Bu esa yangi innovatsion ishlanmalar uchun asos yaratadi [3, 4].

ASOSIY QISM. Java dasturlash tili elektron darslik yaratishda yuqori darajadagi moslashuvchanlikni ta’minlaydi. Uning “Write Once, Run Anywhere” tamoyili turli platformalarda bir xil ishlash imkonini beradi. Bu esa Windows, Linux va macOS tizimlarida elektron darsliklarni qo‘llash imkoniyatini kengaytiradi. Java Virtual Machine texnologiyasi dasturiy mahsulotning barqarorligini oshiradi. Dasturchilar obyektga yo‘naltirilgan paradigmalardan foydalanib, modulli tizimlar yaratishi mumkin. Bu esa dasturiy mahsulotni yangilash va kengaytirishni osonlashtiradi. Java asosida yaratilgan elektron darsliklar uzoq muddatli foydalanish uchun qulaydir. Natijada ushbu texnologiya zamonaviy ta’lim resurslarini yaratishda samarali yechim hisoblanadi [2, 4].

Java Swing texnologiyasi elektron darsliklarning grafik interfeysini yaratishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu vosita yordamida tugmalar, oynalar, menyular va interaktiv komponentlar ishlab chiqiladi. Swing kutubxonasi foydalanuvchi bilan qulay muloqot qilish imkonini beradi. Elektron darsliklar

ISSN 3030-3907

uchun sodda va tushunarli interfeys yaratish ta’lim samaradorligini oshiradi. Java Swing orqali test modullari, nazorat oynalari va o‘quv materiallari integratsiya qilinadi. Bu foydalanuvchi tajribasini sezilarli darajada yaxshilaydi. Dasturiy boshqaruvning qulayligi pedagogik samaradorlikni oshiradi. Shu tariqa Swing texnologiyasi elektron darsliklar ishlab chiqishda asosiy vositalardan biri hisoblanadi [1, 4].

JavaFX zamonaviy elektron darsliklar yaratishda yanada rivojlangan imkoniyatlarni taqdim etadi. JavaFX yordamida animatsiyalar, video materiallar, audio resurslar va murakkab grafik elementlar yaratiladi. Ushbu platforma multimediaviy ta’lim resurslarini shakllantirishda samarali vosita sifatida tanilgan. Vizual ko‘rgazmalilik murakkab mavzularni sodda tushuntirishga yordam beradi. Foydalanuvchi interfeysining zamonaviy dizayni o‘quvchi motivatsiyasini oshiradi. JavaFX elektron darsliklarni innovatsion ta’lim platformasiga aylantiradi. Bu esa raqamli pedagogikani rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega. Natijada JavaFX texnologiyasi zamonaviy elektron darsliklarning asosiy komponentiga aylanmoqda [3, 5].

Elektron darslik yaratishda ma’lumotlar bazasi bilan ishlash muhim hisoblanadi. Java JDBC texnologiyasi orqali MySQL yoki PostgreSQL kabi bazalar bilan integratsiya amalga oshiriladi. Bu foydalanuvchi natijalari, testlar va o‘quv jarayonini monitoring qilish imkonini beradi. Ma’lumotlarni markazlashgan holda saqlash tizimning samaradorligini oshiradi. Shuningdek, foydalanuvchi faoliyatini tahlil qilish imkoniyati yaratiladi. Bu o‘qituvchilarga ta’lim sifatini nazorat qilishda yordam beradi. Ma’lumotlar bazasi bilan ishlash elektron darslikni kompleks boshqaruv tizimiga aylantiradi. Shu bois Java va DBMS integratsiyasi muhim texnologik yechim hisoblanadi [2, 5].

Multimedia vositalarining qo‘llanilishi elektron darsliklarning pedagogik samaradorligini oshiradi. Java platformasi orqali audio darslar, video ko‘rsatmalar va animatsiyalar integratsiya qilinadi. Bu murakkab mavzularni ko‘rgazmali shaklda tushuntirish imkonini beradi. O‘quvchilar ma’lumotni tezroq o‘zlashtiradi va bilim mustahkamlanadi. Interaktiv mashqlar esa mustaqil o‘qitish jarayonini rivojlantiradi. Multimedia texnologiyalari foydalanuvchi qiziqishini oshiradi. Natijada ta’lim sifati sezilarli ravishda ortadi. Shu sababli multimedia Java asosidagi elektron darsliklarning ajralmas qismidir [1, 3].

Java asosidagi elektron darsliklarning xavfsizlik darajasi yuqori hisoblanadi. Java tilining himoyalangan bajarilish muhiti foydalanuvchi ma’lumotlarini himoya qilishga xizmat qiladi. Bu ayniqsa onlayn ta’lim platformalarida muhimdir. Autentifikatsiya va foydalanuvchi ruxsat darajalarini boshqarish imkoniyati mavjud. Natijada foydalanuvchi ma’lumotlari xavfsiz saqlanadi. Tizimning ishonchliligi ta’lim jarayonining uzluksizligini ta’minlaydi.

ISSN 3030-3907

Bu elektron darsliklarning sifat ko‘rsatkichlarini oshiradi. Shu tariqa Java xavfsiz elektron ta’lim tizimlari yaratishda samarali platforma hisoblanadi [4, 5].

Java dasturlash tilida elektron darsliklar yaratish iqtisodiy jihatdan ham samarali hisoblanadi. Ochiq kodli kutubxonalar va platformalardan foydalanish xarajatlarni kamaytiradi. Elektron darsliklarni yangilash bosma resurslarga nisbatan ancha oson va arzon. Internet orqali tezkor tarqatish imkoniyati mavjud. Bu keng auditoriyani qamrab olish imkonini beradi. Shu bilan birga ekologik jihatdan ham qog‘oz sarfini kamaytiradi. Natijada iqtisodiy va ekologik samaradorlik ta’minlanadi. Bu esa texnologiyaning dolzarbligini yanada oshiradi [2, 4].

Masofaviy ta’lim tizimlarida Java asosidagi elektron darsliklarning roli juda katta. Pandemiya davrida bu texnologiyalar ta’limning uzluksizligini ta’minlashda muhim vosita bo‘ldi. O‘quvchilar masofadan turib bilim olish imkoniyatiga ega bo‘ldilar. Java texnologiyasi yordamida interaktiv va ishonchli platformalar yaratildi. Bu esa global ta’lim infratuzilmasida Java texnologiyalarining ahamiyatini kuchaytirdi. Elektron darsliklar endilikda asosiy ta’lim komponentlaridan biri sifatida qaralmoqda. Shu bois mazkur yo‘nalishning rivojlanishi strategik ahamiyat kasb etadi. Natijada Java asosidagi tizimlar kelajak ta’limining muhim poydevori bo‘lib qoladi [3, 5].

Kelajakda Java texnologiyalari sun’iy intellekt, bulutli texnologiyalar va mobil platformalar bilan yanada chuqur integratsiyalashadi. Adaptiv o‘qitish tizimlari foydalanuvchi bilim darajasiga mos materiallarni tavsiya etadi. Virtual laboratoriyalar va simulyatsiyalar ta’lim sifatini oshiradi. Mobil ilovalar esa elektron darsliklardan istalgan joyda foydalanish imkonini beradi. Java ushbu innovatsion imkoniyatlarni qo‘llab-quvvatlash uchun yetarli texnologik salohiyatga ega. Bu esa elektron ta’limning kelajak rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi. Raqamli transformatsiya sharoitida Java asosidagi darsliklar strategik ustunlikka ega bo‘ladi. Natijada ushbu texnologiya uzoq istiqbolda ham dolzarb bo‘lib qoladi [4, 5].

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, Java dasturlash tilida elektron darslik yaratish texnologiyasi zamonaviy ta’lim tizimining innovatsion yo‘nalishlaridan biridir. Java platformasining platformalararo ishlashi, xavfsizligi va obyektga yo‘naltirilgan paradigmasi samarali elektron resurslar yaratish imkonini beradi. Swing va JavaFX texnologiyalari foydalanuvchi uchun qulay va interaktiv ta’lim muhitini shakllantiradi. Multimedia integratsiyasi va ma’lumotlar bazasi bilan ishlash elektron darsliklarning funksional imkoniyatlarini kengaytiradi. Ushbu texnologiya masofaviy ta’lim, raqamli pedagogika va zamonaviy o‘qitish tizimlarini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Java asosidagi elektron darsliklar iqtisodiy, pedagogik va texnologik jihatdan samarali yechimdir. Shu

ISSN 3030-3907

bois mazkur texnologiyani rivojlantirish zamonaviy ta’limning strategik vazifalaridan biri hisoblanadi. Ularning kelajakdagi rivoji global ta’lim sifatini yangi bosqichga olib chiqadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Yo‘ldoshev, U. Ta’limda axborot texnologiyalari. Toshkent: O‘qituvchi, 2022.
2. Axmedov, Q. Java dasturlash asoslari va pedagogik tizimlar. Samarqand, 2023.
3. Karimov, B. Elektron ta’lim resurslarini yaratish texnologiyasi. Toshkent, 2024.
4. Rasulov, M. Multimedia tizimlari va raqamli pedagogika. Buxoro, 2023.
5. Xudoyberdiyev, A. Zamonaviy dasturlash texnologiyalari va ta’lim. Toshkent, 2024.

ISSN 3030-3907